



HAL
open science

Le calcul de doses médicamenteuses : une conceptualisation de l'activité infirmière en service de réanimation

Daniel Benlahouès

► To cite this version:

Daniel Benlahouès. Le calcul de doses médicamenteuses : une conceptualisation de l'activité infirmière en service de réanimation. Education. Université Paris Cité, 2020. Français. NNT : 2020UNIP7193 . tel-03333879

HAL Id: tel-03333879

<https://theses.hal.science/tel-03333879>

Submitted on 3 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université de Paris

École doctorale 623 - Savoirs, Sciences, Éducation

Laboratoire EDA – Éducation, Discours, Apprentissages EA 4071

Le calcul de doses médicamenteuses : une conceptualisation de l'activité infirmière en service de réanimation

Par Daniel Benlahouès

Thèse de doctorat de
Sciences de l'éducation et de la formation

Dirigée par Éric Roditi

Présentée et soutenue publiquement le 14 décembre 2020

Devant un jury composé de :

Rémi Gagnayre, Professeur des Universités, Université Sorbonne Paris Nord, Président
Magali Hersant, Professeure des Universités, Université de Nantes, rapporteure
Line Numa-Bocage, Professeure des Universités, Cergy Paris Université, rapporteure
Éric Roditi, Professeur des Universités, Université de Paris, Directeur de thèse
Brigitte Sabatier, Dr praticien hospitalier, Hôpital Européen Georges Pompidou, examinatrice
Pierre Durieux, MCU-PH honoraire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Université Paris Descartes, invité
Janine Rogalski, DR honoraire, CNRS Université Paris-Vincennes-Saint-Denis, invitée

Titre :

Le calcul de doses médicamenteuses : une conceptualisation de l'activité infirmière en service de réanimation

Résumé :

L'administration de traitements injectables à des patients hospitalisés repose sur des calculs de doses médicamenteuses, elle est effectuée par les infirmier·ères. Des erreurs surviennent parfois, avec des conséquences potentiellement dramatiques pour les patients et une mise en cause systématique des personnels infirmiers. Des enquêtes et des statistiques ont été effectuées, mais les données scientifiques sur l'activité de calcul de doses sont insuffisantes. Avec une approche issue de la psychologie ergonomique, notre recherche complète ces données en documentant la dimension cognitive du travail des infirmier·ères par une mise au jour des connaissances et procédures qu'il·elles mobilisent lors des préparations médicamenteuses injectables, avec une prise en compte de la variabilité de cette activité en fonction des produits injectés, des protocoles établis dans les services hospitaliers, des conditions matérielles, et aussi des personnes.

Le travail effectué se fonde également sur la didactique professionnelle car la formation en constitue une visée majeure, une formation fondée par la connaissance profonde des activités des infirmier·ères, y compris des éventuelles tensions entre activités et contextes professionnels. Nous avons enfin convoqué des outils d'analyse produits en didactique des mathématiques pour mettre en lumière les logiques sous-jacentes aux calculs de doses médicamenteuses effectués lors de la préparation des médicaments injectables.

Une enquête par questionnaire a été réalisée pour mettre au jour la variabilité des activités de calcul de doses et en identifier une première catégorisation. Une enquête par simulation avec enregistrement des traces de l'activité et entretiens d'auto-confrontation simple a complété ces premiers résultats pour aboutir à une modélisation de l'activité de calcul de doses engagée dans la préparation de médicaments injectables à risque perfusés par pousse-seringues électriques en service de réanimation où ils sont quotidiennement utilisés.

La conjugaison des approches convoquées dans la recherche a également conduit à interroger la complémentarité des logiques calculatoires et professionnelles, leurs éventuelles contradictions, et à identifier ainsi des processus potentiellement générateurs d'erreur.

Mots clefs :

Calcul de doses médicamenteuses, didactique des mathématiques, didactique professionnelle, psychologie ergonomique, raisonnements proportionnels, sciences infirmières.

Title :

Drug dose calculation: a conceptualization of nursing activity in the adult intensive care unit

Abstract :

The administration of injectable medications for inpatients is based on drug dose calculations and is performed by nurses. Errors sometimes occur, with potentially dramatic consequences for patients and systematic questioning of the nursing staff. Surveys and statistics have been carried out, but there is insufficient scientific data on the dose calculation activity. With an approach derived from ergonomic psychology, our research completes these data by documenting the cognitive dimension of the nurses' work by updating the knowledge and procedures they mobilize during the preparation of injectable drugs, taking into account the variability of this activity depending on the products injected, the protocols established in the hospital services, the material conditions, and also the people.

The work perform is also based on professional didactics, as training is a major point; a training based on a deep knowledge of the nurses' activities, including possible tensions between activities and professional contexts. Finally, we have convened analysis tools produced in didactics of mathematics to highlight the logics underlying the calculations of drug doses carried out during the preparation of injectable drugs.

A questionnaire survey was conducted to reveal the variability of dose calculation activities and to identify a first categorization. A simulation survey with recording of activity traces and simple self-confrontation interviews completed these initial results to model the dose calculation activity involved in the preparation of high-risk injectable drugs infused by smart infusion pumps in the intensive care unit where they are used daily.

The combination of the approaches used in the research also led to question the complementarity of computational and professional logics, their possible contradictions, and thus to identify potentially error-generating processes.

Keywords :

Drug doses calculation, mathematics didactics, professional didactics, ergonomic psychology, proportional reasoning, nursing sciences.

Remerciements

Envisager une thèse puis se lancer dans un travail de recherche suscite au premier abord une bonne dose d'incrédulité envers une entreprise que l'on n'a pas envisagée en tant que professionnel issu du soin. Ensuite, cela nécessite une bonne dose d'inconscience pour se dire que cela va être possible, que l'on en est peut-être capable. Enfin, c'est le désir de répondre à certaines questions qui vous animent, qui vous fait progresser, étape après étape, dans ce travail exigeant et passionnant. Dans cette aventure, rien n'aurait été possible sans la présence et le soutien de personnes que je souhaite chaleureusement et sincèrement remercier dans ces lignes.

Je tiens à exprimer mes plus profonds et mes plus sincères remerciements à Monsieur Le Professeur Éric Roditi, qui m'a fait l'honneur de diriger ma thèse. Ce travail m'a procuré l'opportunité de côtoyer un professeur, un guide, un ami oserais-je dire, à l'engagement professionnel et scientifique admirable. Sa confiance en l'autre, sa bienveillance m'ont encouragé pour étudier le calcul de doses en réanimation de manière rigoureuse et ambitieuse. J'ai ressenti encore plus fortement, l'intensité de son engagement dans cette phase de cristallisation de l'écriture du manuscrit de la thèse, pendant laquelle finalement j'ai encore grandi dans la connaissance et la compréhension d'une activité quotidienne infirmière, que je pensais avoir totalement appréhendée. Je tiens à lui témoigner toute ma gratitude et ma sympathie pour l'ambition impulsée, l'exigence attendue, le temps consacré, les conseils prodigués, mais surtout pour sa sincère considération de l'exercice professionnel infirmier qu'il a apprivoisé progressivement pour accéder à ses particularités, particularités qu'il a su mettre au service de mon travail de recherche.

Je tiens à remercier avec respect Madame la Professeure Magali Hersant qui me fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail en qualité de rapporteure.

Je tiens également à remercier avec respect Madame la Professeure Line Numa-Bocage pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse en qualité de rapporteure.

Je remercie sincèrement Monsieur le Professeur Rémi Gagnayre et Madame le Docteur Brigitte Sabatier qui ont accepté d'évaluer ce travail de thèse en tant qu'examineurs.

Je remercie très sincèrement le Docteur Pierre Durieux et, à nouveau, le Docteur Brigitte Sabatier dont l'engagement à mes côtés a été un catalyseur de mon projet, tant au plan institutionnel que sur un plan personnel. Sans eux, ce projet n'aurait jamais vu le jour. Par

leur intermédiaire, j'adresse un message de remerciement à l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris, mon institution, qui m'a soutenu pour rendre ce projet possible et pour l'avoir également accompagné.

Comment ne pas remercier, la Directrice de recherche honoraire, Janine Rogalski de me faire l'honneur de participer en tant qu'invitée à mon jury de soutenance. Le lecteur de ce manuscrit jugera de l'extraordinaire inspiration scientifique qu'elle a insufflée dans l'élaboration de ma thèse.

Mes très sincères remerciements sont adressés également à Marc Vantourout et au Professeur Philippe Chaussecourte pour les précieux conseils qu'ils m'ont donnés dans le cadre du comité de suivi de thèse.

Je voulais aussi remercier tous les soignants des services de Médecine Intensive et Réanimation, de Réanimation Chirurgicale, de Soins Continus qui ont participé à ce projet de recherche. De très vifs remerciements vont directement aux cadres des services qui m'ont accueilli et aux cadres formatrices, aux directeurs et directrices d'IFSI qui ont autorisé l'utilisation de leurs locaux pour ma recherche.

Un remerciement particulier et chaleureux va à Anne Giordano, cadre formatrice, qui était présente au tout début de la réflexion sur les calculs de doses, il y a bien longtemps maintenant, et qui a permis qu'une partie de l'enquête se réalise dans sa région et sa structure.

Je me sens aussi redevable auprès d'Adrien Constan qui m'a guidé dans la découverte et l'utilisation d'un outil informatique pour analyser les questionnaires. J'adresse aussi toute ma reconnaissance à Didier Dupond qui m'a formé et accompagné à l'utilisation d'un logiciel dédié au traitement des données qualitatives et sans qui je n'aurais jamais pu autant exploiter les usages de cet outil.

Un message très spécial de remerciement s'adresse à un compagnon de route avec qui je partage cette aventure doctorale et qui a su m'apporter un soutien indéfectible pendant tous ces années. Un immense, sincère et chaleureux remerciement à mon ami Laurent Poiroux, infirmier et chercheur, qui a contribué à l'avancée de ma recherche et a su solliciter son réseau à des moments cruciaux pour renforcer le projet.

Je voudrais aussi adresser d'amicales pensées aux personnes qui m'accompagnent sur le chemin de la construction de l'identité infirmière de réanimation et notamment à tous les membres du Conseil d'Administration de la Société Française des Infirmiers en Soins Intensifs. De très sincères remerciements en particulier à Fanny Crozes, Marie Dethyre, Carole Haubertin, Bérengère Huet et Pierre-Yves Blanchard. Je n'oublie pas dans ce message les anciens membres qui m'ont permis de grandir à leurs côtés.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans de très amicales pensées à mes amis jeunes docteurs. Ce projet doctoral s'est transformé en une aventure partagée dont j'ai pu tirer de la persévérance et de l'inspiration : Yannick Ung et à nouveau Laurent Poiroux.

Je ne saurais clore ces remerciements sans de tendres pensées pour mes amis et ma famille et en particulier pour Cindy et Antoine dont les encouragements ont été une source de soutien continu.

La pensée de la fin est adressée à la personne qui m'assure de sa présence, de son amour et de son soutien actif depuis le début de ce projet, et bien avant encore. Merci Nicole d'avoir joué ce rôle de l'ombre que je désire aujourd'hui mettre en lumière.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	13
1. PRÉAMBULE	21
1.1 LES MOTIFS DE LA RECHERCHE	21
1.2 LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE : L'APPREHENSION DU CALCUL DE DOSES PAR LE MONDE MEDICAL	23
1.2.1 CALCUL DE DOSES ET SÉCURITÉ DU PATIENT : UNE PRÉOCCUPATION CROISSANTE DES RESPONSABLES DES SYSTÈMES DE SANTÉ	23
1.2.2 DES TENTATIVES POUR DRESSER UN TABLEAU ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES ERREURS MÉDICAMENTEUSES QUI RESTENT INSATISFAISANTES	34
1.3 LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE : L'APPREHENSION DU CALCUL DE DOSES PAR LE MONDE INFIRMIER	35
1.3.1 LE CALCUL DE DOSES, PREMIER DE LA LISTE DES CAUSES D'ERREURS REDOUTÉES PAR LES INFIRMIÈRES	35
1.3.2 DES TENTATIVES POUR DIMINUER LES ERREURS QUI RESTENT INSATISFAISANTES	50
1.3.3 LA FORMATION AUX CALCULS DE DOSES : L'ALPHA DU PROBLÈME OU DE LA SOLUTION AU PROBLÈME ?	53
1.4 PROPOSITIONS POUR UNE ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES	62
2. UN CADRAGE THÉORIQUE ADAPTÉ AUX OBJECTIFS DE LA RECHERCHE : UNE TRIPLE APPROCHE DU CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES	67
2.1 UN CADRAGE THÉORIQUE QUI CONDUIT À UNE TRIPLE APPROCHE	67
2.2 DES SOURCES THÉORIQUES QUI FONDENT L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DES INFIRMIÈRES LORS DE LA PRÉPARATION DES MÉDICAMENTS INJECTABLES	69
2.2.1 LA RELATION PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE ET DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE	69
2.2.2 LA RELATION DE LA DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE AVEC LES DIDACTIQUES DES DISCIPLINES ET LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES	83
2.2.3 LA TRANSMISSION DES SAVOIRS	85
2.2.4 CHAMP CONCEPTUEL MULTIPLICATIF ET RAISONNEMENT PROPORTIONNEL	87
2.2.5 CONCEPT DE PROPORTIONNALITÉ ET MÉTHODES DE RÉOLUTION DE PROBLÈME	92
2.2.6 LA DIDACTIQUE PROFESSIONNELLE ET LA CONCEPTUALISATION DANS L'ACTION	105
2.2.7 LA TÂCHE : UNE IDENTIFICATION DES CONCEPTS ORGANISATEURS ET DE LA STRUCTURE CONCEPTUELLE DE LA SITUATION	111

2.2.8 L'ACTIVITÉ DU SUJET : UNE CONCEPTUALISATION DANS LE MODÈLE COGNITIF ET UNE ORGANISATION DES SCHÈMES D'ACTION DANS LE MODÈLE OPÉRATIF	115
2.2.9 UNE VISÉE POUR LA FORMATION	120
2.2.10 LA PRATIQUE INSTRUMENTÉE	123
3. PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE	125
3.1 DES QUESTIONS SUR LES SAVOIRS MOBILISÉS ET LES CAPACITÉS D'ADAPTATION AU RÉEL DE L'ACTIVITÉ.	125
3.1.1 QUE SAIT-ON SUR L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSES ?	126
3.1.2 BILAN QUANT À LA LITTÉRATURE « ÉPIDÉMIOLOGIQUE » DISPONIBLE SUR LE CALCUL DE DOSES	127
3.1.3 UNE APPROCHE DU CALCUL DE DOSES PAR DES CHERCHEURS EN <i>MATHEMATICS EDUCATION</i>	131
3.1.4 DES TRAVAUX FRUCTUEUX MENÉS EN SCIENCES INFIRMIÈRES	134
3.1.5 WORKING MATHEMATICS VS SCHOOL MATHEMATICS	145
3.2 DES QUESTIONS SUR LES PRATIQUES ET LEURS VARIABILITÉS	150
3.2.1 LA TÂCHE PRESCRITE	150
3.2.2 QU'EST-CE QU'UN CALCUL DE DOSES ?	152
3.2.3 L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSES POUR LES MÉDICAMENTS INJECTÉS PAR POUSSE-SERINGUE ÉLECTRIQUE	153
3.2.4 ANALYSE DE LA TÂCHE DE CALCUL DE DOSE : L'EXEMPLE AVEC LA DOBUTAMINE	156
3.3 DES QUESTIONS SUR L'ADAPTABILITÉ DES RAISONNEMENTS À DES PRATIQUES INSTRUMENTÉES	164
3.4 PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE	171
3.5. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE : UN QUESTIONNAIRE ET UNE OBSERVATION DE SIMULATIONS AVEC ENTRETIENS	175
4. UNE ENQUÊTE POUR CATÉGORISER LES RAISONNEMENTS	178
4.1 LE TERRAIN DES ENQUÊTES	178
4.1.1 LA RÉANIMATION COMME TERRAIN PRIVILÉGIÉ	178
4.1.2 LES INFIRMIÈRES DE RÉANIMATION	183
4.2 LA MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE	189
4.3 ANALYSE DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE	192
4.3.1 TRAITEMENT DES DONNÉES	192
4.3.2 LES RÉSULTATS	192
4.3.3 LIMITES ET BIAIS DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE	229
4.4 DISCUSSION DES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRE	230
5. L'ENQUÊTE PAR SIMULATION	233

5.1 PROJET DE L'ÉTUDE ET SOURCES THÉORIQUES	234
5.2 CHOIX DE LA MÉTHODE	236
5.3 TRANSPOSITION DES DIMENSIONS DE LA SITUATION DE RÉFÉRENCE DANS UNE SIMULATION À VISÉE DE RECHERCHE	238
5.3.1 LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	239
5.3.2 CONCEPTION ET VALIDATION DES TÂCHES SIMULÉES	244
5.3.3 LES PRESCRIPTIONS MÉDICALES DE LA SITUATION SIMULÉE	245
5.3.4 PRÉSENTATION ET ARGUMENTATION DES SCÉNARIOS	246
5.4 POPULATION ET LIEUX D'ÉTUDE	260
5.4.1 ÉCHANTILLON	260
5.4.2 EFFECTIF DE L'ÉCHANTILLON	261
5.5 LA PRODUCTION DES DONNÉES	262
5.5.1 MISE EN ŒUVRE DE LA SIMULATION	262
5.6 DÉMARCHE D'ANALYSE DES DONNÉES	264
5.6.1 LES DONNÉES VIDÉO ET LA PRISE DE NOTE	264
5.6.2 LES DONNÉES DES ENTRETIENS D'AUTO-CONFRONTATION SIMPLE	265
5.6.3 TRAITEMENT DES DONNÉES	268
5.6.4 LES DONNÉES BRUTES SOUS INTERFACE NVIVO®	269
5.6.5 LA TRIANGULATION DES DONNÉES	272
5.7 UN AJUSTEMENT DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	273
5.7.1 TEST DU DISPOSITIF	273
5.7.2 UNE POSTURE DU CHERCHEUR QUI ÉVOLUE	274
5.8 LES RÉSULTATS	276
5.8.1 DÉROULEMENT EFFECTIF DE L'ENQUÊTE	276
5.8.2 LA CONCEPTUALISATION DE L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSES	285
5.8.3. ÉLABORATION DE LA STRUCTURE CONCEPTUELLE DE LA SITUATION	357
5.8.4 DES QUESTIONS SUR LES PRATIQUES ET LEURS VARIABILITÉS : LES CATÉGORISATIONS À L'ÉPREUVE DES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE PAR SIMULATION	363
5.8.5 DE LA VARIABILITÉ ET DE LA RÉGULARITÉ DES PRATICIENNES DANS LA RÉALISATION DES CALCULS DE DOSES	418
5.8.6 LES RÉSULTATS DE L'ACTIVITÉ DES INFIRMIÈRES ET LES EFFETS EN RETOUR SUR LE SUJET ET LA SITUATION	438
CONCLUSION	457
6.1 LES APPORTS	457
6.2 LES LIMITES	473

6.3 LES PERSPECTIVES	475
RÉFÉRENCES	480
ANNEXES - LISTE DES ANNEXES	497
ANNEXE 1 - QUELQUES DÉFINITIONS DE LA GESTION DES ÉVÉNEMENTS INDÉSIRABLES GRAVES ASSOCIÉS AUX SOINS	498
ANNEXE 2 : DÉFINITIONS DES ERREURS MÉDICAMENTEUSES	500
ANNEXE 3 : LE <i>SWISS CHEESE MODEL</i> DE REASON	501
ANNEXE 4 : LE SCHÉMA DE LE DOUBLE RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ	502
ANNEXE 5 : GRILLE D'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DU SUJET	503
ANNEXE 6 : EXEMPLE DE PROTOCOLE THÉRAPEUTIQUE MÉDICAMENTEUX	504
ANNEXE 7 : LES NIVEAUX DE GRAVITÉ DES EIAS	507
ANNEXE 8 : ATTESTATION DE DÉCLARATION AUPRÈS DE LA CNIL	508
ANNEXE 9 : AVIS DE LA COMMISSION D'ÉTHIQUE DE LA SRLF	509
ANNEXE 10 : QUESTIONNAIRE SUR LES MÉDICAMENTS À RISQUE ET LES RAISONNEMENTS MATHÉMATIQUES UTILISÉS EN RÉANIMATION/SOINS INTENSIFS	510
ANNEXE 11 : EXEMPLE DE CAS CLINIQUE EXTRAIT DE LA SIMULATION	523
ANNEXE 12 : EXEMPLE DE FEUILLE DE PRESCRIPTION MÉDICALE DE LA SIMULATION	524
ANNEXE 13 : GUIDE D'ENTRETIEN D'AUTO-CONFRONTATION SIMPLE	525
TABLE DES FIGURES	527
TABLE DES TABLEAUX	529

Note aux lecteurs

La rédaction de la thèse constitue un travail de réflexion et de prise de décision quant à nos choix d'écriture. La question centrale concerne le genre à utiliser dans l'ensemble du manuscrit pour désigner les personnes qui exercent la profession infirmière. Notre langue n'offre pas la possibilité du terme neutre de *nurse* à l'anglo-saxonne pour désigner les femmes et les hommes du groupe professionnel. Nous avons opté pour la forme féminisée du mot. Ainsi, dans la thèse, le terme infirmière(s) est pris dans un sens générique pour désigner l'ensemble des personnes exerçant le métier d'infirmière ou d'infirmier. Le genre intervient dans l'écrit lorsque nous rapportons dans les verbatim le discours de la personne qui est caractérisée à ce moment-là seulement par son genre.

Ce choix est guidé par plusieurs considérations. Le langage commun a consacré le terme d'infirmière pour désigner les professionnels qui assurent des soins infirmiers aux patients. Au plan démographique, les femmes dans la profession représentent 85 à 86 % de la totalité des professionnels exerçant ce métier et sont donc très largement majoritaires.

Avertissement aux lecteurs

Ce manuscrit de thèse emploie les normes APA (7^{ème} édition) pour référencer tous les ouvrages. Cette adoption entraîne des modifications visibles notamment dans les citations d'auteurs dans le cours du texte.

Liste des abréviations :

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé

ALARM : *Association of Litigation and Risk Management*

ANAES : Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé

ANAP : Agence Nationale d'Appui à la Performance

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé

ARS : Agence régionale de Santé

CII : Conseil International des Infirmières

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

CREX : Comité de retour d'expérience

DGOS : Direction Générale de l'Offre de Soins

EIAS : Événements Indésirables Associés aux Soins

EIG : Événements Indésirables Graves

EIGS : Événements Indésirables Graves Associés aux Soins

ENEIS : Enquête Nationale sur les Événements Indésirables Liés aux Soins

FHO : Facteurs humains et organisationnels

HAS : Haute Autorité de Santé

IFSI : Institut de Formation en Soins Infirmiers

IOM : *Institute Of Medicine*

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PSE : Pousse-seringue électrique

REMEDI : Revue des Erreurs Liées aux Médicaments Et Dispositifs Médicaux Associés

RMM : Revue de morbidité et de mortalité

SSPI : Salle de surveillance post-interventionnelle

UE : Union Européenne

INTRODUCTION

Le sujet de cette thèse de doctorat est né d'une forme de paradoxe à propos d'une activité professionnelle infirmière du quotidien : la préparation de médicaments injectables. D'une part, il s'agit d'une activité très fréquente, complexe (Roditi, 2014; Wright, 2009b), qui engage la responsabilité de l'infirmière et qui est à risque d'erreur de calculs, et d'autre part, on en observe essentiellement le résultat sans en connaître réellement le déroulement. La préparation et l'administration des médicaments constituent une partie très importante de l'activité des infirmières¹, mais le calcul de doses reste une activité peu étudiée malgré les conséquences incidentelles ou accidentelles parfois dramatiques (Infirmiers.com, 2020 ; Albus, 2015). La mort d'Yliès en 2008 (Le Monde.fr, 2016) – c'est à dessein que nous citons le prénom de ce jeune patient – illustre ces situations dramatiques et emblématiques des erreurs médicamenteuses ; elle va servir d'accélérateur au plan institutionnel et engager le développement d'une politique volontariste de gestion des risques relatifs aux erreurs médicamenteuses :

La Direction Générale de l'Offre de Soins (DGOS), missionnée par la Ministre de la santé suite aux accidents mortels survenus fin 2008, a été chargée d'élaborer un référentiel de management de la qualité et la sécurité de la prise en charge médicamenteuse. (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS²), 2010, p. 22).

L'exercice professionnel infirmier s'inscrit dans un système complexe (Van Daele et Aït Ameer, 2010) au sein duquel l'activité des infirmières peut être étudiée. Il nous semble également essentiel qu'elle le soit en dehors de ce système, par des travaux scientifiques visant à les caractériser et à les comprendre. Certaines études ont été menées dans les services de réanimation/soins intensifs (Labeau et al., 2020; Poiroux, 2015, 2019; Terraneo et al., 2010). La nôtre porte également sur le travail infirmier dans ces services, plus précisément sur une activité très particulière du travail infirmier : le calcul de doses médicamenteuses en service de réanimation adulte.

La question générale qui est posée est celle de la régularité et de la variabilité des pratiques de calculs de doses médicamenteuses des infirmières, avec une visée première

¹ À l'AP-HP (Assistance-Publique – Hôpitaux de Paris) comme ailleurs, nous dit un rapport de l'IGAS, 98% des médicaments sont administrés par des infirmières et les 2% restants pouvant l'être par des médecins, sages-femmes et manipulateurs en électro-radiologie). Rapport N° RM2010-098P de l'IGAS (Inspection générale des affaires sociales) sur la Sécurisation du circuit du médicament à l'AP-HP.

² L'AFSSAPS est devenue en 2011 l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM).

de conceptualisation de cette activité et une visée secondaire de transmission des savoirs de la recherche vers la formation. En recherchant les régularités, nous voulons identifier les savoirs de références, de la pratique et des mathématiques, qui sont engagés dans une activité seulement partiellement décryptée à ce jour. La question de la variabilité des pratiques de calcul est posée pour dégager les différentes catégories de raisonnements mises en œuvre dans l'exercice professionnel avec toujours une visée double de conceptualisation et de formation.

Cette étude est située au carrefour de trois orientations scientifiques dont les fondements théoriques sont très liés : la didactique des mathématiques, la psychologie ergonomique et la didactique professionnelle. Les concepts et des méthodes qui en sont issus sont mobilisés dans notre recherche, pour l'étude du travail réalisé dans un champ professionnel où certaines tâches nécessitent des raisonnements et des calculs mathématiques et où les agents sont formés à la réalisation de ces tâches.

La didactique professionnelle cherche à articuler les dimensions théorique et opératoire de l'activité professionnelle (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006). La discipline est rattachée aux théories de l'activité et se donne pour but d'analyser l'activité professionnelle telle qu'elle se manifeste dans différents métiers en vue de sa transmission (Pastré, 2007). Son inspiration de l'ergonomie de langue française conduit à une analyse première de la tâche, comprise comme un but dans des conditions déterminées (Leontiev, 1975, cité par Pastré, 2007) pour déboucher sur l'analyse de l'activité (définie comme la manière dont un acteur s'approprie la tâche et l'effectue) (Leplat, 1997). À partir des activités des praticiennes, il s'agit, dans notre recherche, de mettre au jour les logiques de leurs pratiques et de repérer les tensions possibles. L'étude convoque la théorie de la double régulation de l'activité par les propriétés du sujet et les caractéristiques de la situation (Leplat, 1997; Rogalski, 2003, 2007) ; une théorie qui est issue de la psychologie ergonomique, discipline à laquelle la didactique professionnelle a initialement beaucoup emprunté (Pastré, 2011b). Notre ambition est de faire émerger les déterminants et les organisateurs de l'activité de calcul de doses médicamenteuses dans un contexte de réalisation de soins à fortes contraintes, et ainsi de formaliser les savoirs convoqués dans cette activité.

Si Roditi (2014) présente le calcul de doses médicamenteuses en indiquant qu'il « ressemble de prime abord à une activité mathématique au cours de laquelle l'infirmier résout des problèmes de proportionnalité » (p. 106), il montre ensuite que les méthodes de calculs sont très fortement imbriquées dans les contraintes et les habitudes

professionnelles, collectives et institutionnelles³. La mobilisation indispensable des propriétés mathématiques des situations de proportionnalité, lors de la réalisation de calculs de doses pour préparer les médicaments injectables, nous a conduit à une analyse didactique des raisonnements. La didactique des mathématiques a produit des concepts et des méthodes qui nous permettent en effet de mettre au jour les raisonnements – corrects ou non – sous-jacents aux calculs effectués par les infirmières, lors de la préparation des médicaments injectables.

La complémentarité des champs théoriques convoqués, de la psychologie ergonomique, de la didactique professionnelle et de la didactique des mathématiques, répond à l'intention d'identifier des savoirs de référence impliqués dans la pratique professionnelle, avec une perspective pour la formation des étudiantes en soins infirmiers.

Cette activité est inscrite dans un exercice vaste, complexe et varié. Pour la rendre accessible compte tenu des contraintes de notre recherche, nous l'avons circonscrite à la pratique de préparation de médicaments spécifiques d'un seul type de service. La complexité de l'accès à la conceptualisation de l'exercice infirmier en situation réelle nous a conduit vers une démarche plurielle conjuguant une enquête par questionnaire sur les pratiques déclarées des infirmières et une observation des pratiques en situations simulées au plus proche du réel de l'activité. Cela nous a également demandé de restreindre à une classe de médicaments, les médicaments injectables à risque, et à nous limiter à leur usage en services de réanimation. Dans ces unités médicales et/ou chirurgicales, la réalisation quotidienne de préparations et d'administrations de médicaments injectables par les infirmières est plus importante que pour des services d'hospitalisations plus traditionnels (Herout et Erstad, 2004; Mansour, James et Edgley, 2012; Shane, 2009; Wright, 2009a). Le choix effectué porte ainsi sur six médicaments identifiés dans la liste de médicaments à risque intitulée « événements qui ne devraient jamais arriver » ou « *Never events* »⁴. Il s'agit de la dobutamine, de l'héparine, de l'insuline,

³ Des contraintes liées au matériel (contenance et concentration des flacons, des ampoules, contenance des seringues), au travail en équipe et à des habitudes collectives par exemple liées à des procédures décidées pour homogénéiser les méthodes de calcul en vue d'améliorer la sécurité

⁴ Circulaire DGOS N° DGOS/PF2/2012/72 du 14 février 2012 relative au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse des établissements de santé.

Cette liste a été élaborée par l'Afssaps devenue l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé) à partir de la démarche des *never events* du National Health Service en Grande-Bretagne et des accidents survenus en France. La circulaire citée en référence s'appuie sur l'arrêté du 6 avril 2011 relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les

de la morphine, de la noradrénaline et du chlorure de potassium qui sont des médicaments⁵ tous largement utilisés en service de réanimation.

Les médicaments injectables, du fait de leur conditionnement pharmaceutique, nécessitent fréquemment une adaptation de leur dilution pour que la dose administrée corresponde exactement à la prescription médicale. C'est un devoir déontologique⁶ pour un infirmier ou une infirmière d'appliquer et de respecter la prescription médicale, ce qui nécessite de calculer de façon sûre et précise la dose médicamenteuse qui sera injectée. Ce qui constitue l'objectif de cette recherche est la partie la plus conceptuelle du travail, engagée particulièrement en cas d'erreur de dose ou de durée d'administration, c'est-à-dire celle du calcul; les autres parties relèvent davantage de l'organisation professionnelle de gestion du médicament. La place de l'erreur est extrêmement présente à l'esprit des praticiennes et les conduit, en cas de doute, à vérifier leurs procédures (Benlahouès, 2011). Comprendre les mécanismes qui conduisent à la production d'erreurs lors de la préparation est particulièrement difficile car des limites se font jour pour travailler directement sur l'erreur. La rareté relative⁷ de cette dernière et sa difficulté d'observation en situation réelle (Berdot et al., 2012)⁸ rendent la recherche sur ce thème extrêmement délicate. Des travaux du domaine biomédical se sont beaucoup intéressés à établir des taux d'erreurs médicamenteuses moyens et par types, malgré les difficultés méthodologiques rencontrées (Berdot et al., 2013), ou à spécifier les causes des erreurs médicamenteuses par des approches systémiques (erreurs sur le circuit du médicament, erreurs humaines, erreurs liées à la technologie, etc.) (Bernheim et al., 2005). Une des sources d'erreurs souvent avancée pour expliquer l'administration erronée d'une dose, qui nous semble pourtant peu fondée, est la faiblesse des capacités mathématiques des infirmières. Peu d'études mettent à l'épreuve cette hypothèse

établissements de santé qui définit dans la partie annexe / glossaire, les médicaments à risques de la façon suivante : médicaments requérant une sécurisation de la prescription, de la dispensation, de la détention, du stockage, de l'administration et un suivi thérapeutique approprié, fondés sur le respect des données de référence afin d'éviter les erreurs pouvant avoir des conséquences graves sur la santé du patient (exemples : anticoagulants, antiarythmiques, agonistes adrénergiques IV, digitaliques IV, insuline, anticancéreux, solutions d'électrolytes concentrées, etc.). Il s'agit le plus souvent de médicaments à marge thérapeutique étroite.

⁵ Le terme médicament est utilisé de façon générique afin de faciliter la lecture du texte.

⁶ Art. R. 4312-42 du code de déontologie des infirmiers relatif à la responsabilité dans le cadre d'une prescription médicale

⁷ Cette notion de relativité est liée à la fois à la difficulté d'observer les erreurs mais également à des méthodologies de recueil des données et de définition de l'erreur qui crée une grande hétérogénéité dans les résultats d'études.

⁸ Sur 1501 évènements observés dans cette étude, seul 8 concernent une erreur de dose.

explicative, mais en reprenant les conclusions de Wright (2010) issues de sa revue systématique de la littérature sur le lien entre les erreurs médicamenteuses et les erreurs de calculs de doses, il n'apparaît pas légitime d'affirmer que les erreurs médicamenteuses sont causées par les faibles capacités en calculs des infirmières. Wright conclut d'ailleurs son analyse en pointant un niveau de preuve insuffisant dans les études pour valider cette explication.

On peut être tenté alors de répondre aux difficultés calculatoires par des aides techniques et/ou technologiques qui apporteraient de la fiabilité dans les résultats produits. Le développement de l'informatique et plus particulièrement des logiciels d'aide à la prescription médicale des médecins entraîne déjà une évolution des pratiques infirmières. De la même façon, l'utilisation de protocoles spécifiques pour la préparation de certains médicaments ou d'outils dédiés qui prennent en charge une partie des calculs (tableaux de préparation appelés aussi communément « abaques » dans le métier) modifie les manières de faire. Nous envisageons d'explorer comment les praticiennes se sont emparées de ces outils et comment ils interviennent dans la pratique du calcul de doses. L'approche instrumentée, théorisée par Rabardel (1995), a été convoquée pour aborder cette question spécifique des raisonnements étayés par un instrument et pour analyser l'écart avec les raisonnements non instrumentés.

Notre recherche se focalise donc sur les aspects cognitifs conscients de cette activité de calcul de doses médicamenteuses. D'autres approches ont été tentées qui ont également produit des résultats très intéressants ; citons, par exemple, une très belle étude, relativement originale, sur les répercussions psychologiques qui se produisent à la suite d'une erreur, leurs évolutions dans le temps, et la manière dont les professionnels y font face (Laurent et al., 2014). Cette recherche montre que si l'erreur affecte directement le patient et sa famille, physiquement et/ou psychiquement, elle aura également un impact sur les soignants concernés, leurs collègues, voire l'ensemble du service (Wu, 2000 cité par Laurent et al., 2014). C'est Wu, qui a introduit l'expression de « deuxième victime », dans un éditorial du *British Medical Journal*, et qui la définit comme un soignant impliqué et traumatisé par une erreur médicale dont il se sent personnellement responsable. Laurent et al. (2014) expliquent que cette seconde victime va éprouver un sentiment d'échec et va remettre en question son expertise clinique et sa compétence. L'impact sur les professionnels de santé a été montré dans plusieurs études citées par les auteurs (Gazoni et al., 2012; Stangierski et al., 2012; Waterman et al., 2007; West et al., 2006) et

des exemples dramatiques viennent nous rappeler le poids des responsabilités qui pèsent très lourdement sur les infirmières lors d'erreurs fatales pour les patients (Saavedra, 2015).

Nous considérons ce sujet comme essentiel dans le management global de l'erreur médicale et de la gestion des risques inhérents à la réalisation des soins. Cependant, sans ignorer la portée des répercussions psychologiques, nous n'aborderons pas cette question des erreurs médicamenteuses et de leurs conséquences.

Pour des raisons liées à la cohérence de notre travail, nous avons limité les variables de contexte de l'exercice professionnel ; cela explique que nous n'ayons pas abordé la question des calculs de doses en pédiatrie, alors même que peu de travaux existent sur cette pratique et que de nombreux produits utilisés en service de réanimation adulte sont aussi utilisés en pédiatrie. Plus généralement, l'activité en pédiatrie nous paraît proche de celle dédiée à l'adulte par différents aspects comme les produits utilisés, les matériels, les procédures de sécurité qui encadrent les préparations, etc., mais aussi relativement éloignée par la prise en compte de contraintes organisationnelles et professionnelles spécifiques liées à la pédiatrie comme l'âge, la taille et le poids de chaque prématuré, nouveau-né, nourrisson, enfant à considérer, comme l'adaptation des prescriptions à toutes ces spécificités, comme encore les dilutions doubles voire triples nécessaires pour adapter les doses, et comme enfin les pratiques particulières d'utilisation systématiques de vecteurs pour rincer les tubulures liées aux faibles volumes injectés, etc. C'est la considération de ces éléments, et d'autres que nous ne détaillons pas ici sur lesquels nous reviendrons, qui nous ont détourné de l'étude de ces pratiques de calcul de doses dans le premier temps que constitue cette recherche doctorale ; nous envisageons d'étudier les calculs de doses en pédiatrie dans un temps ultérieur.

Après avoir indiqué brièvement les principaux enjeux des calculs de doses sur les plans professionnel, hospitalier, institutionnel et sociétal, et après avoir précisé le sujet de notre recherche, nous en présentons l'organisation générale puis nous poursuivons la justification de ce sujet dans un préambule organisé en trois sections : l'une qui explique les motivations personnelles, et les deux suivantes qui dépeignent les calculs de doses médicamenteuses en environnement hospitalier, d'abord à travers le regard du monde médical et des institutions, puis à travers celui du monde infirmier.

Nous déployons dans le chapitre 2 un cadre théorique orienté vers une triple approche : la didactique des mathématiques avec ces outils issus des nombreux travaux sur le

raisonnement proportionnel pour comprendre l'activité de la « calculatrice de dose » ; la psychologie ergonomique et notamment le concept de double régulation (Leplat 1997, Rogalski, 2003, 2007) pour comprendre la tâche de préparation médicamenteuse et sa réalisation qui implique un calcul de doses; et enfin la didactique professionnelle (Pastré, 2011) pour dresser des perspectives quant à la transmission du travail via les connaissances pour la formation, sous leur forme prédicative, en mobilisant la théorie de la conceptualisation dans l'action (Vergnaud, 1996/2011). Le chapitre 3 concerne la problématique et précise l'analyse que nous souhaitons conduire de la tâche de calcul de doses en décrivant les différentes redéfinitions qui tiennent compte notamment des contraintes professionnelles éventuelles, mais aussi des savoirs mathématiques sous-jacents aux raisonnements et calculs effectués. Trois grands axes orienteront les analyses pour conduire à une conceptualisation de l'activité : le contexte professionnel qui n'a pas été étudié avec toute la variabilité des contraintes induites ; les raisonnements mobilisés qui ne sont que partiellement connus par la communauté infirmière dont l'inventaire n'a jamais été dressé et qui n'ont donné lieu à aucune catégorisation selon des critères d'opérationnalité professionnelle ; et enfin les instruments éventuellement utilisés pour effectuer et contrôler l'activité de calcul de doses.

Le chapitre se conclut par quelques indications de méthodologie générale s'appuyant sur les méthodes d'enquête utilisées d'une part, pour le recueil et l'analyse des pratiques déclarées et d'autre part, pour l'observation de pratiques en situation professionnelle simulée et les entretiens d'auto-confrontation simple.

La deuxième partie de la thèse se décompose en deux chapitres et présente la partie empirique de la recherche. Le chapitre 4 présente les données de l'enquête par questionnaire sur les pratiques déclarées de préparations médicamenteuses et de calculs de doses par les professionnelles. L'analyse des procédures proposées par les infirmières tente d'objectiver les régularités et les variabilités dans les raisonnements produits pour la résolution des problèmes auxquels elles sont confrontées. Cette caractérisation des possibles a permis de construire une catégorisation. C'est par l'enquête sur l'activité simulée dans le chapitre 5 que nous mettons la catégorisation à l'épreuve du réel de l'activité afin d'en contrôler les catégories et en comprendre leur mise en actes, leur variabilité et éventuellement les expliquer. L'outil d'analyse construit à partir du modèle de la double régulation de l'activité du sujet a mené à l'identification des organisateurs de l'activité et à la construction de la structure conceptuelle de la tâche. Les outils de la

didactique des mathématiques ont permis l'analyse des manières de calculer pour contrôler et comprendre les entrées majeures dans les raisonnements pour réaliser un calcul de dose. Des modèles opératifs se sont dégagés de ces analyses. C'est à partir de l'ensemble de ces conceptualisations que nous avons inféré des perspectives pour la formation.

La troisième partie de la thèse constitue la conclusion et nous déplace vers les perspectives de la recherche doctorale. Elle est composée de trois sections qui portent un regard réflexif sur le travail mené dans cette thèse. La section 6.1 se consacre aux résultats de la recherche pour répondre à la question des variabilités et des régularités des pratiques rencontrées dans l'activité de calcul de doses médicamenteuses.

Les limites qui émergent de nos choix méthodologiques et de la conduite de la thèse sont abordées dans la section 6.2. Ces limites sont examinées à l'aune des méthodes mobilisées dans les deux enquêtes et du statut du chercheur issu du monde professionnel.

La section 6.3 conclut le manuscrit et se projette vers l'avenir en évoquant les perspectives ouvertes par cette recherche.

La présentation du plan de la thèse, en détaillant son architecture principale, nous invite à poursuivre, par le préambule, la réflexion engagée dans l'introduction, par la description détaillée de l'environnement dans lequel est inscrit le sujet de notre recherche.

PARTIE 1

UNE VISION DÉSORGANISÉE DE L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSE

1. PRÉAMBULE

1.1 LES MOTIFS DE LA RECHERCHE

Ce premier paragraphe a pour objet de préciser les raisons professionnelles et personnelles qui nous ont conduit à mener cette recherche dans le cadre d'une thèse de doctorat. Les questions que nous posons sur les calculs de doses sont issues de la volonté de comprendre l'activité en vue de sécuriser l'exercice infirmier plus particulièrement hospitalier, d'une part, et de proposer des alternatives à la transposition didactique qui prévaut dans les instituts de formation en soins infirmiers, d'autre part. Cette double orientation s'ancre dans un travail fondateur de master⁹, qui a constitué un état des lieux de la pratique du calcul de doses à l'hôpital, dans le champ de la didactique professionnelle et a permis d'élargir sa compréhension, en ne la restreignant pas uniquement aux difficultés rencontrées dans la formation des étudiantes aux calculs de doses. C'est sur cette base et dans la continuité que reposent les fondements de la thèse, que nous décrivons au travers de trois axes. En premier lieu, les motifs personnel et professionnel, à l'origine de notre intérêt pour la pratique des calculs de dose, découlent des interrogations de l'infirmier que nous étions et du formateur que nous sommes devenu par la suite, quant à l'idée que les didactiques, même indirectement, puissent contribuer à l'amélioration de l'enseignement et de la formation. Notre pratique professionnelle infirmière se fonde sur l'utilisation des calculs de doses au quotidien en service de réanimation pour la préparation des médicaments injectables perfusés par pousse-seringue électrique (PSE) et la confrontation régulière à des incompréhensions de la part des étudiantes sur nos façons de faire. Ces interrogations se sont renforcées, une fois

⁹ BENLAHOUES D. (2011) Analyse d'une pratique mathématique en contexte professionnel. Le cas des calculs de doses médicamenteuses en soins infirmiers. Master 1 Sciences de l'Education. Paris : Université Paris Descartes – Faculté Sciences Humaines et Sociales – Sorbonne, 75 p.

BENLAHOUES D. (2012) Approche d'une pratique mathématique en contexte professionnel. Le doute et ses effets dans la pratique du calcul de doses médicamenteuses. Master 2 Sciences de l'Education. Paris : Université Paris Descartes – Faculté Sciences Humaines et Sociales – Sorbonne, 70 p.

devenu formateur et confronté à la question de la transmission des savoirs aux étudiantes, et ce avec d'autant plus d'acuité que nos connaissances provenaient essentiellement du terrain. Les ouvrages disponibles concernant les calculs de doses ne proposaient pas de fiches pédagogiques pour guider l'enseignement, et n'en offrent d'ailleurs toujours pas. Enfin, ajoutons à cela des résultats d'évaluations qui montraient des difficultés pour les étudiantes dans l'acquisition et la mobilisation des connaissances dans les situations cliniques.

En second lieu, c'est le motif social qui nous a animé. Les pharmaciens ou les pharmacologues chargés des enseignements, dans les formations en santé relatives à la pharmacologie et aux thérapeutiques, ont coutume de répéter aux étudiantes qu'aucun médicament est anodin. Ce discours, inscrit dans l'esprit des infirmières, vient nous rappeler le risque engendré par la manipulation d'un médicament quel qu'il soit. La culture de sécurité développée pendant la formation et poursuivie pendant l'exercice professionnel a pour objectif d'éviter les drames. Cette conscience du risque est encore accentuée avec l'utilisation des médicaments injectables à risque en service de réanimation. Ce sont des produits dits dangereux car appartenant à cette liste limitative de médicaments à marge thérapeutique étroite et à risque d'accidents plus fréquents¹⁰ notamment dus à des utilisations qui ne respectent pas complètement les protocoles établis (Pfeiffer, Zimmermann et Schwappach, 2018). Ils sont dangereux en cas de surdosage ou de sous-dosage, les risques tiennent donc également aux difficultés calculatoires. Dans l'analyse de cette activité, nous avons cherché à expliciter le lien entre les calculs difficiles et les produits dangereux afin de cerner les représentations des infirmières issues de leur discours sur la dangerosité et d'analyser les problèmes calculatoires que les calculs de doses avec ces produits renferment.

En dernier lieu, si l'on respecte la chronologie de l'apparition des motifs, c'est le motif scientifique, né pendant la formation de master en sciences de l'éducation et la découverte d'une discipline, la didactique professionnelle, qui constitue la dernière pièce d'un puzzle construit dans le temps, étape après étape. C'est dans le cadre de la réalisation du mémoire que nous avons pris conscience de la faible production scientifique francophone et internationale portant sur l'analyse de l'activité de calcul de doses. Ce constat inattendu,

¹⁰ À titre d'exemple, le rapport de la HAS (2018) sur l'analyse des événements indésirables graves associés aux soins (EIGS) rapporte 9 EIGS (32%) associés à l'utilisation de morphine dont 7 EIGS correspondants à des erreurs de dose jugées évitables.

nous a laissé relativement perplexe face à un sujet aussi primordial dans la prévention des erreurs médicamenteuses et des erreurs de calculs de doses et a joué un rôle dans la genèse de ce travail. Avec autant de perplexité, nous avons également perçu que la didactique des mathématiques, constituée à l'origine pour l'étude des questions d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques, avait aussi produit des concepts et des méthodes permettant de nourrir une analyse du calcul de doses médicamenteuses visant à en mettre au jour les logiques professionnelles ainsi que les concepts et les propriétés mathématiques qui les fondent.

Après avoir évoqué ce qui nous a motivé à nous engager dans la thèse, nous proposons dans les deux sections suivantes de présenter les enjeux des calculs de doses pour le monde hospitalier, mais plus sûrement pour notre société, dans la mesure où ce monde englobe aussi la place centrale du patient.

1.2 LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE : L'APPREHENSION DU CALCUL DE DOSES PAR LE MONDE MEDICAL

1.2.1 Calcul de doses et sécurité du patient : une préoccupation croissante des responsables des systèmes de santé

La sécurité des patients est un axe aujourd'hui prioritaire dans les établissements de santé en France, mais il a d'abord été une préoccupation internationale¹¹. La publication du rapport *To Err is Human: Building a Safer Health System*, par l'*Institute of Medicine* (IOM) (Kohn et al., 2000) a suscité une prise de conscience de la gravité de la situation dans le monde de la santé, et plus particulièrement des communautés médicale et paramédicale. Ce rapport faisait la synthèse des recherches sur les erreurs médicales et, à partir de l'étude des événements indésirables déclarés dans deux états et une métropole américains, les auteurs ont extrapolé les données¹² au niveau national. L'IOM a estimé les

¹¹ La HAS (Haute autorité de Santé) a été le coordonnateur pour la France du projet EuNetPaS (European Union Network for Patient Safety) de 2008 à 2015 centré sur la sécurité des patients. Un domaine de ce projet concerne plus précisément la sécurité de la prise en charge médicamenteuse. (Comité international des infirmières (CII), 2002 ; Organisation mondiale de la santé (OMS), 2007; Union européenne (UE), 2009)

¹² Extrapolation des résultats, à partir de deux grandes études sur le nombre de décès après EIG, avec un calcul sur les 33,6 M d'admissions dans les hôpitaux en 1997 aux Etats-Unis. L'extrapolation à partir de l'étude en Colorado et Utah (6,6 % d'EIG conduisant à un décès) aboutit à 44 000 décès de patients

décès liés aux erreurs médicales entre 44 000 et 98 000 par an dans les hôpitaux de tout le pays. Les auteurs appelaient à des efforts globaux et coordonnés de la part des gouvernements, des prestataires de soins de santé, des consommateurs et toutes autres parties prenantes à promouvoir la sécurité des patients, en fixant un objectif minimum de 50 % de réduction des erreurs d'ici 2004.

Ce constat originel de l'IOM (1999) très alarmant, ainsi que les exemples réguliers d'événements indésirables dramatiques en France et dans le monde (décès de patients non attendus, amputation du mauvais membre, surdosage mortel de médicament, etc.), a constitué un véritable électrochoc et a suscité une réaction internationale. Une véritable politique de gestion des risques s'est mise en place, au sein de laquelle les infirmières se trouvent en première ligne pour lutter contre les différents risques auxquels les patients sont exposés. En 2006, toujours à l'initiative de l'IOM, un rapport de suivi intitulé *Preventing Medication Errors : Quality Chasm Series* (Aspden et Institute of Medicine (U.S.), 2007) fait état, qu'en moyenne, chaque patient hospitalisé est victime d'une erreur d'administration de médicament par jour. Les erreurs de doses représenteraient jusqu'à 14 % des erreurs d'administration de médicaments avec des conséquences pouvant aller jusqu'à des blessures graves voire la mort (Hicks, Becker, et Cousins, 2008 ; Segatore, Miller, et Webber, 1994 cité dans IOM, 2006). L'OMS dans un rapport de mars 2017, « Médicaments sans danger, défi mondial de l'OMS pour la sécurité des patients », reprenait le même défi que celui de l'IOM huit ans plus tôt, à savoir :

Obtenir un engagement et une action au niveau mondial pour réduire de 50 % les préjudices graves et évitables liés aux médicaments au cours des cinq prochaines années afin de susciter un processus de changement visant à réduire les préjudices causés aux patients par des pratiques médicamenteuses dangereuses (OMS, 2017, p. 7).

Le coût global est estimé à « 42 milliards de dollars¹³ par an » (OMS, 2017, p. 7). Malgré des progrès considérables réalisés entre les deux périodes, force est de constater, après le renouvellement de cet appel, qu'ils n'ont été pas suffisants pour diminuer de façon durable les EIG (événement indésirable grave), tant dans le monde qu'en France.

Avant de présenter la situation hexagonale, la définition de certains termes est requise pour décoder un vocabulaire spécifique mobilisé dans le cadre de la gestion des risques.

hospitalisés aux USA. L'étude de New-York (13,6 % d'EIG conduisant à un décès) indique des résultats bien plus élevés avec 98 000 décès.

¹³ Soit une somme de 35 635 320 000 d'euros au taux actuel (Août 2020)

La notion d'erreur médicamenteuse recouvre des erreurs de deux natures. On distingue d'une part les effets indésirables du médicament, provoqués par un médicament pris seul ou en association avec d'autres, pouvant donner des interactions avec des conséquences potentiellement graves. On parle alors de iatrogénie et cela relève de la pharmacovigilance. Ces erreurs sont à distinguer des erreurs médicamenteuses, consécutives à l'organisation de la prise en charge du médicament ; ce sont celles qui nous préoccupent dans la thèse. L'erreur médicamenteuse s'inscrit dans le contexte plus large des événements indésirables qui a été légiféré en 2016. Un événement indésirable grave associé aux soins (EIAS) est :

Un événement indésirable associé à des soins réalisés lors d'investigations, de traitements, d'actes médicaux à visée esthétique ou d'actions de prévention est un événement inattendu au regard de l'état de santé et de la pathologie de la personne dont les conséquences sont le décès, la mise en jeu du pronostic vital, la survenue probable d'un déficit fonctionnel permanent y compris une anomalie ou une malformation congénitale¹⁴ (Ministère des affaires sociales et de la santé, 2016).

On peut rajouter que le décret dont est extrait cette définition, précise que tout professionnel de santé a l'obligation de déclarer un EIAS, lorsqu'il le constate, à l'agence régionale de santé (ARS) au moyen d'un formulaire dédié. On peut noter également une évolution de l'abréviation utilisée dans les rapports et outils de la Haute autorité de santé (HAS), qui supervise les signalements au niveau national, qui dès 2017 parle d'EIGS en lieu et place d'EIAS, peut-être pour insister sur la notion de gravité qui est formalisée dans la définition officielle mais pas dans son abréviation. Dans le cadre de ce travail, nous évoquerons les notions d'EIG lorsque les données sont antérieures au décret de 2016 et celle d'EIGS pour les données postérieures.

Un second groupe de termes doit être précisé dans le registre de la gestion des risques concernant la notion d'erreur médicamenteuse et ces différentes déclinaisons. La définition de l'erreur médicamenteuse n'est pas totalement stabilisée à ce jour et l'on en trouve différentes versions selon la nature du site, institutionnel ou société savante, consulté. Nous avons opté pour une définition globale de la HAS qui propose un texte remanié regroupant des définitions plus anciennes :

¹⁴ Art. R. 1413-67 du décret no 2016-1606 du 25 novembre 2016 relatif à la déclaration des événements indésirables graves associés à des soins et aux structures régionales d'appui à la qualité des soins et à la sécurité des patients.

L'erreur médicamenteuse est l'omission ou la réalisation non intentionnelle d'un acte relatif à un médicament, qui peut être à l'origine d'un risque ou d'un événement indésirable pour le patient. Par définition, l'erreur médicamenteuse est évitable car elle manifeste ce qui aurait dû être fait et qui ne l'a pas été au cours de la prise en charge thérapeutique médicamenteuse d'un patient. Elle peut concerner une ou plusieurs étapes du circuit du médicament, telles que la prescription, la dispensation, la préparation galénique, la délivrance, l'administration, le suivi thérapeutique mais aussi ses interfaces telles que les transmissions (HAS, 2015).

Au niveau international, la définition de l'erreur médicamenteuse du *NCC MERP* (National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention) aux Etats-Unis est souvent prise comme référence :

A medication error is any preventable event that may cause or lead to inappropriate medication use or patient harm while the medication is in the control of the health care professional, patient, or consumer. Such events may be related to professional practice, health care products, procedures, and systems, including prescribing, order communication, product labeling, packaging, and nomenclature, compounding, dispensing, distribution, administration, education, monitoring, and use (NCC MERP, 2014).

Selon l'ANSM (2017) (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé), l'erreur médicamenteuse est dite :

- avérée : lorsqu'elle résulte en l'administration au patient d'un médicament erroné, d'une dose incorrecte, par une mauvaise voie, ou selon un mauvais schéma thérapeutique, etc. ;
- potentielle : si l'erreur est interceptée avant l'administration du produit au patient ;
- latente (ou risque d'erreur) : s'il s'agit d'une observation témoignant d'un danger potentiel pour le patient.

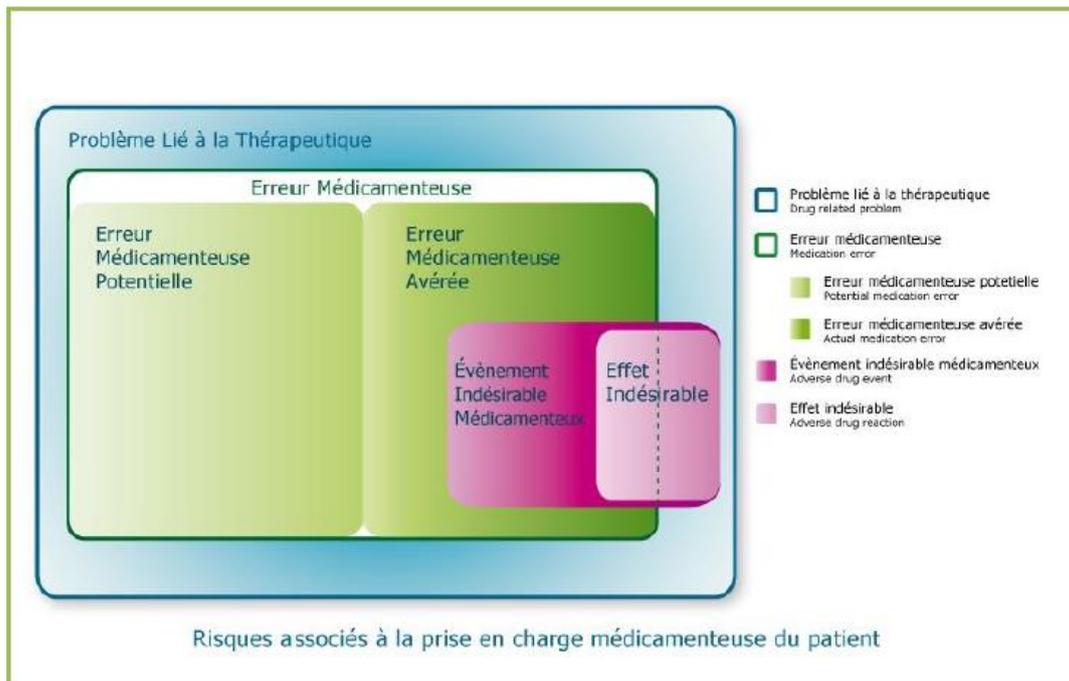


Figure 1: Risques associés à la prise en charge médicamenteuse du patient (REMEDI, 2014 - (Revue des erreurs liées aux médicaments et dispositifs associés)

L'analyse des circonstances de survenue de ces erreurs se fait au moyen de la REMEDI (REMEDI, 2014) qui cible électivement les événements indésirables médicamenteux évitables, c'est à dire ceux qui ne seraient pas survenus si les soins avaient été conformes à la prise en charge considérée comme satisfaisante au moment de la survenue de ces événements. Elle est une revue de mortalité et de morbidité¹⁵ spécifiquement centrée sur les erreurs médicamenteuses. C'est une démarche structurée d'analyse *a posteriori* de cas d'erreurs médicamenteuses rendus anonymes. Elle s'appuie sur une analyse collective, pluriprofessionnelle et systémique qui vise à concevoir et mettre en œuvre des actions de réduction des risques liés à la prise en charge médicamenteuse des patients.

La prise de conscience évoquée plus tôt a suscité la réalisation de très nombreuses études sur les erreurs médicales, et notamment en France, où les enquêtes nationales sur les

¹⁵ Dans un rapport de 2016 intitulé « Cadre général des EIAS », la HAS précise que des démarches de REX (Retour d'expérience) sont ainsi apparues progressivement depuis 20 ans pour tirer des enseignements des EIAS survenus lors de la prise en charge des patients. On peut citer les revues de mortalité et de morbidité (RMM), les comités de retour d'expérience (CREX), les revues des erreurs médicamenteuses (REMEDI), etc.

événements indésirables graves associés aux soins (ENEIS I et II) réalisées en 2004 et 2009 ont permis de mesurer la fréquence et l'évitabilité des EIG dont font partie les erreurs médicamenteuses. L'étude ENEIS II (Philippe Michel et al., 2011 b) estime les EIG dans les établissements de santé à hauteur de 275 000 à 395 000 par an dont 95 000 à 180 000 évitables. Cette étude n'a pas estimé le risque du secteur médico-social, ni ambulatoire, également concernés par l'obligation de déclaration des EIG. Il existe par ailleurs une sous-déclaration importante des EIG selon ces enquêtes et celles plus récentes de la HAS (2018). Les principaux facteurs limitants le signalement sont la peur de la sanction, la peur de perdre son emploi, la crainte d'apparaître fautif et incompetent ainsi que des facteurs liés à la méconnaissance du processus de signalement ou à l'inadaptation du dispositif (Braiki et al., 2019).

Quelques éléments chiffrés dressent le tableau de la situation à partir des deux enquêtes d'incidence qui font références en France. En 2009, le rapport final rapporte 374 EIG dont 177 évitables recensés dans la seconde enquête ENEIS (Philippe Michel et al., 2011 b) :

- 214 EIG survenus pendant la période d'hospitalisation dont 87 sont évitables (41 %) ; parmi ceux-ci 24 (28 %) sont liés aux médicaments ;
- 160 EIG sont à l'origine même du séjour hospitalier. Parmi ceux-ci 89 sont considérés comme évitables (56 %), dont 39 (43 %) sont liés aux médicaments.

Le bilan de cette seconde enquête est à rapprocher des résultats de la première enquête ENEIS de 2004, qui indiquait que la moitié des EIG étaient causes d'hospitalisation et le tiers des EIG survenus lors de l'hospitalisation étaient liés aux erreurs de prescription ou d'administration, au suivi inadapté du patient ou à l'omission de traitement. Sur l'ensemble des événements survenus, 87 EIG sont considérés comme évitables avec pour facteurs contributifs des défaillances humaines de professionnels (27,6 %), une mauvaise communication entre professionnels (24,1 %) ou encore une supervision insuffisante des collaborateurs (26,4 %).

Le caractère évitable des événements indésirables graves étudiés dans ENEIS I et II se définit ainsi : « ne serait pas survenu si les soins avaient été conformes à la prise en charge considérée comme satisfaisante » (Michel et al., 2011c, p. 27). La politique de surveillance des EIG s'est mise en place progressivement à partir du Guichet erreurs médicamenteuses de l'AFSSAPS pour évoluer vers une organisation structurée autour d'une plateforme nationale (REX-EIGS). La HAS effectue une synthèse et une analyse présentées dans un bilan désormais annuel sur l'état de la question. Les chiffres exposés dans le chapitre

suivant, à partir d'extraits de deux rapports de la HAS récents, concernent directement les erreurs médicamenteuses et les EIGS qui en ont découlés et permettront d'effectuer une mise en perspective ainsi que de juger de la tendance relative à leur nombre, leurs caractéristiques, leur gravité et de leurs conséquences.

Extrait du rapport annuel d'activité 2017 de la HAS relatif aux EIGS (HAS, 2018)

Les EIG liés aux médicaments représentent 10 % des EIGS reçus pour l'année 2017. Dans l'enquête ENEIS de 2009, ces événements représentent près de 33 % des EIG liés aux soins. Cette sous-déclaration d'EIGS, en lien avec les erreurs médicamenteuses, s'explique en partie par l'existence d'une double déclaration. En effet, ces événements doivent être déclarés également à l'ANSM qui gère les déclarations de pharmacovigilance sur le portail de signalement.

Sur ces 28 EIGS, l'erreur d'administration d'un médicament représente 72% des situations. Ces résultats rejoignent ceux publiés dans le guide HAS sur la sécurisation de l'administration des médicaments et le Guichet erreurs médicamenteuses de l'ANSM. La moitié de ces EIGS correspondent à des erreurs de dose lors de l'administration. Les erreurs ont conduit dans plus de 80 % des cas à la mise en jeu du pronostic vital mais pas à une conséquence définitive (décès, déficit), montrant l'intérêt des actions d'atténuation. 9 EIGS (32%) sont associés à l'utilisation de morphine dont 7 EIGS correspondent à des erreurs de dose jugées évitables. L'ensemble de ces EIGS sont considérés comme évitables ou probablement évitables par les déclarants.

Conséquences pour le patient

Extrait du rapport : Par construction, le dispositif de gestion des EIGS enregistre les événements dont les conséquences sont « le décès, la mise en jeu du pronostic vital et la survenue probable d'un déficit fonctionnel permanent ». Parmi les 288 EIGS enregistrés de mars à décembre 2017 dans la base REX-EIGS, la répartition entre ces trois conséquences s'établit comme suit :

Niveau de gravité	Nombre d'EIGS	%
Décès	127	44 %
Mise en jeu du pronostic vital	106	37 %
Probable déficit fonctionnel permanent	55	19 %
Total	288	100 %

Tableau 1 : Répartition statistique des EIGS par niveau de gravité

Le rapport rappelle que cette proportion n'est pas extrapolable au volume national d'EIGS, ni ne peut être utilisée pour déterminer un volume de décès, de mise en jeu du pronostic vital ou de déficit fonctionnel permanent concernant la population nationale. (Pour avoir une idée du volume d'événements graves au regard de la population, il faut se reporter à la dernière étude ENEIS conduite en France).

Extrait du rapport annuel d'activité 2018 de la HAS relatif aux EIGS (HAS, 2019)

À la fin de l'année 2018, on dénombre pour cette année : 3 536 déclarations des professionnels, 1 722 analysées par les professionnels et 820 déclarations complètes transmises à la HAS.

EIGS portant sur des erreurs médicamenteuses

Évolution du nombre de déclarations : 28 déclarations en 2017 ; 111 déclarations au total au 31 décembre 2018 (dont 28 de 2017). Les erreurs médicamenteuses représentent la 4^e cause d'EIGS dans cette série¹⁶ après les 181 EIGS concernant les suicides de patients ; les 134 EIGS par défauts de prise en soins et les 121 EIGS par chutes de patients. Bien que la situation clinique du patient, avant la survenue de l'événement, soit considérée complexe dans 62 % des situations, plus de la moitié (55 %) des EIGS sont jugés évitables.

Exemples cités dans le rapport (p. 56)

¹⁶ Répartition des 820 EIGS = 181 EIGS concernent les suicides de patients ; 134 EIGS les défauts de prise en soins ; 121 EIGS les chutes de patients ; 111 EIGS les erreurs médicamenteuses ; 38 EIGS les décès inexpliqués ; 27 EIGS les fausses routes et troubles de la déglutition ; 26 EIGS les contentions physiques passives mal maîtrisées ; 24 EIGS les gestes traumatiques ; 24 EIGS les interventions du SAMU/SMUR .

Arrêt cardiaque par surdosage en chlorure de potassium

L'administration d'une perfusion de chlorure de potassium est confiée à un étudiant infirmier par l'infirmière senior engagée sur une urgence vitale. Une erreur est faite par l'élève dans le débit d'administration en raison d'une prescription imprécise.

Erreur d'administration de morphine en pousse seringue en réanimation pédiatrique

Un enfant de 5-10 ans hospitalisé revient du bloc opératoire perfusé avec un pousse-seringue électrique (PSE) de morphine. Le changement de pousse-seringue et de tubulure est effectué par une étudiante infirmière de 3e année. Elle réalise une erreur de programmation du PSE (5 ml/h au lieu de 0,5 ml/h) dans un contexte de forte activité du service avec de nombreuses entrées.

Lorsque l'on cherche à identifier les causes profondes des EIGS, les outils d'analyse¹⁷ passent en revue les différents facteurs conduisant à ces événements en se concentrant sur la personne et sur le système, orientés sur les conditions dans lesquelles les personnes travaillent et préviennent les erreurs (Figure 2).

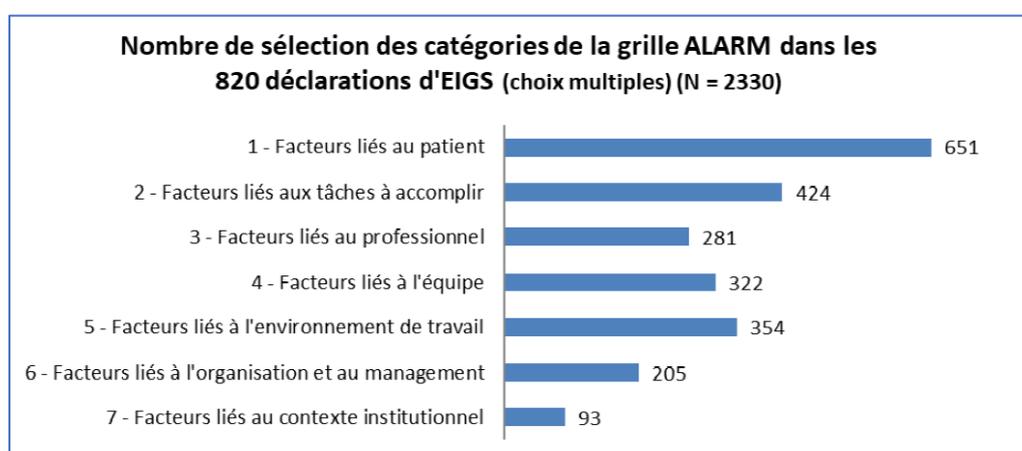


Figure 2 : Graphique de Répartition du nombre d'EIGS par facteurs de survenues identifiés dans la grille ALARM

¹⁷ La HAS dans ses commentaires, en marge de la présentation statistique des différents facteurs, précise que dans le domaine des industries complexes et dans la santé, les systèmes de signalement utilisent depuis des années la grille ALARM et font apparaître les facteurs liés à l'équipe en premier. Ces choix, selon elle dans ce rapport, témoignent d'une culture sécurité non parvenue à maturité et des analyses trop superficielles trop centrée sur l'organisation et pas assez sur le comportement des individus.

Ces deux exemples ainsi que le diagramme ci-dessus présentant les facteurs de survenues des EIGS illustrent parfaitement les circonstances pourvoyeuses d'erreurs médicamenteuses génératrices d'EIGS. Leur aspect plurifactoriel apparaît lors des analyses *a posteriori* et lorsque l'on fait une recension des publications scientifiques, il est montré que différents facteurs s'intriquent pour conduire à l'événement indésirable et que les erreurs liées aux soins et notamment aux médicaments sont dues à des erreurs humaines et/ou à des dysfonctionnements systémiques (CII, 2009, REMED, 2014). Cette réalité, inscrite dans le développement d'une culture de la sécurité est prise en compte au travers des organisations institutionnelles françaises qui participent à la sécurisation de la prise en charge médicamenteuses telles l'ANSM dont c'est la mission première mais aussi la HAS, la Direction générale de l'organisation des soins (DGOS), et l'Agence nationale d'appui à la performance (ANAP)¹⁸.

Dans son glossaire, l'ANSM (2017) explique dans sa définition que c'est l'analyse *a posteriori* de l'erreur qui permet de la caractériser et de la qualifier par sa nature, son type, la gravité de ses conséquences cliniques pour le patient, l'étape de réalisation dans la chaîne de soins.

L'erreur peut trouver sa source :

- dans une mauvaise conception du médicament et de l'information qui lui est relative (confusion de dénomination, conditionnement inadapté, problème d'étiquetage ou de notice d'information, etc.) ;
- dans l'organisation systémique du processus de prise en charge thérapeutique du patient (organisation du circuit du médicament, facteurs humains, facteurs environnementaux, pratiques professionnelles, etc.).

D'après Bedouch et al. (2009), l'erreur médicamenteuse se produit généralement à l'un des quatre niveaux suivants : prescription, transcription, délivrance ou administration. Une répartition des erreurs médicamenteuses selon l'étape du circuit du médicament est proposée dans l'article à partir de la recension des erreurs dans deux études par (Bernheim et al., 2005) (1^{ers} chiffres) et (Bates et al., 1995) (2^{nds} chiffres) :

¹⁸ La DGOS (Direction Générale de l'Offre de Soins) : Guide "Qualité de la prise en charge médicamenteuse - outils pour les établissements de santé". La HAS (Haute Autorité de Santé) : Guide "Outils d'autoévaluation et de sécurisation de l'administration des médicaments en établissement de santé". L'ANAP (Agence Nationale d'appui à la performance des établissements de santé et médico-sociaux) : Outil « Inter Diag Médicaments », outil d'auto-évaluation et de gestion des risques liés à la prise en charge médicamenteuse au niveau de l'unité de soins

- la prescription (37 %) ; (56 %) ;
- la transcription de l'ordonnance (18 %) ; (6 %) ;
- la délivrance (21,2 %) ; 4 %) ;
- l'administration (22,7 % ; 34 %).

Les étapes concernant la prescription et la dispensation du médicament ne seront pas traitées en tant que telle dans notre recherche, même si elles sont indissociables de l'administration médicamenteuse. Au cours de la lecture, elles apparaîtront comme élément contributifs à une meilleure compréhension de l'activité objet de notre thèse. Selon le Guichet erreurs médicamenteuses de l'AFSSAPS (2010), en 2009, 60 % des erreurs médicamenteuses déclarées sont des erreurs d'administration et sur la période 2005-2009 le nombre est très proche (58,7 %). Dans la série d'EIGS déclarés en 2017, la HAS rapporte un taux de 72 % d'erreur d'administration. Alors que le moment de l'administration représente un point crucial du circuit du médicament, Berdot et al. (2016, p. 2) remarque que « la dernière étape du processus de la gestion médicamenteuse, l'administration, est la moins bien étudiée, même si elle concerne directement les infirmières et les patients et constitue le dernier obstacle avant les éventuelles conséquences pour le patient ».

Notre réflexion scientifique s'inscrit dans cet espace de tensions de la compréhension des erreurs d'administration dont on comprend qu'il représente une phase critique de la gestion médicamenteuse, à la fois pour les soignants en matière de sécurité des soins et de responsabilité, mais surtout pour les patients en matière de sécurisation du séjour et de prévention des complications iatrogènes.

Le tableau brossé par cette présentation chiffrée apparaît assez préoccupant mais il est à pondérer avec le nombre d'actes effectués chaque jour qui se déroulent presque en quasi-totalité sans erreur (Michel et al., 2011b). Ce panorama dresse le constat d'une situation, finalement plutôt stable¹⁹ sur le plan de la survenue des EIGS, et cela nous a questionné quant à la démarche à suivre pour prolonger la compréhension et la réduction des erreurs médicamenteuses et plus particulièrement celles concernant les calculs de doses. À ce jour, de nombreuses données existent sur la gestion du médicament à toutes les phases du circuit (prescription, dispensation, administration, suivi et réévaluation, REMED,

¹⁹ Les EIG pendant l'hospitalisation sont passés de 6,6/1000 jours dont 35% évitables en 2004 à 6,2/1000 jours dont 42% évitables en 2009 soit 1 EIG tous les 5 jours dans un service de 30 lits (source enquêtes ENEIS).

2014), sur des taux d'erreurs médicamenteuses, sur les moyens et interventions pour réduire le taux d'erreurs d'administration. La stabilité de la situation nous a incité à considérer que pour la faire encore évoluer, une direction possible était d'explorer l'aspect cognitif du travail effectué dans les situations d'administration (et nous avons commencé par les traitements injectables en service de réanimation adulte) afin d'y percevoir des possibilités d'amélioration, tant de la pratique que de la formation à la pratique.

1.2.2 Des tentatives pour dresser un tableau épidémiologique des erreurs médicamenteuses qui restent insatisfaisantes

Le rôle de l'infirmière dans l'administration médicamenteuse ne consiste pas seulement à effectuer la préparation d'un traitement et son injection, mais bien à mettre en œuvre un soin, ce qui nécessite, en plus, une démarche de gestion des risques, dépassant ainsi la simple tâche auquel le décret des actes professionnels infirmiers fait référence²⁰.

Depuis une quinzaine d'années, de très nombreuses revues systématiques de la littérature réalisées chez les patients adultes hospitalisés, cherchent à caractériser les erreurs médicamenteuses par leur fréquence de survenue, les facteurs de risques, les causes, les conséquences, les mesures de prévention. Nous n'en citerons qu'un faible échantillon, sans recherche d'exhaustivité, dans le but de montrer leurs objectifs :

- les travaux effectués par Krähenbühl et al. (2007) ont tenté de préciser les causes de survenue, les erreurs médicamenteuses et les événements indésirables médicamenteux (avec une attention sur la fréquence, les facteurs de risques et les moyens de prévention) ;
- ceux de Brady et al. (2009), les facteurs individuels et systémiques contributifs de l'erreur médicamenteuse ;
- ceux de Keers et al. (2013), la recherche de preuves scientifiques quantitatives et qualitatives sur les causes d'erreurs d'administration des médicaments ;
- ceux de Berdot et al. (2013) la prévalence et la nature des taux d'erreurs d'administration ;

²⁰ L'alinéa 6 de l'art. R. 4311-7 relatif aux actes prescrits décrit l'acte très sommairement : Administration des médicaments sans préjudice des dispositions prévues à l'article R.4311-5 (qui fait référence au rôle propre infirmier).

- ceux de Berdot et al. (2016), les interventions pour réduire les erreurs d'administration. Ces revues de la littérature sont parvenues à isoler des caractéristiques organisationnelles, humaines ou environnementales appelées FHO (Facteurs humains et organisationnels) dans le domaine de la gestion des risques et à évaluer des moyens de prévention des erreurs mais il n'existe pas de revue de la littérature qualitative centrée sur l'activité de l'infirmière lors de la préparation d'un médicament injectable dans un but de compréhension des processus cognitifs et des facteurs de risque d'erreurs de calculs de doses (Wright, 2010). Dans les travaux cités, l'outil d'analyse est souvent rétrospectif et plus rarement observationnel car l'erreur de dose médicamenteuse est très difficilement observable en situation pratique. D'une part, elle est relativement rare (Berdot et al., 2012)²¹ quand elle est rapportée au nombre d'occurrences d'erreurs liées aux injections médicamenteuses réalisées et d'autre part, c'est l'effet de l'erreur qui est observable et non le processus d'erreur lui-même qui s'effectue en pensée. Comme cela a été signalé, l'erreur médicamenteuse est susceptible de survenir à toutes les étapes du circuit du médicament. L'erreur d'administration en constitue une des étapes les plus critiques. En complément de cette première vision de notre sujet, nous dirigeons maintenant le regard sur la question portée par les travaux scientifiques orientés sur les erreurs d'administration médicamenteuse.

1.3 Le contexte de la recherche : l'appréhension du calcul de doses par le monde infirmier

1.3.1 Le calcul de doses, premier de la liste des causes d'erreurs redoutées par les infirmières

Lorsque l'on s'intéresse aux types d'erreurs, la fréquence d'apparition de ces erreurs dans les différentes publications est très variable, du fait notamment du type de méthodes utilisées pour l'étude (Afssaps, 2010; Berdot et al., 2013; Wright, 2013b). Certaines erreurs demeurent non signalées car elles n'ont pas été repérées. La peur d'être sanctionnées ou d'être stigmatisées comme incompetentes (Braiki et al., 2019) pousse les infirmières à ne déclarer que les erreurs ayant des conséquences pour les patients. Sur le

²¹ Sur 1501 évènements observés dans cette étude, seul 8 concernent une erreur de dose.

plan de la conception des études, il semble que ce soit la méthode d'enquête qui détermine le type d'erreur identifié (Wright, 2013b). Berdot et al. (2016), dans leur revue systématique de la littérature qui s'est concentrée sur l'efficacité des interventions visant à réduire les erreurs d'administration de médicaments et les types d'erreurs et leur gravité rapportent que l'observation directe des infirmières pour la détection des erreurs médicamenteuses est devenue le *gold standard* des méthodes, plus efficaces et précises que l'examen des dossiers et des rapports d'incidents (Flynn et al., 2002).

La HAS en 2013 a produit un guide sur les outils de sécurisation et d'auto-évaluation de l'administration des médicaments qui reprend, à partir d'une revue de la littérature, les taux d'erreurs recensés en fonction du type d'erreur : erreurs d'omission, de doses, de produit, de forme galénique, de technique d'administration, de voie, de débit, de durée d'administration, de moment, de patient, de périmés (produits) et de détérioration. Il est important de noter que les écarts (parfois très importants) entre les fréquences de survenue des erreurs s'explique par des méthodes d'enquête différentes notamment la grande variabilité des définitions de l'erreur choisies, des types d'erreurs et le calcul des taux avec des formules différentes (Berdot et al., 2013).

Afin de prendre la mesure du phénomène, nous reprenons dans la section suivante les données de la littérature sur les taux d'erreurs moyens puis plus spécifiquement, nous ciblons les trois sources possibles d'erreurs de calcul de doses afin d'en présenter leur prévalence.

1.3.1.1 - Des taux d'erreurs constatés très variables mais conséquents

Shane (2009), dans un article sur l'état des lieux de l'administration des médicaments indique une fréquence des erreurs d'administration qui varie entre 2,4 % et 47,5 %, en fonction des systèmes de distribution des médicaments en place. Elle évoque également un rapport de la *National Patient Safety Agency* (NPSA, 2007) au Royaume-Uni qui indique un taux de 56,5 % d'erreurs associés à des conséquences graves ou des décès à l'étape de l'administration médicamenteuse.

Toujours au Royaume-Uni, (Taxis et Barber, 2003), dans une étude observationnelle rapportent 249 erreurs. Au moins une erreur s'est produite pour 212 des 430 doses de médicaments préparés et administrés par voie intraveineuse soit un taux d'erreur de 49 % (IC de 95 %, 45 % à 54 %) pour la préparation et l'administration des doses intra-

veineuses. Dans la synthèse de la littérature présentée dans l'introduction de l'article sur une étude multicentrique entre le Royaume-Uni, l'Allemagne et la France, conduite par Cousins et al. (2005), sont repris des taux d'erreurs de 13 à 84 % à partir des différentes études analysées dans leur revue des publications.

Enfin, Berdot et al., (2012), précisent, dans leur étude sur un CHU français, que les erreurs d'administration étaient courantes dans les quatre services étudiés. Le taux retrouvé était de 27,6 % ramené à 7,5 % lorsque l'on retire l'erreur d'horaire d'administration sur lequel il y a aujourd'hui un débat.

En 2013, Berdot et al. signalaient dans leur revue systématique de la littérature sur la nature des taux d'erreur, la très grande hétérogénéité des études quant au choix de la définition de l'erreur médicamenteuse ainsi que du numérateur et du dénominateur utilisés pour calculer les taux d'erreurs et l'étude concluait sur une demande de normalisation du taux d'erreur d'administration à l'aide du même dénominateur (TOE : *Total Opportunity Error* ou total d'opportunités d'erreurs²²), numérateur et types d'erreurs afin d'effectuer des comparaisons valides. Les études choisissent aussi pour le dénominateur du calcul du taux le nombre de doses observées. Dans ce travail, le taux d'erreur moyen calculé était de 10 % pour les études utilisant le TOE soit 34/66.

Un autre point méthodologique est souligné toujours par Berdot et al. (2016) dans une revue systématique et une méta-analyse citées plus tôt que les observateurs peuvent avoir un impact sur le comportement de l'infirmière qui est observée modifiant sa pratique dans le sens d'une amélioration au regard de sa pratique habituelle. Cet effet serait observé dans les deux bras²³ (bras intervention et bras contrôle), ce qui laisserait la même possibilité d'amélioration entre les deux bras. L'observation diminue l'effet Hawthorne²⁴ sur les infirmières (Allan & Barker, 1990). Les taux d'erreur d'administration, avec l'observation directe, peuvent atteindre environ 26 %, tombant à

²² TOE : somme du total de nombre de doses prescrites et du nombre de doses non prescrites administrées, multipliée par 100.

²³ Le terme de bras décrit dans les études contrôlées, le groupe auquel appartient le participant. On parle de bras ou de groupe contrôle (celui qui reçoit le traitement ou la pratique habituelle ou qui l'effectue dans notre situation) et de bras ou de groupe intervention (celui qui reçoit le médicament ou la pratique testée ou qui l'effectue).

²⁴ L'effet Hawthorne fait référence au processus psychologique selon lequel les résultats d'une expérimentation doivent moins à son protocole qu'à la motivation des sujets observés dans l'étude, du fait de l'attention bienveillante dont ils pensent être l'objet. Cet effet d'observation biaisée a eu un impact considérable sur les théories des organisations, et dans de nombreuses disciplines. Il a été rapporté la première fois suite aux célèbres expériences réalisées à Chicago entre 1924 et 1932 au sein de l'usine « Hawthorne », de la Western Electric Company. (Fisher-Lokou et Pinte, 2017)

environ 10 % si les erreurs d'horaire ne sont pas analysées (Berdot et al., 2012, 2013 ; Keers et al., 2013).

1.3.1.2 - Les erreurs par types en lien avec le calcul de dose

Après ces taux moyens, des taux spécifiques par type d'erreur vont continuer d'éclairer le sujet et contribuer à la définition de la problématique de notre recherche. Le tableau 2 indique parmi les erreurs de doses, celles qui peuvent découler d'une erreur de calcul de dose.

À titre d'exemple, et pour illustrer l'analyse faite plus tôt par Berdot et al. (2013, 2016), nous reproduisons les résultats retrouvés dans trois études observationnelles dans des unités générales d'hospitalisation. On y voit des taux d'erreurs élevés allant de 7,5% à 27,6% en fonction de l'inclusion de certains types d'erreurs dont les erreurs d'horaires dont les définitions varient avec prise en compte du retard de 15 min à 60 min (il s'agit pour nous d'une non-conformité plutôt que d'une erreur à part entière). Les taux d'erreur de doses et de débit constituent des chiffres très élevés qui doivent être pris en compte mais pondérés par les méthodes qui ont conduit à leur recueil et aux définitions qui leur sont appliquées.

La réanimation, notre terrain d'étude, est un lieu d'exercice où les manipulations médicamenteuses sont extrêmement fréquentes et il est donc crucial de pouvoir identifier la prévalence des erreurs d'administration en la comparant également aux services traditionnels, tout en gardant le recul nécessaire pour considérer les résultats comme un indicateur d'une progression possible dans l'amélioration de la prévention des erreurs plutôt qu'une compétition pour savoir qu'elle unité ou quel hôpital fait mieux que l'autre.

	Taux d'erreur	Erreur de dose	Erreur de débit	Erreur de technique d'administration (dont durée)
Tissot et al. (2003) 56 patients / 20 jours 523 opportunités d'erreur 78 erreurs d'administration	14,9 %	41 %	19 %	4 %
Cousins et al. (2005) 824 doses préparées et 798 administrées. Nb d'unités : RU = (N= 273) Allemagne (N= 425) France (N=100)	Non retrouvé dans l'article	RU = 1 % G = 2 % Fr = 5 %	RU= 48 % G = 21 % Fr = 5 %	Non retrouvé dans l'article
Berdot et al. (2012) 108 patients observés 1501 opportunités d'erreur ; 415 doses administrées ; 430 erreurs	27,6 % 7,6 % sans les erreurs d'horaires	(n = 8), 1,9 %	Non retrouvé dans l'article	(n = 8), 1,9%

Tableau 2 : Comparaison des taux d'erreurs de trois études observationnelles en services généraux

Les taux pour la réanimation adulte²⁵, service à haut risques à la fois pour la fréquence et le type de médicaments utilisés (médicaments à haut risque) et à la fois pour la gravité de l'état des patients accueillis dans ces unités de soins, peuvent aller de 6,1 % (Tissot et al., 1999) à 44,6 % (Van den Bemt et al., 2002). Nous avons comparé les données des deux études concernant les trois types d'erreurs qui nous intéressent dans ces services de réanimation adulte (Tableau 3).

²⁵ Ce terme est utilisé de façon générique pour décrire ce type de service mais nous n'ignorons pas la diversité qui existe dans les prises en charge très variées de patients médicaux et/ou chirurgicaux

	Taux d'erreur (en %)	Erreur de dose (nb)	Erreur de débit (nb)	Erreur de technique d'administration (dont durée) (nb)
Tissot et al., 1999 132 erreurs sur 2009 événements observés sur 30 jours	6.6 %	n = 41	n = 29	n = 10
Van den Bemt et al., 2002 233 administrations médicamenteuses pour 24 patients	44,6 % Sans les erreurs d'horaires 33 %	n = 9	Non retrouvé	n = 36

Tableau 3 : Comparaison des taux et des types d'erreurs dans deux études observationnelles en réanimation adulte

L'étude de Van den Bemt et al. (2002) montre un taux moyen d'erreur très élevé expliqué par les auteurs par les différences méthodologiques de recueil des données et de choix des types et définitions d'erreurs.

Dans une étude multicentrique de Valentin et al., (2009) pour l'ESICM (*European Society of Intensive Care Medicine*) sur 1328 patients, 861 erreurs de médicaments affectant 441 patients ont été signalées pour la période de 24 heures de l'étude, ce qui correspond un taux de 74,5 (IC à 95 % - 69,5 à 79,4) erreurs pour 100 jours-patients. Dans les cinq catégories d'erreurs choisies, les plus fréquentes étaient en relation avec un mauvais horaire d'administration 43,5 % (n = 386), les oublis de médicaments 29,2 % (n = 259), puis les erreurs de doses 13,3 % (n = 118), le mauvais médicament 7,1 % (n = 61) et la mauvaise voie d'injection 4,3 % (n = 37).

Au total, 887 patients (67 %) n'ont subi aucune erreur, 250 (19 %) ont subi une seule erreur et 191 patients (14 %) en ont subi plus d'une. Sur les 113 unités, 21 (19 %) n'ont signalé aucune erreur de médication.

Ces erreurs, comme l'indiquent les taux évoqués, sont en lien avec l'administration de traitements injectables et représentent, les taux les plus élevés, au sein des erreurs médicamenteuses. Comme nous l'ont signalé les auteurs dans les publications, les définitions de l'erreur médicamenteuse et de son périmètre, le calcul du taux d'erreur, les

patients considérés dans les études constituent des variables très hétérogènes d'une étude à l'autre et d'une structure à l'autre, rendant très compliquées voire hasardeuses les comparaisons. C'est ce qui a conduit en 2002 et 2008, le NCCMERP (*National Coordinating Council for Medication error Reporting and Prevention*) à recommander l'abandon de ce type d'indicateur pour des comparaisons entre structures sanitaires et de s'attacher aux processus d'amélioration continue de la prévention des erreurs médicamenteuses pour diminuer les conséquences dommageables pour les patients.

Statement from NCCMERP: Use of Medication Error Rates to Compare Health Care Organizations is of No Value

The use of medication error rates to compare health care organizations is not recommended for the following reasons:

- Differences in culture among health care organizations can lead to significant differences in the reporting of medication errors [...].*
- Differences in the definition of a medication error among health care organizations can lead to significant differences in the reporting and classification of medication errors [...].*
- Differences in the patient populations served by various health care organizations can lead to significant differences in the number and severity of medication errors occurring among organizations [...].*
- Differences in the type(s) of reporting and detection systems for medication errors among health care organizations can lead to significant differences in the number of medication errors recorded [...] (NCCMERP, 2002, mis à jour 2008).*

En plus de ces limites méthodologiques importantes qui brouillent la vision du sujet, il faut ajouter un manque de précision sur les données produites, qui ne permettent pas d'établir précisément la nature profonde des erreurs de doses, et qui portent sur le résultat et non sur le processus, ce qui empêche de découvrir si elles sont sous-tendues par des erreurs de calculs de doses. Les erreurs de doses sont analysées mais les erreurs de calculs de doses sont très rarement associées aux résultats voire non recherchées dans les études, ce qui implique que ces travaux ne sont pas, pour nous, un outil suffisamment pertinent dans le cadre de notre travail et dans la recherche d'une compréhension de la nature des erreurs de calculs de doses.

Plusieurs dimensions caractérisent l'expression générique « erreur de calculs de dose » : elle est le résultat de l'activité d'administration mal comprise et/ou mal conduite, mais cette définition ne traduit pas l'aspect cognitif de la tâche qui la sous-tend. Si une erreur

de calcul survient, à quoi est-elle réellement due ? Quelles sont les opérations mentales qui ont été, de manière adéquate ou non, réalisées ?

1.3.1.3 Une approche cognitive proposée par les infirmières-chercheuses pour comprendre l'erreur

Une façon de répondre à ces questions est de regarder autrement le problème et d'identifier les erreurs selon le processus cognitif qui les a générées. Cet argument était déjà évoqué par Wright (2010) face aux limites rencontrées par les études observationnelles et elle proposait de développer des approches des processus cognitifs impliqués dans les erreurs de calculs de doses. Le titre de sa revue de la littérature posait la question suivante : « Les erreurs de calcul commises par les infirmières entraînent-elles des erreurs médicamenteuses dans la pratique clinique ? » (p. 85, notre traduction). Elle recommande de travailler sur les processus d'erreurs, fondés sur les causes profondes, telles que les ratés et les lapsus chez Kopp et al. (2006) ou Santell et al. (2003), ou encore une erreur conceptuelle et le fait de ne pas comprendre le calcul que les infirmières essaient de faire (K. W. Weeks et al., 2001) ou enfin, une erreur arithmétique due à de mauvaises compétences en calcul et en mathématiques (Gladstone, 1995; O'Shea, 1999). Ces travaux analysent les formes de raisonnements et de contrôles de l'action en appliquant aux erreurs le modèle de Reason (1993/2013) : le système générique de modélisation de l'erreur (*GEMS* ou *Generic-Error-Modelling-System*). Avant de présenter ce modèle et son fonctionnement, nous devons préciser certains concepts fondamentaux du modèle développés par Reason (1993/2013)²⁶ au fil du temps. Tout commence par une anecdote, rappelée dans un article de synthèse intitulé « le modèle de l'erreur humaine de James Reason », issu d'une thèse²⁷.

Un après-midi au début des années 70, je faisais chauffer une bouilloire pour le thé. La théière attendait, ouverte, sur le plan de travail (à l'époque on y mettait des feuilles à la cuillère et non des sachets de thé). C'est alors que notre chat (un Birman très bruyant) hurla, à la porte de la cuisine, pour être nourri. Je dois avouer que j'étais un peu agacé par ce chat et que ses besoins tendaient à devenir des priorités. J'ai donc ouvert une boîte de nourriture pour chat, plongé dedans une cuillère, que j'ai mise... dans la théière » (Reason, 2013, p.1²⁸ cité par Larouzée et al., 2014, p. 4)

²⁶ Il s'agit d'une seconde édition traduite en français après épuisement du tirage original sans modification du texte initial.

²⁷ Thèse de Justin Larouzée : Théorie et pratique des modèles d'erreur humaine dans la sécurité des barrages hydroélectriques : le cas des études de dangers de barrages d'EDF, soutenue le 16 décembre 2015.

²⁸ Reason, J. (2013). *A life in error*. Aldershot: Ashgate Publishing Ltd.

À partir de cette erreur du quotidien, Reason note que rien dans son erreur n'est lié au hasard, mais plutôt à la nature routinière et similaire des deux activités (le thé et le repas du chat). Larouzée précise que Reason comprend également le rôle de la concomitance des deux activités (les miaulements du chat l'interrompent dans la préparation du thé). Par cette « découverte », Reason va considérer que « l'action erronée » offre l'opportunité d'étudier par déduction le fonctionnement « normal » du cerveau et dès lors, l'étude de l'erreur humaine le nouveau et principal sujet de ses recherches.

Les travaux de Reason vont le conduire à modéliser une taxonomie de l'erreur qu'il va présenter dans un livre, devenu une référence mondiale, intitulé « L'erreur humaine » en 1990 et qu'il va faire évoluer jusqu'en 2000²⁹. Dans le domaine industriel de la gestion des risques, ce modèle a été popularisé sous le nom de *Swiss Cheese Model* de Reason (1993/2013).

La construction progressive de son approche de l'erreur et des conditions de survenues va avoir le mérite immense de caractériser les différents types d'erreurs ou de défaillances et surtout de montrer qu'elles se cumulaient, et ce d'autant plus dans les systèmes complexes. Il est amené à distinguer les causes latentes, qui sont liées à l'inadaptation du système pour gérer l'activité, des causes patentes ou erreurs actives liées à l'erreur humaine, c'est-à-dire l'erreur de l'acteur de première ligne qui va être en lien direct avec l'accident (ANAES, 2003)³⁰. Reason a élaboré son modèle à partir du schéma du fonctionnement sain d'une organisation industrielle³¹ en repérant cinq éléments de base de son organisation. C'est à partir de l'ensemble de ces éléments, articulés et hiérarchisés qu'il a proposé une vision schématique d'une organisation de défenses par plaques successives. L'analyse de chaque défense en profondeur (ou barrière) est susceptible de faire émerger des défaillances possibles appelées agents pathogènes. Ainsi, la dynamique de causalité d'un accident se retrouve illustrée par une trajectoire d'occasion qui pénètre plusieurs systèmes de défense. (Figure 3 et annexe 3³²)

²⁹ Le modèle James Reason, psychologue anglais, a évolué avec le temps au travers de deux publications sur ce même thème, d'abord en 1997, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Publishing puis en 2000 *Human Error: Models and Management*. *BMJ* 2000, 320:768-70, pour devenir le *Swiss Cheese Model* connu et utilisé dans le domaine de la gestion des risques.

³⁰ L'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé est une des institutions regroupées au sein de la Haute autorité de santé en 2004. Dans ce rapport, elle précise que l'erreur humaine joue également un rôle dans la construction des organisations et la réalisation des dispositifs techniques.

³¹ Reason s'est ici appuyé sur l'expérience industrielle de l'ingénieur nucléaire américain John Wreathall avec qui il a modélisé le fonctionnement « sain » d'une organisation industrielle. (Larouzée, 2015, p. 20)

³² Nous présentons en annexe 3 une version détaillée adaptée à la gestion des risques.

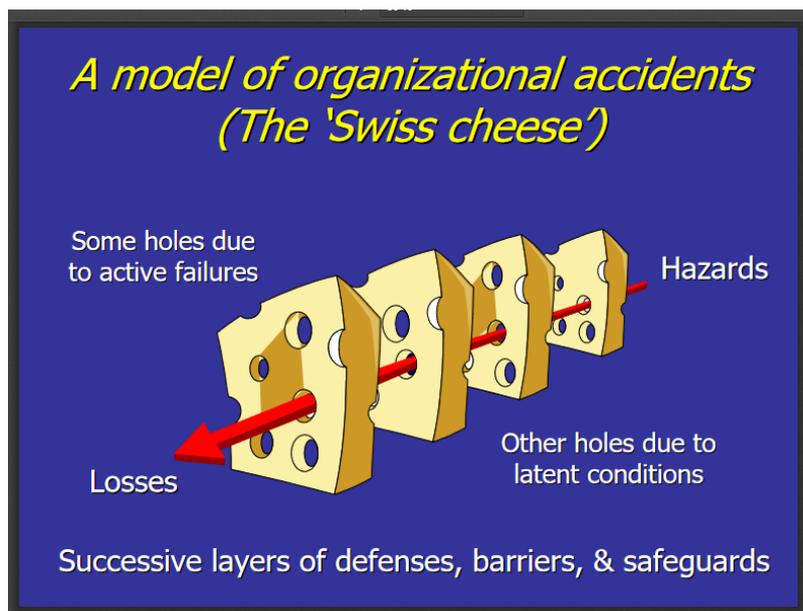


Figure 3 : Représentation iconographique du Swiss Cheese Model d'après une conférence de Reason (2004)

Ce champ de recherche s'est considérablement développé à la suite des travaux de Reason dans le domaine de la sûreté des systèmes complexes, une gestion des risques bâtie sur les concepts de FHO qui représentent autant de facteurs de risques de survenues de l'erreur (défaillance humaine, communication insuffisante, manque de leadership, environnement de travail inadapté, surcharge de travail, absence de procédures, interruptions de tâches, etc.). « La littérature impute classiquement plus de 80 % (Reason, 1997) des causes racines (ou profondes) des événements à l'organisation avec surtout des problèmes rencontrés aux interfaces entre les acteurs ou entre les secteurs » (ANAES, 2003, p.26). Le système hospitalier s'est emparé de ce modèle pour la gestion des événements indésirables au travers des méthodes d'analyses rétrospectives des incidents et de leurs conséquences, de types méthode ALARM³³ lors de réunions pluridisciplinaires comme les CREX, les RMM ou la REMED cités plus tôt dans le cadre de la gestion post-erreur médicamenteuse.

³³ Les travaux de James Reason ont été repris en gestion des risques à l'hôpital avec le modèle ALARM - Vincent C., Taylor-Adams S., Stanhope N. (1998). Framework for analyzing risk and safety in clinical medicine. *BMJ*, 316:1154.

https://www.hassante.fr/portail/jcms/c_1215806/fr/grille-alarm-un-outil-pour-structurer-l-analyse-des-causes

Le Système générique de modélisation de l'erreur (GEMS) est « largement inspiré de la classification de Rasmussen (1983) des activités humaines en « automatisme-règle-connaissance » ou SRK (*Skill-Rule-Knowledge*) » et de Norman (1981) sur les ratés et les lapsus (*Slips et Lapses*) (Reason, 2013). Le chercheur explique dans son ouvrage qu'il a rapproché les travaux de deux domaines de recherches sur l'erreur jusqu'alors séparés :

[Celui de] *l'étude des ratés et des lapsus*, dans lesquels les actions s'écartent de l'intention en cours, du fait de défaillances dans l'exécution et/ou de défaillances dans le stockage [...], et [celui de] *l'étude des fautes*, dans lesquelles les actions peuvent se dérouler selon un plan qui est inadéquat pour atteindre son issue souhaitée [...] » (Reason, 2013, p. 95).

Ce modèle organise une lecture et une compréhension à deux niveaux des erreurs que Larouzeé et Guarnieri (2015, p. 6) présente ainsi : « les erreurs qui précèdent la détection d'un problème (les ratés et les lapsus qui surviennent au niveau des automatismes) de celles qui suivent la détection du problème (les méprises basées sur les règles ou sur les connaissances). Se dessine dès lors une distinction fondamentale entre les erreurs d'exécution d'une action et les erreurs de planification de cette action (niveau de contrôle plus élevé) ».

La figure 4 ci-dessous traduit les différents types d'erreurs et leur niveau de survenue au niveau cognitif permettant ainsi de visualiser les distinctions faites par le modèle GEMS de Reason. Les erreurs qui se fondent sur les automatismes (ratés, lapsus), sur les règles et sur les connaissances (déclaratives) sont distinguées dans leur niveau de connaissances respectif.

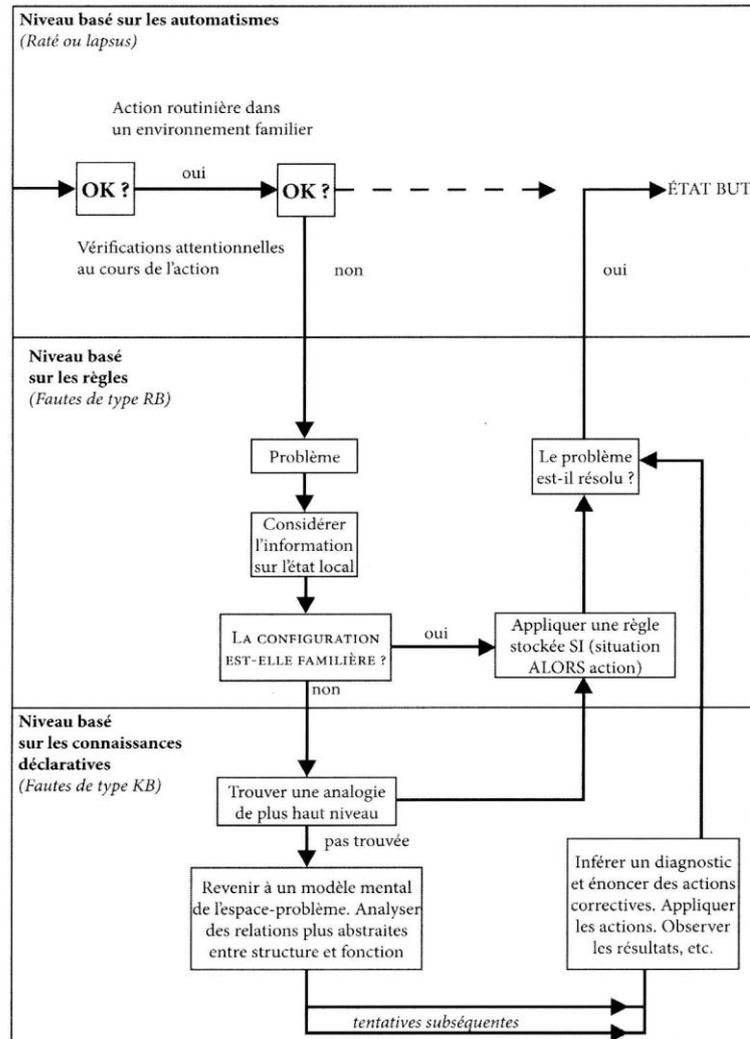


Figure 4 : Les grandes lignes de la dynamique du système générique de modélisation de l'erreur (Reason, 2013, p. 108)

Afin de caractériser plus précisément les différents niveaux d'erreur, nous avons reproduit un tableau qui compare les trois niveaux qui nous intéressent pour l'analyse des erreurs qui pourraient être commises dans l'enquête par simulation conduite auprès des infirmières (Tableau 5):

- les erreurs basées sur les automatismes ;
- les erreurs basées sur les règles ;
- les erreurs basées sur les connaissances (déclaratives).

Dimension	Erreurs basées sur les automatismes (SB) ou routines	Erreurs basées sur les règles (RB) ou d'activation de connaissances	Erreurs basées sur les connaissances (KB) déclaratives ou de possession de connaissance
Type d'activité	Actions routinières	Activités de résolution de problème	
Concentration de l'attention	Sur autre chose que la tâche	Sur des considérations liées au problème	
Mode de contrôle	Schémas (d'action)	Règles stockées	Processus conscients limités
Caractère prédictible de l'erreur	Largement prédictible Erreurs « fortes mais fausses » (actions)	Variable (règles)	
Relation entre l'erreur et l'opportunité d'erreur	Élevée dans l'absolu, mais paradoxalement faible en proportion du grand nombre d'opportunités d'erreur	Dépendante du contexte et de l'expertise du professionnel	Faible dans l'absolu, mais élevée en proportion du très faible nombre de ces situations d'ignorance quasi totale
Influence des facteurs situationnels	Faible à modérée ; les facteurs intrinsèques (fréquence d'utilisation antérieure) exercent une influence prédominante		Les facteurs extrinsèques prédominent
Facilité de détection	Détection généralement assez rapide et efficace	Difficile et souvent réussie seulement grâce à une intervention extérieure	
Relation au changement	Prise de connaissances du changement non remarquée au bon moment	On ne sait pas quand ni comment le changement anticipé se produira	Le changement n'est pas anticipé et on n'y est pas préparé

Tableau 4 : Résumé des distinctions entre erreurs basées sur les automatismes, les règles et les connaissances déclaratives (adapté de Reason 2013)

Afin d'aider à la lecture du tableau, nous illustrons chaque type d'erreurs par des exemples issus de notre pratique récente de formateur, référent de stage d'urgences et de réanimation, afin de montrer l'adaptation du modèle à une activité complexe comme la réalisation des soins :

- les erreurs de raisonnement basées sur des automatismes (schèmes d'action) : cela peut être lié à un raté (*slip*), comme une mauvaise lecture du dosage d'une ampoule ou un

lapsus (*lapse*) tel que ne plus se rappeler à quelle étape d'une préparation médicamenteuse on en est (souvent parce qu'une interruption nous sort de la tâche dans laquelle nous sommes) ;

- erreurs basées sur des règles d'activation de connaissances (*Faults* ou *mistakes*) : règles conditionnelles apprises en formation (si le médicament à injecter présente un aspect inhabituel, alors ne pas injecter) ou dans le métier (si la perfusion d'un médicament injectable ne coule plus, vérifier d'abord le site d'injection pour repérer la cause) ;

- erreurs basées sur un manque de connaissances (*Faults* ou *mistakes*) : manque qui ne permet pas de comprendre le calcul à faire ou bien qui conduit à une erreur de calcul. Exemple d'une infirmière qui intègre un nouveau service avec des calculs de doses plus complexes que dans son ancienne unité et qui se trouve confrontée à l'impossibilité d'obtenir un résultat.

- les violations³⁴ : une violation est une transgression volontaire d'une règle ou d'une procédure imposée. Les violations peuvent être le fait d'une habitude (souvent facilitée par la tolérance d'une organisation pour ces « ajustements »), d'une nécessité (matériel ou espace de travail inadapté, conflit entre les objectifs de sécurité et de production) ou, dans les cas extrêmes, représenter des actes de sabotage (violation avec intention de nuire). Un exemple caractéristique en réanimation peut-être de modifier le réglage des limites d'alarme sur un scope de monitoring cardiaque pour éviter les alertes intempestives qui vont désorganiser l'activité de l'infirmière mais faire courir un risque plus élevé au patient.

Dans notre travail, nous ne reprendrons pas la violation avec intention de nuire que nous considérons comme étant totalement hors du champ de notre recherche.

Un graphique élaboré initialement par Reason (1993/2013), traduit en français et reproduit dans la nouvelle édition³⁵ de « L'erreur humaine » reprend et synthétise les types d'erreurs en lien avec leur intentionnalité et les causes de défaillances psychologiques qui les ont provoquées (Figure 5).

³⁴ Sur ce point Larouzée et al., 2015, propose de voir Reason, 1994 pour préciser le sujet. Reason J. (1994). Errors, outcomes and circumventions: a reply to Dougherty. *Reliability Engineering and System Safety*, n°46. pp 297-298.

³⁵ Nous devons signaler une erreur dans la reproduction du schéma original. L'action qui génère les ratés et les lapsus est non intentionnelle, contrairement à ce qui est noté.

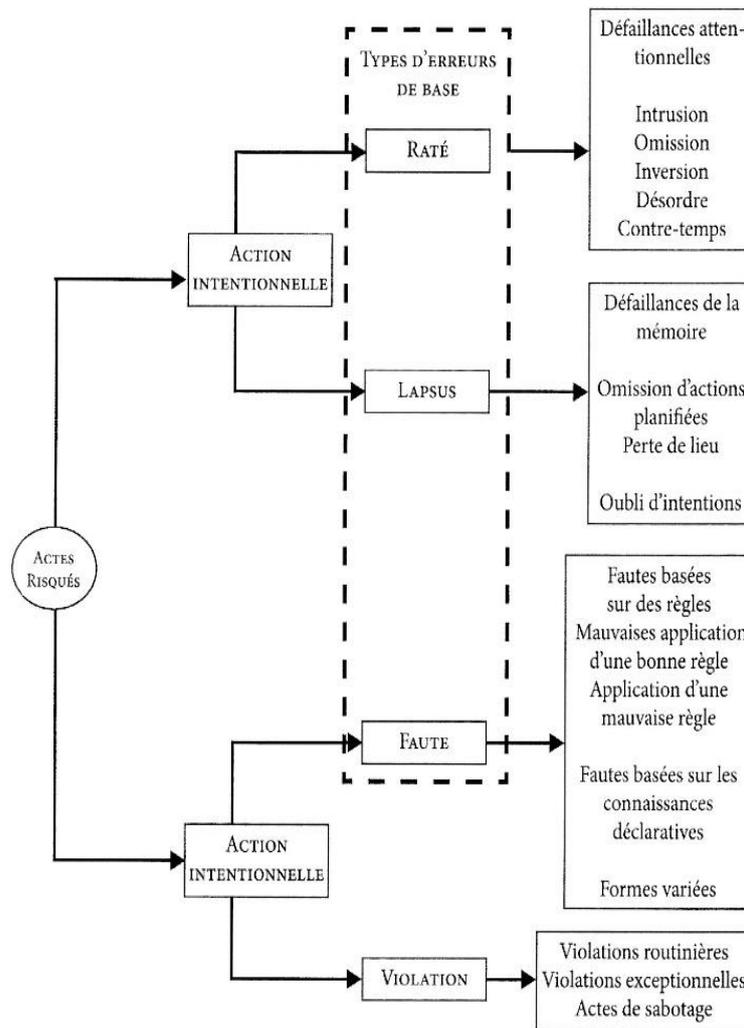


Figure 5 : Classification des actes risqués par intention et par type d'erreurs et de violations (Reason, 1993/2013, p. 296)

Le système générique de modélisation de l'erreur de Reason (1993/2013) propose une approche du classement des erreurs, conséquences de la mise en œuvre inadéquate des schèmes d'actions et des connaissances de l'activité. Ce regard différent sur le sujet, qui cherche une explication de l'erreur au niveau de l'humain, nous ouvre des pistes de réflexions sur le classement des dysfonctionnements dans l'activité et nous permet de mieux délimiter ce que nous regardons. Ce point constitue un de nos intérêts profonds pour la question des erreurs de calculs de doses. Cependant, cette lecture ne nous dit rien des processus cognitifs à l'œuvre pour la préparation, l'exécution et l'évaluation des calculs de doses. Notre choix est d'abord de développer et de faire aboutir une analyse compréhensive de l'activité, c'est-à-dire dégager les raisonnements mis en œuvre et les

façons de faire efficace des infirmières dans l'action. Si des erreurs surviennent dans les calculs de doses effectués par les infirmiers et infirmières qui se seront prêtés à l'exercice pour les besoins de notre recherche, alors nous les analyserons avec la méthodologie proposée par Reason (1993/2013).

La place qu'occupe la question des erreurs médicamenteuses est relativement délicate à délimiter pour les raisons évoquées *supra*, mais de nombreuses initiatives pour tenter de diminuer les effets néfastes consécutifs aux erreurs se sont développées en 20 ans avec une efficacité variable.

1.3.2 Des tentatives pour diminuer les erreurs qui restent insatisfaisantes

Pour réduire le taux des erreurs médicamenteuses à l'hôpital, de très nombreux moyens ont été mis en œuvre mais qui n'ont pas toujours été évalués. Parmi les initiatives les plus importantes et sans être exhaustif sur ce recensement, on trouve des moyens technologiques comme les logiciels d'aide à la prescription (LAP) ou l'identification par codes-barres des médicaments avec une distribution plus ou moins automatisée. Des interventions plutôt organisationnelles ont été aussi mises en place pour diminuer les interruptions de tâches, une des causes majeures d'erreurs d'administration (6,7 interruptions de tâches par heure et par infirmier(e), (HAS, 2016). Par exemple, des mesures ont été prises quant aux lieux dédiés à la préparation des médicaments : zone délimitée au sol, zone protégée derrière une structure isolante, préparation obligatoire dans la chambre du patient en réanimation ; d'autres pour indiquer l'activité de préparation aux autres personnels de l'équipe : les chasubles (Safety Vest)³⁶ (Huckels-Baumgart et al., 2017; Westbrook et al., 2017) portées par les infirmières pendant la préparation de médicaments, avec la mention « Préparation médicamenteuse - Ne pas déranger » inscrite dessus. Des normes de bonnes pratiques ont été également édictées pour sécuriser la gestion de la procédure de préparation et d'administration du

³⁶ B. Sabatier (2015) - Prévention des ERreurs Médicamenteuses liées aux Interruptions de tâches des Soignants – PERMIS. Programme de Recherche sur la Performance du Système de Soins.

médicament comme la règle des 5B³⁷ (HAS, 2013), le double contrôle³⁸, etc. Enfin, des interventions de formation ont été mises en place, pour les infirmières, à partir de supports variés pour remobiliser les connaissances mathématiques et en calculs de doses et tester les capacités de calculs de doses à l'issue.

Berdot et al. (2016), ont cherché à évaluer la portée de certaines de ces mesures. Le processus de sélection des études a identifié 26 études évaluant les interventions visant à réduire le taux d'erreurs d'administration sur la base de l'observation directe et du total des opportunités d'erreur. Seules sept de ces 26 études avaient une conception suffisamment robuste pour être incluses dans une analyse : cinq essais contrôlés randomisés et deux essais contrôlés non randomisés. Trois études ont porté sur les systèmes de prescription informatisés ou les systèmes de distribution automatisés des médicaments et quatre études ont porté sur la formation des infirmières. Comme souvent dans ce type d'analyse, les chercheurs ont constaté une grande hétérogénéité entre les études et un risque de biais relativement élevé. L'analyse plus précise des résultats de chaque étude indique des taux d'erreurs d'administration globaux qui ne sont pas différents entre les groupes intervention et contrôle. Deux études étaient favorables à l'intervention, deux en faveur du groupe contrôle et trois (toutes liées à la technologie) n'ont pas montré de différence entre les groupes. Aucune erreur fatale n'a été observée dans les trois études sur l'évaluation de la gravité des erreurs. La conclusion indique que la revue systématique n'a pas trouvé de preuves qu'une intervention peut effectivement réduire les erreurs d'administration. Enfin, les auteurs précisent que les recommandations des agences de santé pour développer les systèmes de distribution automatisés ou la formation des infirmières n'ont été que peu suivies ; ils mentionnent un

³⁷ Le fil conducteur de la sécurisation de l'administration médicamenteuse repose sur la règle des 5 Rights (1), ou règle des 5 B : « administrer au Bon patient, le Bon médicament, à la Bonne dose, sur la Bonne voie, au Bon moment ». HAS (2013). (1) Institute for Safe Medication Practices. *The five rights: A destination without a map 2010*. <http://www.ismp.org/newsletters/acutecare/articles/20070125.asp>

Dans un article canadien sur les règles déontologiques concernant l'administration médicamenteuse, il est rappelé que l'infirmière doit respecter minimalement les « 7 bons » : le bon médicament ; la bonne dose ; le bon client ; la bonne voie d'administration ; le bon moment ; la bonne documentation ; la bonne surveillance. Létourneau, J. et Moretti, S. (2018). L'administration de médicaments : rappel des obligations déontologiques. OIIQ ordre des infirmières et infirmiers du Québec. <https://www.oiiq.org/l-administration-de-medicaments-rappel-des-obligations-deontologiques>.

³⁸ Le double contrôle consiste en la vérification par deux professionnelles différentes de la validité du processus d'administration depuis la prescription médicale jusqu'à la préparation finale médicamenteuse. Cette définition synthétique recouvre des pratiques assez diversifiées et l'efficacité de cette mesure reste discutée (Pfeiffer, Zimmermann et Schwappach, 2018).

faible taux de mise en place des systèmes d'administration de médicaments assistés par code-barres dans les hôpitaux américains (35%) et rajoutent qu'en Europe, ces systèmes ont été peu évalués et investis.

Ce travail de recherche très solide, publié dans la revue internationale de *Nursing*³⁹ a la plus forte notoriété parmi les publications relatives aux sciences infirmières, montre que les institutions, les hôpitaux et les professionnels impliqués dans ces questions, ont cherché à trouver des solutions au problème des erreurs médicamenteuses particulièrement aux plans organisationnel, technologique et humain en connaissant seulement partiellement les mécanismes qui les fondent. Les résultats qui émergent de cette revue systématique, comme de nombreuses autres, apparaissent contrastés, avec des réussites partielles, comme pour la prescription médicale informatisée par exemple, sans toutefois qu'elle ait diminué de façon importante les taux d'erreurs d'administration médicamenteuse. Depuis plusieurs années, les différentes politiques d'amélioration de la prise en charge médicamenteuse ainsi que les outils mis à disposition des professionnels de santé n'ont donc pas permis de faire un pas décisif en matière de gain de sécurité du soin médicamenteux (REMED, 2014).

Une revue intégrative de la littérature récente (Rohde et Domm, 2018) a cependant examiné les pratiques de raisonnement clinique des infirmières qui favorisent une administration sûre des médicaments, mettant ainsi en avant les connaissances et les compétences des professionnelles au service de l'administration des médicaments et de la prévention des erreurs. Ce travail prend un peu à revers le courant sur le repérage et la prévention de l'erreur pour offrir une place au raisonnement clinique infirmier. La conclusion indique que les infirmières sont les principales responsables de l'administration sûre des médicaments, s'appuyant sur leurs connaissances fondamentales des situations des patients et des processus organisationnels. Cependant, il y a peu de preuves scientifiques dans les 11 études de la revue qui articulent clairement la sécurité des médicaments et le raisonnement clinique des infirmières. Les auteures déplorent une centration très forte de la littérature sur les erreurs médicamenteuses et très peu sur la reconnaissance d'une gestion sûre, par les infirmières, de l'administration des médicaments et de ses caractéristiques. Ce travail ouvre une voie très intéressante

³⁹ International Journal of Nursing Studies, classée par *JCR* (Journal of Citation report) première sur 141 revue. On peut imaginer que les auteurs souhaitent sensibiliser les infirmières à ce sujet essentiel pour la sécurité des patients.

quant à l'étude des capacités cognitives des infirmières qui sont mobilisées dans l'administration médicamenteuse, cependant, il existe encore peu de travaux scientifiques qui empruntent ce chemin.

Le bilan que nous tirons de ces études est qu'en cherchant à soigner les effets sans comprendre les causes, on améliore trop faiblement la situation. Pour comprendre les causes, il faut connaître précisément la façon dont les professionnelles réalisent ces tâches de calculs de doses, c'est-à-dire aussi comment elles la définissent et la redéfinissent en situation de travail (Leplat, 1997). À la suite de cette synthèse, la dernière section de présentation du contexte de notre recherche aborde la formation, d'une part dans son aspect institutionnel, avec les référentiels, et d'autre part dans son aspect fonctionnel, avec les actrices impliquées dans l'enseignement et l'apprentissage des calculs de doses, les formatrices et les étudiantes.

1.3.3 La formation aux calculs de doses : l'alpha du problème ou de la solution au problème ?

Les savoirs en matière de calculs de doses sont très peu développés et la littérature scientifique disponible est relativement restreinte et plutôt récente en France. Citons les travaux en sciences de l'éducation de Guiet-Sylvain et Malabry (2012) et Malabry (2010) portant sur l'enseignement des calculs de doses et les enjeux du passage d'étudiant à professionnel infirmier pour garantir la sécurité des calculs. Citons également les travaux de Roditi (2011, 2012, 2014) conduits en didactique des mathématiques sur l'activité de calcul de doses et la formation à cette activité. Ils mobilisent de manière très féconde le cadre de la double approche didactique et ergonomique des pratiques d'enseignement des mathématiques (Robert et Rogalski, 2002). Ce cadre théorique, qui a donc été initialement conçu pour l'analyse de l'enseignement des mathématiques, a été mis au service de l'analyse de la pratique professionnelle infirmière et de la formation à cette pratique, avec un objectif que nous partageons : « améliorer l'enseignement au bénéfice des apprentissages » (Roditi, 2011, p. 84). La connaissance des savoirs de références, issus de l'activité experte (Rogalski et Samurçay, 1994), demeure également très parcellaire et cela empêche, à notre sens, la construction d'une compréhension de l'activité de calculs de dose indispensable à l'établissement d'une approche didactique de la formation ; c'est ce que nous développons dans les trois sections suivantes en abordant

la question des contenus de formation, celle des formateurs et formatrices et celle des apprentissages par les étudiants et étudiantes en soins infirmiers.

1.3.3.1 Le contenu de la formation

L'expression calcul de dose couramment utilisée dans la pratique professionnelle ou dans les structures de formation apparaît peu sous cette forme dans les référentiels relatifs à la formation et à l'exercice de la profession. Cela s'explique par le fait qu'il s'agit d'une activité sous-jacente à la préparation médicamenteuse qui est la partie visible de l'activité. Par ailleurs, cela peut traduire un probable manque d'appréhension, par l'institution au sens large (ministère de la santé, agences régionales de santé, instances de régulation) et les acteurs des structures de formation, de la pertinence d'un apprentissage spécifique, d'une progression pédagogique de l'enseignement du calcul de dose, reconnue officiellement et nationalement. Une formation fondée sur une approche didactique qui pourrait s'appuyer sur des savoirs issus de la recherche qui font, à l'heure actuelle, cruellement défaut. Nous avons passé en revue les référentiels de compétences et de formation qui organisent la formation préparant au diplôme d'État d'infirmier⁴⁰ (Arrêté du 31 juillet 2009 relatif au diplôme d'État d'infirmier, 2009). Le référentiel de compétences⁴¹ se décline en 10 compétences professionnelles qui elles-mêmes structurent le référentiel de formation. La compétence 4 intitulée « Mettre en œuvre des actions à visée diagnostique et thérapeutique », est celle qui concerne l'exécution des calculs de dose en situation professionnelle dans le but de préparer et d'administrer un médicament. Le texte n'évoque pas directement l'activité de calcul, mais en fait un critère d'évaluation incontournable, formulé de la façon suivante : « exactitude du calcul de dose » avec pour indicateur « aucune erreur dans différentes situations de calcul de doses ». ⁴² Il s'agit d'un attendu professionnel fort, exprimé en termes de performance que l'on va retrouver dans le référentiel de formation⁴³. Le « domaine de compétences 4 » organise l'activité en trois unités d'enseignement (UE) nommées UE 2 .11 Pharmacologie et thérapeutiques réparties sur les semestres 1, 3 et 5. La notion de calcul de dose

⁴⁰ Terme officiel du titre de l'arrêté et des annexes qui est utilisé au masculin.

⁴¹ Référentiel de compétences – Annexe II de l'arrêté du 31 juillet 2009 relatif au diplôme d'État d'infirmier. Profession infirmier : recueil des principaux textes, Berger-Levrault, édition du 19 juillet 2018

⁴² *Ibid.*, p. 41.

⁴³ Référentiel de formation – Annexe III de l'arrêté du 31 juillet 2009 relatif au diplôme d'État d'infirmier modifié par l'arrêté du 26 septembre 2014. Profession infirmier : recueil des principaux textes Berger-Levrault, édition du 19 juillet 2018

n'apparaît explicitement que dans les objectifs et les critères d'évaluation : « Argumenter les résultats de calculs de dosages médicamenteux » et « Exactitude des connaissances et des résultats, pertinence de l'analyse dans les calculs de dose ». Une UE 4.4 S2 évalue les enseignements de l'activité de préparation et d'administration au travers d'une évaluation de calculs de doses appliqués en situation simulée⁴⁴. Les critères d'évaluation sont la rigueur du raisonnement dans le calcul et l'exactitude dans les résultats. Enfin, en 3^e année de formation en semestre 5, une UE d'intégration des savoirs et posture professionnelle infirmière remobilise une partie des notions (UE 4.4 S2). Le volume horaire à consacrer à l'ensemble de ces enseignements n'est pas défini et il est, à la seule initiative des formatrices chargées de ces contenus organisés sous forme de cours magistraux, de travaux dirigés ou travaux pratiques. En l'absence d'un cadre curriculaire précis sur le plan national, nous n'avons aucune visibilité sur ce qui est fait réellement aujourd'hui en France pour la formation à cette activité. Dans un ouvrage consacré aux calculs de doses et de débits (Clément, 2011) cite le rapport d'un groupe de travail de la DRASS PACA⁴⁵ de mars 2007 qui préconise un temps à consacrer aux calculs de doses tout au long de la formation en IFSI (Institut de formation en soins infirmiers) de 32h à 38h. Cette présentation des éléments de cadrage indique clairement l'orientation des référentiels de compétences et de formation dans le domaine des calculs de doses qui ont établi des repères uniquement centrés sur des critères de performance. On comprend que l'intention n'est pas orientée sur le bon objectif : « on voit se dessiner une perspective où c'est l'analyse du chemin, et non du but, qui devient le principal objectif de l'analyse de l'activité d'apprentissage » (Pastré, 2011, p. 48). À aucun moment n'est fait mention des manières de faire pour atteindre la réussite aux calculs nécessaires à la mise en œuvre, sûre et efficace, d'une préparation médicamenteuse. On retrouve chez Pastré (2011), une analyse qui explique cette centration sur le résultat. Il avance l'hypothèse « que c'est le recours à la pédagogie par objectifs pour la construction de référentiels qui a conduit à ignorer les concepts et méthodes de l'analyse du travail proposés par des auteurs comme Ombredane, Faverge, Leplat » (p. 28). Il rappelle la méthodologie de construction d'un référentiel bâti sur un référentiel métier qui identifie les compétences requises pour exercer le métier et qui vont ensuite servir de base à l'élaboration des contenus, dans un

⁴⁴ Référentiel de formation, p. 87, 88, 89, 105, 119.

⁴⁵ DRASS PACA : Direction régionale de l'action sanitaire et sociale de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ces institutions ont été supprimées par la loi Hôpital, patients, santé et territoire en 2010 et leurs activités réparties entre trois organismes dont les ARS, agences régionales de santé.

référentiel de formation, par les pédagogues et les enseignants. Il déplore que la démarche annonce une analyse du travail mais qu'elle ne se donne pas les moyens de la faire. Un peu plus loin, il apporte une critique complémentaire en ce que « la pédagogie par objectifs véhicule une conception des compétences qui les réduit à du savoir-faire, et même du savoir-exécuter » (p. 29). À partir de l'idée, très juste, nous dit-il, qu'une compétence n'est pas observable directement, et que la partie observée n'est que l'expression sous forme de performance de cette compétence, on aboutit à la conclusion que c'est le résultat de l'action qui mesure la compétence. « Et, du coup, on passe complètement à côté de la question de l'organisation de l'action » (p. 29).

Contrairement aux pratiques enseignantes rencontrées à l'Éducation Nationale, il n'existe pas de manuels pour guider les formatrices sur les contenus et leur progression. Les ouvrages disponibles émanent d'éditeurs privés et sont en règle générale organisés en deux ou trois parties : une première partie rappelle des notions réglementaires avec parfois un état des lieux sur l'intérêt d'une formation spécifique aux calculs de doses (cette partie peut ne pas se retrouver dans certains ouvrages) ; une deuxième partie dédiée au rappel de notions mathématiques (arithmétique et algèbre ; proportionnalité, conversions) et de notions de physique et de chimie (débit, dilution, concentration, etc.) mais ces contenus sont à la discrétion des auteurs ; une troisième partie est consacrée à des séries d'exercices de calcul de doses variables selon les auteurs et parfois organisées selon une progression liée à la complexité des calculs à effectuer (calculs simples avec prélèvement d'une partie d'un flacon par exemple jusqu'à des calculs complexes de préparations de produits avec de multiples opérations pour arriver au résultat par exemple).

Ce premier point met en évidence une absence d'attention à la dimension cognitive de l'activité conduisant à comprendre l'organisation, autrement dit à une absence d'institutionnalisation des savoirs des infirmières, comprise comme « la reconnaissance (justifiée ou non) de la validité et de l'utilité d'une connaissance », le moment où la connaissance est « encapsulée et désignée » (Brousseau, 2003), tant au niveau institutionnel qu'au niveau des structures de formation initiale. Pour le dire autrement, nous reprenons l'explication donnée par Brousseau (1998) dans l'ouvrage de synthèse de ces textes sur la théorie des situations didactiques :

La prise en compte « officielle » par l'élève de l'objet de la connaissance et par le maître, de l'apprentissage de l'élève est un phénomène social très important et une

phase essentielle du processus didactique : cette double reconnaissance est l'objet de l'institutionnalisation (Brousseau, 1998, p. 311).

Ce texte s'adresse initialement à l'institution scolaire, mais il a depuis été généralisé aux enseignements de façon générale. Après nous être arrêté sur le contenu de la formation, nous examinons dans la section à venir le profil des formatrices chargées, entre autres, des enseignements de calculs de doses.

1.3.3.2 Qui sont les formatrices ?

Les formatrices ont un statut de cadre de santé paramédicale et assurent la fonction de formatrice de professionnels de santé⁴⁶. Le cursus de formation pluridisciplinaire dure 10 mois à l'IFCS (Institut de formation des cadres de santé) avec une période dédiée à la fonction de formation du cadre de santé très courte (150h ou 180h de formation théorique et 3 ou 4 semaines de stage en établissement de formation sanitaire ou social)⁴⁷. L'exercice professionnel se déroule ensuite dans les structures publiques ou privées, les IFSI, qui peuvent regrouper les formations à plusieurs métiers et adaptent le nom à cette réalité (Institut de formations sanitaires par exemple). La formation aux calculs de doses est assurée par les formatrices, toutes anciennes infirmières⁴⁸. Elles s'appuient avant tout pour assurer les enseignements, sur leurs connaissances personnelles (en mathématiques, physique et chimie) et professionnelles (exercice du métier), plus ou moins développées pendant leur carrière et plus ou moins adaptées aux besoins des étudiantes. Pour donner corps à ces propos, nous allons présenter les résultats d'une étude originale de Gouriou (Document non publié, 2014), à notre connaissance, la seule de ce type conduite par une formatrice en IFSI⁴⁹. L'objectif du travail était de comprendre les difficultés liées à la formation aux calculs de doses en IFSI au travers du discours des formatrices. Des entretiens conduits auprès de l'ensemble de l'équipe (n = 13) ont fait émerger le discours sur leurs pratiques d'enseignement et d'évaluation des calculs de doses. Trois copies contrastées d'une évaluation de calculs de doses ont été soumises à la

⁴⁶ Dénomination du répertoire des métiers de la santé et de l'autonomie de la fonction publique hospitalière <http://www.metiers-fonctionpubliquehospitaliere.sante.gouv.fr/spip.php?page=fiche-sousfamille&idsubfam=52>

⁴⁷ Données reprises depuis le site du CEFIEC (Comité d'entente des formations infirmière et cadres). <https://www.cefiec.fr/formations/cadre/>

⁴⁸ On doit préciser que parfois les formatrices chargées de ces enseignements ne l'ont pas toujours choisi et qu'elles y sont parfois contraintes par l'organisation interne de la structure de formation.

⁴⁹ Les travaux réalisés en master sont malheureusement très peu diffusés et donc peu de connaissances circulent dans la communauté des formatrices en IFSI.

correction des formatrices dans le but de comparer les discours tenus sur les calculs de doses et leurs pratiques d'évaluation. L'analyse a permis de caractériser les représentations des formatrices sur les calculs de doses et leurs conséquences sur les corrections de copies en mesurant les écarts entre le discours et les pratiques évaluatrices observées. Les résultats montrent que les représentations des formatrices sont individuelles et liées à leur activité passée d'infirmière ainsi qu'aux habitudes et normes des services fréquentés. La formation aux calculs de doses découle de ses représentations individuelles et ce, de façon presque caricaturale : une formatrice au parcours et aux pratiques variées évoque une approche souple et variée des enseignements ; les formatrices aux représentations centrées sur la part mathématique du calcul de dose se focalisent sur un enseignement vu comme des suites de calculs ; celles n'ayant utilisé que la règle de trois dans leur expérience professionnelle n'enseignent que cette méthode-là. La place du stage est considérée comme un apport déterminant de la formation voire plus efficace que la formation théorique grâce à la contextualisation des pratiques dans les services. La chercheuse conclut la première partie de son travail en pointant le peu de place laissée à la didactique et une formation très dépendante de la personne qui l'assure. La seconde partie analyse les corrections faites par les formatrices et indique des pratiques qui découlent des représentations évoquées plus tôt. Les corrections de quatre formatrices, choisies pour la diversité de leur profil ont plus particulièrement été observées. Une seule formatrice a repéré l'ensemble des erreurs dans les trois copies, trois formatrices sur quatre ont attribué les points à des copies contenant des erreurs de calculs et une formatrice ne valide pas une copie car elle ne comprend pas le raisonnement de l'étudiante. De façon générale, l'absence de formalisation du raisonnement dans la copie entraîne la perte des points.

En conclusion de cette seconde partie, la chercheuse constate des corrections non homogènes, rapidement conduites, avec des formatrices davantage focalisées sur les résultats mathématiques que sur les raisonnements contrairement à leurs discours. Néanmoins, des erreurs de calculs n'ont pas été repérées.

On peut ajouter à ces résultats de recherche, le fait qu'il n'existe pas de formation spécifique à l'enseignement de l'activité de calcul de doses au plan institutionnel.

Certaines initiatives peuvent exister au niveau local⁵⁰ mais la question de cette formation n'est pas un sujet aux niveaux régional ou national. Il n'y a pas, non plus de regard particulier de la tutelle (ministère de la santé via les services déconcentrés des ARS) sur ce contenu, si ce n'est pour étudier des situations d'étudiantes qui rencontrent des difficultés, soit dans les enseignements sur ce sujet en IFSI, soit sur les terrains de stage dans des commissions *ad hoc*. En fonction des cas présentés, les situations peuvent s'analyser en « commission d'attribution des crédits⁵¹ » pour valider ou non les crédits conformément au système européen de transferts de crédits (*European Credits Transfer System* – ECTS) liés aux UE ou en « section compétente pour le traitement pédagogique des situations individuelles⁵² » afin de proposer un accompagnement pédagogique adapté.

Depuis une quinzaine d'années, la formation universitaire de niveau master a élargi son offre à destination des formatrices pour compléter des cursus en sciences de l'éducation (avec des mentions variées : formation des formateurs des professionnels de santé, ingénierie des formations en santé) notamment, mais aussi en lien avec des domaines connexes plus centrés sur l'activité soignante (éthique médicale, sécurité des soins, éducation thérapeutique, psychologie, etc.).

Cet état des lieux de l'enseignement renvoie au travail de Rogalski (2007) qui précise en préambule d'un article sur l'analyse de l'activité des enseignants, une notion essentielle de la transposition didactique : « alors que le savoir à enseigner est nécessairement transformé – transposé – pour être enseigné dans l'enseignement généraliste, les savoirs de référence de l'activité experte sont une visée directe de la didactique professionnelle : ce sont les situations de travail qui vont être transposées pour la conception de situations professionnelles » (p. 2). Cette notion de transposition didactique indique un point aveugle de l'approche poursuivie jusqu'à maintenant dans les structures de formation qui s'intéressent, depuis le référentiel de 2009, à la notion de situations professionnelles pour lesquelles de nombreux savoirs de référence ne sont pas identifiés. Dans le domaine des

⁵⁰ L'Université Paris 5 – René Descartes, devenue Université de Paris, a proposé de 2008 à 2013, dans le cadre du master Formation des formateurs de professionnels de santé, un séminaire consacré à cet enseignement.

⁵¹ Article 59 de l'arrêté du 31 juillet 2009 modifié notamment par les arrêtés des 18 mai 2017 et 17 avril 2018 relatifs au diplôme d'État d'infirmier (Profession infirmier : recueil des principaux textes Berger-Levrault, édition du 19 juillet 2018, p. 16).

⁵² Article 2 de l'arrêté du 21 avril 2007 modifié notamment par l'arrêté du 17 avril 2018 relatif aux conditions de fonctionnement des instituts de formation paramédicaux (Profession infirmier : recueil des principaux textes Berger-Levrault, édition du 19 juillet 2018, p. 168 et 170).

sciences infirmières, les ressources pour cette analyse ont été peu développées et cela pose le réel problème d'une approche didactique pertinente des enseignements. Coben et Weeks (2014) font ce même constat pour le Royaume-Uni et déplorent l'absence « de référence établie concernant les mathématiques professionnelles requises pour la formation en soins infirmiers et la pratique professionnelle au Royaume-Uni (ou ailleurs) » (p. 254, notre traduction).

Ce défaut d'institutionnalisation (Brousseau, 1998) se retrouve dans l'écart que l'on rencontre entre les calculs de la formation et ceux des praticiens. Les tâches proposées aux étudiantes dans les exercices sont parfois éloignées des situations professionnelles : tâches décontextualisées ; tâches qui ignorent les différentes procédures de préparation du médicament en service (notamment les raisonnements orientés sur la concentration ou le débit mobilisés dans les unités de réanimation) ; médicaments peu utilisés en pratique courante ; ou encore des propositions de dosages incohérents avec l'utilisation habituelle qui est faite de certains médicaments en service. L'activité est plutôt envisagée comme une activité de calcul et moins comme une activité globale de préparation médicamenteuse référée aux situations professionnelles avec leurs contraintes matérielles et organisationnelles⁵³. Roditi (2012), dans une étude sur les calculs de doses conduite en collaboration avec les formatrices d'un IFSI a réalisé des entretiens préparatoires pour mieux cerner le milieu professionnel infirmier et celui de la formation initiale infirmière. Il fournit deux pistes de réflexions complémentaires : les contextes professionnels peuvent déstabiliser des étudiantes qui sont confrontées en stage à des calculs de doses qui ne sont pas effectués comme ils ont été enseignés, remettant ainsi également en cause la formation ; le calcul de doses, chez de nombreuses étudiantes et certaines formatrices vient réveiller des souvenirs scolaires de mathématiques parfois douloureux.

Ces constats nous conduisent à conclure à l'impossibilité de répondre à la question cruciale pour la formation aux calculs de doses : comment le calcul de dose s'enseigne-t-il et s'apprend-il dans la mesure où l'institutionnalisation des savoirs

⁵³ À ce titre, on peut signaler des initiatives d'équipes d'IFSI qui ont rebaptisé les enseignements liés aux calculs de doses. L'idée consiste à renvoyer aux étudiants l'image d'une activité globale de préparation et d'administration d'un médicament à partir d'une prescription médicale. Voici une présentation de quelques exemples : ASPREM pour application sécurisée de la prescription médicale (notre expérience). Un sondage express sur les réseaux sociaux auprès des groupes de formatrices a conforté ce point avec des réponses qui convergent sur des dénominations proches : application de la prescription médicale ; application de prescription médicale ; lecture et application de la prescription médicale.

évoquées précédemment n'existe pas ? En miroir de cette situation, nous concluons la troisième section consacrée à la formation avec quelques publications scientifiques qui ont évalué les apprentissages des étudiantes.

1.3.3.3 Les apprentissages des étudiantes

Les études qui abordent la question des capacités des étudiantes à faire des calculs numériques et à calculer des doses sont toutes convergentes et montrent invariablement les mêmes résultats, à savoir un déficit de connaissances mathématiques et de capacités en calculs de doses pour résoudre les exercices papier-crayon auxquelles on les a soumises (Grandell-Niemi et al., 2003, 2006; Hutton, 1998; Kapborg, 1994; McMullan et al., 2010; K. W. Weeks et al., 2000; Wright, 2006) pour n'en citer que quelques-unes parmi les plus illustratives. Ces études testent, le plus souvent, également les infirmières auxquelles les étudiantes sont comparées, mais il est possible d'isoler les résultats spécifiques de ces dernières. Les travaux de Roditi (2012, 2014) sur le sujet renforcent l'idée qu'il existe une difficulté dans cet enseignement liée d'une part au fait que les formatrices enseignent généralement davantage des mathématiques appliquées au calcul de doses, et d'autre part que la formation s'appuie sur des convictions non éprouvées scientifiquement : l'impact supposé positif du stage sur la compréhension globale de l'activité de calculs de doses et l'efficacité de l'utilisation d'une méthode systématique de résolution des problèmes de proportionnalité (les produits en croix). Notre dernière expérience de formateur en IFSI au cours de l'année 2018 nous a rappelé que malgré la richesse des pratiques d'enseignements déployées dans les dispositifs de formation, les erreurs de calculs de doses sont toujours présentes et constituent un problème récurrent auquel il n'a pas été apporté de solutions satisfaisantes.

Cette troisième section illustre la persistance de problèmes auxquels font face les étudiantes et finalement les formatrices, relativement seules, serait-on tenté de dire, tant les initiatives venues de la recherche pour documenter des questions restent rares.

L'ensemble des éléments apportés montre que les conditions d'amélioration des enseignements et des apprentissages ne sont pas aujourd'hui réunies par manque de prise en compte, dans les contenus de formation, des pratiques effectives de calcul de doses médicamenteuses des infirmières. Et pour cause : comme nous l'avons montré antérieurement, la connaissance précise de ces pratiques fait également défaut. Une

perspective reste à explorer : s'appuyer sur la didactique professionnelle pour concevoir les transferts de savoirs des professionnelles vers le système de formation et pour documenter les caractéristiques et les modalités de transmission et d'apprentissage de ces savoirs.

Après ce rapide exposé des problèmes que pose la formation aux calculs de doses médicamenteuses, nous concluons par l'hypothèse que la formation n'est l'alpha ni des problèmes ni de la solution car l'alpha est selon nous de connaître précisément les pratiques des professionnelles en situation réelle de travail, d'institutionnaliser ces connaissances des pratiques sous forme de savoirs des sciences infirmières, et enfin de procéder à la transposition de ces savoirs pour en constituer des contenus de formation dans les IFSI.

La direction ainsi proposée nécessite que soient menés de nombreux travaux de recherche, au carrefour de la psychologie ergonomique, de la didactique professionnelle et de la didactique des mathématiques.

1.4 Propositions pour une analyse de l'activité de calcul de doses médicamenteuses

L'administration d'un médicament injectable appartient à ces gestes professionnels du quotidien que les infirmières effectuent de façon routinière mêlant activité mentale, manipulations matérielles et gestes techniques. C'est le propre de ces activités routinières d'être difficilement explicables, et le but que nous nous sommes fixé est justement de mettre au jour les procédures et les raisonnements qui les fondent, dans l'activité de calcul de doses. Nous envisageons d'aborder une activité complexe dans l'environnement lui-même complexe des services hospitaliers. C'est par la conjugaison de la psychologie ergonomique et de la didactique des mathématiques que nous analyserons l'activité des praticiennes, et c'est par l'utilisation de la didactique professionnelle que nous pourrons en inférer des perspectives pour la formation. Précisons que les outils de la didactique des mathématiques seront utiles pour l'étude de la part proprement mathématique des calculs de doses qui sera effectuée avec pour objectif de catégoriser les raisonnements mathématiques mobilisés dans l'activité de calcul de doses et de contribuer ainsi à la conceptualisation de cette activité.

Dans un but de clarté de notre propos, nous explicitons, à partir d'un exemple sur un médicament, le vocabulaire concernant sa présentation ainsi que le contenu et le vocabulaire de celui d'une prescription médicale. Le médicament répond à une définition législative (Loi n° 2007-248 du 26 février 2007) :

On entend par médicament toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique (Art. L. 5111-1 du Code de la santé publique).

Le médicament : le dosage

Il s'agit d'un principe (substance) actif qui est conditionné sous la forme d'une préparation pharmaceutique. Le conditionnement est défini par la voie d'administration (voie orale, parentérale (intramusculaire, intraveineuse, etc.), percutanée, etc.), la forme galénique (liquide orale ou liquide injectable, solide en comprimés, gélules, etc.) et la présentation (flacons, ampoules injectables, etc.).

- DOLIPRANE® (paracétamol)⁵⁴, poudre pour solution buvable en sachet-dose.

Pour chaque conditionnement, le dosage indique la quantité de principe actif (mg, UI – unités internationales) par unité de traitement (comprimé, sachet, ampoule, mL, etc.).

- DOLIPRANE® (paracétamol), 1000 mg, poudre pour solution buvable en sachet-dose

La prescription médicale : la dose et la posologie

La dose est la quantité de principe actif, prescrite par le médecin, qui doit être administrée au patient (généralement pour 24h).

La posologie correspond à la conduite du traitement dans le temps.

- DOLIPRANE® (paracétamol), 1000 mg, poudre pour solution buvable en sachet-dose.

Posologie: un sachet trois fois par jour pendant 3 jours.

Cet exemple simple, qui parle au quotidien de chacun, permet de poser les bases pour les médicaments que nous étudions dans notre recherche doctorale. Les médicaments utilisés sont tous des produits injectables par voie intraveineuse au moyen de dispositifs

⁵⁴ Le nom en capitales correspond au nom commercial ou de fantaisie. Le nom entre parenthèse correspond à la dénomination commune internationale (DCI) du médicament.

médicaux (pousse-seringue électrique ou PSE). La photo (Figure 6) montre une préparation médicamenteuse de dobutamine (250 mg/20 mL) installée sur un PSE et la photo de la figure 7 des seringues préparées pour trois médicaments lors de la simulation. La dernière photo (Figure 8) montre deux infirmières installant une seringue sur un PSE relié à une base intelligente.



Figure 6 : Seringue de dobutamine installée sur un PSE (Orchestra® module DPS – Fresenius Kabi)



Figure 7 : Seringues de dobutamine, insuline et chlorure de potassium préparées pendant la simulation avant installation sur le PSE

Cette photo montre des seringues préparées pour trois des médicaments injectables de notre recherche, afin de bien visualiser le matériel et ses dimensions



Figure 8 : Deux infirmières manipulant une seringue sur un PSE en service de réanimation/soins intensifs (Orchestra® module DPS – Fresenius Kabi)

Cette dernière photo montre deux infirmières en train d'installer une seringue médicamenteuse sur un PSE. Ce dispositif fait partie d'un rack pouvant accueillir plusieurs PSE ou des pompes volumétriques pour administrer des solutés de perfusion au patient. Cela nous permet également d'introduire un dernier élément essentiel concernant l'illustration de l'activité objet de la recherche, de calcul de doses médicamenteuses. Nous produisons un exemple de prescription de dobutamine (un des six médicaments à risque de l'étude), une sorte de fil conducteur, à partir d'une situation telle que nous l'avons travaillée tout au long de la thèse. Cette prescription n'est pas explicitée ici dans le détail, l'analyse intervenant plus tard dans le manuscrit, elle est une simple illustration de la forme qu'elle prend pour engager une infirmière dans la réalisation de l'activité de préparation médicamenteuse et de calcul de doses.

Proposition de prescription pour un patient

Vous devez administrer de la dobutamine à un patient de 62 ans, hospitalisé dans votre service pour un état de choc. Il pèse 65 kg. Vous devez renouveler la seringue de

médicament en cours, prescrit à la dose de 10 µg/kg/min à débiter à 9h pour une durée de 12h.

Vous disposez de flacons de dobutamine dosés à 250 mg pour 20 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9%.

À la lecture de ce texte, on envisage immédiatement la complexité de cette préparation sans un décodage précis. Les connaissances nécessaires à la préparation sûre et efficace du produit constituent également une part importante de cette activité.

Le préambule de la thèse a brossé le tableau du calcul de doses médicamenteuses que nous considérons comme une activité complexe. L'environnement dans lequel elle s'inscrit est lui-même complexe et c'est dans ce contexte professionnel que notre recherche a ses racines. L'approche conceptuelle pour construire un cadre théorique adapté réclame la mobilisation des disciplines qui ont investi les champs professionnels pour en comprendre les enjeux. Notre choix s'est dirigé vers une triple approche pour laquelle nous exposons dans le chapitre suivant les motifs et les arguments qui fondent ces orientations ainsi que la spécification de ce cadre à notre recherche.

2. UN CADRAGE THÉORIQUE ADAPTÉ AUX OBJECTIFS DE LA RECHERCHE : UNE TRIPLE APPROCHE DU CALCUL DE DOSES MÉDICAMENTEUSES

2.1 Un cadrage théorique qui conduit à une triple approche

Le préambule de la thèse a situé le sujet dans un contexte confronté aux enjeux multiples de l'environnement hospitalier. Cette section a pour objet d'exposer les principaux choix théoriques en précisant les orientations et les raisons qui les ont dirigés. Comme nous avons commencé à le décrire dans les chapitres précédents, il existe une réelle complexité dans l'activité de calcul de doses, qui mêle des raisonnements mathématiques appliqués aux pratiques infirmières, et les contraintes qui leur sont liées. Les tentatives pour comprendre les calculs de doses restent insatisfaisantes. Nous tentons dans ce travail, d'accéder aux processus cognitifs et à leurs mécanismes en mobilisant des champs disciplinaires complémentaires, comme cela a déjà été fait de façon fructueuse dans l'étude de pratiques professionnelles comme celles des enseignants. Les travaux développés dans ce domaine convoquent une double approche didactique et ergonomique. La lecture des publications sur ce thème nous a convaincu du caractère prometteur de ce choix pour nos propres travaux et nous avons retenu ce cadre de la double approche en didactique des mathématiques pour caractériser l'activité de calculs de doses et catégoriser les raisonnements des infirmières et par l'ergonomie pour analyser le travail et mettre au jour les connaissances imbriquées dans les pratiques, avec comme finalité la formation. Dans ces travaux de didactique, notamment ceux de Roditi, dont le lecteur de cette thèse pourra en comprendre l'essence et la signification dans sa note de synthèse présentée pour l'habilitation à diriger des recherches (Roditi, 2011), le chercheur contribue à l'identification des savoirs des pratiques enseignantes. Pour notre sujet, l'analyse du travail, telle que définie par Leplat (1997) et cité par Tourmen (2014) comme l'analyse des tâches prescrites puis l'analyse de l'activité réalisée par les personnes en situation réelle de travail, n'a pas été réalisée. Pour l'instant, la question de savoir comment les infirmières font les calculs de doses inhérents à la préparation des médicaments injectables, n'a pas de réponses explicites, même en formation. La thèse s'inscrit donc dans cette tradition de la didactique professionnelle en ce qu'elle emprunte ce chemin historique parcouru pour d'autres métiers. En amont de la formation, notre

volonté d'explorer le travail de l'infirmière, et plus particulièrement l'activité de préparations médicamenteuses et de calculs de doses, a motivé le choix de travailler une troisième orientation, celle de la psychologie ergonomique. Notre recherche requiert un cadre théorique pertinent pour structurer l'enquête sur le travail des infirmières à partir d'une trame d'observation et d'analyse de l'action éprouvée, afin d'en extraire les organisateurs et les déterminants impliqués. Nous avons trouvé chez Leplat (1997) puis chez Rogalski (2003, 2007) un cadre d'analyse robuste, et notamment le modèle général de la double régulation de l'activité du sujet, déjà mobilisé dans l'analyse de pratiques professionnelles. Nous l'avons adapté au cas des calculs de doses médicamenteuses.

En résumé, notre cadre théorique est fondé sur la didactique des mathématiques et la psychologie ergonomique pour la compréhension de l'activité infirmière, et sur la didactique professionnelle pour la perspective d'exploitation de nos résultats en formation. Ce choix nous semble à la fois pertinent et cohérent, les approches disciplinaires ainsi convoquées étant toutes liées par la théorie vygotkienne de l'activité. Il est parfois utile de prendre le temps de regarder en arrière pour observer et comprendre le chemin sur lequel on s'est engagé. Nous nous proposons d'emprunter cette voie dans le but d'explicitier nos orientations théoriques.

« La didactique professionnelle n'est pas née dans un vide théorique et méthodologique, mais s'est beaucoup inspirée de certaines disciplines voisines » (Pastré, 2011, p. 57). Dans son ouvrage de référence intitulé « La didactique professionnelle – Approche anthropologique du développement chez les adultes », Pastré retrace l'histoire de la construction de cette jeune discipline, bâtie sur des « échanges » et parfois sur des « controverses » avec des disciplines voisines, finalement plus « complémentaires » que « divergentes ». La note de synthèse sur la didactique professionnelle, publiée dans la revue française de pédagogie (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006) et centrée sur les apprentissages professionnels et la meilleure façon de préparer les futurs travailleurs à exercer leur métier, la présente comme née dans les années 1990, au confluent d'un champ de pratiques, la formation des adultes, et de trois courants théoriques, la psychologie du développement, l'ergonomie cognitive et la didactique. Cette dynamique de construction « s'appuie sur la théorie de la conceptualisation dans l'action d'inspiration piagétienne » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 145).

Dans ce retour arrière historique, nous allons retenir plus particulièrement les liens qui unissent la didactique professionnelle à la psychologie ergonomique, au service de

l'analyse de l'activité, puis ceux noués entre les didactiques des disciplines et la didactique des mathématiques, au service de l'analyse de l'activité des élèves et des enseignants, plus particulièrement des raisonnements mathématiques des élèves, et enfin, le rôle central de la théorie de la conceptualisation dans l'action. « La didactique professionnelle cherche à articuler de façon très forte deux dimensions de l'activité : la dimension théorique et la dimension opératoire » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 151). Autrement dit, à partir de la description d'une activité en contexte, elle essaie de comprendre celle-ci pour ensuite mieux former en s'appuyant sur la théorie de la conceptualisation dans l'action (Numa-Bocage, 2009). Cette approche nous a permis de formaliser des concepts et de poser la question de la conceptualisation à l'œuvre dans l'activité de calcul de doses, à la mesure de la variabilité des savoirs mobilisés par les infirmières. L'analyse des raisonnements s'est appuyée sur la didactique des mathématiques qui propose une lecture des stratégies utilisées en situation et qui rend ainsi possible l'idée d'un enseignement des mathématiques de la pratique.

2.2 Des sources théoriques qui fondent l'analyse de l'activité des infirmières lors de la préparation des médicaments injectables

2.2.1 La relation psychologie ergonomique et didactique professionnelle

La didactique professionnelle propose un changement de paradigme profond en fondant l'analyse des situations d'apprentissages sur l'analyse de l'activité des acteurs (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006) et propose des outils pour décrire précisément la compétence étudiée. Pastré rappelle les liens étroits qui unissent ces deux disciplines. La didactique professionnelle, dès l'origine, s'est intéressée à la psychologie ergonomique pour son approche centrée sur « l'analyse de l'activité des hommes au travail en se situant du point de vue du sujet de l'activité » (2011b, p. 38). Il affirme même qu'au départ la didactique professionnelle ne se distinguait pas de la psychologie ergonomique et que son schéma initial consistait à réaliser une analyse du travail, dans le but de concevoir dispositif et contenus de formation, issus de l'analyse du travail faite en amont. Une troisième étape apparaîtra ultérieurement concernant l'analyse des apprentissages qui prennent source dans le dispositif et sur les contenus. Une dernière évolution de la discipline s'est faite

jour avec la notion d'apprentissage par l'analyse du travail dans les formations professionnelles (Rogalski, 2014; Tourmen, 2014).

Cette description explique l'utilisation dans le champ de la didactique professionnelle de concepts et d'outils directement empruntés à la psychologie ergonomique. On doit, à ce titre, insister sur l'apport majeur des travaux de Leplat à la construction des fondements de la psychologie ergonomique, repris ensuite par les fondateurs de la didactique professionnelle (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006). Ces savoirs initiaux, développés et théorisés par Leplat (1985, 1997, 2000, 2011), s'intéressent à la partie conceptuelle du travail et la centration sur le travail réel (par distinction avec le travail prescrit) et sur le sujet au travail. Cette distinction fondamentale⁵⁵ va le conduire à caractériser la différence entre la tâche et l'activité. On peut reprendre cette citation de Leplat (1997) devenue un classique des écrits qui évoquent la distinction entre la tâche prescrite et l'activité : « il y a toujours plus dans l'activité que dans la tâche prescrite » (Pastré, Mayen et Vergnaud, p. 147). Il décline le déroulement de la tâche en trois niveaux : la tâche prescrite : ce que l'opérateur doit faire ; la tâche redéfinie : ce que l'opérateur comprend de ce qu'il doit faire ; la tâche effective : ce que l'opérateur fait effectivement. L'analyse consiste ensuite à étudier les écarts entre ces différents niveaux avec une difficulté importante : l'activité comprise « comme l'élaboration par le sujet de sa propre tâche » (Leplat, 1997, p.16) se fait essentiellement en pensée rendant son accès difficile pour le chercheur.

2.2.1.1 Distinction entre tâche et activité

L'infirmière est une professionnelle qui réalise des tâches de préparations médicamenteuses qui sont doublement prescrites. Elles le sont par la prescription médicale écrite sous forme très réglementée d'une part, et par les consignes qu'elle contient et qui indiquent une orientation ou une marche à suivre en fonction de sa précision, d'autre part. Leplat (1997) a analysé l'écart entre travail prescrit et travail réel

⁵⁵ Dans un billet de blog, Goulois (2016) présente une synthèse sur la distinction entre le travail prescrit et le travail réel et précise que « c'est Alain Wisner le premier (1971) renverse la question. Ça ne marche pas parce que le salarié type, celui qui colle parfaitement au profil n'existe pas. Donc il ne sert à rien, d'organiser la production autour d'un fantôme, d'un mythe. Ce dont nous avons besoin c'est de comprendre comment le salarié fait le travail qui lui est demandé. Pour en déduire ce dont il a besoin pour donner sa pleine mesure. Vouloir adapter la machine et l'organisation du travail à un « profil » est une impasse ».

<http://cooperactiv.org/travail-prescrit-vs-travail-reel/>

pour mettre en avant les mouvements qui caractérisent cet écart. Nous devons le comprendre, de la façon dont il est décrit par certains chercheurs héritiers de ce travail, comme la part d'intelligence au travail du sujet agissant.

Même si la tâche effective est, en quelque sorte, la manifestation la plus tangible de l'activité d'un agent, la manière dont il redéfinit sa tâche constitue, pour l'analyste, un angle intéressant dans la mesure où siègent, dans cette recomposition, des bribes de raisonnement sur (et de projections dans) la situation, qui orientent l'activité dans ce qu'elle a d'irréductible au prescrit (Parage, 2015, p. 11).

En reprenant les mots de l'introduction, cette tâche à réaliser peut être comprise comme « un but à atteindre dans des conditions déterminées » (Léontiev, 1972, p. 96, cité par Leplat, 1997 qui s'inspire de Léontiev, psychologue russe, élève de Vygotski⁵⁶). Le professionnel agissant dans les situations de travail peut se fixer un but principal souvent centré sur la production à obtenir, mais également d'autres buts pour une même tâche comme par exemple travailler vite et en sécurité ou chercher à faciliter le travail des collègues et ainsi, redéfinir la tâche prescrite. D'autres motifs vont déterminer les évolutions de la tâche prescrite comme la formation du professionnel, son adhésion aux objectifs, la limitation de la charge de travail ou encore ses projets personnels (Leplat, 1997). Rabardel (2005) précise que ce sont les buts et les motifs qui orientent de façon générale la personnalité du sujet et même son identité. Différents niveaux de transformation vont s'opérer à partir des règles d'action de l'agent et aboutir à l'activité qui est considérée « comme l'élaboration par le sujet de sa propre tâche » (Leplat, 1997, p. 16). On peut donc décrire l'activité comme une suite de tâches : la tâche prescrite pour l'agent, redéfinie par l'agent, actualisée, effective, réalisée pour l'agent (Grangeat, 2013 d'après Leplat, 1997). Dans cette redéfinition qui est un concept majeur de la psychologie ergonomique, l'agent va agir également en fonction de buts (ce que cherche à faire le sujet) et motifs personnels (ce qui le pousse à le faire). C'est ce que vise l'activité dans ce

⁵⁶ Paul Olry dans son séminaire de Master 2 sur la didactique professionnelle (2015) à l'université Paris Descartes rappelle que les auteurs de la psychologie russe tels Galpérine (1966), Léontiev (1990), Ochanine (1981), Talyzina (1980) traduits tardivement, font avant les psychologues du travail français la distinction entre tâche et activité.

qu'elle cherche à atteindre et peut atteindre (Leplat, 1997). La figure 9 décrit les étapes successives de redéfinition de la tâche jusqu'à l'activité.

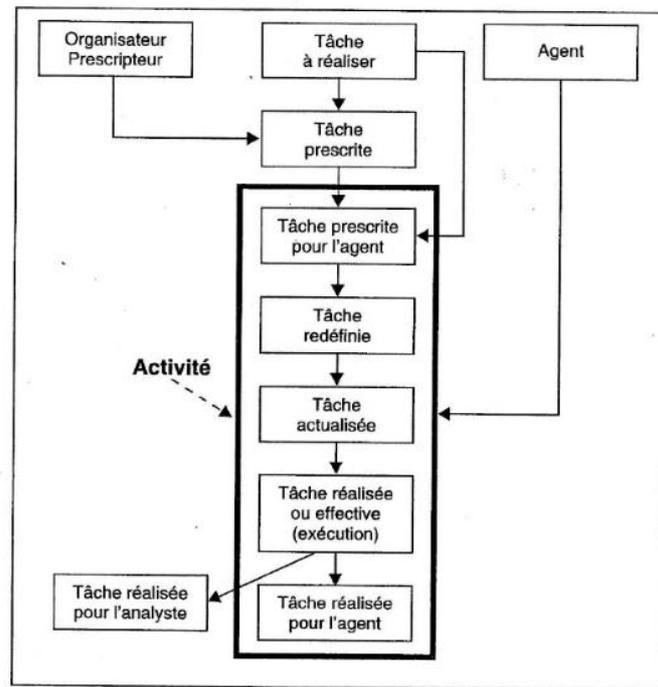


Figure 3 : de la tâche à réaliser à l'activité décrite en termes de tâche. Lire a → b comme « b dépend de a ». Les flèches en retour illustrant les interactions entre certaines des tâches n'ont pas été mentionnées pour ne pas surcharger la figure.

Figure 9 : De la tâche à réaliser à l'activité décrite en termes de tâches (Leplat, 1997, p. 17)

Cette distinction fondamentale constitue une des bases théoriques de notre approche conceptuelle de l'activité des infirmières dont la tâche consiste à mobiliser un raisonnement proportionnel au service d'une préparation médicamenteuse injectable. Dans son livre sur l'analyse psychologique de l'activité centrée sur la tâche, devenu la référence en psychologie ergonomique, Leplat (1997) conclut de la façon suivante : « Ainsi, il existe une étroite interaction entre la tâche prescrite et l'agent qui, d'une certaine façon, se construisent mutuellement » (p. 33). Cette notion se révèle essentielle lorsque l'on s'intéresse à l'analyse d'une situation professionnelle dans laquelle s'opère cette activité.

Dans la section suivante, nous montrons comment cette interrelation entre la situation et le sujet, comment ce couplage entre les deux, conduit à redéfinir la tâche et à la réinterpréter au moyen d'organiseurs de la situation et des caractéristiques du sujet.

2.2.1.2 Du couplage sujet-tâche au couplage sujet - situation

Dans son analyse des différents niveaux de redéfinition de la tâche, Leplat (1997) rappelle qu'il y a toujours de l'implicite dans la tâche prescrite, notamment dû au fait que selon la qualification d'un agent, les conditions de la tâche ne lui seront pas précisées. Plus la tâche et l'agent sont adaptés, moins la redéfinition est importante. « Ce couplage (*coupling ou matching*) entre la tâche et l'agent est interprétable comme le degré de compatibilité entre eux » (p. 27). Il va même plus loin en précisant que la notion de couplage peut se comprendre comme une co-détermination de l'agent et de la tâche (Figure 10). Les caractéristiques de l'agent peuvent modifier les conditions de la tâche qui elles-mêmes, vont éventuellement moduler certaines caractéristiques de l'agent. On comprend donc l'importance de cette notion lorsque l'on cherche à étudier une activité complexe comme celle des calculs de doses. Quel est le niveau de redéfinition de la tâche prescrite de calcul de doses ? La réponse à cette question est très délicate, dans la mesure où, à notre connaissance, une seule analyse a été effectuée à ce jour, par Roditi (2012, 2014) dans sa recherche sur l'apprentissage des calculs de doses en IFSI. Il a détaillé les différentes étapes de la redéfinition de la tâche pour la préparation d'un médicament injectable perfusé par un dispositif d'administration particulier (pousse-seringue électrique) que nous présenterons ultérieurement dans la thèse.

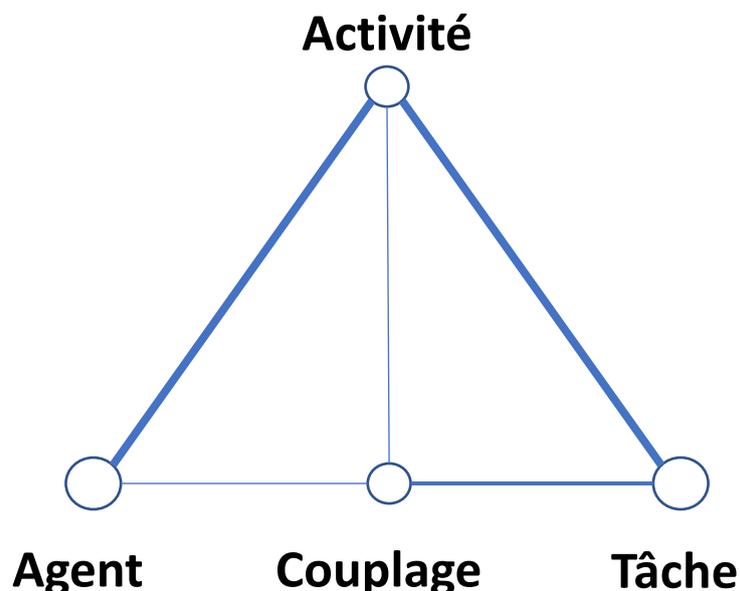


Figure 10 : Éléments essentiels de l'analyse du travail (Leplat, 1997, p. 14)

Leplat, dans l'évolution de sa réflexion, a renforcé son approche méthodologique en insistant sur la nécessité de s'appuyer simultanément dans l'analyse du travail sur deux axes : les caractéristiques de la tâche et les caractéristiques du sujet de l'activité.

L'analyse psychologique du travail met en jeu trois notions essentielles : l'agent (sujet, opérateur, acteur), la tâche et l'activité [...] Analyser le travail, c'est analyser les relations complexes et dynamiques entre ces trois notions on ne peut bien comprendre ces relations qu'en prenant en compte les interactions existant entre elles [...] L'activité dépend de la tâche et des caractéristiques du sujet, mais elle peut contribuer en retour à la définition de la tâche et à la transformation du sujet (Leplat, 1997, p. 14).

On trouve dans cette citation, les caractéristiques d'une organisation, que le chercheur va structurer à partir du « schéma général pour l'analyse de l'activité (Leplat, 1997, p. 5) présenté ci-dessous (Figure 11) et que l'on retrouvera plus tard dans les publications sous l'expression de triplet « sujet-tâche-activité » (Leplat, 2006, p. 30).

Dans cette lecture du travail, qui cherche à distinguer travail prescrit et travail réel, Leplat va introduire un troisième terme dans le modèle (Pastré, 2002, p. 10), « la structure cognitive de la tâche ». Cela signifie, selon Pastré, que la situation de travail ne se réduit pas aux modalités de prescription de la tâche, mais prend en compte certaines dimensions objectives de la situation qui vont orienter l'activité. Il en conclut « que l'analyse du travail développée par Leplat est organisée autour du couple situation-activité » (2002, p. 10). Une précision est apportée sur la notion de situation par Rogalski (2013)⁵⁷ : le sujet n'est pas seul maître de ses buts, ni de ses moyens. Il agit dans une situation de travail ou de formation qui comporte un système de ressources et de contraintes. À la suite de ce développement, nous présentons le schéma de l'activité déterminé par le sujet et la situation, issu des travaux de Rogalski (2003) qui a fait évoluer le schéma initial de Leplat (1997). Il s'agit d'une reproduction que nous ferons évoluer tout au long du paragraphe jusqu'au paragraphe 2.2.1.4.

⁵⁷ Nous reproduisons ici la définition de la situation dans son acception généralisée. La version originale se retrouve dans l'article de 2003 publié dans *Recherches en didactique des mathématiques* intitulé : Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert.

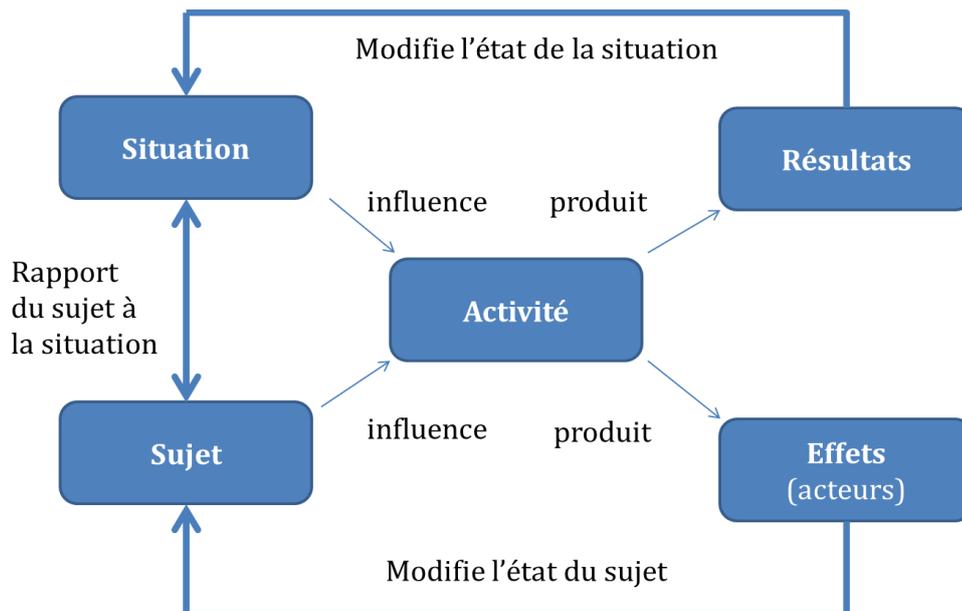


Figure 11 : Schéma de co-détermination - Situation/Sujet de l'activité (modification du schéma général d'analyse de l'activité de Leplat (1997, 2000) et Rogalski (2003, p. 358)

« L'activité est complexe par nature et ne peut se réduire à un modèle simple » (Leplat, 1997, p. 15). Cette activité complexe est pour partie invisible, elle englobe à la fois ce que fait le professionnel et que l'on nomme les observables de l'action mais également tout ce qui n'est pas observable comme les diagnostics, les anticipations et les inférences et aussi « ce qu'il s'abstient éventuellement de faire, ou ce qu'il voudrait et ne peut pas faire » (Rogalski, 2007, p. 3). Cette tâche, dans la pratique quotidienne, est tournée vers la production et va produire des résultats ainsi que des effets sur le sujet. Rogalski (2007) évoque un modèle général qui exprime, pour tout professionnel et donc possiblement pour l'infirmière, une double régulation de l'activité. Celle-ci est représentée par une double boucle dans laquelle les déterminants de l'activité et les effets en retour vont modifier ou renforcer l'activité (Leplat, 1997, Rogalski, 2007). Les propriétés de la situation et les caractéristiques du sujet vont déterminer l'activité et générer un double système d'effets, à la fois sur la situation mais aussi sur le sujet lui-même. Rogalski rajoute que la prise en compte de ces effets par rapport aux attentes conduit éventuellement à modifier l'activité, soit dans le moment même de l'action, soit à plus long terme. Cette inspiration forte de la didactique professionnelle par la psychologie ergonomique et la théorie de l'activité a produit des outils pour analyser l'activité dont l'utilisation a montré l'intérêt. Nous explicitons dans le paragraphe suivant comment nous avons

spécifié ce cadre général à l'activité de préparation des médicaments injectables et des calculs de doses sous-jacents.

2.2.1.3 La double régulation de l'activité comme cadre d'analyse de l'activité des infirmières

La proposition de modèle de double régulation de l'activité du sujet, Rogalski (2003) va l'appliquer à l'étude des pratiques enseignantes et c'est fort de cette construction scientifique d'un modèle d'analyse des pratiques professionnelles que nous avons construit un cadre théorique adapté à l'analyse de l'activité des infirmières. En 2007, dans un article sur « l'approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant » Rogalski propose un argument qui nous autorise à faire ce déplacement du modèle appliqué au monde enseignant vers le monde infirmier. Elle explique le point suivant :

Ayant identifié que le travail de l'enseignant relève de la catégorie de gestion d'environnement dynamique, on peut reprendre à son propos les problématiques identifiées dans d'autres domaines professionnels. Reprendre la problématique signifie non pas qu'on applique à l'enseignant des connaissances acquises sur le pilote, ou le conducteur de centrale nucléaire, mais qu'on utilise les mêmes cadres d'analyse, et les questionnements correspondants (Rogalski, 2007, p. 11)

En paraphrasant Rogalski (2007, p. 3), nous dirons que l'on tient d'abord compte du fait que l'infirmière est une professionnelle, qui réalise un travail relevant d'un métier. On situe ensuite le travail infirmier en tant que cas de gestion d'environnement dynamique. On explicite les spécificités, dont l'essentiel, est le fait que d'autres acteurs humains – les patients – sont l'objet de l'action de l'infirmière.

Dans le but de poursuivre la construction du modèle d'analyse de l'activité de préparation médicamenteuse des infirmières et de montrer l'articulation qui existe entre tâche et activité pour l'infirmière, nous déclinons, à partir des définitions de Leplat (Leplat, 1997; Leplat et Hoc, 1983), la façon dont la tâche prescrite va évoluer jusqu'à l'activité. La tâche est ce qui est à faire et le but, ce qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions, selon la définition reprise par Leplat (Leplat et Hoc, 1983 ; Leplat, 1997). La tâche pour l'infirmière est la préparation et l'administration au patient d'un médicament injectable et les buts sont, à la fois de le faire de façon sûre et efficace mais aussi que le patient soit satisfait de ce soin. Il s'agit là, de la tâche générique telle qu'elle s'adresse à la professionnelle. L'activité est considérée comme l'élaboration par le sujet de sa propre

tâche. Non seulement les observables, mais aussi les inférences, les hypothèses qu'elle fait, les décisions qu'elle prend, la manière dont elle gère son temps, mais aussi son état personnel, sa fatigue, son stress, le plaisir pris à l'interaction avec le patient, etc. Nous rajouterons que l'activité dépasse la réalisation de la tâche en ce qu'elle est la finalisation de la tâche, mais aussi plus que l'action. Pour une même injection, même médicament, l'infirmière va s'adapter aux différents patients, réalisant ainsi une activité singulière dont on comprend qu'elle prend en compte le destinataire de la tâche, mais également l'acteur qui l'effectue.

Entre ces deux niveaux, il existe une série d'étapes effectuée pour l'injection médicamenteuse. Le schéma présenté en figure 9, débute par la tâche à réaliser suivie de la tâche prescrite. En ce qui nous concerne, la tâche à réaliser vient d'être rapidement décrite et elle se transforme en tâche prescrite qui correspond aux attendus du prescripteur, ici le médecin, qui va adapter la tâche générique à des attentes spécifiques liées à un but particulier (traiter un patient porteur d'une pathologie identifiée ou non d'ailleurs). Cette part de prescription médicale comporte une partie des conditions de sa réalisation inscrite dans des textes législatifs (réglementation sur la prescription médicale, déontologie médicale, etc.).

Pour l'actrice de la tâche, l'infirmière, la tâche redéfinie, c'est la représentation de la tâche que se donne le sujet, à savoir ce qu'elle a compris de la prescription, les buts et les motivations qu'elle se fixe, la prise en compte des conditions d'exécution de l'action. En l'occurrence, cela implique les buts évoqués précédemment, mais aussi tout ce qui découle des représentations personnelles de l'infirmière sur ses capacités à bien faire les choses dans le contexte de prise en soin du patient. L'activité est déterminée par la tâche effective ou réalisée (pour l'analyste), c'est-à-dire celle qui a été effectivement réalisée et qui peut différer de celle qui a été envisagée ; elle correspond à ce que l'infirmière a accompli, au regard des buts visés, les moyens effectivement mis en œuvre et la prise en compte effective des contraintes.

Rogalski (2003) précise un point essentiel quant à « la tâche redéfinie qui est celle que le sujet se représente comme étant la sienne (cette représentation peut être individuelle ou collective dans le cas d'une action collective ou être une représentation sociale). Elle peut différer de la tâche attendue (et de la tâche prescrite) par les moyens et les contraintes, voire l'interprétation des buts : ce décalage traduit l'autonomie du sujet, professionnel d'un domaine donné » (p. 351).

Pour finir, l'activité est ce qui se réalise effectivement, *hic et nunc*. C'est dans cette lecture que l'on en cherche à la fois des régularités et des variabilités. La co-détermination entre le sujet et la situation se manifeste par une familiarité plus ou moins importante avec la tâche à effectuer, traduite précédemment par la notion de couplage. Si l'on considère la régulation de l'activité de préparation médicamenteuse comme une tâche globale, alors ce qui nous intéresse dans la thèse est la sous-tâche, calcul de doses, qui est imbriquée et nécessitée par l'adaptation de la dose au patient. Elle donne lieu à une activité à part entière, au service de sa « tâche mère » et c'est son organisation que nous allons examiner, au plus près des situations de travail des infirmières.

La synthèse de notre réflexion est reprise dans le schéma suivant (Figure 12) qui présente le modèle de la double régulation élaboré par Leplat (1997, 2000) et continué par Rogalski (2003, 2007), dans une première adaptation à l'activité de calcul de doses.

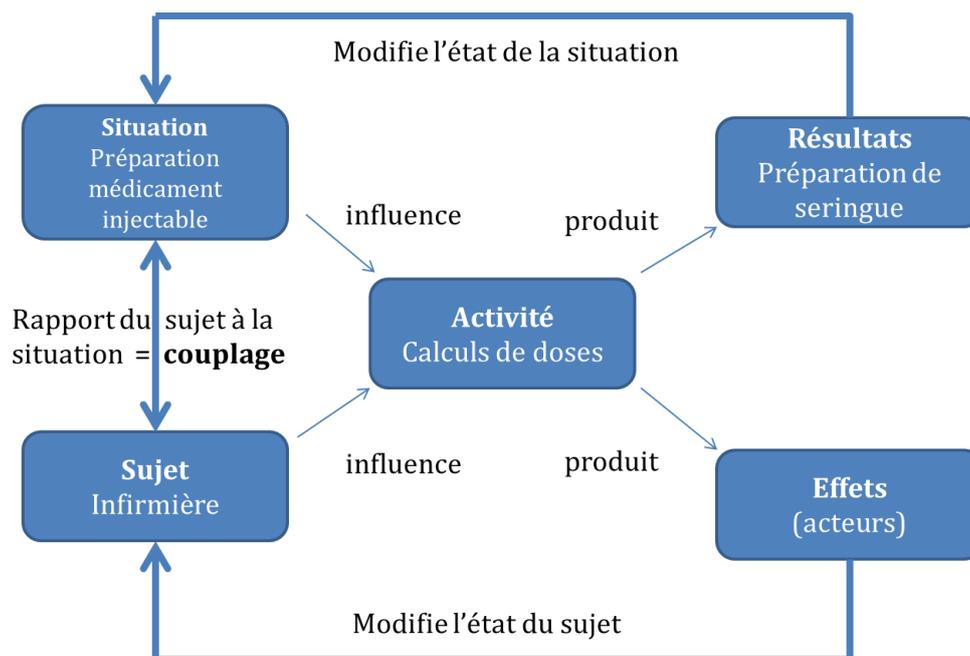


Figure 12 : Modèle de la double régulation de l'activité du sujet par les propriétés de la situation et les caractéristiques du sujet (Leplat, 1997, 2000 ; Rogalski, 2003, 2007)

Dans notre recherche, la boucle du haut concerne les effets sur la situation, c'est-à-dire l'effet des résultats chiffrés du calcul et ceux de la préparation de la seringue en elle-même, suite à la réalisation effective de la préparation médicamenteuse injectable. L'activité observée a pour but de préparer une seringue conforme aux normes de qualité

de pratiques (hygiène, asepsie, pudeur, confort, respect des choix des patients, relation adaptée, etc.), de sécurité (étiquetage adapté) et d'efficacité (résultat exact). La seconde boucle nous intéresse en ce qu'elle nous renseigne sur l'activité mathématique réellement mobilisée dans l'activité et les effets possibles en retour sur les infirmières. Le modèle de la double régulation va faire émerger à partir de l'observation des professionnelles, au-delà de la complexité de l'activité, les très nombreux déterminants et leurs interactions, même s'il semble, *a priori*, impossible d'en capter la totalité, tant les situations, les sujets et les couplages situation-sujet sont variés. Leplat (2006) est revenu sur la notion essentielle de régulation pour en préciser les contours évoquant la régulation comme un principe général de « contrôle d'un dispositif » et « la multiplicité des boucles de régulation susceptibles d'être exploitées dans l'exécution d'une tâche » (p. 2). Nous citerons simplement ce qu'il dit dans la conclusion de l'article :

La notion de régulation tient une place importante dans les études de situations de travail : s'il en est ainsi, c'est qu'elle met l'accent sur des traits essentiels de telles situations. Cette notion et les modélisations qui en ont été faites mettent en évidence l'importance de la notion de but dans l'activité : élaboration et fixation du but, identification et coordination des différents buts, évaluation des résultats de l'action par rapport au but. Il souligne aussi le rôle majeur du traitement de ces écarts au but pour la définition de l'action destinée à les éliminer (Leplat, 2006, p. 25).

L'adaptation du modèle de la double régulation apparaît scientifiquement acceptable dans l'utilisation des problématiques et de leurs questionnements, issue d'un environnement dynamique professionnel différent pour analyser l'activité. Le paragraphe qui suit explicite la spécification finale du modèle de double détermination de l'activité par l'infirmière et par la situation de préparation médicamenteuse à notre cadre théorique.

2.2.1.4 Modèle de la double régulation adapté à l'analyse de l'activité de calculs de doses

L'activité des infirmières lors de la préparation de médicaments injectables a été peu interrogée ; une approche ergonomique et didactique doit conduire à la mise au jour de mécanismes cognitifs et de connaissances qui sont invisibles à la seule observation (Coben et Weeks, 2014) et qui sont intellectuellement complexes (Eisenhauer, Hurley et Dolan, 2007).

Par l'approche que nous développons, nous avons identifié *a priori* des déterminants, organisateurs de la situation et des organisateurs internes à l'activité (Bru, Pastré et Vinatier, 2007), en repartant des méthodes générales de la psychologie ergonomique et comme le recommande Rogalski (2007) quand une analyse de l'activité n'a pas été conduite. C'est le niveau de l'analyse qui va guider les très nombreuses variables observées, impliquées dans l'organisation de l'activité. Leplat (1997) a proposé d'analyser l'activité à partir des éléments qui l'organisent et qu'il nomme conditions internes pour ceux qui concernent l'agent et son(s) but(s), et conditions externes pour les conditions techniques, organisationnelles, sociales, etc. (p. 24). Rogalski et Robert (2015) distinguent deux types de déterminants de l'activité : internes reliés au sujet (acteur) et externes reliés au but et aux conditions de réalisation de la tâche. Ces déterminants sont considérés dans un contexte large incluant pour le niveau institutionnel, et qu'elles appellent « situation » (p. 97), ce sont ceux qui sont utilisés dans le modèle de la double régulation de l'activité de Rogalski (2003, 2007). Nous retiendrons cette dernière distinction pour simplifier le débat qui existe autour des termes déterminants et organisateurs. En prenant en compte ces différents repères théoriques, en nous appuyant sur notre expérience professionnelle d'infirmier et de formateur, et en reprenant nos travaux de master sur l'activité de calculs de doses en situation professionnelle, nous avons isolé des déterminants de l'activité, observables dans cette recherche.

Les déterminants externes de la situation concernent la dimension institutionnelle et la dimension organisationnelle et sont indiqués ci-dessous :

- dimension institutionnelle : structure de l'hôpital (CH ou CHU) et environnement plus immédiat de la tâche (politique médicale et paramédicale du service et la typologie du service) ;
- dimension organisationnelle : l'équipe de travail ; les prescriptions médicales qui apparaissent sous différentes formes (manuelles, ou informatisées et/ou protocolées) ; les matériels (seringues, médicaments, etc.) ;
- contexte professionnel : l'organisation du travail (horaires, travail posté) ; la charge de travail, la pression temporelle (urgence).

Les déterminants internes du sujet relèvent de la dimension personnelle ; ils seront inférés à partir de l'activité observée (ils sont en effet inobservables car les calculs de doses s'effectuent essentiellement mentalement), puis seront explicités par les infirmières qui participent à notre recherche lors des entretiens. Ces déterminants sont :

- les connaissances mathématiques du sujet (unités de mesure, raisonnements proportionnels, etc.) ; les connaissances biomédicales du sujet sur les pathologies, les produits (pharmacologie) et la clinique ; les métaconnaissances du sujet (sa capacité à gérer ses limites, ses compétences par exemple) etc. ;
- les caractéristiques individuelles : le sexe, l'âge, l'ancienneté, l'itinéraire professionnel, l'état de santé, l'état instantané (stress, anxiété, fatigue), les objectifs poursuivis.

En adaptant progressivement le schéma général de l'activité puis le modèle de la double régulation, et en adoptant l'analyse méthodologique et conceptuelle qu'en fait Rogalski (2003, 2007), nous avons construit un modèle de double régulation de l'activité de calculs de doses de l'infirmière. Ce modèle prend en compte à la fois les déterminants (externes et internes) de l'activité et les effets en retour de l'activité (sur la situation et sur le sujet), qui vont la modifier ou la renforcer.

L'activité de calculs de doses, nécessitée par la préparation médicamenteuse, va être déterminée par les propriétés de la situation de travail, la préparation d'un médicament injectable et par les caractéristiques (connaissances des médicaments, des patients, son expérience professionnelle, etc.) et les états de l'infirmière (stress, fatigue, état de santé) ; cela va générer un double système d'effets, sur la situation (qualité de la préparation, exactitude du résultat) et sur l'infirmière elle-même (satisfaction, confiance, doute). La prise en compte de ces effets par rapport à des attentes conduit éventuellement à modifier l'activité, soit dans le moment même de l'action, en lien avec l'activité et le suivi du patient, soit à moyen terme, si l'état du patient crée un doute sur la préparation de la seringue ou le débit.

En synthèse de cette section, nous présentons le schéma ci-dessous (Figure 13) qui organise la vision détaillée du modèle de la double régulation adapté à l'analyse de l'activité de calcul de doses.

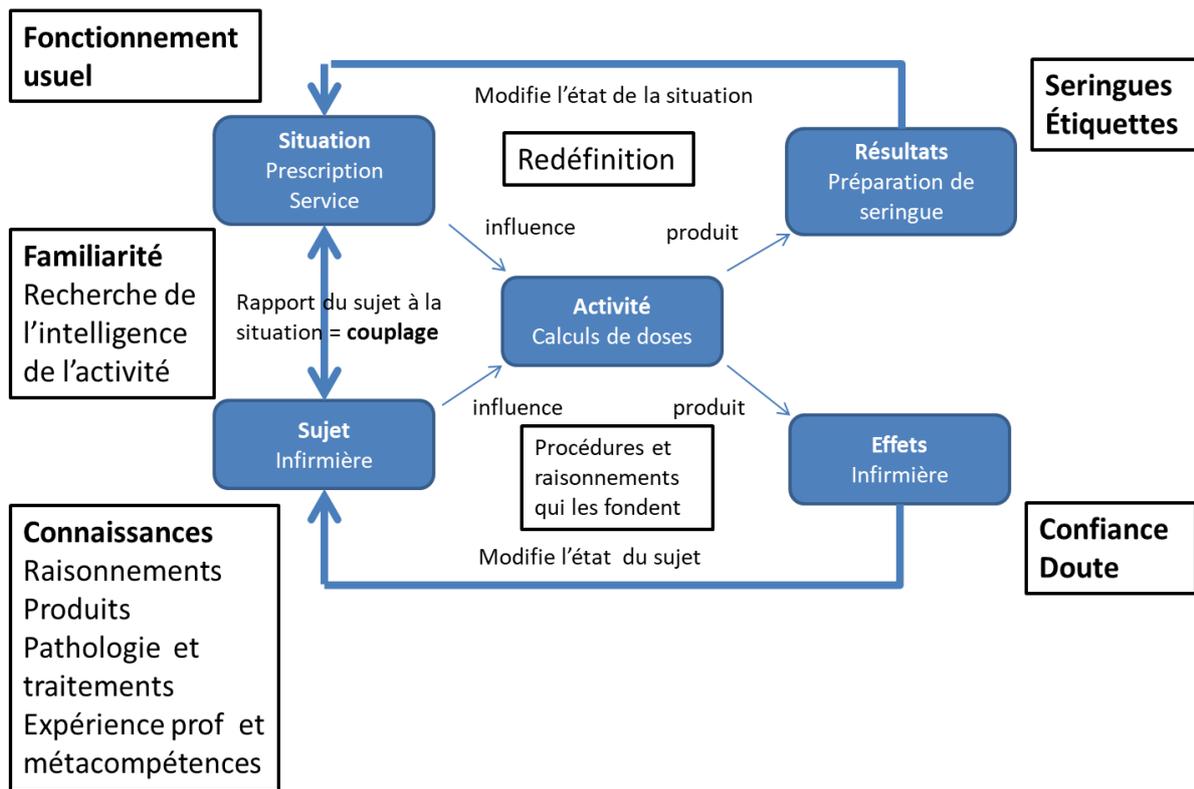


Figure 13 : Le modèle d'analyse de l'activité de calculs de doses d'après le modèle de la double régulation de l'activité du sujet (d'après Leplat, 1997, 2000 ; Rogalski, 2003,2007)

Ce chapitre, en retraçant les relations de la psychologie ergonomique et de la didactique professionnelle, montre les « échanges fructueux » dans le transfert de méthodes et de concepts d'une discipline à l'autre pour l'analyse de l'activité en situation de travail. Nous nous sommes appuyés sur ces disciplines pour fixer un cadre d'analyse de l'activité de calcul de doses susceptible de conduire à une caractérisation des raisonnements mathématiques des infirmières, à condition de prendre appui également sur les résultats produits en didactique des mathématiques, notamment quant aux raisonnements proportionnels et à l'apprentissage de la proportionnalité. Nous commencerons par présenter les relations historiques entre la didactique professionnelle et les didactiques disciplinaires, et en particulier avec la didactique des mathématiques.

2.2.2 La relation de la didactique professionnelle avec les didactiques des disciplines et la didactique des mathématiques

La didactique des disciplines est une source d'inspiration que Pastré (2011b) voit plutôt comme une forme « d'emprunts, d'échanges, de débats voire de controverses » (p. 37) avec la didactique professionnelle et qui lui a permis de « se structurer avec une identité propre » (p. 37) tout en reconnaissant tous les apports dont elle a bénéficié. Deux points essentiels semblent opposer ces deux disciplines. Le premier porte sur l'objet du projet didactique. Pastré précise que l'objet des didactiques des disciplines est le savoir, sa transmission et son assimilation. Celui de la didactique professionnelle est l'activité, sa transmission et son assimilation. Selon Pastré, la différence entre savoir et activité « recouvre une différence épistémologique profonde : un point de vue techno-centré, d'un côté ; un point de vue anthropo-centré, de l'autre » (2011b, p. 51).

Une seconde opposition tient à la différence entre le singulier de la didactique professionnelle et le pluriel des didactiques disciplinaires. La spécificité de chaque discipline est mise en avant par chaque didactique disciplinaire et donc « il y a autant de didactiques que de savoirs » (2011b, p. 52). C'est l'influence de la psychologie ergonomique qui a rapproché les points de vue par sa centration sur l'activité en s'intéressant aux champs professionnels, qui à la différence des champs disciplinaires, ne peuvent être découpés en entités totalement séparées car trop empiriques. De l'analyse des travaux de Brousseau (1998) sur la théorie des situations, Pastré considère que les concepts tels que le contrat didactique, la dévolution, l'institutionnalisation vont bien au-delà de la didactique des mathématiques. Le déplacement opéré par Brousseau sur le triangle didactique, en dissimulant l'enseignant derrière la situation⁵⁸ dans l'approche didactique met en avant un double but : en soumettant les apprenants à un milieu (situation-problème pour Pastré), il centre le processus sur l'actant pour trouver une réponse au problème (but très apparent), voire construire un savoir (but caché) qui permet seul de résoudre le problème posé par la situation à l'aide d'une stratégie optimale. L'important, selon Pastré (2011b) est que cette théorie « déplace l'accent de la transmission et de l'acquisition d'un savoir vers sa mobilisation et sa construction » (p.

⁵⁸ L'enseignant ne disparaît effectivement pas mais il va occuper un rôle de metteur en scène et de médiateur. Pastré fait référence aux situations « adidactique » qui sont des situations non explicitement dédiées à l'apprentissage d'un savoir, mais qui requièrent la mobilisation de ce savoir pour résoudre le problème que ces situations comportent (Pastré, 2011b, p. 53).

53-54). Pastré fait donc l'hypothèse qu'il existe chez Brousseau, une théorie à deux étages : l'un centré spécifiquement sur la didactique des mathématiques et l'autre, plus générique, mettant en évidence des dimensions qui dépassent le domaine strict de la didactique des mathématiques. Ce point semble avoir été une prémisse importante dans le rapprochement entre didactique des mathématiques et didactique professionnelle. Le point de vue de Brousseau centré sur l'apprenant sera complété par celui de Chevallard (1992, 1999) selon lequel l'appartenance des sujets enseignants et élèves à des institutions constitue un facteur décisif de leurs actions respectives. Dans la continuité de ces travaux, Sensevy mettra l'accent sur l'activité duale, impliquant un apprenant et un médiateur, que Pastré qualifie d'interactivité : « le maître gagne quand l'élève gagne » (p. 55). Pastré considère que les travaux de Sensevy (2007) vont prolonger les analyses de Brousseau tout en les rééquilibrant. Il y voit une véritable ouverture vers la didactique professionnelle et la possibilité de considérer l'activité de l'enseignant dans sa composante de l'interactivité maître-élève au même titre qu'un autre métier (technicien, médecin, juge), qu'il est analysable avec les mêmes concepts sans oublier d'en identifier la structure conceptuelle autrement dit les éléments spécifiques. Enfin, cela implique qu'il peut être analysé à partir des concepts développés par la didactique professionnelle. Certains chercheurs avaient déjà ouvert cette voie, comme Robert et Rogalski (2002, 2008), en proposant une double approche didactique et ergonomique des pratiques d'enseignement des mathématiques, l'une inspirée par la didactique des mathématiques quand il s'agit de cerner l'apprentissage mathématique qui peut découler des pratiques du professeur, l'autre inspirée par la psychologie ergonomique lorsqu'il s'agit de cerner l'activité enseignante dans le contexte plus large de l'exercice professionnel. À ce sujet, dans son habilitation à diriger des recherches, Roditi (2011) évoque un tournant important emprunté par la didactique des mathématiques, sous l'impulsion de (Robert, 2001) qui propose d'infléchir les orientations de la discipline pour s'intéresser aux pratiques enseignantes dans leur complexité.

Elle propose d'appréhender la régularité et la variabilité de ces pratiques en conjuguant deux points de vue : celui des apprentissages mathématiques des élèves (et pour ce point de vue, la didactique des mathématiques propose des outils adaptés), et celui du travail de l'enseignant, en ayant recours à la psychologie ergonomique (Roditi, 2011, p. 38).

Une précision est rappelée par Roditi (2011) sur le lien entre les approches ergonomique et didactique : « Le recours à la psychologie ergonomique, et à la théorie de l'activité

(Léontiev, 1975/1984) est, à l'origine, une proposition de Rogalski (2003) qu'elle formule aux didacticiens en 1999 lors d'un colloque (Rogalski, 2000) et qu'elle publie trois années plus tard dans la revue RDM » (p. 39). La proximité des approches scientifiques de Robert (sa directrice de thèse) et Rogalski (même laboratoire de recherche – Équipe DIDIREM de l'université Paris – Diderot, Paris 7) vont inspirer Roditi (2001) à convoquer, dans sa thèse, la double approche didactique et ergonomique (Robert et Rogalski, 2002), avant même « [qu']un véritable travail de conceptualisation » (Roditi, 2011, p. 57), ne soit fait. La conjugaison de la didactique des mathématiques et la psychologie ergonomique pour une double approche des pratiques d'enseignement, nous ouvre une perspective pour la structuration de notre cadre théorique : une double approche ergonomique et didactique des pratiques infirmières. L'approche ergonomique vise à prendre en compte les contraintes qui s'exercent sur les infirmières dont les productions sont analysées et l'approche didactique vise à repérer et catégoriser les raisonnements et calculs mathématiques de la pratique de calculs de doses.

Finalement, nous vivons à notre tour et à l'échelle d'une recherche isolée ce que Pastré décrit pour la construction de la didactique professionnelle en citant Gérard Vergnaud, qui fut, dit-il le principal inspirateur de la didactique professionnelle : « Entre la didactique des disciplines et la didactique professionnelle, il n'y a qu'un pas » (Vergnaud, 1995 (Le Monde)⁵⁹, cité par Pastré, 2011b, p. 57).

Nous venons de voir comment la didactique d'une discipline (les mathématiques) joue un rôle complémentaire à celui de la psychologie ergonomique pour l'analyse d'activités professionnelles, nous allons indiquer maintenant, comment nous avons mis un certain nombre des concepts et outils de la didactique des mathématiques, au service de l'analyse des pratiques infirmières de calcul de doses médicamenteuses.

2.2.3 La transmission des savoirs

Avant cela, nous devons malgré tout, apporter une précision épistémologique importante sur la notion de situation telle que définie dans la théorie développée par Brousseau.

⁵⁹ Vergnaud, G. (1995). Évolution du travail et formation des compétences, *Le Monde*, 20 décembre, 1995.

La notion de situation est définie par Brousseau de façon synthétique comme « la reconnaissance (justifiée ou non) de la validité et de l'utilité d'une connaissance », le moment où la connaissance est « encapsulée et désignée » (Brousseau, 2003). Il s'intéresse à la dimension didactique de la situation en portant attention à ce que propose l'enseignant, à savoir la situation, à la fois « pour sa faculté potentielle de donner à apprendre mais aussi pour ce qu'elle propose, du point de vue épistémologique, comme articulation entre les savoirs anciens des élèves et les savoirs nouveaux visés » (Roditi, 2011, p. 14).

Parallèlement au concept de situation, Brousseau a théorisé le concept de contrat didactique que Roditi (2011) présente comme un « jeu d'attentes réciproques entre les élèves et leur enseignant relativement au savoir, jeu qui assure, ou non, l'authenticité mathématique de l'activité de l'élève (Brousseau, 1990) » (p. 14). Il associe à ces concepts ceux de dévolution (qui ne sera pas exposée ici) et d'institutionnalisation. Dans ses travaux, il défend l'idée que la modélisation des situations à usage didactique (le professeur crée et maintient les conditions sans intervenir sur le processus cognitif) permet la construction « autonome » de « connaissances localement adaptées mais qui la plupart du temps se révéleront insuffisantes ou même fausses par la suite et certaines se constitueront en obstacles » (Brousseau, 1997, p. 20). Il affirme que cette construction autonome ne peut pas donner aux connaissances le statut de savoir et que seule l'intervention didactique du professeur permet de passer de cette construction autonome à des connaissances canoniques constituées « intelligibles pour les autres, partagées, conformes à la volonté didactique de la société, celles dont l'intérêt est garanti par l'histoire et par la culture et qui seront réutilisées par la suite » (p. 20). Enfin, il précise ce qui apparaît comme un élément clé dans ce raisonnement : « ce statut de connaissance institutionnalisée ne peut surgir des situations où l'intention didactique est dissimulée à l'élève ». C'est la situation d'institutionnalisation qui le permet (cf. le glossaire⁶⁰ élaboré en 1998 et remis à jour en 2010 par Brousseau) :

C'est une situation qui se dénoue par le passage d'une connaissance de son rôle de moyen de résolution d'une situation d'action, de formulation ou de preuve, à un nouveau rôle, celui de référence pour des utilisations futures, personnelles ou collectives (p. 4-5).

⁶⁰ Glossaire du site personnel de Guy Brousseau – Glossaire de théorie des situations remis à jour plusieurs fois entre les années 80 et 2010. <https://guy-brousseau.com/biographie/glossaires/>

Cette analyse, transposée à la formation des étudiantes en soins infirmiers, explique une partie des difficultés rencontrées par les formatrices pour l'enseignement des calculs de doses. Les étudiantes sont mises au travail sur des situations dont l'intention didactique souffre d'une absence de savoirs professionnels constitués. Les exercices proposés partent de situations professionnelles, mais seulement partiellement, si bien que l'activité attendue pour l'exercice ne correspond pas à l'activité des infirmières. L'activité repose plutôt sur des savoirs mathématiques que des savoirs professionnels (et pour cause), mais là aussi surgit une difficulté pour les formatrices : sans formation en didactique des mathématiques, elles ne disposent ni de repères sur l'apprentissage ni de moyens pour ajuster leur enseignement aux difficultés de leurs étudiantes. La médiation des formatrices s'avère alors délicate, traduisant une « compétence fragmentaire » (Vergnaud, 1991, p. 200) dans l'accompagnement des étudiantes sur les calculs de doses. Pour rendre compte des raisonnements et calculs mathématiques que requièrent les calculs de doses, nous nous référons principalement à la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991) qui spécifie des concepts généraux travaillés par Piaget au domaine des mathématiques. Nous focalisons notre attention sur le champ conceptuel des structures multiplicatives et, particulièrement, ce qui a trait au concept de proportionnalité.

2.2.4 Champ conceptuel multiplicatif et raisonnement proportionnel

2.2.4.1 La théorie des champs conceptuels : un cadre général

Dans son article fondateur sur la théorie des champs conceptuels, Vergnaud (1991) écrit qu'elle « est une théorie cognitive, qui vise à fournir un cadre cohérent et quelques principes de base pour l'étude du développement et de l'apprentissage des compétences complexes, notamment de celles qui relèvent des sciences et des techniques » (p. 197). Avant de poursuivre, nous exposons, pour faciliter la mise en lien avec le travail de Vergnaud, quelques descriptions de concepts centraux issus de l'œuvre de Piaget⁶¹, dont l'articulation logique se fait à partir de celui de schème, qui est considéré comme la

⁶¹ Les définitions sont issues du site de la fondation Jean Piaget, de la rubrique notions et sont proposées par Jean-Jacques Ducret, site mis à jour le 5 août 2020.
<http://www.fondationjeanpiaget.ch/fjp/site/oeuvre/index.php>

principale « invention de Piaget » selon Pastré, et qui donne lieu à plusieurs descriptions possibles :

Un schème est la structure ou l'organisation des actions telles qu'elles se transfèrent ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances semblables ou analogues (La psychologie de l'enfant, p. 11).

Nous appelons schèmes sensori-moteurs les organisations sensori-motrices susceptibles d'application à un ensemble de situations analogues et témoignant ainsi d'assimilations reproductrices (répétition de mêmes activités), récongnitives (reconnaître les objets en leur attribuant une signification en fonction du schème) et généralisatrices (avec différenciations en fonction de situations nouvelles) (Études d'épistémologie génétique, volume 2, p. 46).

La construction de schèmes, comme structure élémentaire au cœur de l'activité cognitive, implique deux mécanismes que Piaget appelle « assimilation » et « accommodation » et que l'on peut définir de la façon suivante :

L'assimilation est le processus par lequel une réalité extérieure est intégrée à un schème. Pour Piaget, le processus d'assimilation est la condition de toute appréhension, par les systèmes cognitifs ou les schèmes, des réalités auxquelles ils sont confrontés ou avec lesquelles ils entrent en interaction ;

L'accommodation est l'activité par laquelle un organisme ou un schème est modifié ou se transforme en vue de s'ajuster à un milieu ou à un objet. En ce sens, elle résulte forcément d'une activité préalable ou d'un début d'assimilation de ce milieu ou de cet objet par l'organisme ou par le schème, activité qui ne peut alors aboutir sans une telle accommodation » (Ducret, 2020 d'après l'œuvre de Piaget).

Dans un but de coordination de ces processus, une autorégulation, « l'équilibration », entre assimilation et accommodation permet de passer d'un état d'équilibre psychologique à un autre, en passant par de multiples états de déséquilibre et de rééquilibration. Dans un article rédigé juste après la mort de Piaget, Vergnaud (1981) va dresser un bilan synthétique de quelques enseignements pour la didactique et rappeler :

[qu']en fait on peut dire que le processus d'équilibration-déséquilibration-rééquilibration est un processus sans fin dans lequel les moments de déséquilibre sont aussi importants que ceux d'équilibre et apparaissent même d'une certaine manière comme plus féconds pour le progrès de la connaissance (p. 13).

Pour conclure sur sa propre filiation avec les travaux du père du constructivisme, on peut citer des propos qui renforcent l'idée de centralité du schème chez Piaget : « Avec Piaget, on peut dire que ce sont les schèmes qui sont au centre du processus d'adaptation des structures cognitives : assimilation et accommodation » (Vergnaud, 1991, p. 202).

Vergnaud (1991) fait du « schème »⁶², le concept explicatif de la fonction adaptative de la connaissance, qu'il définit comme « l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données » (p. 199). Il accorde une place centrale aux formes de la connaissance⁶³ dans l'action du sujet et souligne que ce sont d'abord les connaissances pour agir que développe le sujet, afin de s'adapter au réel. Pastré note d'ailleurs que « des deux formes de la connaissance, prédicative et opératoire, c'est la forme opératoire qui est première » (Vergnaud, 1999, p. 14). Il propose de définir le développement cognitif par la sollicitation d'une grande variété de schèmes qui vont s'exprimer, en fonction de l'expérience construite progressivement, dans les différents aspects des activités de la vie quotidienne. La confrontation et l'adaptation à la variabilité des situations vont constituer une expérience pour la personne, qui va devoir apprendre à assimiler et accommoder ses schèmes d'action aux activités nouvelles. C'est au travers de l'exemple du saut en hauteur, dont il décrit toute l'organisation nécessaire à sa réussite, qu'il caractérise les conditions du développement de l'expérience : un écart entre les activités, une analyse des différentes étapes de l'activité et l'implication d'autrui dans un rôle de médiation et de travail réflexif. Dans un texte de référence où Vergnaud explicite sa vision de la conceptualisation et du schème, écrit en 1996, il prend l'exemple du saut à la perche et de l'athlète russe Bubka, en insistant sur la prise de conscience, après-coup, grâce au travail sur vidéo et aux échanges avec son entraîneur, favorable à l'amélioration des schèmes. « L'amélioration du schème passe par une théorisation au moins partielle des éléments qui le composent » (Vergnaud, 1996/2011, p. 280). Il prend soin de préciser que « ce qui est invariant c'est l'organisation de la conduite, et non la conduite elle-même » (Vergnaud, 1996/2011, p. 283). Il livre une déclinaison de la structure d'un schème qui est composé « de règles d'actions et d'anticipations puisqu'il génère une suite d'actions en vue d'atteindre un certain but, on ne reconnaît pas toujours qu'il est également composé, de manière essentielle, d'invariants opératoires (concepts-en-acte et connaissances-en-acte) et d'inférences » (p. 207)⁶⁴.

Toutefois, Vergnaud souligne que « l'action opératoire » n'englobe pas la totalité de la conceptualisation du réel, et que l'usage de « signifiants explicites » est indispensable. Un concept est défini comme un triplet de trois ensembles :

⁶² Nous reviendrons de façon plus détaillée sur le concept de « schème » dans le paragraphe 2.4.3.2

⁶³ Nous reviendrons de façon plus explicité sur les formes de la connaissance à l'article 2.4.1

⁶⁴ Nous reviendrons de façon plus détaillée sur la structure du « schème » dans le paragraphe 2.4.3.2

« $C = (S, I, \mathcal{S})$:

S : l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence) ;

I : l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié) ;

\mathcal{S} : l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant)» (1991, p. 212).

La construction et l'adaptation des schèmes aux situations expliquant le développement cognitif, Vergnaud en fait le cœur de la théorie des champs conceptuels. Deux types de classes de situations doivent être différenciées lorsque l'on considère le développement :

- les classes de situations que le sujet possède dans son répertoire et qu'il est en capacité de traiter. Pour ce cas, le traitement est relativement immédiat et selon Vergnaud, on observe en général, un comportement automatisé pour un schème unique.

- les classes de situations pour lesquelles le sujet ne dispose pas de toutes les connaissances pour maîtriser la situation. Dans ce cas, on peut observer que les schèmes sont « accommodés, décombinés et recombinaés » et de nouveaux schèmes sont élaborés. Cette différence peut être rapprochée des différents niveaux de fonctionnements en fonction du degré de compétence « automatisme-règle-connaissance » (*Skill-Rule-Knowledge*) de Rasmussen (1986) évoqué précédemment.

Le premier cas évoqué issu du texte de Vergnaud correspondrait alors au niveau des automatismes (*Skill-based level*) où l'activité du sujet est contrôlée par des configurations mémorisées d'instructions préprogrammées (Reason, 1993/2013).

Le second cas correspondrait aux niveaux dits des connaissances. D'une part, le niveau fondé sur des règles (*Rule-based level*) s'appliquant à la résolution de problèmes familiers dont les procédures sont contrôlées par des règles « si ... alors ». D'autre part, le niveau fondé sur les connaissances déclaratives (*Knowledge-based level*) qui est sollicité dans les situations nouvelles, pour lesquelles les actions doivent être planifiées en temps réel, en s'appuyant sur les processus analytiques et des connaissances mémorisées, avec un contrôle conscient (Reason, 1993/2013). Ici, on peut penser que c'est la distance plus ou moins importante avec le problème à traiter qui inscrira l'accommodation des schèmes décrits par Vergnaud dans l'un ou l'autre des niveaux.

2.2.4.2 Le champ conceptuel des structures multiplicatives

La théorie des champs conceptuels est un cadre général et elle n'est pas spécifique aux mathématiques, mais « elle a d'abord été élaborée en vue de rendre compte du processus de conceptualisation progressive des structures additives, des structures multiplicatives, des relations nombre-espace, de l'algèbre » (Vergnaud, 1991, p. 198). Dans ce texte de référence, il commence par définir le champ conceptuel des structures additives comme « un ensemble de situations qui demandent une addition, une soustraction ou une combinaison de telles opérations » (1991, p. 213). Après avoir caractérisé le concept d'addition conséquemment à la définition qu'il en donne (l'ensemble des situations d'addition ; l'ensemble des propriétés de l'addition et l'ensemble des formes langagières et non langagières), il applique ensuite la même lecture au champ conceptuel des structures multiplicatives en le définissant comme « l'ensemble des situations qui demandent une multiplication, une division ou une combinaison de telles opérations » (p. 213). Un des avantages qu'il voit à l'approche par les situations est qu'elles permettent de catégoriser les tâches cognitives et les procédures sollicitées par chacune d'entre elles, après leur analyse.

Vergnaud explique que le champ conceptuel des structures multiplicatives, en plus des opérations qu'implique le traitement des situations auquel il renvoie, se compose également de l'ensemble des concepts et théorèmes à même d'analyser ces situations et il indique à ce sujet :

Proportion simple et proportion multiple, fonction linéaire et n-linéaire, rapport scalaire direct et inverse, quotient et produit de dimensions, combinaison linéaire et application linéaire, fraction, rapport, nombre rationnel, multiple et diviseur, etc. Parmi les théorèmes qui donnent leur fonction à ces concepts, il faut mentionner : les propriétés d'isomorphisme de la fonction linéaire, $f(nx) = nf(x)$ et $f(n_1x_1 + n_2x_2) = n_1f(x_1) + n_2f(x_2)$ et leur généralisation à des rapports non entiers, les propriétés concernant le coefficient constant entre deux variables linéairement liées : $f(x) = ax$ $x = 1/a f(x)$ et certaines propriétés spécifiques de la bilinéarité $f(n_1x_1, n_2x_2) = n_1.n_2 f(x_1, x_2)$, Il y en a plusieurs autres, et l'élaboration pragmatique du champ conceptuel des structures multiplicatives passe ainsi par des étapes qu'il est possible d'identifier clairement (Vergnaud, 1991, p. 215).

Il n'est pas superflu, selon Vergnaud (1991) de remarquer que l'analyse des structures multiplicatives est profondément différente de celle des structures additives. « Les relations de base les plus simples ne sont pas ternaires mais quaternaires, parce que les

problèmes les plus simples de multiplication et de division impliquent la proportion simple de deux variables l'une par rapport à l'autre » (p. 221- 222)

À la suite de ces propos liminaires, nous détaillons le concept de proportionnalité et les propriétés et méthodes associées.

2.2.5 Concept de proportionnalité et méthodes de résolution de problème

Nous commençons par décrire le concept de proportionnalité en nous appuyant sur l'étude de Hersant (2005) intitulée « La proportionnalité dans l'enseignement obligatoire en France, d'hier à aujourd'hui », avec pour but de dégager les méthodes de résolution de problèmes qui nous seront utiles pour l'analyse de l'activité de calcul de doses. Hersant, dans son article très documenté, retrace l'histoire de l'enseignement de la proportionnalité après avoir délimité le contour de cet objet d'enseignement. Nous retenons la partie initiale de son travail qui est centrée sur les définitions, les savoirs et les savoir-faire⁶⁵, en référence au cadre de la théorie anthropologique de Chevallard. Nous reprenons le titre de l'article pour mettre en avant l'idée qu'il s'agit d'un concept très ancien [Théorie des proportions attribuée à Euclide (Hersant, 2001)], qui a traversé les époques et qui s'est actualisé dans la seconde moitié du 20^e siècle (Hersant, 2001). La chercheuse en didactique des mathématiques propose « une analyse de l'évolution de la transposition didactique d'une tâche classique et emblématique, le calcul de quatrième proportionnelle » (Hersant, 2005, p. 1). Pendant très longtemps, il a été question de règle de trois et rapports de proportions dans la résolution de problèmes avant de devenir proportionnalité en 1970. À l'école élémentaire, c'est au travers de l'étude minutieuse des programmes qu'elle retrace l'évolution de cet enseignement et qu'elle montre que l'on est passé d'un enseignement de la proportionnalité fondé sur la « théorie des proportions » à un enseignement fondé sur la « linéarité ». Les recommandations des programmes, en 1985, précisent que la notion de proportionnalité est travaillée pour résoudre des problèmes, pour construire des procédures et des outils, et pour conceptualiser. En 2008, la règle de trois qui avait disparu des programmes fait un retour parmi les procédures

⁶⁵ La théorie anthropologique (Chevallard, 1999) distingue les savoirs et savoir-faire relatifs à une tâche donnée. Les techniques de résolution de la tâche sont de l'ordre des savoir-faire. Les propriétés et définitions qui permettent de justifier les techniques sont les technologies ; elles sont organisées en théorie. Les technologies et théories sont de l'ordre des savoirs (Hersant, 2005, p. 2).

préconisées pour répondre aux situations qui font intervenir les notions de pourcentage, d'échelle, de conversion, d'agrandissement ou de réduction de figures.

Ce regard historique de la chercheuse montre que les programmes d'enseignement ont choisi l'une ou l'autre des deux options théoriques pour modéliser la notion de proportionnalité. Nous citons longuement Hersant à ce sujet :

Ces savoirs correspondent aux deux théories qui permettent de modéliser la notion de proportionnalité : la théorie des rapports et proportions et l'application linéaire. Bien qu'ayant des objets de base différents (rapport, proportion, extrêmes et moyens pour la théorie des proportions et application linéaire, fonction linéaire, image et antécédent pour l'application linéaire), ces théories ont évidemment des points communs :

- le coefficient de proportionnalité permet de passer de l'une à l'autre avec la propriété suivante (exprimée dans le cadre des suites numériques pour des raisons de commodité) : *si les suites $(x_i)_{i \in \mathbb{N}}$ et $(y_i)_{i \in \mathbb{N}}$ sont proportionnelles, il existe une constante k telle que pour tout i entier $y_i = kx_i$;*
- la propriété de linéarité, bien qu'exprimée avec des objets différents (rapport, proportion / combinaison linéaire).

Toutefois, le point de vue sur la proportionnalité est radicalement différent dans les deux modèles. Dans la théorie des proportions, l'accent est mis sur le rapport scalaire entre grandeurs de même nature i.e. sur l'aspect analogique (Sokona, 1989). En effet, initialement Euclide dans sa théorie ne conçoit que des rapports de ce type ; le coefficient de proportionnalité qui est un rapport de mesures de grandeurs de nature différente n'est associé qu'ensuite à cette théorie. En revanche, dans la théorie de l'application linéaire l'accent est mis sur le coefficient de proportionnalité i.e. l'aspect analytique (Hersant, 2005, p. 3).

Hersant précise ensuite que le choix d'un modèle institutionnel pour servir de théorie dans la mise en œuvre n'est pas neutre quant aux techniques de résolution de problèmes disponibles et favorisées. En fonction d'un problème donné, un modèle peut-être plus performant que l'autre, ce qui va constituer une limite dans l'enseignement (le choix d'une théorie limite le recours aux propriétés de l'autre), mais pas dans la pratique, si l'on dispose des deux modèles, l'adaptation ne pose pas de problème et le choix se fait sur le plus performant.

Pour la suite de notre travail, nous retenons la définition (générale) suivante « La proportionnalité qualifie une relation particulière entre des grandeurs que l'on peut traduire par une relation entre les valeurs de ces grandeurs, puis une relation entre des suites numériques *via* les mesures de ces grandeurs » (Hersant, 2005, p. 2). Nous

empruntons aussi à Hersant (2001) les définitions qu'elle discute dans sa thèse⁶⁶ et plus spécifiquement la section « Grandeurs, mesures et nombres ». Hersant précise d'emblée que la notion de grandeur est difficile à définir simplement tant les définitions sont générales et imprécises. Elle nomme Grandeurs⁶⁷ : « la Longueur, la Température, la Durée, la Distance, ... » en spécifiant qu'habituellement on parle « de longueur de segment ou de température de l'eau et que l'intérêt de la notion réside dans la comparaison des différentes valeurs d'une Grandeur » (p. 16). Si certaines Grandeurs apparaissent plus faciles à comparer (la Longueur par exemple), pour d'autres la comparaison est plus délicate (Aire d'un carré, volume d'un cube ou celui d'une sphère). Le fait que les Grandeurs soient mesurables conduit à la fois à associer des valeurs aux Grandeurs, les grandeurs – sans majuscule chez Hersant –, et à opérer sur elles. En ce qui concerne la mesure, Hersant propose de considérer la relation suivante :

Considérons deux longueurs a et b , a non nulle. Nous admettrons que la longueur b peut toujours s'exprimer en fonction de la longueur a choisie comme référence. Cela signifie qu'il existe un réel positif λ tel que $b = \lambda a$. Cette égalité exprime que le nombre λ est la *mesure* de la longueur b quand on prend la longueur a comme *unité*. Pour les quantités ou les grandeurs discrètes, le cardinal de l'ensemble représente la mesure de la grandeur quand on prend comme unité l'ensemble à un élément.

La notion de mesure permet de ramener, une fois une grandeur choisie comme unité, le travail sur les grandeurs à un travail sur leurs mesures, c'est-à-dire sur les nombres [...] on a alors affaire à un nombre suivi d'une unité, c'est-à-dire une grandeur mesurée (Comin, 2000). Nous nous intéresserons particulièrement aux Grandeurs non orientées pour lesquelles la mesure prend ses valeurs dans \mathbb{R}^+ (p. 17-18).

Les notions de Grandeurs et de mesures, étant établies, abordons, toujours avec Hersant (2001) la proportionnalité de Grandeurs.

Par ailleurs, le nombre λ est aussi le *rapport* de b à a , désigné par $\frac{b}{a}$. On peut définir le rapport de Grandeurs sans disposer des nombres, en donnant une axiomatique comme le fait Euclide. Nous utiliserons les nombres et dirons que le rapport de deux Grandeurs de même nature est le quotient de leurs mesures avec la même unité. Quelle que soit l'unité choisie pour mesurer A et B , les mesures des grandeurs restent toujours dans le même rapport. La notion de rapport permet donc de comparer des couples de valeurs de Grandeurs de même nature et de définir la proportionnalité pour ces Grandeurs : *deux Grandeurs A et B de même nature dépendantes l'une de l'autre sont proportionnelles si les rapports des valeurs correspondantes de A et B sont égaux.*

⁶⁶ Le titre de la thèse est « Interactions didactiques et pratiques d'enseignement, le cas de la proportionnalité au collège ».

⁶⁷ Précision de l'auteure « Dans ce paragraphe l'écriture « Grandeur » désigne le caractère susceptible de variation et l'écriture « grandeur » désigne la valeur de ce caractère » (p. 16).

Les grandeurs proportionnelles A et B possèdent les propriétés suivantes, dites propriétés de linéarité :

- à la somme de deux valeurs de A est associée la somme des valeurs correspondantes de B ;

- si une valeur de A est multipliée par 2, 3, 4... k (k un réel), la valeur correspondante de B est multipliée par 2, 3, 4, ... k (p. 18).

Une dernière définition plus complexe pour la comparaison des grandeurs de nature différente est enfin abordée sous la notion de Grandeur quotient.

On souhaite comparer des couples de Grandeurs de nature différente. Considérons par exemple une substance homogène. Les rapports des masses et des volumes correspondants de deux parties de la même substance sont égaux : $\frac{M_0}{M_1} = \frac{V_0}{V_1}$ (1). La relation (1) ne fournit pas les mêmes renseignements que, par exemple, la relation entre les longueurs de périmètres et les longueurs de côtés de carrés. [...] Cependant, un tableau de correspondance entre les masses $m_0, m_1, m_2...$ et les volumes correspondants $v_0, v_1, v_2...$ possède une propriété analogue à un tableau de suites numériques proportionnelles : le rapport des deux termes d'une même suite est égal au rapport des termes correspondants de la seconde suite (cf. (1)). C'est pourquoi on dit que : *la suite des masses est proportionnelle à la suite des volumes ou que les deux suites sont proportionnelles*. Cela permet de définir une Grandeur nouvelle qui caractérise la substance et dont la mesure dépend des unités choisies pour la masse et le volume, la Masse volumique. La Masse volumique est une Grandeur quotient. La mesure de cette Grandeur quand on mesure la Masse avec m_0 et le Volume avec v_0 vaut le quotient des mesures de la masse et du volume à condition de prendre pour unité m_0/v_0 » (p. 19).

Cette explication peut être généralisée et proposée sous la forme suivante :

Lorsque les trois Grandeurs A, B et C sont dépendantes de la façon suivante :

- la suite des valeurs de C est proportionnelle à la suite des valeurs de A lorsque la suite des valeurs de B est une suite constante,

- la suite des valeurs de C est inversement proportionnelle à la suite des valeurs non nulles de B lorsque la suite des valeurs de A est constante, on dit que c'est la Grandeur-quotient des Grandeurs A et B et on note $C = A/B$.

Si on mesure les valeurs de A avec l'unité a et celles de B avec l'unité b , la mesure des valeurs de C est le quotient des mesures des valeurs correspondantes de A et B exprimé dans l'unité a/b . La mesure de C dépend des unités de mesure choisies pour A et B. C'est le coefficient de proportionnalité entre la suite des mesures des valeurs de A exprimées dans l'unité a et la suite des mesures des valeurs de B exprimées dans l'unité b . » (p. 19-20)

Parmi les situations de proportionnalité proposées à l'école (même si cela semble peu fait) et au collège, la situation de concentration d'un mélange fait écho aux notions manipulées dans les préparations d'injections médicamenteuses.

Exemple de la concentration d'un mélange

Dans un mélange liquide (une solution), la concentration est définie par le rapport avec le solvant ou avec le soluté (liquide résultat).

Exemple en milieu scolaire : L'étiquette d'une boisson indique « Sucre : 2g pour 100 mL ». Maud surveille sa consommation de sucre. Elle souhaite boire un verre de cette boisson sans consommer plus de 3g de sucre. Quel volume maximum de boisson peut-elle boire ?

Exemple en formation infirmière : La prescription médicale requiert de préparer 100 mg d'un médicament. Celui-ci se présente sous la forme d'une solution à 2% (2g pour 100 mL)⁶⁸ pour un flacon de 10 mL. Quel volume l'infirmière doit-elle prélever dans le flacon ?

La tâche qui est considérée pour ces deux exemples est le calcul de quatrième proportionnelle. Cet enseignement effectué aujourd'hui jusqu'au collège n'est pas retravaillé plus tard dans la scolarité générale, la plupart du temps, par les étudiantes qui intègrent la formation initiale infirmière. Chacune va donc utiliser dans les exercices d'entraînement, les techniques de résolution de problème de proportionnalité acquises antérieurement, avec la variété qui aura été enseignée, comprise et retenue à ce moment de leur scolarité. Notre expérience de formateur est confirmée par les travaux de Roditi (2012) : nous observons une utilisation de techniques variées (analogiques surtout et analytiques) par les étudiantes en première année d'étude en IFSI pour effectuer les calculs de doses proposés en évaluation, mais aussi une tendance à l'uniformisation par l'utilisation du produit en croix comme technique unique en fin de formation, technique souvent plébiscitée par les formatrices pour résoudre les problèmes de proportionnalité. Ces constats traduisent des besoins de formation des cadres de santé pour l'enseignement des calculs de doses. Pour la formation au calcul de doses, il est nécessaire que les formatrices, *a minima*, connaissent les concepts, les techniques et les raisons justifiant les techniques. C'est-à-dire qu'elles soient en capacité d'identifier les principales méthodes

⁶⁸ Cette écriture peut prêter à confusion pour les non-professionnels car on ne connaît pas les unités (g et mL) qui pourraient être différentes (mg et mL soit ici 20 mg/mL) mais nous avons tenu à garder un exemple proche du réel de l'activité infirmière. L'écriture 2% est notée ainsi sur les étiquettes qui vont également préciser les unités mais, par convention ancienne à l'hôpital, probablement découlant de la notion de concentration massique, 2% se lit 2g « pour cent » mL. Cependant, de moins en moins de médicaments ont leur concentration exprimée de cette façon, supprimant ainsi cette ambiguïté. On privilégie aujourd'hui une écriture qui traduit le lien entre la masse de principe actif contenu dans un volume soit mg/mL.

de résolution des problèmes de proportionnalité et de les hiérarchiser en fonction de la situation pour qu'elles puissent les indiquer aux étudiantes afin de proposer un éventail de raisonnements possibles lors des sessions d'exercices ou d'ateliers sur les calculs de doses puis qu'elles conduisent les étudiantes à opérer des hiérarchies afin d'opter pour les possibles les mieux adaptés à la situation professionnelle.

2.2.5.1 Procédures conventionnelles pour calculer une 4e proportionnelle

Les techniques de résolution de problèmes de quatrième proportionnelle sont assez nombreuses et dans son article Hersant n'a proposé que celles utiles à son étude. Roditi, dans un cours non publié adressé à un public de cadres de santé et de paramédicaux en exercice, en présente davantage ; il effectue en effet certaines distinctions afin de rendre compte des raisonnements sous-jacents possibles des infirmières et des étudiantes. Certaines de ces techniques sont fréquemment constatées en IFSI tandis que d'autres s'observent plus rarement (Benlahouès, 2012, non publié)⁶⁹.

Nous reprenons l'étude de Hersant (2005) pour présenter ci-après ces principales techniques. Pour chacune d'elles⁷⁰, sont mis en évidence : 1°) les étapes du raisonnement et les objets mathématiques sollicités ; 2°) les savoirs qui permettent de justifier la technique. Ces savoirs figurent dans le tableau qui suit la présentation des techniques de calcul de quatrième proportionnelle, ils sont précédés chacun d'un numéro qui permet de les repérer dans la présentation des techniques par Hersant (ils sont indiqués entre parenthèses). Ce tableau est extrait de la thèse de Hersant (2001, p. 29) et distingue les savoirs selon les deux théories, celle des proportions et celle de la linéarité. Pour faciliter la lecture, nous n'utiliserons pas la mise en forme habituelle des citations dans cette reproduction des exemples de Hersant. En revanche, les analyses de l'auteure sont indiquées avec la mise en forme habituelle des citations longues, elles sont suivies de nos commentaires dans la mise en forme usuelle.

Le problème de calcul de quatrième proportionnelle proposé pour l'analyse est le suivant :

⁶⁹ Six des huit infirmières interrogées dans l'enquête réalisée dans le cadre du master déclaraient utiliser le produit en croix comme seule technique de résolution.

⁷⁰ Hersant précise que son étude s'intéresse à l'enseignement obligatoire où le cadre arithmétique et le registre du langage naturel sont principalement utilisés, et de ce fait, elle présente les techniques avec ces restrictions et à propos du problème *Étoffe*.

Étoffe (F.F., CM, 1904, pp. 196) : 18 mètres d'étoffe ont coûté 189 fr. Combien 13 mètres coûteront-ils ?

Technique de réduction à l'unité

La résolution du problème *Étoffe* proposée dans le manuel dont il est extrait est la suivante (F.F., CM, 1904, pp. 196-197) :

Si 18 mètres coûtent 189 fr.

1 mètre coûtera 18 fois moins, ou $\frac{189}{18}$

et 13 mètres coûteront 13 fois plus qu'un mètre ou $\frac{189}{18} \times 13$

d'où $x = \frac{189 \times 13}{18} = 136$ fr 50.

Cette technique organisée comme un petit discours en trois lignes est classiquement nommée « règle de trois ». Mais, la signification du terme s'est modifiée au cours du temps ; aussi, pour éviter toute confusion, nous la nommons *technique de réduction à l'unité*. Elle met en jeu la notion de rapport (rapport interne) avec l'utilisation successive d'une division par un scalaire qui permet de trouver la valeur correspondant à l'unité et d'une multiplication par un autre scalaire pour trouver la valeur cherchée.

Dans le contexte de la théorie des proportions elle sera justifiée par la propriété caractéristique de la proportionnalité (2a) ici exprimée dans le cadre des grandeurs : *Deux grandeurs U et V sont proportionnelles si quand U est multipliée par 2, 3, 4... λ (λ réel), V est multipliée par 2, 3, 4... λ .*

Dans le contexte de l'application linéaire, elle sera justifiée par la propriété de linéarité (8) : *Comme les grandeurs U et V sont proportionnelles, il existe une fonction linéaire f qui à toute mesure u_j de U associe la mesure v_j correspondante de V. Si $u_i = \lambda u_j$ alors $v_i = f(u_i) = \lambda v_j$. (p. 4).*

Cette technique en trois étapes est souvent appelée *retour à l'unité* dans la formation au calcul de doses.

Technique de multiplication par un rapport

Considérons maintenant la solution suivante :

Si 18 m coûtent 189 fr, alors 13 m coûtent $\frac{13}{18}$ de 189 fr soit $189 \times \frac{13}{18}$.

Ici, on effectue directement des rapports de mesures d'une même grandeur, sans utiliser ni proportion, ni division par des scalaires. L'idée essentielle est que les grandeurs « prix » et « longueur » varient dans le même rapport (propriété 1) (p. 4).

Cette technique en trois étapes est souvent appelée *la règle de trois* et requiert d'écrire le calcul de la valeur correspondant à l'unité sous forme d'un quotient (sans le calculer) puis d'effectuer la multiplication pour obtenir la valeur recherchée. Cette technique est

d'autant plus simple à mettre en œuvre que le nombre d'unités est entier et petit. La règle de trois n'est pas toujours économique, mais elle est assez générale et aide la justification.

Technique des proportions

Si maintenant on résout le problème de la façon suivante :

Soit x le prix de 13 mètres de tissu, le prix et la longueur de tissu étant proportionnels, on a :

$$\frac{189}{18} = \frac{x}{13} \text{ donc } 189 \times 13 = 18 \times x \text{ et } x = \frac{189 \times 13}{18}.$$

On écrit explicitement la proportion (propriété 4) et on l'exploite avec la propriété d'égalité du produit des extrêmes et des moyens (propriété 3). Cette technique conduit à effectuer des rapports et des produits de mesures de grandeurs différentes (longueur et prix), contrairement à ce qui est fait dans les deux techniques précédentes (p. 5).

Cette technique mobilise le calcul algébrique, l'égalité des rapports est écrite malgré la présence de la quatrième proportionnelle inconnue dans l'un des deux rapports, elle nécessite une *résolution d'équation*. Elle demande une bonne compréhension des actions effectuées.

Technique du produit en croix

Considérons maintenant la résolution suivante :

$$\text{Soit } x \text{ le prix de 13 mètres de tissu. (1) } \frac{189}{18} = \frac{x}{13} \text{ donc (2) } 189 \times 13 = 18 \times x \text{ et } x = \frac{189 \times 13}{18}$$

Que l'on peut décliner comme suit dans le registre tableau :

189	x
18	13

$$\text{Donc } 189 \times 13 = 18 \times x \text{ et } x = \frac{189 \times 13}{18}$$

Dans l'esprit de cette technique, l'égalité (1), si elle est écrite, ne correspond pas à une proportion, mais plutôt à une propriété du tableau de proportionnalité et du coefficient de proportionnalité. Dans ce cas, la propriété 4 n'est donc plus explicitement utilisée. Par ailleurs, l'égalité (2) n'est plus justifiée par la propriété 3 d'égalité du produit des extrêmes et des moyens mais plutôt par une propriété des rapports de nombres. Ainsi cette technique, nommée conformément à l'usage *produit en croix*, tend à se détacher de la théorie des proportions (p. 5).

Cette technique du *produit en croix* s'appelait le produit des « extrêmes » et le produit des « moyens ». Les méthodes qui reposent sur les proportions sont très efficaces et

générales, mais demandent une perte de sens et donc n'aident pas à la justification. Le produit en croix explicite les étapes de calcul mais le raisonnement sur les grandeurs échappe aux utilisateurs.

Cette technique est celle qui est souvent décrite dans les ouvrages d'entraînement aux calculs de doses et celle qui est privilégiée dans les calculs de doses faits par les infirmières et les étudiantes (Roditi, 2012 ; Benlahouès, 2011, non publié ; 2012, non publié).

Technique du coefficient

On peut aussi raisonner de la façon suivante :

Le tissu coûte $\frac{189}{18}$ fr/m, donc 13 mètres de tissu coûteront $13 \times \frac{189}{18}$ fr.

La valeur unitaire intervient alors, comme dans la technique de réduction à l'unité, mais elle est posée d'emblée comme coefficient de proportionnalité (propriétés 6 et 7) et mesure d'une grandeur-quotient, alors qu'avec la réduction à l'unité on utilise seulement des multiplications et divisions par des scalaires (p. 5).

La technique présentée est une technique fonctionnelle ou analytique qui passe par le calcul du coefficient de proportionnalité qui est une grandeur-quotient dès que sont en relation de proportionnalité des grandeurs de deux (espaces) de mesures différentes. On peut noter que si l'on cherche le nombre de mètres de tissus pouvant être acheté avec 136,50 fr, on peut diviser le montant par le coefficient $\frac{189}{18}$ soit 10,5.

Les grandeurs quotient sont très présentes en soins infirmiers où interviennent des concentrations, des débits, etc. (Roditi, 2014).

Pour conclure la description et l'analyse des différents savoir-faire relatifs au calcul de quatrième proportionnelle, Hersant (2005) précise qu'en fonction des valeurs numériques du problème (calcul du prix pour 9m ou pour 27m par exemple), on peut envisager d'autres techniques comme « des *techniques linéaires* utilisant les propriétés 2a, 2b ou 8a, 8b. La *technique de résolution graphique* est aussi toujours possible, bien qu'elle apparaisse peu économique pour le calcul d'une seule valeur » (p. 6).

Les savoirs relatifs au calcul de quatrième proportionnelle sont donc exposés dans le tableau suivant après un rappel de l'auteure quant à sa lecture et son interprétation.

Nous avons répertorié dans le tableau suivant (Tableau 5) les savoirs relatifs à la tâche « calcul de quatrième proportionnelle » avec leur déclinaison en fonction de la théorie de référence et des registres de représentation. Pour des raisons de commodité nous exprimons ces propriétés dans le cadre (Douady, 1986) des suites numériques finies, mais nous ne perdons pas de vue que la proportionnalité est d'abord une relation qui s'exprime dans le cadre des grandeurs (Hersant, 2005, annexe 1, p. 24).

Théorie des proportions (rapports, proportions, extrêmes, moyens)	Théorie de l'application linéaire (application, fonction, image, antécédents)
<i>Soit I un sous-ensemble fini de N, les suites numériques $(u_i)_{i \in I}$ et $(v_i)_{i \in I}$ de termes non nuls sont proportionnelles, si l'une des propriétés suivantes est vérifiée :</i>	<i>f est une fonction définie de R dans R. Soit I un sous-ensemble fini de N, les suites numériques $(u_i)_{i \in I}$ et $(v_i)_{i \in I}$ sont proportionnelles si l'une des conditions suivante est vérifiée :</i>
1. Pour tout i et j de I, $\frac{u_i}{u_j} = \frac{v_i}{v_j}$, (les suites varient dans le même rapport)	
2. a) pour tout i de I, si u_i est multiplié par 2, 3, 4... λ (λ réel), v_i est multiplié par 2, 3, 4... λ . 2. b) pour tous i, j, k de I, si $u_i = u_j + u_k$ alors $v_i = v_j + v_k$.	8. a) pour tout entier i et j de I si le réel λ est tel que $u_i = \lambda u_j$ alors $v_i = f(u_i) = \lambda f(u_j) = \lambda v_j$ 8. b) pour tout entier i, j, k de I si $u_i = u_j + u_k$ alors $v_i = f(u_i) = f(u_j) + f(u_k) = v_j + v_k$
3. Pour tout i et j de I, $u_i v_j = v_i u_j$ (le produit des extrêmes est égal au produit des moyens)	
4. Pour tout i et j de I, $\frac{u_i}{v_i} = \frac{u_j}{v_j}$	
5. Pour tout i, j, k de I, si λ et μ sont des réels non tous les deux nuls tels que $u_i = \lambda u_j + \mu u_k$ alors $\frac{u_i}{v_i} = \frac{\lambda u_j + \mu u_k}{\lambda v_j + \mu v_k}$	8. Pour tout entier i, j, k de I si les réels λ et μ sont tels que $u_i = \lambda u_j + \mu u_k$ alors $v_i = f(u_i) = \lambda f(u_j) + \mu f(u_k) = \lambda v_j + \mu v_k$ 8*. toute combinaison linéaire des deux colonnes du tableau est une nouvelle colonne du tableau
6. $\frac{u_i}{v_i}$ est un coefficient de proportionnalité, c'est le nombre par lequel il faut multiplier u_i pour obtenir v_i .	7. Pour tout i de I, v_i est l'image de u_i par une application linéaire f , c'est-à-dire il existe un réel non nul α tel que pour tout entier $i \in I$, $v_i = \alpha u_i$ 7*. il existe un opérateur multiplicatif qui permet de passer d'une ligne à l'autre du tableau
	9. Dans un repère l'ensemble des points $(u_i, v_i)_{i \in I}$ est sur une droite passant par l'origine du repère.

Tableau 5 : Comparaison des deux modèles théoriques des proportions et de l'application linéaire (Hersant, 2001, p. 29)

Nous terminons cette présentation des techniques (raisonnements et calculs) en indiquant que parfois, ce qui différencie les techniques dans leur mise en œuvre n'est pas seulement mathématique, mais tient aussi aux gestes et aux paroles énoncées ou pensées en activité. C'est sur ce point que nous poursuivons dans le cas du calcul de doses par les professionnelles en soins infirmiers.

2.2.5.2 La représentation du problème au plan professionnel

2.2.5.2.1 Les méthodes de résolution de problème chez les infirmières

Une équipe de didacticiens des mathématiques anglais a étudié le raisonnement proportionnel des infirmières (Hoyles, Noss et Pozzi, 2001). Ils illustrent leur cadre théorique, qui prend appui sur le modèle de la proportionnalité de Vergnaud (1983), généré à partir d'une catégorisation des stratégies des élèves et qui se fonde sur la notion de champ conceptuel multiplicatif, à partir d'un calcul de dose fictif mais réalisable, puis ils déclinent les cinq possibilités de raisonnement sur la proportionnalité pour résoudre un tel exercice. Les résolutions possibles de l'exercice se répartissent entre une fonctionnelle, trois scalaires et la règle de trois ; elles sont reproduites dans la figure 14 présentée ci-dessous. Le problème travaillé est le suivant : « Un médicament se présente sous forme de sachets de 120 mg dilués dans 2 ml de liquide. : "Quelle quantité de médicament dilué doit être administrée pour une dose de 300 mg ? » (Hoyles, Noss et Pozzi, 2001, p. 7).

Table 1
Correct Strategies Within the Isomorphism of Measures Model

Strategy	Example
Functional operator (<i>FO</i>) between measure spaces	$120 \xrightarrow{\div 10} 12 \xrightarrow{\div 6} 2$ $300 \xrightarrow{\div 10} 30 \xrightarrow{\div 6} 5$
Scalar operator (<i>SO</i>) within measure spaces	$120 \text{ mg} \xrightarrow{\times 2.5} 300 \text{ mg}$ $2 \text{ ml} \xrightarrow{\times 2.5} 5 \text{ ml}$
Unitary method (<i>UM</i>) within measure spaces (variant of the scalar strategy)	$120 \text{ mg} \xrightarrow{\div 120} \xrightarrow{\times 300} 300 \text{ mg}$ $2 \text{ ml} \xrightarrow{\div 120} \xrightarrow{\times 300} 5 \text{ mg}$
Scalar decomposition (<i>SD</i>) within measure spaces (variant of a scalar strategy)	$120 \text{ mg} + 120 \text{ mg} + \frac{1}{2} (120 \text{ mg}) = 300 \text{ mg}$ $2 \text{ ml} + 2 \text{ ml} + \frac{1}{2} (2 \text{ ml}) = 5 \text{ ml}$
Rule-of-three (<i>RT</i>) both between and within measure spaces	$\frac{300}{x} = \frac{120}{2} \Rightarrow \frac{300}{120} \times 2 = 5 \text{ ml}$

Figure 14 : Correct strategies Within Isomorphism of Measures Model (Nurses' Proportional Reasoning, Hoyles, Noss et Pozzi, 2001, p. 8)

À la suite du rappel de leur cadre théorique, Hoyles, Noss et Pozzi (2001) rapportent les résultats d'une étude sur le raisonnement proportionnel portant sur 100 enfants de la

sixième à la troisième, menée par (Vergnaud, 1980). Les résultats montrent que les trois stratégies scalaires identifiées dans le tableau des stratégies dans le modèle de l'isomorphisme des mesures étaient plus fréquemment utilisées que la stratégie fonctionnelle (80% contre 18% de bonnes réponses). Cela se produisait même lorsque pour la résolution des problèmes l'approche fonctionnelle est « obligatoirement » plus facile (voir aussi Freudenthal, 1978) (p. 7). Seules 2 % des réponses correctes proviennent d'une utilisation de la règle de trois. L'explication de Vergnaud à cette propension à utiliser des stratégies scalaires se fonde sur une observation importante : « Les étudiants travaillaient avec des quantités et des relations, et pas seulement avec des chiffres » (p. 8, notre traduction). Les chercheurs précisent que l'utilisation de stratégies fonctionnelles implique de mettre en rapport des mesures des deux grandeurs distinctes ce qui aboutit à une nouvelle grandeur (la grandeur quotient). La difficulté de la stratégie fonctionnelle vient notamment du fait que cette grandeur n'a pas de relation directe avec les deux quantités originelles, mais qu'elle exprime une relation entre les deux. Cette difficulté ne se retrouve pas dans les stratégies scalaires qui impliquent la manipulation de grandeurs dans un même espace de mesure et n'impliquent pas l'apport de nouvelles grandeurs.

Dans l'étude déjà citée sur l'évolution des procédures de résolution des problèmes de proportionnalité par des étudiantes en soins infirmiers, Roditi (2012) rapportent des résultats qui confirment ceux connus en didactiques des mathématiques à ce sujet : « les procédures analogiques sont davantage mises en œuvre que les procédures analytiques » (p. 1242). Ce sont les produits en croix qui sont majoritairement utilisés pour les deux problèmes proposés en évaluation à des étudiantes de première année avec une présence de techniques analogiques possibles pour les deux situations, mais de manière plus importante avec des nombres à manipuler qui facilitaient l'utilisation d'une technique analogique.

Les études conduites auprès des étudiantes en soins infirmiers ou des infirmières montrent l'utilisation préférentielles des méthodes fonctionnelles et analogiques pour la résolution des problèmes de proportionnalité. Il est important pour notre étude de comprendre comment la variabilité des techniques est mise en œuvre dans l'activité et d'en comprendre le sens. Nous continuons la réflexion maintenant par une analyse didactique des raisonnements.

2.2.5.2.2 Une analyse didactique des raisonnements proportionnels pour les calculs de doses

La description des techniques de calcul de quatrième proportionnelle est variable suivant le point de vue adopté par les auteurs, mais converge quant à la mise en évidence de leur diversité, diversité des fondements théoriques ou diversité des mises en œuvre quant à ce qui s'écrit, ce qui se calcule et ce qui se pense. C'est ce qui explique par exemple la variabilité relative à la distinction entre la technique du retour à l'unité, la règle de trois et les produits en croix.

Tenir compte de ce qui se pense pour distinguer les techniques est important pour notre recherche car certaines techniques vont se révéler plus performantes que d'autres en termes de généralité d'application, mais le seront moins quant à la prise de sens sur les calculs et les données de la situation. Il en est ainsi par exemple de la technique des produits en croix qui s'exécute en toute généralité, même si parfois les calculs à effectuer seraient plus simples avec d'autres techniques ou permettraient davantage de contrôle en gardant un lien sémantique avec la situation. Il suffit, pour illustrer cette remarque, de penser à l'infirmière qui doit administrer 100 mg d'un médicament qui se présente sous la forme d'une solution à 2 % (2 g pour 100 mL) pour un flacon de 10 mL. Le raisonnement analogique est simple à conduire : 2 g pour 100 mL correspond à 200 mg pour 10 mL donc 100 mg pour 5 mL qui sera la quantité à prélever. La technique des produits en croix conduit directement à la quantité à prélever en calculant $100 \times 0,1 / 2$ mais le sens des calculs effectués se perd. Enfin, soulignons que le raisonnement analogique ne mobilise pas directement la concentration du produit, comme ce serait le cas avec un raisonnement analytique. Utilisons par exemple la méthode du coefficient décrite dans Hersant (2005) : la concentration du produit est 2 g/100 mL soit 20 mg/mL, on obtient donc le volume à prélever en divisant la masse à administrer par la concentration, ce qui conduit à calculer $100/20$ pour obtenir les 5 mL à administrer. La méthode analytique ou fonctionnelle convoque donc à la fois les grandeurs (masse, volume, durée) et les grandeurs quotient (concentration, débit). La mise en œuvre de techniques liées à cette méthode exige par conséquent que l'infirmière soit suffisamment familière des notions de concentration et de débit pour les faire intervenir comme grandeur quotient dans un calcul et pas seulement dans une mise en rapport des deux grandeurs en jeu.

En résumé, on identifie trois catégories au niveau du sens :

1 - un raisonnement abstrait, loin des grandeurs avec le produit en croix ;

2 – des raisonnements plus ancrés avec une prise en compte analogique, sensible aux valeurs donnant plus de sens au raisonnement ;

3 – des raisonnements avec des entrées concentration et débit qui tiennent les grandeurs et les valeurs en relation (masse/volume et volume/durée) entre elles et qui donnent le plus de sens.

En mobilisant conjointement la didactique des mathématiques et la psychologie ergonomique, nous souhaitons analyser ce que font les professionnels pour comprendre leur action, c'est-à-dire passer de la production (le résultat) à l'activité. Nous envisageons de le faire à partir d'une analyse *a priori* conduisant à identifier les types de raisonnements des infirmières, non sans lien avec les typologies mises au jour par les didacticiens des mathématiques, mais en les appuyant sur l'activité de calcul de doses médicamenteuses, activité déjà observée dans notre expérience de praticien et de formateur, et déjà analysée dans différentes recherches (Hoyles et al., 2001; Noss et al., 2002; Pozzi et al., 1998; Wright, 2013a).

Notre parti pris de présenter les articulations théoriques entre la didactique professionnelle et les disciplines qui ont participé à sa construction, nous ont conduit à exposer le paradigme de base de la didactique professionnelle, la conceptualisation dans l'action, qui cherche à articuler les dimensions théoriques et opératoires de l'activité professionnelle (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006), avec pour but d'analyser l'activité professionnelle telle qu'elle se manifeste dans différents métiers en vue de sa transmission (Pastré, 2007) et c'est donc par son utilisation que nous pourrions en inférer des perspectives pour la formation. Nous commencerons par présenter le cadre général de la conceptualisation dans l'action qui nous permettra secondairement de montrer comment les concepts organisateurs structurent la situation et comment l'activité se manifeste dans les modèles opératifs des agents .

2.2.6 La didactique professionnelle et la conceptualisation dans l'action

La théorie de la conceptualisation dans l'action initiée par Piaget et prolongée par Vergnaud, (1996/2011)⁷¹ est essentielle dans notre démarche pour faire émerger la part

⁷¹ Pastré (2011) précise que Vygotski n'est pas étranger à ce courant de pensée car il accorde une grande importance aux concepts dans *Pensée et Langage*. Vergnaud (1991) dans un article repris d'une conférence à l'adresse des didacticiens du français, rend hommage à Vygotski et à son travail en intitulant son texte

cognitive de l'action de l'infirmière réalisant un calcul de dose. Partant de l'analyse de l'activité et de la distinction tâche-activité, nous cherchons à identifier, premièrement, les concepts qui sous-tendent la part d'invariance de l'activité, ce que Pastré (2011b) nomme concept pragmatique, et deuxièmement, la part d'adaptation de l'activité, que Vergnaud nomme les inférences en situation pour, troisièmement, réaliser une analyse de la diversité des situations. Rogalski (2014) synthétise la problématique centrale de la didactique professionnelle comme « celle de la formation et du développement des compétences, relativement à des tâches, dans des situations de travail » (p. 3). Cette relation étroite entre la formation et le travail, ne va pas immédiatement de soi puisqu'elle implique que la connaissance et l'action, le théorique et le pratique ne sont pas disjoints, mais au contraire qu'ils sont en relation. Cette théorie pose une question importante, remettant en cause les distinctions entre l'*épistémé* (sciences de l'être, théorie) et la *métis* (intelligence rusée, intelligence de la pratique) couramment entretenues, et formulée par Pastré de la façon suivante : « Comment des concepts peuvent-ils être des ingrédients, des organisateurs de l'action ? » (Pastré, 2011b, p. 150).

Pastré (2011b) propose avant tout de bien distinguer concept et conceptualisation. Il reprend la pensée de Douady (1986) qui définit le concept comme un outil qui sert à résoudre des problèmes, mais aussi comme un objet dont on peut identifier les propriétés et les relations. La conceptualisation est une activité qui produit des concepts à même, pour un sujet « de mieux s'adapter au réel, de mieux adapter le réel à lui-même et de mieux le connaître » (Pastré, 2011b, p. 150). La conceptualisation est une activité qui procède par abstraction et Pastré va préciser les choses en évoquant une caractéristique particulière de cette abstraction en la qualifiant de processus. « L'abstraction désigne alors un mouvement de l'esprit qui ne retient d'une totalité qu'une propriété qu'on estime remarquable [...]. Ainsi le concept est défini comme le produit d'un mouvement d'abstraction » (Pastré, 2011b, p. 150-151). C'est sur cette capacité d'abstraction que Piaget va construire la théorie de la conceptualisation dans l'action dont on retrouve la base théorique dans « Réussir et comprendre », édité en 1974. Pastré va en proposer deux conclusions théoriques essentielles : l'action est une connaissance (un savoir-faire) autonome (1974) et la prise de conscience constitue un véritable travail de conceptualisation. Piaget fait de la représentation la clé de cette prise de conscience, le

Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques. De même, Rogalski (2013) rappelle cet héritage avec les apports sur « la dynamique concepts quotidiens/concepts scientifiques » (p. 13).

sujet est capable de se représenter les transformations opérées dans le réel sous forme d'opérations mentales.

Pour Pastré, Mayen et Vergnaud (2006), les travaux de Piaget ont essentiellement visé l'élaboration d'une théorie de l'action et de la connaissance issue de l'action notamment illustrée par ses travaux sur les bébés. C'est à partir de ce moment que :

Piaget fait du concept de schème un élément central de sa théorie de l'adaptation : le schème est en effet le moyen d'assimiler de nouveaux objets et de s'accommoder aux propriétés nouvelles qu'ils présentent par rapport aux objets antérieurement assimilés (p. 149).

Cette élaboration va se poursuivre grâce à Vergnaud (1996/2011) qui va travailler dans le champ des mathématiques (champs conceptuels additif et multiplicatif). C'est avec la didactique professionnelle via Pastré, Samurçay, Rogalski (dans l'industrie), Mayen (dans les services), Numa-Bocage, Vinatier (avec les enseignants) que la conceptualisation va se développer et évoluer (Rogalski, 2014) proposant une approche complémentaire pour répondre à l'un des enjeux majeurs de la thèse qui se situe au niveau de l'exploration et de l'identification des connaissances imbriquées dans la pratique des infirmières. Pastré, Mayen et Vergnaud, en rappelant que les fondements de la discipline prennent appui sur les théories du développement de Piaget et Vygotski, tirent la leçon que :

La forme opératoire de la connaissance, celle qui permet d'agir en situation, et la forme prédicative de la connaissance sont fondamentalement les deux formes complémentaires de la même connaissance, même si des décalages substantiels existent entre le faire efficace et la capacité de dire ce qu'on fait et pourquoi (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 150).

La didactique professionnelle lie de façon indissociable la connaissance⁷² et le cognitif, sous les formes prédicative et opératoire de la connaissance et, c'est ce qui fera dire aux fondateurs de la discipline qu' « il y a toujours du cognitif dans l'opératif, et de l'opératif dans le cognitif » (p. 159).

Les descriptions plus précises de leurs propriétés rendent compte de la façon dont ces formes de la connaissance s'expriment. Tout d'abord, la forme prédicative permet :

D'identifier dans le réel des objets, des propriétés de ces objets et des relations entre ces objets et ces propriétés, ce qui permettra de les énoncer pour les constituer en un

⁷² Les deux formes s'enracinent dans une même structure du cognitif. Des processus de circulation entre les deux formes sont incessants et sont surtout notables lors de l'apprentissage. « Il y a toujours du cognitif dans l'opératif, et de l'opératif dans le cognitif » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 158)

savoir. Son critère sera alors la validité et la cohérence des énoncés qu'elle formule » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 159).

La forme opératoire est décrite en référence à la forme prédicative indiquant les liens étroits qui les unissent :

Dans la lignée de Piaget, en s'appuyant sur les concepts de schèmes et d'invariant opératoire⁷³, voir dans cette forme de connaissance une intelligence des situations, avec un double mouvement d'assimilation et d'accommodation. Son critère est la réussite de l'action (2006, p. 158).

Pour illustrer cet aspect théorique dans le contexte qui nous préoccupe, on peut évoquer les formes de connaissance qui émergent des livres utilisés dans la formation aux calculs de doses médicamenteuses : des connaissances liées à la mesure, aux unités de mesure et aux conversions ; des lois de la physique ; des théorèmes mathématiques en lien avec le raisonnement proportionnel. Elles s'expriment par le langage, celui de la formatrice au travers de ses cours voire même celui des étudiantes en formation. À propos de la forme langagière : « Elle peut parfois prendre des formes symboliques assez éloignées du langage naturel [...] Elles sont explicites dans ce sens qu'elles disent le contenu des connaissances, et tentent de le communiquer » (Vergnaud et Samurçay, 2000, p. 56). Les différentes règles de calculs utilisées pour la résolution des problèmes de proportionnalité posés dans les calculs de doses illustrent ces formes symboliques que Vergnaud a modélisées dans sa théorie sur l'isomorphisme de mesures.

La forme opératoire, « celle qui permet d'agir et de réussir en situation [...] reste souvent implicite, voire inconsciente, justement parce que sa fonction est de permettre de faire et de réussir, non pas de communiquer et d'expliquer » (Vergnaud et Samurçay, 2000, p. 56). Pour autant, expliquent ces auteurs, beaucoup de savoir-faire s'appuient, même partiellement, sur des connaissances explicites des objets et de leurs propriétés. Malgré tout, « nous utilisons beaucoup plus de connaissances dans l'action beaucoup plus que nous ne sommes capables d'en formuler » (Vergnaud et Samurçay, 2000, p. 56). On notera que Leplat (1995) a travaillé aussi sur la notion de compétence⁷⁴ dans le champ de la psychologie ergonomique. Les traits caractéristiques des compétences ont été dégagés ; elles sont décrites comme étant finalisées (vers la réalisation d'un but), opératives et

⁷³ Cf. *infra*

⁷⁴ Dans un texte antérieur, Leplat (1991) a examiné cette notion et des notions voisines : habileté, savoir-faire, expertise ou encore capacité, et a conclu qu'il n'existait pas de différences fondamentales entre elles, malgré leurs connotations diverses.

fonctionnelles, apprises (on ne naît pas compétent, mais on le devient) et organisées en unités coordonnées. Il a proposé une définition assez proche de la forme opératoire de la connaissance proposée en didactique professionnelle, par Vergnaud, qu'il a nommée « compétence incorporée » (sous-entendu à l'action ajoute-t-il) (p. 102), après avoir hésité avec compétence implicite et compétence intégrée.

Cette expression indique bien que les compétences ainsi désignées font corps avec les actions qui les expriment. Elles ont des propriétés [...] que l'on peut brièvement indiquer : elles sont facilement accessibles, difficilement verbalisables, peu coûteuses sur le plan de la charge mentale, difficilement dissociables, très liées au contexte (Leplat, 1995, p. 102).

Dans un article sur l'analyse de l'activité à partir de la situation de travail des masseurs-kinésithérapeutes, Parage (2015) rappelle la nécessité de l'enseignement des nombreux savoirs scientifiques nécessaires mais en aucun cas suffisant. « Car autant les savoirs se transmettent, autant l'activité ne peut que se construire dans la rencontre avec les situations de travail qui mobilisent les connaissances (au sens de savoirs intériorisés) » (p. 4). La compétence des professionnels n'est pas seulement le fruit d'une accumulation de connaissances, elle correspond également à une activité organisée progressivement à partir de concepts construits dans et pour l'action, selon Parage (2015) avec la perspective de répondre à la variété des situations singulières qu'un professionnel rencontre.

Dans un domaine donné, on comprend que deux formes de la connaissance se combinent pour s'exprimer en fonction de deux registres de conceptualisation, un registre pragmatique et un registre épistémique (Pastré, Mayen, et Vergnaud, 2006 ; Pastré, 2011b). Pastré, Mayen et Vergnaud en donne des définitions plus conceptuelles dans leur note de synthèse : « Le registre épistémique de la connaissance a pour but de comprendre, en identifiant dans une situation donnée ses objets, leurs propriétés et leurs relations (en situation technique, répondrait à la question, comment ça fonctionne ?) (2006, p. 159), alors que « le registre pragmatique de la connaissance a pour but la réussite de l'action (en situation technique, répondrait à la question, comment ça se conduit ?) » (2006, p. 159). Enfin, un dernier élément est apporté par les chercheurs pour finaliser la compréhension de ce cadre de la conceptualisation en réintroduisant, à ce point de l'explication, la distinction issue des travaux de Leplat (1997) entre la tâche et l'activité. Les relations entre les deux registres de connaissances et leur mobilisation dans la tâche et l'activité sont articulés de façon précise sur le plan épistémologique par Pastré, Mayen

et Vergnaud (2006). Dans le registre pragmatique, le point de vue de la tâche est objectif dans le sens où il expose les conditions nécessaires à prendre en compte pour que l'action soit réussie. Pour que les actions soient efficaces certaines caractéristiques de la situation sont à respecter, quelle que soit la manière dont le sujet s'y prend pour mener son action. C'est ce que Pastré (1999) a nommé « structure conceptuelle de la situation ». Les concepts qui organisent peuvent être d'origine pragmatique ou scientifique. Dans le registre épistémique le pendant de la structure conceptuelle de la situation concerne les savoirs qui portent sur un domaine, d'origines scientifique ou technique. Les auteurs profitent de cette explicitation conceptuelle pour spécifier la différence qu'ils font entre savoirs et connaissances.

À la différence des connaissances, qui peuvent être de toutes origines et qui représentent les ressources possédées ou créées par un sujet à partir de sources diverses, nous désignons par savoir un ensemble d'énoncés cohérents, estimés valides par une communauté scientifique ou professionnelle » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 160).

Nous avons repris cette distinction à notre compte dans la thèse et nous nous référons à ces définitions lorsque que nous mobilisons les notions de connaissance et de savoir. Le point de vue de l'activité vise à décrire ce que le sujet fait effectivement et il est qualifié de subjectif : à niveau de réussite équivalent, pour une même tâche, les manières de faire des sujets sont nombreuses. L'organisation de la connaissance appartenant au registre épistémique permet de développer son « modèle cognitif » à partir des savoirs appris, alors que la connaissance organisée sur le registre pragmatique, construite sur l'activité déployée en situation, permet de développer son « modèle opératif » (Parage, 2015).

À la lumière de la théorie de la conceptualisation dans l'action, les paragraphes suivants vont montrer comment la conceptualisation centrée sur la tâche d'une part, et celle centrée sur l'activité d'autre part, se matérialisent au travers des concepts issus des recherches qui ont d'abord concerné l'industrie pour ensuite s'étendre à d'autres activités professionnelles dont celle de service.

2.2.7 La tâche : une identification des concepts organisateurs et de la structure conceptuelle de la situation

2.2.7.1 Des concepts organisateurs aux concepts pragmatiques

Comme nous l'avons écrit précédemment, la conceptualisation dans l'action est portée par l'idée fondamentale que la connaissance est une adaptation. Vergnaud (1996/2011) explique que sa propriété première est d'être opératoire, ce qui lui permet d'orienter et de guider l'action. Dans un second temps, cette connaissance produit des savoirs théoriques. Dans la continuité des travaux de Piaget, il fait du concept de schème l'organisateur principal de l'activité humaine (Pastré, 2002, p. 85). C'est cette organisation que la didactique professionnelle, en s'inspirant de la psychologie ergonomique, cherche à explorer. La méthodologie élaborée par Leplat (1997), pour analyser ce qui est à faire et ce que le sujet a effectivement réalisé, s'est révélée très puissante pour décoder les concepts organisateurs qui structurent la tâche. Pastré (2011a) souligne que ce qu'il appelle le paradigme de Leplat s'est retrouvé limité pour l'analyse de situations professionnelles de plus en plus complexes, relativement « discrétionnaires », c'est-à-dire laissant une grande autonomie aux acteurs pour choisir le mode opératoire. L'analyse initiale de la tâche ne suffit plus et la méthodologie s'est complexifiée. La didactique professionnelle va chercher à identifier, « à côté des concepts qui structurent la tâche, des « jugements pragmatiques », assez souvent implicites, qui permettent de comprendre comment les agents organisent leur activité » (2011a, p. 86). Le regard « trop extrinsèque » de la démarche initiale de l'analyse du travail a été complétée par une « analyse intrinsèque de l'activité » en recherchant et en identifiant des jugements pragmatiques chez les acteurs, ce qui permet un accès direct à l'organisation de l'activité. Pastré, Vergnaud, Rogalski, avec d'autres chercheurs en didactique professionnelle et en psychologie ergonomique, fondent leur argumentation sur les travaux d'Ochanine (1981), psychologue russe, qui a développé les notions d'images cognitives et opératives (cf. *infra*). Les façons de faire des individus sont relativement variées et dans un groupe professionnel, un certain partage sur des connaissances communes s'opère. Les recherches initiées dans des domaines professionnels différents ont mis au jour des « entités qui structuraient l'activité efficace des opérateurs et qui n'étaient ni des paramètres directement observables ou mesurés via des instruments, ni des concepts scientifiques ou techniques » (Vidal-Gomel & Rogalski, 2007, p. 50). C'est Pastré, à partir

du concept de « bourrage » dans la plasturgie qui, après plusieurs années, va stabiliser le terme de concept pragmatique (Samurçay et Pastré, 1995) qu'il avait initialement nommé concept-en-acte, en référence au cadre théorique de Vergnaud (1990). Une caractérisation a été proposée par Samurçay et Rogalski (1992, p. 235, cité par Vidal-Gomel et Rogalski, 2007, p. 51) : « représentations schématiques et opératives, élaborées par et pour l'action, qui sont le produit d'un processus historique et collectif, et qui sont transmises essentiellement par l'expérience et par compagnonnage ».

Cette identification des concepts qui structurent l'activité de calcul de doses n'a pas été réalisée à ce jour et nous envisageons, à partir de l'analyse de l'activité dans l'enquête par simulation, d'en faire un repérage au travers de l'exploitation des entretiens menés auprès des infirmières lors des auto-confrontations simples. L'organisation de ces concepts est nommée « structure conceptuelle de la situation » par Pastré (2005). Ces concepts, peu nombreux en réalité dans la pratique, constituent un enjeu de repérage fondamental, en vue de leur acquisition dans une formation professionnelle. Il s'agit de former à l'activité telle qu'elle est effectuée par les professionnels.

Avant de décrire plus avant la structure conceptuelle de la situation, nous présentons la différence, faites par Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) entre concepts organisateurs et concepts pragmatiques, dans la mesure où l'analyse d'une situation ne conduira pas nécessairement au repérage de concepts pragmatiques.

1 - du point de vue de son origine, il est construit dans l'action. Son origine n'est pas théorique mais pratique. Il ne provient pas d'un savoir, il provient de l'activité. De ce point de vue, il fait partie de ce que Vergnaud appelle « les concepts en acte » ;

2 - du point de vue de sa fonction, un concept pragmatique est un concept organisateur de l'action, dans la mesure où il permet d'identifier dans quelle classe de situations un acteur se trouve. Il permet de faire un diagnostic et ainsi d'orienter l'action pour qu'elle soit efficace. Tous les concepts organisateurs de l'action ne sont pas forcément d'origine pragmatique. Des concepts scientifiques peuvent être pragmatiques ;

3 - un concept pragmatique a une dimension sociale : il est reconnu comme organisateur de l'action par la communauté professionnelle. Mais il ne doit pas être confondu avec un jargon professionnel.

2.2.7.2 La structure conceptuelle de la situation

La structure conceptuelle de la situation est composée de trois éléments principaux :

- des concepts organisateurs de l'activité, qui sont les dimensions, extraites du réel dans sa globalité, qui vont permettre de fonder le diagnostic de la situation ;
- des indicateurs, qui sont des observables, naturels ou instrumentés, qui permettent pour une situation donnée, d'identifier la valeur que prennent les concepts organisateurs. L'équivalent d'une relation signifiant-signifié relie les indicateurs aux concepts ;
- des classes de situations, qui permettent d'orienter l'action en fonction du diagnostic effectué, et qui découlent des valeurs prises par les concepts organisateurs (Pastré, 2005, p. 243).

En 2006, dans la note de synthèse sur la didactique professionnelle, un quatrième point intéressant complète cette description :

- des stratégies attendues, en fonction du niveau de conceptualisation auquel a accès un opérateur : dans l'exemple cité [sur le concept de bourrage en plasturgie] il y a des opérateurs qui ont construit le concept de bourrage et ceux qui ne l'ont pas construit. L'énoncé de ces stratégies attendues n'épuise pas les stratégies effectivement mobilisées par les acteurs, mais cela permet de mettre de l'ordre en fournissant une grille d'analyse » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 164).

Nous verrons plus loin que ces stratégies fondent la base du niveau de compétence des sujets et donc de leurs manières de faire, plus ou moins efficaces.

Les indicateurs sont toujours observables, mesurables, etc., ce qui n'est pas le cas des variables qui peuvent aussi être construites, abstraites, comme par exemple la vigueur de la vigne, dans la recherche de Caens-Martin (2005; 1999) qui fournit un très bel exemple de structure conceptuelle de la situation dans le domaine de la taille de la vigne (Figure 15). À partir d'indicateurs – informations tactiles, comme la flexibilité des sarments, ou visuelles, comme le diamètre des sarments – les professionnels font des inférences sur ce que Caens-Martin (2005) nomme des variables (qualité du bois, vigueur de la souche, architecture du cep, ou réseau de distribution de la sève). Sur cette base, les deux concepts organisateurs (la charge et l'équilibre) permettent de hiérarchiser les buts (la production ou la pérennité du système), d'élaborer un diagnostic de la situation (incluant le pronostic) et de choisir les règles d'action appropriées.

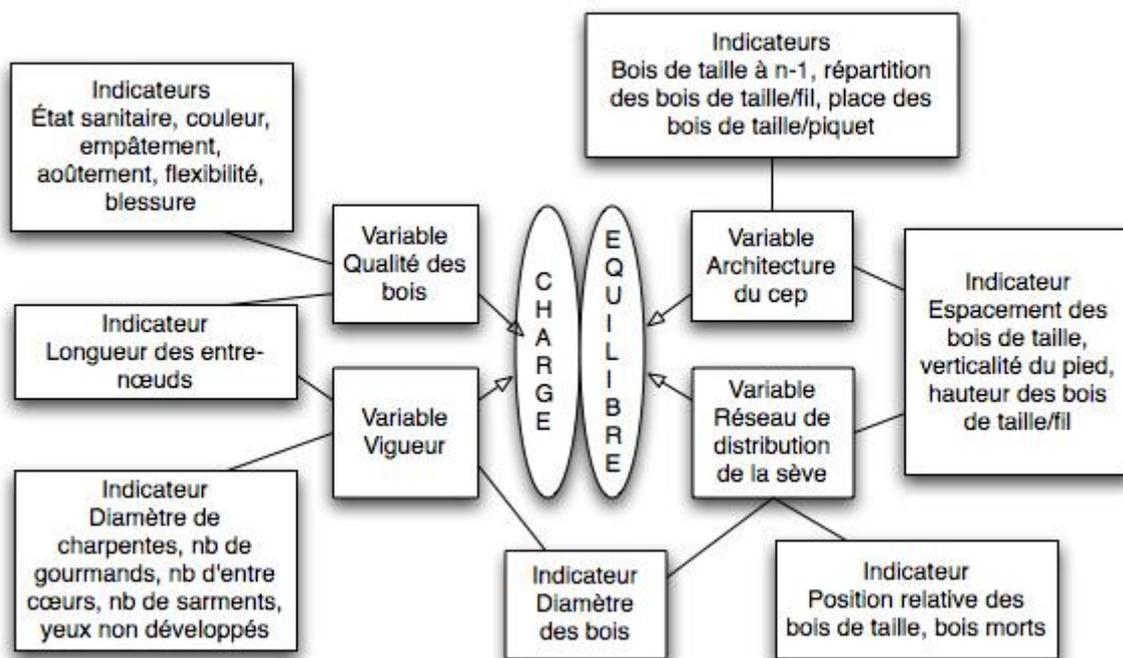


Figure 15 : La structure conceptuelle de la taille de la vigne (d'après Caens-Martin, 2005), schéma repris de Vidal-Gomel et Rogalski (2007, p. 53)

Comme nous l'avons écrit précédemment, le travail d'analyse de la tâche de calcul de doses médicamenteuses, via celle de l'activité nécessaire pour la réaliser, n'a jamais été effectué à ce jour selon l'approche proposée par la didactique professionnelle. Néanmoins, certains savoirs mobilisés des pratiques professionnelles efficaces sont connus. Certains organisateurs de l'activité de préparation médicamenteuse injectable ont été identifiés lors d'une recherche menée avant cette thèse (Benlahouès, 2011 non publié). Ce sont :

- le type et le nombre de seringues qui vont impacter la faisabilité d'une préparation ;
- les flacons ou les ampoules de médicaments qui influent sur les choix de dilution et l'adaptabilité des doses à l'état des patients ;
- la prescription médicale et sa formalisation plus ou moins détaillée et/ou protocolée qui guident les façons de faire ;
- les raisonnements utilisés par les infirmières qui ciblent la simplicité et la sécurité.

Ce qui a pu être identifié de la tâche décrite par ces organisateurs issus de l'observation de l'activité, dans notre travail de master, n'a pas donné lieu à une mise en relation entre les variables et les indicateurs identifiés, pouvant constituer les prémices d'une structure conceptuelle de la situation de calcul de doses.

Dans une recherche collaborative menée avec les formatrices d'un IFSI (cf. *supra*), Roditi (2012) a montré que les formatrices, pour certaines d'entre elles, doutaient de principes qui sont fréquemment suivis dans la profession pour organiser la formation et qui se sont effectivement révélés inexacts après une mise à l'épreuve scientifique effectuée dans le cadre de cette recherche. Cela traduit toute la fragilité de ces croyances issues des expériences professionnelles, toute la fragilité aussi de ce qui semble être des savoirs de la pratique et qui nécessitent une prise en charge par la recherche pour en établir les contours et la validité. Ce sont de tels savoirs que nous cherchons à mettre au jour et à proposer aux formatrices, à partir d'analyses fondées par la didactique des mathématiques pour ce qui concerne directement les raisonnements numériques engagés dans les calculs de doses, par la psychologie ergonomique pour ce qui concerne l'activité globale de calcul de doses, et par la didactique professionnelle pour les conséquences que les résultats obtenus pourraient avoir en formation. Après avoir traité de la conceptualisation centrée sur la tâche, nous allons nous attarder maintenant à la conceptualisation centrée sur l'activité du sujet en situation.

2.2.8 L'activité du sujet : une conceptualisation dans le modèle cognitif et une organisation des schèmes d'action dans le modèle opératif

2.2.8.1 La conceptualisation dans le modèle cognitif

Les trois chercheurs, fondateurs de la didactique professionnelle ont repris les termes d'Ochanine⁷⁵ (1981) pour asseoir leur définition des modèles cognitif et opératif. « Le modèle cognitif désigne la représentation qu'un sujet se fait d'un domaine en termes d'objets, de propriétés et de relations, indépendamment de toute action de transformation portant sur le domaine » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 160). Ochanine (1981) a comparé la représentation de la thyroïde, par dessin ou moulage, que se font les médecins spécialistes de cet organe lors de l'établissement du diagnostic d'une personne malade. Il a comparé ces résultats à ceux de médecins novices non spécialistes et il a constaté que les spécialistes produisent une représentation particulière de l'objet. Les caractéristiques qu'il en dégage sont que la représentation est « laconique »

⁷⁵ La note de synthèse précise « Toutefois en remplaçant le terme « image » par « modèle », plus neutre, ce qui permet d'éviter toute référence à une épistémologie faisant de la représentation un simple reflet de la réalité » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 196).

et « simplifiée » et fortement « déformée » (certaines zones sont hypertrophiées et d'autres sont absentes). C'est l'écart entre ces représentations pour l'action et les représentations cognitives élaborées hors de l'action qui vont l'amener à la « distinction-opposition » entre image cognitive et image opérative (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 148 et 160). Le texte nous rappelle que chez Ochanine, un modèle opératif repose généralement sur des connaissances scientifiques ou professionnelles puissantes et constitue donc un modèle cognitif très solide. Une hypothèse en émerge quant au fonctionnement des modèles. Les chercheurs pensent que plus l'expertise s'accroît, plus la fidélité à la structure conceptuelle de la situation se renforce. Ce qui semble être également le cas pour le modèle cognitif qui se rapprochera, plus ou moins fidèlement, du savoir portant sur le domaine grâce aux connaissances acquises par le sujet. Tout modèle opératif s'appuie sur un modèle cognitif, selon des modalités diverses. Le modèle cognitif peut être explicite, éventuellement par un travail scientifique, mais il peut aussi rester implicite, informel et intégré à l'activité, les deux modèles opératif et cognitif ont tendance à se recouvrir et il est donc difficile de les distinguer à l'analyse.

Il en est autant pour ces professions que pour la profession infirmière où les compétences s'expriment dans les situations de soins par une mise en œuvre de la « théorie » (modèle cognitif) et la « pratique » (modèle opératif). L'activité de calculs de doses, situation mathématique *a priori*, est une activité dont l'appropriation par les étudiantes pose question. Au regard de la distinction-opposition entre modèle cognitif et modèle opératif, il apparaît que la formation propose un enseignement centré sur le cognitif, sans réels liens avec le modèle opératif des professionnels sur le terrain de la pratique. Le modèle opératif reste souvent implicite pour de nombreuses activités « où il n'existe pas un corps de savoirs bien définis permettant de valider les modèles opératifs mobilisés » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 161). Cela nous semble être le cas de la formation initiale infirmière pour laquelle les pratiques et les savoirs professionnels sont peu enseignés, sans doute parce qu'ils sont encore mal connus, la formation portant ainsi sur les savoirs scientifiques et techniques du domaine qui ne sont pas toujours réellement utilisés sur le terrain professionnel. Ces constats montrent la nécessité de mise au jour et d'articulation des modèles cognitifs et opératifs relatifs au calcul de doses médicamenteuses. Après avoir évoqué le modèle cognitif et l'importance des connaissances scientifiques pour asseoir la compétence, le paragraphe qui suit va exposer l'organisation cognitive dans le modèle opératif.

2.2.8.2 Une conceptualisation par organisation des schèmes d'action dans le modèle opératif

Cette organisation cognitive repose sur le concept de schème qui constitue un élément fondamental de la conceptualisation dans l'action et que Vergnaud (1996/2011) qualifie de « clé de voûte du cadre théorique » dans un article fondateur au titre quelque peu provocateur « Au fond de l'action, la conceptualisation ». Dans ce texte, Vergnaud rappelle la place essentielle que les connaissances occupent dans notre fonctionnement cognitif « La plupart de nos connaissances sont des compétences » (p. 276). Samurçay et Vergnaud (2000, p.55) en donnent la définition suivante : « C'est la forme opératoire de la connaissance, celle qui permet d'agir et de réussir en situation ». À ce titre, quatre registres d'expression caractérisent l'organisation des connaissances pour la conduite de l'activité. Le premier registre est celui des compétences perceptivo-gestuelles dont la régulation s'opère presque en permanence au moyen de la pensée (catégorisation de l'information, sélection des informations pertinentes pour en inférer en situation des buts et sous-buts, gestes à faire, hypothèses à tester, informations complémentaires à rechercher, contrôles à effectuer). Le second registre distingue la nature des savoirs impliqués dans la gestion de situations complexes où les savoirs professionnels des experts côtoient les savoirs scientifiques et techniques. Les savoirs de ces compétences de l'expert s'appuient sur de très nombreux savoir-faire (ou savoirs d'action) dont l'explicitation est difficile et nécessite souvent des dispositifs à même de les faire expliciter, comme ceux que la didactique professionnelle propose. Le troisième registre évoqué par Vergnaud concerne la forme linguistique et symbolique des connaissances et la place que ce registre occupe dans les échanges entre individus à propos des situations. Il signale la très grande subtilité et les multiples savoir-faire impliqués dans les formes langagières de verbalisation des connaissances. Il précise que cela est valable pour l'énonciation des savoirs théoriques dans des formes symboliques particulières (les algèbres, les graphiques, les tableaux, les langages informatiques). Le dernier registre est celui des compétences sociales, très concerné, nous dit-il par le décalage entre savoir-faire et théorie. C'est la capacité à s'adapter à son environnement au travers des interactions et de leur décryptage, tant sur le fond que sur la forme. À partir de la notion de compétence critique, comprise comme une compétence non aisément acquise, il montre comment la connaissance opératoire permet de raisonner et d'agir en fonction de certaines situations. « C'est justement cela que fait un schème, puisqu'un schème n'est nullement un

stéréotype mais une manière de régler son action en fonction des caractéristiques particulières de la situation à laquelle on s'adresse, ici et maintenant » (Vergnaud, 1996/2011, p. 281). C'est une clé de l'adaptation à faire acquérir dans les milieux professionnels, notamment par la formation. Pastré (2011b) rappelle que pour Vergnaud, la compétence n'est pas un concept scientifique⁷⁶. Après en avoir fait un concept pragmatique, c'est-à-dire une notion que tout le monde comprend mais qu'il est toujours difficile d'expliquer, il a choisi une autre voie, définir la compétence comme une relation en recherchant toutes les raisons possibles qui conduisent à dire qu'une personne A est plus compétente qu'une personne B ?

1 - A est plus compétent que B s'il sait faire quelque chose que B ne sait pas faire. Ou encore : A est plus compétent au temps t' qu'au temps t s'il sait faire ce qu'il ne savait pas faire ;

2 - A est plus compétent s'il s'y prend d'une meilleure manière : plus rapide par exemple, ou plus fiable, ou encore mieux compatible avec la manière de faire des autres ... ;

3 - A est plus compétent s'il dispose d'un répertoire de ressources alternatives qui lui permettent d'adapter sa conduite aux différents cas de figure qui peuvent se présenter ;

4 - A est plus compétent s'il est moins démuni devant une situation nouvelle, jamais rencontrée auparavant (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 151).

Nous reprenons, en la synthétisant, l'analyse proposée par Pastré (2011b, p. 66-67) pour en identifier quelques points clés. La réponse 1 correspond à la compétence orientée sur le résultat et les réponses 2 et 3 à la transition de la compétence vers le schème, à savoir que pour comprendre l'activité, il ne faut pas seulement considérer le résultat, il faut aussi regarder comment l'activité est organisée. Enfin, la réponse 4 permet de comprendre la compétence comme une notion non figée qui propose un mode opératoire capable de s'adapter à l'évolution d'une situation.

Le problème réside donc dans l'identification de situations, de classes de situations spécifient les didacticiens, dans lesquelles l'organisation de l'activité, c'est-à-dire la tâche à réaliser et les connaissances-en-actes, puissent être analysées. Ce détour par la compétence permet de recentrer l'analyse de l'activité à la fois sur le résultat de l'action

⁷⁶ Les nombreuses tentatives de définitions aboutissent à des propositions qui mêlent beaucoup de choses, « panier de la ménagère » ou qui présentent une notion à plusieurs facettes dont on a du mal à voir l'unité (à propos de la tentative de définition dans le modèle *Compety* de Samurçay et Rabardel (2004) (Pastré, 2011, p. 65)

mais aussi sur son organisation ce que Vergnaud (1996/2011) a appelé le schème. Il en propose trois définitions qui se complètent pour préciser ce concept.

- « un schème est une totalité dynamique fonctionnelle » (p. 283) : il précise que la fonctionnalité est le ressort de l'activité et qu'elle résulte de l'organisation d'ensemble de l'activité ;

- « un schème est l'organisation invariante de la conduite [et de l'activité (Vergnaud, 2001, p. 46)] pour une classe de situation donnée » (p. 283) : inspirée de la théorie des algorithmes, un schème correspond à une classe de situation, c'est donc l'organisation de la conduite qui est invariante et non la conduite qui, elle, est adaptée à chaque situation.

Cette théorisation du schème, concept emprunté à Piaget et introduit par Kant (Vergnaud, 1996/2011), se fonde sur la partie conceptuelle de l'action que l'on nomme invariants opératoires et qui se composent des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte. « Leur fonction première est de guider l'action, en permettant un diagnostic précis de la situation, en prélevant l'information pertinente qui va permettre ce diagnostic » (Pastré, Mayen, Vergnaud, 2006, p. 155). Le concept-en-acte va permettre de catégoriser le réel et peut être implicite ou explicite. Le théorème-en-acte va représenter la prise de décision (sous la forme « si ... alors ... ») et reste le plus souvent implicite. Pour compléter cette analyse du concept de schème, il faut préciser l'organisation de l'ensemble des éléments constitutifs de sa structure (Vergnaud, 1996/2011, 2001 ; Samurçay et Vergnaud, 2000) :

- un but, des sous-buts et des anticipations possibles : ils permettent de décrire l'intentionnalité et le déroulement temporel de l'activité, c'est-à-dire une représentation nécessaire des phénomènes attendus ;

- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle : leur fonction est d'engendrer l'activité et la conduire au fur et à mesure ;

- des invariants opératoires : ils sont la partie proprement conceptuelle de la représentation, en ce sens qu'il s'agit de concepts-en-acte et des propositions tenues pour vraies (théorèmes-en-acte) qui permettent de prélever de l'information pertinente et d'en tirer les conséquences pour l'activité en termes de buts et de règles. Elle permet aussi de comprendre l'articulation de la forme opératoire avec la forme prédicative de la connaissance, puisque les invariants opératoires s'expriment en termes d'objets et de propriétés, comme les formes prédicatives ;

- des possibilités d'inférences : ce sont elles justement qui permettent de « calculer » buts, règles et anticipations. Ce sont elles aussi qui permettent de considérer les raisonnements

comme des schèmes, et de comprendre certaines filiations au cours du développement dans un champ conceptuel donné.

Cette construction théorique élaborée par Vergnaud lui permet de montrer comment cet outil conceptuel va fournir une grille de lecture des connaissances, des compétences des sujets dont on souhaite analyser les pratiques. À la lecture de ces définitions du schème,

On aperçoit ainsi la méthode d'analyse qu'on peut qualifier de « descente vers le cognitif » : pas d'analyse des compétences sans analyse de l'activité, pas d'analyse de l'activité sans analyse des conceptualisations sous-jacentes, puisque ce sont elles qui, en dernier ressort, font la différence entre un niveau de compétence et un autre (Vergnaud, 2001, p. 47).

La conceptualisation de l'activité du sujet, par cette théorisation du schème, nous fournit un ingrédient essentiel pour l'analyse et la compréhension de la situation de préparation des médicaments injectables par les professionnelles. La conceptualisation par les schèmes d'action, de façon paradoxale, va permettre d'identifier la structure conceptuelle de la situation à partir du modèle opératif des infirmières.

L'identification de la structure conceptuelle de la situation repose sur un paradoxe : on se place du point de vue de la tâche, mais il est nécessaire de passer par une première analyse de l'action pour identifier la structure conceptuelle : celle-ci représente en effet l'ensemble des éléments invariants qu'on retrouve mobilisés chez tous les sujets ayant une action efficace. Car on ne peut se contenter d'une analyse a priori de la tâche. Il faut faire une analyse a posteriori qui fait un détour par l'analyse de l'activité (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 160).

2.2.9 Une visée pour la formation

Cette lecture extrêmement riche de l'activité humaine et de son développement, qui est un dernier axe central d'évolution de la didactique professionnelle, a été nourrie par une idée essentielle concernant l'augmentation et la modification par le sujet lui-même de ses ressources pour agir. La volonté de la didactique professionnelle d'étudier l'apprentissage sans le dissocier de l'activité, a produit une théorie proposée par Samurçay et Rabardel (2004) qui ont proposé une distinction entre activité productive et activité constructive : l'activité productive consiste à réaliser des tâches et à construire du savoir sur le traitement de ces tâches ; l'activité constructive est le développement de sa personne et de sa pensée. Plusieurs conséquences importantes de cette proposition sont délivrées par Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) : les deux aspects de l'activité sont indissociables l'un de l'autre et s'accompagnent mutuellement. L'activité productive et l'activité constructive

n'ont pas le même empan temporel : à l'arrêt de l'action la phase productive cesse. Alors la phase constructive peut se prolonger après, notamment lors d'un retour réflexif sur l'activité pour la comprendre et/ou l'améliorer. « L'apprentissage accompagne naturellement l'activité, il en est en quelque sorte le prolongement » (p. 156). Un troisième point est essentiel à signaler en ce que l'activité constructive peut devenir le but de l'activité comme c'est le cas dans les écoles où c'est l'objectif de développement de la personne qui est visé. L'activité productive devient un support pour déployer l'activité constructive et l'apprentissage n'est plus tacite ou incident, il devient intentionnel. En didactique professionnelle, le choix a été fait de développer l'analyse de l'activité constructive qui accompagne l'activité productive, mettant ainsi en avant « le sujet capable » (Rabardel, 2005). Ce choix ne fait pas de l'apprenant un sujet ignorant car c'est une relation de subordination qui existe entre les formes d'activité et ainsi, c'est « le registre pragmatique qui caractérise le sujet capable et le registre épistémique qui caractérise le sujet connaissant » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 157). Le choix de la didactique professionnelle est « de subordonner le sujet connaissant au sujet capable, le savoir à l'activité, en s'appuyant sur le constat que dans sa forme anthropologiquement première, l'apprentissage accompagne l'activité, l'activité constructive accompagne l'activité productive » (p. 157).

Ce dernier développement théorique justifie le choix de nos finalités de recherche focalisée sur l'activité plutôt que sur la formation à l'activité : le manque de repères sur l'organisation et la compréhension incomplète de l'activité de calculs de doses nous a conduit à envisager, dans cette thèse, de procéder à une analyse de l'activité pour en effectuer un travail de conceptualisation. Les résultats obtenus seront exploités, nous l'espérons, dans un second temps, dans des travaux complémentaires à destination de la formation. Ce qui apparaît remarquable, lorsque l'on regarde l'histoire de la didactique professionnelle, est la force et la rapidité de son développement. La discipline a évolué selon deux grands axes, l'un regardant l'analyse du travail, l'analyse de l'activité des professionnels et ses multiples prolongements et perspectives (élargissement de l'empan temporel et/ou extensions des situations ou des buts, etc.) comme le propose Rogalski (2014) et l'autre, regardant l'analyse du travail pour construire la formation (dans son usage historique) et pour, plus récemment, former par l'analyse du travail (Tourmen, 2014).

Dans une note de synthèse intitulée « Usages de la didactique professionnelle en formation : Principes et évolutions », Tourmen (2014) décrit un triptyque qui résume les trois principales catégories d'analyse du travail réalisée en didactique professionnelle (Mayen et al., 2010). Une proposition est faite de synthétiser comme suit les objets de l'analyse du travail en didactique professionnelle :

1. **analyse des situations**⁷⁷ « génériques » et « critiques » de travail (selon les caractéristiques dressées par Mayen, 2001) et de leurs principales variables ;
2. **analyse des activités** des personnes dans ces situations, à travers le « discours temporel » de leur conduite compris comme une suite de « prises d'information » et de « contrôles » menant à des « inférences » et à des « prises de décision » (Vergnaud, 1996) ;
3. **analyse des ressources** utilisées ou à construire pour agir dans et sur ces situations passant par l'identification d'éléments cognitifs du schème comme des « invariants opératoires » (Vergnaud, 2001a) centraux dans l'activité des professionnels du domaine concerné, notamment des concepts dits « organisateurs » ou « pragmatiques » (Pastré, 1999, Vidal Gomel et Rogalski, 2007), schématisés parfois sous forme d'une « structure conceptuelle » de la situation (Pastré, 1999 ; Caens-Martin, 1999) (Tourmen, 2014, p. 14).

L'évolution de ces différentes approches a renforcé l'importance de la notion de situation en didactique professionnelle, Tourmen (2014), à ce sujet, affirme que :

À l'inverse des didactiques centrées sur les savoirs et procédures à transmettre, El Mostafa, Lenoir et Desjardins (2012, p. 27) observent que, en didactique professionnelle, « la notion de situation est centrale, en toute cohérence avec la centration sur la logique de l'action et l'acte professionnel. Elle met bien en évidence que dans un processus de formation ou d'enseignement, ce qui est au « centre », ce n'est ni l'élève, ni l'enseignant ou le formateur, ni le savoir, mais la situation en tant qu'espace de rencontre entre le sujet apprenant et l'intervenant éducateur à propos des apprentissages requis » (p. 16-17)

L'ensemble de ces travaux aura permis à la fois de produire une amélioration des connaissances des métiers étudiés et de poursuivre la construction de la didactique professionnelle (Rogalski, 2014). Les résultats de ces analyses du travail ont produit de nombreuses retombées pratiques, en termes de conception, de simulateurs, de dispositifs de formation, de cas pédagogiques utilisés en formation, de référentiels pour la formation aussi appelés référentiels de situation et d'outils de valorisation et d'évaluation des compétences (Tourmen, 2014). L'ensemble de ces productions issues des résultats de l'analyse du travail sont susceptibles de guider l'activité de conception de formation dans

⁷⁷ La grasse sur les premiers mots reproduit la mise en forme de la citation originale.

différentes directions. L'article relie les différents objets de l'analyse aux modalités de conception de formations, nous en présentons une synthèse :

1. Les situations critiques du travail, une fois identifiées, deviennent des objectifs de formation (en assurer la maîtrise), mais aussi des moyens de formation (Métral, 2012) [...];
2. Les activités soumises à l'étude deviennent ce qu'il faut susciter/provoquer chez les personnes, le plus longtemps possible et dans diverses situations qu'il s'agira de faire varier, en centre de formation comme sur les lieux de stage, voire d'évaluer [...];
3. Les ressources identifiées constituent ce que l'on souhaite que les jeunes professionnels développent et acquièrent. Elles constituent aussi ce qui peut être évalué dans ce que Vergnaud a appelé « la descente vers le cognitif » (2001), à savoir une forme d'évaluation des compétences en situation qui ne porterait pas seulement sur des actions observables en situation mais aussi sur les modes de raisonnement et les connaissances – parfois non conscientes et non verbalisées – qui les organisent. (Tourmen, 2014, p. 15 – 16)

Une telle ambition d'ingénierie pédagogique pour la formation au calcul de doses médicamenteuses apparaît totalement soumise à la réalisation d'analyses de l'activité de préparation médicamenteuse et de calculs de doses des professionnelles, à même d'aboutir à une proposition de conceptualisation de cette activité professionnelle laissant apparaître ses caractères invariants et ses adaptations aux situations.

Dans leur activité quotidienne, les infirmières ont recours à de nombreux instruments comme des protocoles de préparation des médicaments, des abaques pour les débits à programmer ou encore les prescriptions informatisées qui vont délivrer une information dans un format différent de la prescription manuelle. L'analyse de ces outils et de la façon dont les professionnelles s'en servent dans leur activité permettra de comprendre les modifications qu'ils apportent dans les raisonnements effectués pour les calculs de doses. Nous indiquons ci-dessous les références théoriques qui fondent ces analyses.

2.2.10 La pratique instrumentée

Dans un ouvrage récent « Analyses de l'activité : Perspectives pour la conception et la transformation des situations de formation », Vidal-Gomel (2018) avance que l'analyse de l'activité est un moyen pour infléchir des processus de conception de formation. De manière concomitante elle précise, en s'appuyant sur le travail de Rabardel (1995), que cette conception reste bien souvent technocentrée.

L'analyse de l'activité de l'ensemble des acteurs (formateurs, tuteurs, futurs opérateurs, opérateurs) est alors un recours pour tenter de modifier le processus de conception lui-même, et de contribuer à élaborer de véritables instruments (Rabardel, 1995) pour les futurs utilisateurs (Vidal-Gomel, 2018, p. 10).

Un point notable de l'activité en réanimation est relatif aux nombreuses aides cognitives (protocoles, abaques) ou outils informatisés de prescription ou d'administration des médicaments. La didactique professionnelle, par le biais de l'approche instrumentée théorisée par Rabardel (1995), permet d'aborder la question des raisonnements s'appuyant sur ces outils d'aide cognitive en distinguant les artéfacts (tout objet matériel et symbolique) et les instruments qu'ils deviennent, pour le sujet, après une « genèse instrumentale » (Rabardel, 1995). L'activité de l'infirmière est instrumentée dès qu'elle utilise des protocoles (procédures d'action pour la préparation d'un médicament) ou des abaques (tableau à double entrée qui croise des masses de médicament à administrer rapportées au poids des patients pour en déduire soit un débit, soit une dilution). Les tableaux de correspondance poids/dose prennent en charge une partie du calcul de doses, ils permettent de diminuer le risque d'erreur (HAS, 2013) (sauf à mal lire ce tableau), mais selon notre expérience, cette situation n'est pas sans risque. Par exemple, lors du transfert d'un patient provenant d'un autre service où les seringues ne sont pas préparées de la même façon, la professionnelle pourra être déstabilisée par une méthode de préparation qu'elle ne connaît et/ou ne comprend pas. Les logiciels d'aide à la prescription (LAP) créent également des pratiques différentes en introduisant une sécurité de l'écriture [diminution des erreurs de prescriptions médicales, (Kaushal et al., 2001 ; Rosse et al., 2009 ; Shamliyan et al., 2008), mais imposant une procédure aux professionnelles qui ne leur est pas toujours familière. Les LAP proviennent généralement des industriels qui équipent les établissements de santé et les utilisateurs finaux peuvent effectuer des ajustements pour les adapter aux pratiques du service. Il en découle une unicité de la façon de procéder à la préparation médicamenteuse, y compris pour les calculs, ce qui crée une possible perte de contrôle des infirmières. Les points critiques mis en avant doivent donner lieu à une analyse pour en mesurer l'impact sur les raisonnements et les façons de faire. L'adaptation du modèle général de la double régulation de l'activité au cas des calculs de doses rend possible l'analyse détaillée des techniques et des méthodes des praticiennes.

Le cadre théorique de la conceptualisation dans l'action de Vergnaud (1990) fonde notre recherche pour expliquer ce qui se joue dans l'action des infirmières.

Au début n'est pas le verbe, encore moins la théorie. Au début est l'action, ou mieux encore l'activité adaptative d'un être dans son environnement. C'est par l'action que commence la pensée : plus exactement et plus complètement par l'action, la prise d'information sur l'environnement, le contrôle des effets de l'action, et la révision éventuelle de l'organisation de la conduite (Vergnaud, 1996/ 2011, p.275).

La didactique professionnelle a pour visée la formation (Pastré, 1999), elle propose un cadre pour tenir les deux termes du couple sujet-tâche/situation et distingue deux registres dans lesquels agit un sujet en situation. Analyser le registre pragmatique de son activité permet d'en repérer les concepts organisateurs et de mettre au jour les schèmes du modèle opératif. Analyser le registre épistémique de son activité permet de dégager les savoirs scientifiques « opérationnalisés » dans la réalisation de la tâche. La filiation de la didactique professionnelle avec la psychologie ergonomique et la didactique des disciplines (et notamment la didactique des mathématiques) garantit la cohérence des trois approches que nous envisageons de conjuguer pour l'analyse de l'activité de préparation de médicaments injectables, dans laquelle est imbriquée le calcul de dose. Dans le chapitre suivant, nous explicitons les questions auxquelles les analyses de cette activité des infirmières tentent de répondre.

3. PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

3.1 Des questions sur les savoirs mobilisés et les capacités d'adaptation au réel de l'activité.

En France, mais on pourrait étendre ce constat à l'Europe, hormis le Royaume-Uni pour le cas du calcul de doses, la recherche dans le domaine des savoirs mathématiques des activités infirmières est très peu développée, si bien que les savoirs professionnels sur les calculs de doses ne sont que partiellement connus. Cela entraîne, dans un premier temps, une absence d'institutionnalisation de ces savoirs pourtant essentiels à l'efficacité de la formation et, dans un second temps, l'impossibilité d'une transposition didactique des savoirs professionnels comme savoirs à enseigner dans les référentiels qui organisent la formation infirmière.

3.1.1 Que sait-on sur l'activité de calcul de doses ?

Notre recherche ne s'est pas construite sur un champ vierge de tous travaux scientifiques, mais on note que cette production est très partielle et qu'elle s'appuie sur des champs disciplinaires relativement divers ne permettant pas d'identifier, jusqu'à maintenant, des savoirs de référence solides et mobilisables dans la formation. Pour réaliser la recherche documentaire, les champs des sciences médicales et biomédicales, de la didactique des mathématiques, des sciences de l'éducation et des sciences infirmières ont été convoqués aux fins de couvrir l'étendue, relativement vaste de notre sujet. Les moteurs de recherche et base de données concernant respectivement chaque domaine ont été consultés au moyen de requêtes adaptées à l'outil documentaire consulté⁷⁸, sans caractère exhaustif, même si la relative faiblesse de la production scientifique sur notre objet, nous porte à croire que peu de travaux spécifiquement liés aux calculs de doses nous ont échappé. Une preuve en est fournie par le peu de résultats récupérés lorsque la requête cible directement l'occurrence « calcul de doses et infirmières » sur Google scholar. Les études qui émergent dans les dix premiers résultats sont principalement les travaux de Roditi (2012, 2014), une citation d'un mémoire de master (Chaine, 2007), deux études qui ciblent l'amélioration des performances des étudiantes sur les calculs de doses ou leurs ressentis ou encore nos propres travaux (Benlahouès, 2011, 2012, non publiés). La même requête en anglais, toujours sur Google scholar⁷⁹ offre des résultats beaucoup plus larges et variés, indiquant un intérêt certain des pays anglo-saxons (Royaume-Uni, Australie, USA) et nordiques (Suède, Finlande) pour le sujet. Toutefois beaucoup d'études sont un peu anciennes et traitent beaucoup de l'évaluation des capacités à calculer des infirmières, et surtout de celles des étudiantes, et des moyens de remédier aux difficultés rencontrées. Le sujet de l'analyse de l'activité, au sens de l'analyse du travail, des connaissances et des apprentissages est très peu l'objet de ces recherches. Néanmoins, cette recherche documentaire constitue une base pertinente pour faire un état de l'art sur

⁷⁸ Les bases de données du domaine bio-médical consultées sont essentiellement : *Medline* via son interface *Pubmed*. La base de données paramédicales *CINAHL* a été une ressource importante. Pour les sciences de l'éducation et les sciences infirmières, la base de données de l'agrégateur de revue *Cairn.info* ainsi que les deux revues scientifiques française ou francophone ont été consultées : *Recherche en soins infirmiers* et *Revue Francophone Internationale de Recherche Infirmière*.

⁷⁹ L'équation utilisée est la suivante « *(drug dosage calculation) and (nurses)* » - 433 résultats sur Google Scholar, 320 résultats sur *Pubmed* et 210 sur *CINAHL*. Si l'on rajoute le terme « *skills* » sur Google Scholar, le moteur de recherche propose 348 résultats croissants de nombreuses études des deux bases de données.

notre sujet. L'analyse de la littérature menée dans cette section est organisée en quatre catégories en fonction de leur but respectif.

3.1.2 Bilan quant à la littérature « épidémiologique » disponible sur le calcul de doses

La première catégorie d'articles regroupe ceux qui mettent en évidence l'erreur médicamenteuse, liée ou non aux erreurs de calcul de doses, qui tentent de la qualifier et de la quantifier. Les recherches, conduites par des médecins ou des pharmaciens majoritairement, plutôt nombreuses entre les années 1990 et 2000, ont été largement exposées dans l'introduction de la thèse. Nous ne reprendrons ici que les principaux résultats sous forme chiffrée en rappelant la grande disparité méthodologique des études et les limites générées dans ces travaux de comparaisons. Néanmoins, on peut évoquer le travail de synthèse de Berdot et al. (2013) qui propose un taux d'erreurs médicamenteuses de 10% en moyenne. Les taux pour la réanimation⁸⁰, service à haut risque à la fois pour la fréquence et le type de médicaments utilisés et pour la fragilité des patients accueillis dans ces services de soins, peuvent aller de 6,1 % (Tissot et al., 1999) à 44,6 % (Van den Bemt et al., 2002). Ces articles font très peu état de l'origine potentiellement calculatoire des erreurs. Les conclusions de ces études proposent, pour tenter de diminuer les taux d'erreurs médicamenteuses, le plus souvent élevés, des solutions à orientation matérielle (système de code-barre), organisationnelle (zone de préparation dédiée, chasuble « *Do Not Disturb* », prescription informatisée) ou encore éducationnelle (formations arithmétiques et aux calculs de doses).

Plusieurs articles de cette première catégorie ont centré, depuis ces dernières années, leur intérêt sur les facteurs liés aux erreurs et plus particulièrement les aspects culturels, les connaissances et les comportements pendant la préparation et l'administration de médicament injectable. Ces études émanent plus fréquemment de recherche d'équipes infirmières et on peut citer à titre d'exemple l'étude récente de Márquez-Hernández et al.(2019) sur les facteurs liés aux erreurs médicamenteuses lors de la préparation et de l'administration de médicaments par voie intraveineuse à l'hôpital. Les auteurs précisent qu'en Espagne, il y a approximativement 17 erreurs médicamenteuses par jour pour 100

⁸⁰ Ce terme est utilisé de façon générique pour décrire ce type de service mais nous n'ignorons pas la diversité qui existe dans les prises en charge très variées de patients médicaux et/ou chirurgicaux

patients hospitalisés. Ils citent les résultats de Westbrook et al.(2011) qui dans une étude observationnelle trouvent que près de 70 % des médicaments administrés par voie intraveineuse ont impliqué une erreur clinique. L'objectif de l'étude est la validation au contexte espagnol d'une échelle (*KAB questionnaire - Knowledge, Attitude, Behavior*) élaborée par une équipe italienne (Di Muzio et al., 2017), très active dans le domaine de l'analyse et de la compréhension des erreurs médicamenteuses à l'hôpital et en service de soins intensifs. L'échelle reprend trois catégories divisées en cinq items, sur les connaissances, les attitudes et les comportements lors de l'administration de médicaments intraveineux pour une exploration de ces facteurs à l'hôpital. Les capacités en calcul de doses et les logiciels d'aide à la prescription sont vus comme un moyen de prévention des erreurs. La surcharge de travail est identifiée par 50% de l'échantillon comme facteur d'accroissement des erreurs. Pour renforcer les attitudes de sécurité, une formation spécifique et continue est nécessaire pour les infirmières (96 % des répondants) ainsi qu'une formation et une sensibilisation des étudiantes à l'importance de la déclaration des erreurs médicamenteuses. Les protocoles (87 %) et l'évaluation des compétences cliniques (74,6 %) sont considérés comme fondamentaux. L'étude montre une corrélation positive entre les connaissances et les attitudes en ce que de meilleures connaissances améliorent la prévention et l'attitude positive vis-à-vis de l'erreur (augmentation des déclarations d'événements indésirables). Les comportements en matière d'évaluation de l'état clinique du patient (82,2 %), le respect des bonnes pratiques (lavage des mains (82,6 %), le respect du débit (87 %), le respect de la règle des 5B (89,9 %) et le double-contrôle (76,8 %), etc.) sont mis en évidence pour diminuer les complications. L'étude, enfin, signale que les attitudes positives et les connaissances appropriées augmentent la probabilité d'un comportement adéquat.

Au-delà des résultats de cette étude, nous identifions dans l'approche une volonté de préciser plus clairement les facteurs humains et organisationnels impliqués dans les erreurs médicamenteuses, et notamment la place des connaissances. Cette tendance se retrouve dans les travaux réalisés dans les services de réanimation/soins intensifs. Di Simone et al. (2018) dans une revue systématique sur les erreurs médicamenteuses en réanimation soulignent le poids de l'environnement, du matériel et des facteurs humains, facteurs observés avec un double regard, à la fois pour la survenue d'erreurs avec les compétences relationnelles défailtantes, et pour les compétences cognitives à même d'agir comme un facteur de protection. Escrivá Gracia, Serrano et Garrido (2019)

confirment dans leur étude les types d'erreurs médicamenteuses en réanimation, habituellement retrouvés dans la littérature. Une approche par focus groupe conduite auprès de 6 professionnelles (4 infirmières, une enseignante et une chercheuse) sur les déterminants des erreurs médicamenteuses⁸¹ propose quatre domaines majeurs : le contexte de la réanimation, l'organisation du service, les facteurs personnels et le processus d'administration dont les dilutions. Parmi les principales causes évoquées, on trouve la communication dans l'environnement de travail, le niveau de connaissances professionnelles, la préparation des dilutions des médicaments et l'absence de perception ou de croyance qu'une erreur est commise (y compris la mauvaise compréhension de ce qui constitue une erreur). Ce dernier point nous paraît important car dans l'ensemble des études, il constitue comme une sorte de fil rouge, constatant la difficulté liée à l'absence de définitions normalisées, à la fois pour la profession et au niveau international.

Les méthodologies de ces études sont plus souvent mixtes ou qualitatives et elles montrent les mêmes limites méthodologiques sur le calcul de taux d'erreurs. Ces articles sur l'analyse des erreurs médicamenteuses concluent que cela requiert une approche multimodale, regroupant des analyses systémiques et humaines et prônant des solutions, elles aussi complémentaires (matérielles, managériales, organisationnelles, éducatives), dans la prise en compte de ce problème complexe. On note cependant que ces travaux très détaillés apportent peu d'informations spécifiques sur les calculs de doses et leurs implications dans les erreurs médicamenteuses. Les erreurs de doses ou de dilutions sont évoquées comme facteurs d'erreurs essentiels sans plus de détails.

Signalons ce rapport au National Health Service (NHS) *Education for Scotland* sur les travaux visant à développer une évaluation de référence en matière de calcul pour les soins infirmiers :

Les erreurs de calcul, le défaut d'adaptation de la dose aux besoins du patient, la mauvaise communication et le fait que tous les membres de l'équipe ne vérifient pas la dose avant de la délivrer, de la préparer ou de l'administrer sont les facteurs les plus courants qui contribuent aux erreurs de dose (NPSA⁸², 2009, p. 19, notre traduction).

En France, la HAS, qui a notamment pour missions d'évaluer les produits de santé et de recommander des bonnes pratiques en matière de sécurité du patient, précise dans son guide sur les outils de sécurisation et d'auto-évaluation des médicaments (HAS, 2013),

⁸¹ On peut consulter la carte conceptuelle des échanges des *focus group* sur des déterminants dans l'article.

⁸² National Patient Safety Agency - England and Wales

certain points en lien avec la « règle des 5B⁸³ » pour le respect de la bonne dose et propose des recommandations pour « s'assurer d'administrer la bonne concentration, dilution, dose du médicament prescrit avec une attention particulière portée lors des calculs de dose et de dilution » (p. 28). La fiche pratique 6 sur l'administration des médicaments à risque rappelle que les erreurs de dose représentent 37% des incidents (Hureau et al., 2009). Nous remarquons que les préconisations sont « des outils de calcul de dose [qui] doivent être mis à la disposition des infirmier(ère)s. Dans la mesure du possible faire préparer les médicaments par les équipes de pharmacie » (p. 60). Enfin, la fiche pratique 7 aborde l'administration des formes injectables avec un « focus sur les calculs de doses » et les mesures suivantes :

- développer des tableaux de correspondance poids/dose pour la morphine, l'héparine ;
- double vérification indépendante si besoin ;
- privilégier les seringues prêtes à l'emploi ;
- abaques de choix de la seringue en fonction du débit en PCA ;
- mise en place d'un carnet de traçabilité du calcul de dose ;
- achat de smart pompes ;
- *E-learning* sur le calcul de dose ;
- informatisation du calcul de dose en soins ;
- réajuster lors de la mise en route de certains traitements (p. 66).

Une remarque importante s'impose quant à ces propositions puisque l'une d'entre elles est de remplacer l'infirmière par un membre de l'équipe de pharmacie, déplaçant ainsi le problème du calcul de dose préparé par un humain vers un autre humain dont il est sans doute estimé que le facteur de risque d'erreur lié aux conditions de travail est plus faible que celui des infirmières. L'ensemble de ces mesures a été évoqué précédemment dans la thèse à cause de travaux qui en ont testé les effets ; il faut malheureusement en admettre les limites. Les études ont en effet montré des améliorations notables sans toutefois réduire de façon substantielle les erreurs. Ce constat renforce notre conviction que dans ces travaux, des solutions sont proposées pour remédier à un problème sans l'avoir préalablement totalement posé, la part cognitive du raisonnement de calcul de doses n'a toujours pas été analysée.

⁸³ Nous rappelons cette règle : « administrer au Bon patient, le Bon médicament, à la Bonne dose, sur le Bonne voie, au Bon moment » (HAS, 2013)

3.1.3 Une approche du calcul de doses par des chercheurs en *mathematics education*

Dans la deuxième catégorie de travaux, c'est l'activité de calcul de doses des praticiennes infirmières en situation qui est analysée. En *mathematics education* (ce qu'en français nous pourrions traduire par *didactique des mathématiques*, même si la recherche française a produit des cadres d'analyses spécifiques, alors que la recherche anglo-saxonne s'inspirent plutôt de ceux qui sont développées en psychologie et en sciences de l'éducation), une équipe de chercheurs envisage le calcul de doses comme une activité mathématique en contexte professionnel (Hoyles, Noss et Pozzi, 2001) avec pour intention d'une part, de déterminer les connaissances et les procédures de calcul des infirmières et d'autre part, de comprendre comment surviennent les erreurs. L'échantillon se composait de 12 infirmières de pédiatrie. Les tâches mathématiques de l'activité infirmière ont été observées sur le lieu de travail (80 h d'observation) et catégorisées en quatre groupes : les calculs de doses, la gestion des perfusions, la gestion des entrées et sorties et l'interprétation des signes vitaux et des résultats de laboratoires. Sur cette durée d'observation, 250 événements impliquant des mathématiques ont été retenus puis, après une première analyse, 30 événements dits de rupture (conflit, désaccord, doute) ont été analysés. L'identification des stratégies utilisées par les infirmières montre, à partir du modèle de Vergnaud (1983), une variété plus importante et une complexité plus grande que ce qui leur a été suggéré dans des entretiens préparatoires à cette enquête ou à partir de la littérature en sciences infirmières. Les chercheurs retrouvent 26 combinaisons de raisonnements proportionnels⁸⁴ : huit raisonnements analogiques et huit raisonnements fonctionnels (mobilisés mentalement), quatre utilisations de la « formule infirmière » qui est présentée ci-après, et six raisonnements sans calculs (prescription identique au dosage). Ils perçoivent également quatre événements avec des raisonnements non identifiables. L'absence de la règle de trois est signalée par les auteurs car elle n'est habituellement pas enseignée au Royaume-Uni (telle qu'elle est enseignée en France lorsqu'elle est enseignée) laquelle favorise des approches par retour à l'unité ou liée aux nombres manipulés pour trouver un facteur

⁸⁴ La catégorisation des stratégies a été rendue possible grâce au recueil des prises de notes des infirmières et à des entretiens menés après les observations des préparations médicamenteuses.

commun (*Doubling and Halving*). Un étonnement particulier pour les chercheurs émerge de ces résultats, quant à la richesse des procédures :

In particular, we were fascinated by the apparent discrepancy between the dominance of a single nursing rule in nurses' descriptions of their strategies and the rich and unarticulated mental strategies they exhibited in practice (Hoyles, Noss et Pozzi, 2011, p. 16).

Ces recherches mettent bien au jour des savoirs de la pratique (comme les connaissances spécifiques attribuées à des médicaments ou des procédures proportionnelles reliées au contexte clinique). Toutes les infirmières de l'échantillon évoquent la « formule infirmière » (*Nursing formula*) enseignée au Royaume-Uni en formation, mais en situation, elles ont mobilisé des méthodes proportionnelles de résolution des calculs fondées sur la relation invariante entre les mesures de masse et de volume (stratégies scalaires ou fonctionnelles). Afin de rendre la comparaison plus explicite, nous présentons rapidement la « règle infirmière » (ou règle des soins infirmiers). Elle correspond à une règle de trois contextualisée, développée dans le but d'assurer une sécurité dans la réalisation des raisonnements proportionnels. L'ordre des opérations dans la règle est celui de l'identification et de la manipulation des trois grandeurs utilisées par l'infirmière pour préparer un médicament. Nous reprenons la présentation de la règle de Hoyles, Noss et Pozzi (2001, p. 13) :

$$\frac{\text{Dose prescribed}}{\text{Dose per measure}} \times \text{Number of measures}$$

De nombreuses formulations existent dont voici un exemple :

$$\frac{\text{What you want}}{\text{What you've got}} \times \text{The amount it comes in} = \text{The amount wanted to give}$$

Cette formule conduit à :

- repérer la dose prescrite – *What you want* (ce que vous voulez) ;
- identifier la masse de médicament à manipuler (dosage) – *What you've got* (ce que vous avez) ;
- relever le volume de solution – *The amount it comes in* – (le volume ou la quantité disponible car la règle est appliquée pour les comprimés également).
- calculer le volume à administrer (avant éventuelle dilution).

Cette règle est vue comme le moyen pour les infirmières de contourner l'obstacle mathématique, mais elle implique l'action dans un ordre donné. Il s'agit d'une procédure générale. Nous en proposerons une analyse didactique à partir des travaux de Wright,

enseignante-chercheuse anglaise, avec la troisième catégorie d'articles de cette recherche documentaire.

Dans une recherche doctorale intitulée, « le domaine conceptuel du raisonnement proportionnel étudié à travers les expériences vécues des infirmières », Deichert (2014) a enquêté sur l'éventail des procédures utilisées par les infirmières américaines⁸⁵. Elle a sélectionné ensuite quatre professionnelles pour mener une étude approfondie, par entretien, de leurs techniques de résolution de problèmes de proportionnalité. Le protocole de recherche repose sur une série de cinq exercices de calcul de doses illustrés pour chacun par une photo du médicament et de la prescription médicale. Les cinq questions étaient présentées sous cette forme et une sixième demandait aux participantes, à partir d'un tableau rassemblant toutes les procédures, de préciser celle qui avait été la leur. Au total, 44 infirmières ont répondu à l'enquête et les analyses montrent que les procédures les plus couramment utilisées par les infirmières sont la « formule infirmière » (*Nursing Formula*), les produits en croix et une procédure analytique⁸⁶. « Ces procédures correspondent aux procédures prédominantes que l'on trouve dans les textes⁸⁷ de calcul de la posologie des soins infirmiers » (Deichert, 2014, p. IV). Ce travail sur l'activité de calcul de doses des infirmières américaines confirme les résultats des travaux présentés précédemment concernant l'emploi de règles portant sur les valeurs numériques et moins sur les grandeurs.

Dans cette même lignée, Hoyles, Noss et Pozzi (2001) soulignent l'importance du contexte clinique pour les calculs et constatent que « le calcul de dose lui-même n'était qu'un "petit fragment" de l'administration complexe du médicament » (p. 14).

Le bilan que l'on tire de ces travaux est multiple. Les techniques de résolution des problèmes de proportionnalité qui sont mobilisées dans l'activité réelle des infirmières sont variées, riches et adaptées aux contextes. Les techniques utilisées sont relativement éloignées des procédures formelles enseignées en milieu scolaire et s'appuient sur des raisonnements qui s'ancrent préférentiellement sur les valeurs et les mesures des grandeurs plutôt que les grandeurs elles-mêmes. Ces articles apportent des informations

⁸⁵ L'étude doctorale a été conduite au College of Education and Human Performance at the University of Central Florida, Orlando, Florida.

⁸⁶ La chercheuse précise que le groupe conséquent de solutions non classées suggère que le calcul par retour à l'unité a été camouflé par les répondants en utilisant la notation par multiplication et division.

⁸⁷ L'auteure de cette thèse est américaine et elle fait référence à des ouvrages pour la formation qui n'existent pas sous la même forme en France.

sur la complexité de l'activité qui, initialement, a été plutôt appréhendée comme une activité mathématique analogue à celle développée en milieu scolaire.

Les infirmières elles-mêmes se sont penchées sur la question, nous présentons ci-après les résultats de leurs recherches.

3.1.4 Des travaux fructueux menés en sciences infirmières

La troisième catégorie d'études, menées par des infirmières devenues enseignantes-chercheuses, se décompose selon trois grandes orientations. La première porte sur les compétences mathématiques et en calcul de doses des étudiantes en soins infirmiers (McMullan, Jones & Lea 2010 ; Wright, 2007, 2010)⁸⁸ et/ou des infirmières (Grandell-Niemi 2003, 2006). La deuxième est centrée sur la conceptualisation de l'activité de calcul de doses (Coben & Weeks, 2014; Weeks et al., 2001; Wright, 2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b, 2009c, 2009d) et la troisième sur les facteurs de risque des erreurs de calcul de doses (Benlahouès, 2016).

Pour évaluer les compétences des infirmières, des tâches écrites de calculs sont proposées aux étudiantes et/ou aux professionnelles, l'analyse des réponses produites permettant aux auteurs de repérer les erreurs commises. Nous présentons les résultats de deux études conduites par la même équipe. Grandell-Niemi et al. (2003) ont testé les capacités de 546 infirmières finlandaises d'un hôpital universitaire au moyen de tests sur les capacités mathématiques, en calcul de doses et en connaissances pharmacologiques. L'étude rapporte 52 % de réussite sur les quatre opérations arithmétiques avec pour erreur la plus commune dans le test, le mauvais placement de la virgule (83 % du total des erreurs) dans les calculs conduisant à des résultats décimaux. Les infirmières ont mieux réussi les conversions ; deux tiers (69 %) des infirmières ont eu des réponses correctes aux cinq conversions. Le pourcentage des réponses correctes était de 85 % ou plus pour les calculs de doses (pour sept problèmes sur huit). Le problème le plus difficile a été celui du calcul du volume d'une solution ; seulement 56 % des réponses étaient correctes. Près des deux tiers (65 %) des erreurs étaient une écriture incorrecte de la réponse avec l'utilisation des milligrammes au lieu des millilitres. Les infirmières ont également fait des erreurs sur d'autres problèmes de calcul de doses. La confiance des

⁸⁸ Nous ne citons ici que des travaux récents mais les études sur ce sujet se multiplient à partir des années 90.

infirmières dans leurs compétences en mathématiques, en calcul de doses et en pharmacologie a été testée en début d'enquête puis confrontée aux résultats des tests. La moitié des infirmières se disent intéressées par les mathématiques et sept sur dix estiment leurs compétences en mathématiques suffisantes. La confiance élevée des infirmières, les plus jeunes, est confirmée par une bonne réussite aux tests. À l'inverse, les infirmières les plus anciennes (plus de 30 années d'expérience) ont estimé les mathématiques et les calculs de doses difficiles. Les auteures expliquent que le sentiment d'être qualifiée est lié à de bonnes connaissances en matière de calcul de doses. Une formation initiale plus longue et une formation continue régulière semblent être des facteurs de renforcement de la confiance en ses capacités en mathématiques, en calcul de doses et en connaissances pharmacologiques. La pratique quotidienne de la délivrance de médicaments et de calcul de doses renforce la confiance dans ses capacités à calculer. En conclusion, pour les chercheuses, cette étude a montré l'importance de vérifier et d'entretenir ses compétences en matière de calcul de doses médicamenteuses. Les résultats confirment l'objectif et la nécessité de développer un test de calcul de doses médicamenteuses qui serait également un outil utile pour l'assurance qualité. Grandell-Niemi et al. (2006), dans une seconde étude auprès de 364 infirmières et 282 étudiantes infirmières diplômées en Finlande, ont fait passer un test de compétences en calcul de doses médicamenteuses (test MCS). Selon les résultats, les étudiantes manquaient de compétences mathématiques précises, tandis que les infirmières obtenaient des scores plus élevés au test. Les infirmières ayant suivi un enseignement secondaire supérieur ont mieux géré les problèmes de calcul que les infirmières ayant un enseignement de base moindre. Les chercheuses précisent que les calculs d'injectables constituent, dans les études qui testent les capacités en calcul de doses, les calculs les plus difficiles et citent les études en référence (Bayne and Bindler, 1988 ; Ashby, 1997, cité par Grandell-Niemi, 2006).

L'ensemble de ces enquêtes constatent systématiquement énormément d'erreurs et concluent, soit à un déficit de compétences des personnes testées, soit à l'inadaptation du support écrit comme outil d'évaluation d'une compétence clinique (Wright 2007, 2009a). En contrepoint de ces résultats, Wright (2010) met en avant, dans une revue systématique de la littérature, le peu de preuves qui permettraient d'accréditer l'idée d'un manque de compétences en calcul de la part des infirmières qui serait responsable d'erreurs de calculs de doses. Sur les 33 études répertoriées, seuls cinq articles ont spécifiquement

enregistré des informations relatives aux erreurs de calcul et seuls deux d'entre eux ont détecté des erreurs en utilisant l'approche par observation directe. Nous avons vu précédemment que Márquez Hernández et al. (2019) signalaient que les infirmières interrogées pensent très fortement (thème significatif au plan statistique dans l'étude) que les connaissances en calcul de doses injectables diminuent les erreurs, ce qui est conforté par les résultats de Di Muzio et al. (2016).

En conclusion, nous déduisons des travaux exposés, un manque de compétences en arithmétique, conversions et calcul de doses des infirmières, constaté à partir de tests papier-crayon. Le renforcement de ces compétences par le biais de la formation participe au maintien de la confiance des professionnelles en leurs capacités. Ces résultats confirment ceux d'études réalisées sur la même thématique. Néanmoins, l'extrapolation de ce constat à la réalité clinique n'est pas démontrée.

Un biais important existe, signalé précédemment par Escrivá Gracia, Serrano et Garrido (2019) sur la perception qu'une erreur est commise et surtout sur la définition de l'erreur de calcul de doses qui n'est pas établie sur le plan scientifique. À la suite de la description de ces études sur l'évaluation des capacités en mathématiques et en calcul de doses des infirmières⁸⁹, s'il est montré que la prévention des erreurs est améliorée par une construction des connaissances en mathématiques et en calcul de doses initiales et/ou par leur entretien en formation continue, elles ne permettent pas de les éliminer. C'est ce qui est retraduit par l'article de Wright (2010) et cela nous permet de penser que des pistes différentes doivent être investiguées.

La deuxième orientation s'appuie sur les résultats de la thématique initiale et concerne plus directement la question de la conceptualisation du calcul de doses médicamenteuses. Wright (2008c) précise que la littérature désigne l'incapacité de conceptualiser le problème à résoudre. Elle explique que l'étudiante en soins infirmiers pour conceptualiser la question posée doit « extraire les informations pertinentes des flacons de médicaments ou des tableaux de médicaments, mettre en place le problème à résoudre, comprendre la réponse et reconnaître les erreurs dans les réponses » (p. 857).

⁸⁹ La première étude de ce type remonte aux années 60 par Munday, L. et Hoyt, D.P. (1965). Predicting academic success for nursing students. *Nursing Research*, 14(4), 341-344 cité par Dyjur, Rankin et Lane, (2011).

Les études menées par Wright, infirmière devenue enseignante-chercheuse⁹⁰, ont pour objectif d'analyser les méthodes possibles pour calculer des doses médicamenteuses (2008a, 2008b) et après les avoir repérées, analyser les méthodes utilisées par les professionnelles en situation de travail (2009a, 2009b), référées aux méthodes formelles notamment le modèle de l'isomorphisme des mesures de Vergnaud (1983). Wright (2008a) fait une analyse didactique de la « règle infirmière » qui est enseignée dans les centres de formation et les tuteurs en stage, voici ce qu'elle en dit :

La méthode de la formule infirmière ne fait pas que retirer les chiffres de leur contexte clinique et de leur signification, mais cela signifie également que les étudiants en soins infirmiers deviennent trop dépendants de cette méthode. Cette dépendance excessive à la formule peut empêcher les étudiants de résoudre des problèmes simples qui, s'ils étaient considérés dans leur contexte, pourraient être facilement résolus par le calcul mental (Wright 2004, 2007a) (Wright, 2008a, p. 41, notre traduction).

Nous pouvons établir un parallèle avec Roditi (2014) qui fait le même constat à propos des produits en croix, envisagés dans la formation en France comme une méthode sûre de calcul de proportionnalité et utilisés par certaines étudiantes de façon abusive « dans des situations qui ne nécessitent qu'une simple multiplication ou division » (p. 125). Wright (2008a) conclut l'article en expliquant que cette règle, présentée comme une méthode simple, mobilise des compétences complexes et des connaissances cliniques pour extraire les données numériques appropriées pour résoudre le problème mathématique posé et transférer ensuite les résultats vers la pratique clinique.

Dans le second article, Wright (2008b) propose d'autres méthodes que la « formule infirmière » pour calculer des doses en gardant le processus de calcul proche du contexte clinique. En réaction à l'enseignement institutionnel, elle présente des stratégies qui sont liées au contexte clinique et s'appuie sur des notions de calcul et de manipulation des nombres pour calculer les doses. L'objectif est de permettre aux infirmières de visualiser et comprendre ce qu'elles calculent et comment cela se rapporte à la pratique clinique. Elle expose quatre méthodes (Figure 16) ; les trois premières sont analogiques et la quatrième, graphique : 1° doubler et/ou diviser par la moitié (*doubling and halving*) ; 2° réduction à l'unité ; 3° méthode scalaire (*building blocs*) qui regroupe la première

⁹⁰ *Lecturer* au Royaume-Uni. Je souhaite signaler le travail fondamental réalisé par cette chercheuse dans sa tentative de construction et de compréhension de l'objet de recherche complexe que sont les calculs de doses. Elle a publié de 2004 jusqu'en 2017 (dernier article référencé), une série de 21 articles sur le sujet qui font références dans de très nombreuses études et un ouvrage sur les calculs de doses à l'intention des infirmières.

technique et finit par une division pour construire le résultat ; 4° méthode graphique s'appuyant sur une représentation de la graduation de la seringue que nous évoquons plus loin.

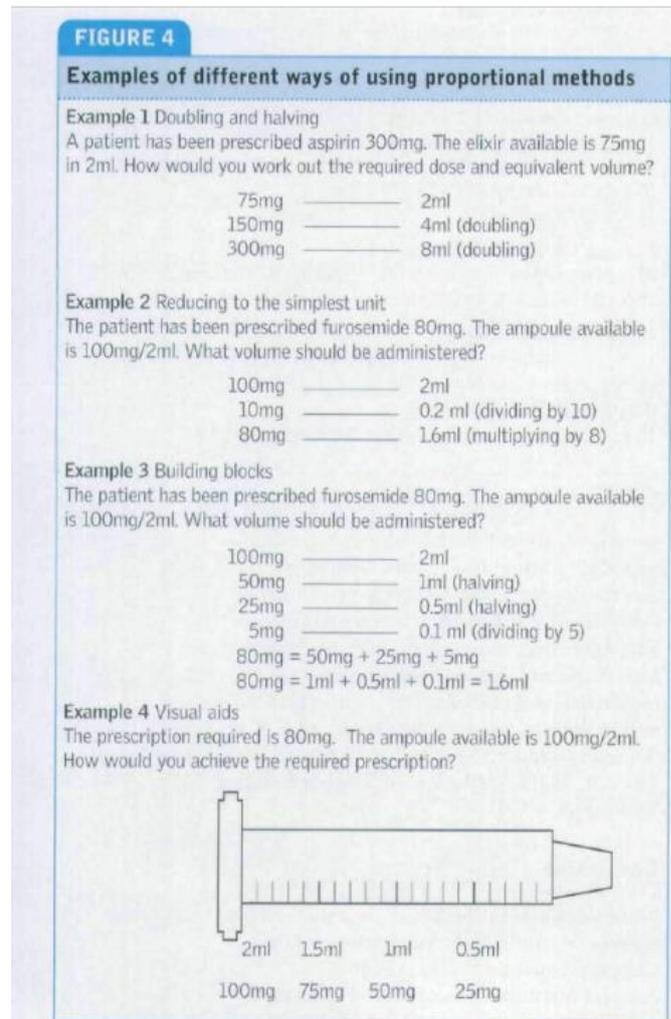


Figure 16 : Quatre méthodes proportionnelles pour la résolution des problèmes de calcul de doses (Wright, 2008b)

Dans une série de trois articles en 2009, Wright va proposer un cadre pour accompagner l'enseignement du calcul de doses en élargissant la seule méthode enseignée (*Nursing formula*) à des méthodes de calculs contextualisées pour la résolution des problèmes de calculs de doses. Le premier article propose un modèle théorique pour supporter l'organisation cognitive de résolution des problèmes et les deux autres articles déclinent de façon concrète l'utilisation des méthodes proposées et les ressources mathématiques sous-jacentes.

Dans le premier texte, Wright (2009a) s'est intéressée aux opérations mentales dans le processus cognitif de résolution des problèmes de calcul de doses. L'article traite d'un modèle de résolution de problèmes mathématiques développé par Polya (1957) et suggère que cela pourrait être un cadre bénéfique pour soutenir le développement des compétences en matière de calcul de doses médicamenteuses des étudiantes en soins infirmiers. Le modèle décrit les quatre étapes de la résolution d'un problème envisagées par Polya : comprendre le problème, concevoir un plan, exécuter le plan et examiner la solution. Une comparaison entre les capacités de résolution de problèmes d'une novice (étudiante en soins infirmiers) et une infirmière experte ou expérimentée montre que la novice va détailler toutes les étapes pour une tâche donnée alors que l'experte va plus facilement passer de la première à la dernière étape, indiquant ainsi un niveau d'intégration des connaissances très élevé. Wright illustre ce modèle à partir d'un schéma (Figure 17) qui décrit le rôle de l'expérience clinique dans la résolution de problèmes de calcul de doses.

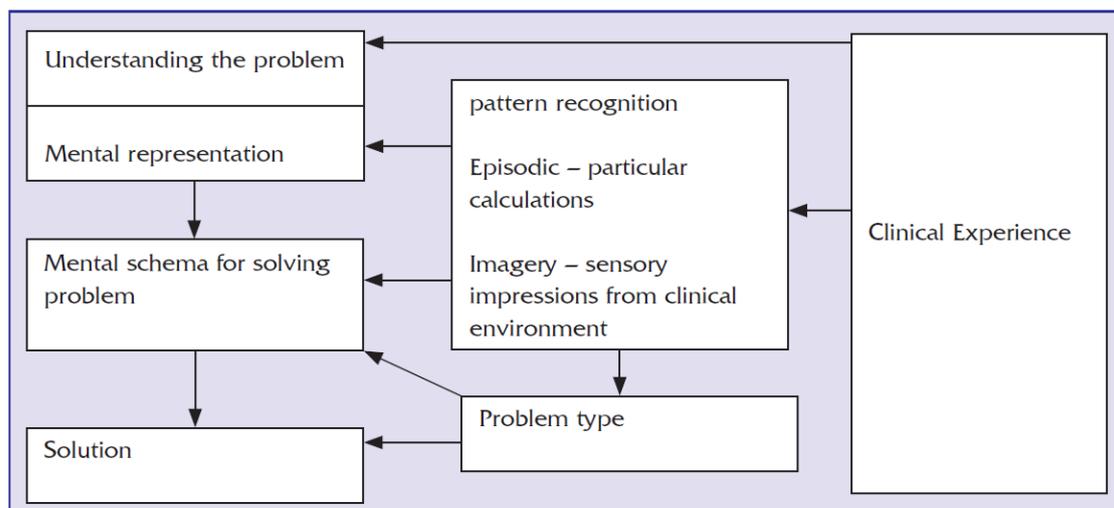


Figure 17 : Influence de l'expérience clinique dans la résolution de problèmes de calcul de doses

Dans cet article, Wright pour comprendre les processus cognitifs dans la résolution de problèmes propose un modèle de base, étudié par des psychologues cognitifs (Silver, 1984), conçu pour expliquer comment penser et résoudre les problèmes (voir Figure 18). Selon ce modèle, « l'environnement des tâches problématiques » est lié à la compréhension du problème par la personne qui utilise ses connaissances en matière de soins infirmiers afin de construire une représentation mentale interne du problème. « La

qualité de cette représentation mentale, c'est-à-dire la compréhension du problème, est essentielle au processus de résolution du problème (Silver, 1984) » (Wright, 2009a, p. 401). Elle évoque ensuite l'organisation cognitive et le stockage en mémoire et l'utilisation des informations dans la résolution du problème.

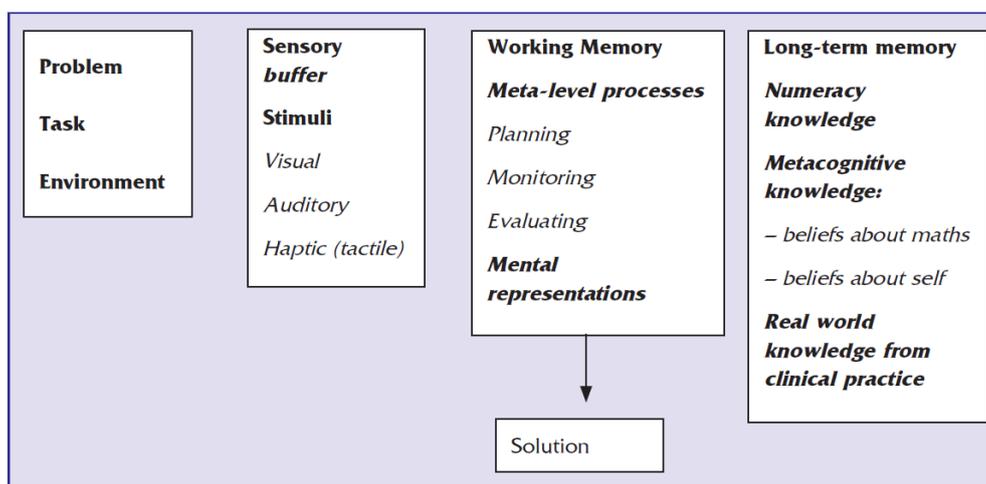


Figure 18 : Modèle du stockage et de l'utilisation de l'information pour résoudre les problèmes de mathématiques. Adapté de Silver (1984), cité par Wright (2009, p. 401).

Dans ce schéma, on retrouve, mais avec un vocabulaire différent, une grande partie des éléments de l'organisation cognitive de l'activité développée par Rogalski (2003) et présentée *supra* (paragraphes 2.2.1.3 et 2.2.1.4), renforçant la cohérence de nos choix quant à l'analyse de cette activité spécifique et complexe.

Dans les deux articles pratiques, Wright (2009b, 2009c) détaille la mise en œuvre des méthodes et des ressources nécessaires au calcul de doses, en analysant chacune à partir d'exemples. Elle présente notamment une méthode issue de la situation clinique et non inventoriée dans les techniques formelles décrites en didactique des mathématiques ou en *Mathematics Education*. Il s'agit d'une méthode qu'elle nomme « *Visualisation* » qui implique d'utiliser la seringue comme méthode visuelle utilisée pour résoudre les calculs de doses. En 2013, dans un article de synthèse sur la résolution des problèmes de calculs de doses, elle nommera cette méthode « seringues ». La seringue normalement utilisée pour mesurer le volume sert également ici à visualiser la masse, généralement en milligrammes, déterminée par la concentration de la dose. Les deux exemples ci-dessous (Figure 19), issus de Wright (2009c) indiquent comment repérer sur un graphique représentant les graduations de la seringue, à partir de la concentration du flacon, le

volume à prélever en raisonnant sur les graduations. Il s'agit donc d'une méthode graphique.

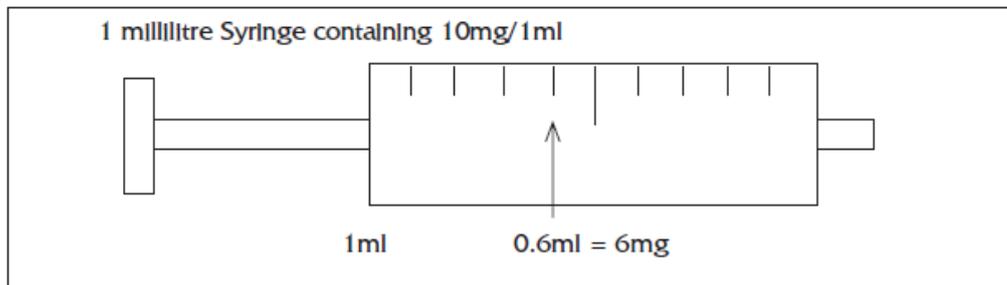


Figure 4. Diagram illustrating how a 1ml syringe can be used to calculate amount of volume requiring administration.

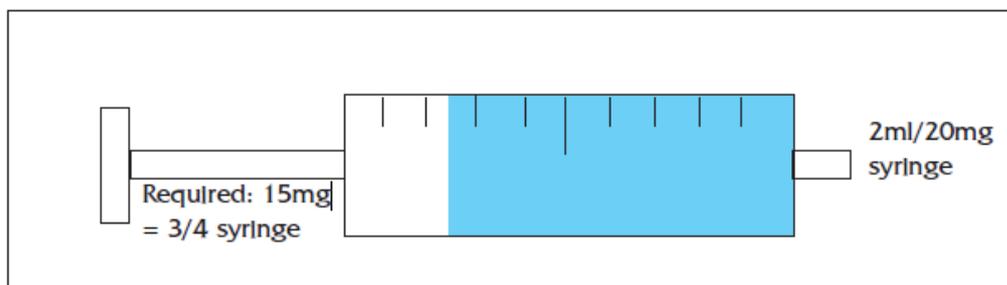


Figure 5. Syringe showing visual representation of proportion required.

Figure 19 : Illustration de la méthode graphique à partir de la seringue pour calculer une masse (Wright, 2009c, p. 883)

Dans un article, écrit la même année, Wright (2009d) pose les bases de sa réflexion et renvoie à la communauté enseignante et aux institutions, le débat sur la formation infirmière au sujet de l'évaluation et du développement des compétences en calcul de doses. Elle dénonce un problème, selon elle, créé par le système de formation et appelle de ses vœux une nouvelle approche pédagogique pour l'enseignement et l'évaluation des calculs de doses. Le résumé de son article indique très clairement son positionnement :

The drug calculation skill of nurses continues to be a national concern. The continued concern has led to the introduction of mandatory drug calculation skills tests which students must pass in order to go on to the nursing register. However, there is little evidence to demonstrate that nurses are poor at solving drug calculation in practice. This paper argues that nurse educationalists have inadvertently created a problem that arguably does not exist in practice through use of invalid written drug assessment tests and have introduced their own pedagogical practice of solving written drug calculations [...] (Wright, 2009d, p. 544).

En étayant sa réflexion sur des données scientifiques très détaillées et sur l'étude de référence de Hoyles, Noss et Pozzi (2001), elle précise à son tour, qu'un calcul de doses ne

se fait pas de façon isolée de la pratique soignante⁹¹. Le calcul est guidé par le problème (« *Dilemma driven* » Lave, 1992, p. 80 cité par Wright, 2009d, p. 545). Le sens donné pour déterminer la dose à administrer s'appuie sur des données beaucoup plus larges. Dans la situation de travail, l'infirmière dispose d'outils et d'artéfacts (tableau de préparation, seringues, ampoules ou d'autres appareils de mesure). Les informations qui guident l'organisation de son activité vont prendre en compte le patient, les connaissances pharmacologiques, des repères, l'environnement des pratiques et le collectif de travail. Tout cela est intimement lié. Tout comme les auteurs qu'elle cite, Wright rappelle le caractère situé de la cognition, évoquant la nécessité pour certaines infirmières d'utiliser l'ampoule ou la seringue comme repère pour visualiser le problème.

Coben et Weeks (2014) dans un article de synthèse du travail de deux équipes pluridisciplinaires internationales⁹² qui ont étudié, depuis 1992 la formation aux mathématiques professionnelles en général, puis dans la formation infirmière, déplorent l'absence « de référence établie concernant les mathématiques professionnelles requises pour la formation en soins infirmiers et la pratique professionnelle au Royaume-Uni (ou ailleurs) » (p. 254, notre traduction). Les chercheuses pointent un certain nombre de difficultés liées à une formation et une évaluation défailtantes qui limitent le développement de compétences en calcul de doses. Un référentiel des capacités mathématiques à acquérir dans la formation a été élaboré comme référence pour le *Nursing and Midwifery Council*⁹³, organe de régulation des programmes de formation au Royaume-Uni. Le groupe de recherche a construit un outil numérique d'aide à l'apprentissage des problèmes de résolution des calculs de doses dans un environnement

⁹¹ Un exemple est cité sur ce point : « si vous deviez administrer 50 000 unités d'héparine dans 50 ml de perfusion sur 24 h. Si les ampoules étaient de 25 000 unités/ml, vous prélevez deux ampoules dans votre seringue de 50 ml et puis préparez du chlorure de sodium jusqu'à ce que vous ayez un volume total de 50 ml. Vous n'allez pas calculer qu'il faudrait 48 ml pour compléter à 50 ml, vous l'appliqueriez à l'aide de la seringue. C'est pourquoi certaines questions des tests écrits demandant quelle quantité de chlorure de sodium vous utiliseriez pour aller jusqu'à 50 ml ne sont pas pertinentes car les infirmières ne calculeraient pas réellement dans la pratique » (Wright, 2009d, p. 545, notre traduction).

⁹² Le groupe de référence est interdisciplinaire et comprend des infirmières diplômées, des infirmières enseignantes, un formateur d'adultes spécialisé en mathématiques (*adulte numeracy educator*) et un psychométricien, tous experts en diverses méthodologies de recherche qualitative et/ou quantitative. La synthèse de cette recherche est présentée sous la forme d'une série de huit articles intitulés : « *Safety in Numbers* », dans la revue *Nurse Education in Practice* (voir Weeks, Sabin, Pontin, et Woolley, 2013, pour un résumé de ce travail).

⁹³ NMC. (2010a). Final: Standards for Pre-registration nursing education – Annexe 3. Essential skills clusters (2010) and guidance for their use (guidance G7.1.5b). London: Nursing and Midwifery Council.

NMC. (2010b). Advice and supporting information for implementing NMC standards for pre-registration nursing education. London: Nursing and Midwifery Council.

authentique⁹⁴, pour les étudiantes en soins infirmiers. Inspirée par les travaux de Piaget et Bruner sur l'importance de construire une représentation pertinente et complétée par les enseignements extraits des travaux de Vygotski sur la notion de zone proche de développement, la conceptualisation de l'outil (Weeks et al., 2001) met en avant l'aspect de la visualisation du problème en travaillant le lien entre le matériel (seringue, flacon ou ampoule disponibles) et le problème à résoudre (prescription médicale). L'objectif est de permettre aux étudiantes, dans leur processus d'apprentissage cognitif, de passer d'un raisonnement fondé sur une image (*iconic*) à un raisonnement symbolique (*symbolic*) qui s'appuie sur des formules et des équations.

Enfin, tout comme pour la première catégorie d'articles et au regard de la pratique du calcul de doses en situation, peu de travaux mentionnent un taux d'incidence des erreurs. Weeks et al. (2013) évoquent un taux d'erreurs de calculs de doses de 5% en moyenne sur l'ensemble des erreurs médicamenteuses en citant trois études relativement anciennes dans leur article (Dean et al., 1995; Lesar et al., 1997; Taxis and Barber, 2003). Le constat et les connaissances apportés par l'ensemble de ces travaux anglo-saxons, qui par beaucoup d'aspects peuvent être rapprochés de la pratique du calcul de doses en France, indiquent des pistes à suivre pour l'enseignement (prise en compte du contexte, modèle d'analyse pour la résolution du problème, importance de la représentation du problème, variété des méthodes de résolution à valoriser) et la mise à disposition d'outils pertinents en lieu et place de méthodes traditionnelles, à base d'exercices papier-crayon, qui ne sont pas adaptés pour évaluer une compétence à calculer qui s'inscrit dans une situation professionnelle. Wright (2009d) déplore une focalisation sur les capacités mathématiques des étudiantes et des infirmières qui ne semblent pas pouvoir suffire pour une formation pertinente au calcul de doses. Les articles insistent sur la question du sens à donner aux grandeurs et mesures manipulées dans les problèmes de proportionnalité auxquels les professionnelles sont confrontées. Certaines méthodes sont plus ou moins performantes en fonction du type de problème à traiter d'où l'importance, pour les infirmières, de posséder la capacité de mobiliser différentes techniques leur permettant de résoudre le problème et garantissant ainsi un niveau de compétence nécessaire et suffisant pour garantir la qualité et la sécurité de la préparation et l'administration d'un médicament injectable dont le calcul de dose n'en constitue qu'une petite partie.

⁹⁴ Le titre est le suivant : *a computer based' Authentic World' learning environment*. Il s'agit d'un outil dont l'élaboration a débuté pour la réalisation de la thèse de Keith Weeks (2001).

Le troisième et dernier point que nous évoquons dans cette catégorie d'articles concerne les facteurs de risques d'erreurs de calculs de doses. Nous avons répertorié ces facteurs de risques (Benlahouès, 2016) que nous complétons ici, bien qu'il soit toujours difficile dans les publications de distinguer les erreurs de calculs de doses des erreurs de doses car cette expression porte en elle-même une certaine ambiguïté sur la cause réelle qui les a générées :

- un médicament peu ou pas connu de l'infirmière, et donc un manque d'habitude dans sa préparation et son administration (Taxis et Barber, 2003) ;
- une unité de mesure peu habituelle (UI/mL ; $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$; dose/kg) ; l'infirmière est alors gênée pour le contrôle des résultats. Les ordres de grandeurs estimés en fonction des unités habituelles ne peuvent s'opérer aussi aisément ou bien des erreurs apparaissent dans les conversions des μg en mg ou inversement (Takata , Taketomo et Waite, 2008; Wright et Sheperd, 2017). Des médicaments spécifiques comme l'héparine ou l'insuline sont conditionnés avec un dosage en unités internationales (UI) par mL, ces unités sont particulières et créent des confusions lorsqu'elles ne sont pas utilisées fréquemment par les infirmières (Taxis et Barber, 2003 ; Takata et al., 2008, Wright, 2010) ;
- une erreur de dose du médecin lors de la prescription entraînera, si elle n'est pas corrigée par l'infirmière en accord avec le médecin, une erreur de dose (surdosage ou sous-dosage) lors de l'administration du traitement ;
- devoir effectuer le prélèvement d'une dose exprimée avec un nombre décimal et non un nombre entier. Cette situation est évitée, bien que très fréquente en pédiatrie où le dosage adulte doit souvent être utilisé et adapté à l'enfant (Wright, 2013b). On la rencontre également chez l'adulte avec certains médicaments comme l'héparine, qui en fonction du protocole de dilution utilisé, amène à prélever de petits volumes pour lesquels la dose calculée ne s'exprime pas par un nombre entier avec les unités de mesure usuelles, ce qui crée une difficulté pour son prélèvement (Taxis et Barber, 2003).

On doit bien sûr, rajouter tous les facteurs liés à l'état de la personne (anxiété, stress, fatigue, etc.) et aux conditions de réalisation de l'activité sur site (conditions matérielles, interruptions de tâches, charge de travail, urgence, etc.) et plus largement la qualité du circuit du médicament (prescription, dispensation, administration) ou encore les conditions de travail à l'hôpital et dans les structures sanitaires (changements rapides de l'environnement de travail, instabilité des équipes, etc.) qui sont des facteurs également importants à prendre en compte, qui ont été et sont régulièrement étudiés. Une revue

systematique peut être citée parmi de nombreuses, celle de Brady et al. (2009) qui a passé en revue ces facteurs et les a classés en cinq catégories : la conciliation médicamenteuse, les connaissances et les compétences, le système de distribution des médicaments, les freins à la déclaration des EIG ainsi que les déviations (violations) des procédures. Cependant, nous avons restreint notre sujet à l'activité calculatoire de la préparation médicamenteuse et nous n'évoquons pas de façon plus détaillée l'ensemble de ces autres facteurs, même s'il est difficile de ne pas penser qu'ils puissent, à un moment ou à un autre, influencer sur la capacité à bien calculer en situation de travail.

Le dernier facteur, mais qui n'est pas le moins important, concerne les erreurs de calculs proprement dites et désignées en tant que telles dans les rapports (NPSA, 2009) comme les principales pourvoyeuses d'erreurs de dose (Wright et Sheperd, 2017). Dans cette désignation, on comprend toute l'ambiguïté d'une catégorisation qui ne possède pas de définition et qui regroupe, de ce fait, des situations variables dans les différentes publications qui traitent du sujet. L'erreur de calcul de doses n'est pas clairement définie, elle devrait selon nous impliquer nécessairement au moins une erreur de calcul arithmétique ou de conversion d'unités de mesure ; néanmoins le contexte professionnel de la préparation et de l'administration influe fortement sur la capacité à calculer en situation et il faudrait probablement en tenir compte pour définir de façon pertinente cette notion.

3.1.5 Working Mathematics vs School Mathematics

La quatrième catégorie d'articles constitue une source de connaissances contributives à notre réflexion puisque qu'elle étudie l'activité mathématique de professionnels d'autres secteurs. Une dynamique croise souvent les travaux précédents avec ceux des chercheurs en didactique des mathématiques qui décryptent la compréhension de certains concepts mathématiques (comme la proportionnalité) « embarqués » dans la pratique des professionnels de différents horizons. Ce courant des *Working Mathematics* ou *Vocational Mathematics* s'est très largement développé dans la dernière décennie avec les travaux de Bakker (2014) et Bakker et al. (2014) qui nous éclairent par exemple sur l'amélioration des compétences des étudiants dans des domaines professionnels qui manipulent les concepts de proportionnalité pour les dilutions (par exemple, le laboratoire d'analyses biomédicales).

Dans l'introduction d'un numéro spécial de *Educational Studies of Mathematics*, Bakker (2014) débute son article par cette citation de Lave (1988) : « *It seems impossible to analyze education – in schooling, craft apprenticeship, or any other form – without considering its relations with the world for which it ostensibly prepares people* » (Lave, 1988, p. xiii). À partir de la première phrase du livre phare de Lave (1988) - *Cognition in Practice* – il souhaite souligner à son tour l'importance d'étudier les relations entre les connaissances enseignées en éducation et celles utilisées dans la vie quotidienne ou sur le lieu de travail mais il souligne la difficulté d'étudier leur relation et leur renforcement. L'objectif annoncé des travaux de ce courant de recherche est de réduire le trou entre les mathématiques de l'école et celles des « mathématiques situées » du lieu de travail et tenter de répondre à la question « des élèves qui veulent voir l'intérêt d'apprendre les mathématiques, pourquoi est-ce que j'apprends cela ? » (Bakker, 2014, p. 152). Dans ce préambule, il annonce l'article de Coben et Weeks (2014) dans le contexte des soins infirmiers et de la question complexe de la conception de l'enseignement, de l'apprentissage et de l'évaluation lorsque les exigences du lieu de travail en matière de sécurité sont critiques, en mettant en avant les contraintes à prendre en compte dans l'étude de l'enseignement du calcul de doses (mathématiques, médicales, liées à la sécurité, réglementaires, évaluables, etc.).

Dans l'article sur l'étude de la proportionnalité dans la formation des étudiants en analyses biomédicales, Bakker et al., (2014) ont « montré comment les connaissances mathématiques professionnelles peuvent être développées à l'école de manière efficace et efficiente grâce à l'utilisation d'outils informatiques dédiés » (p. 220, notre traduction). Le logiciel est intervenu pour transformer la tâche de calcul, pour déterminer les concentrations utilisées dans la pratique quotidienne en passant de l'utilisation d'un graphique à l'utilisation d'une formule mathématique. Ils se sont retrouvés face à la difficulté d'adapter un outil informatique au langage et au contexte professionnels qui rendent les situations complexes à comprendre et à modéliser.

On peut également citer Fitzsimons (2014), dans le même numéro spécial, qui explique les enjeux et les tensions du développement des compétences mathématiques sur le lieu de travail et qui reprend, dans son article, l'exemple de l'activité des infirmières :

La logique de production est illustrée dans l'article de Coben et Weeks sur le développement et l'évaluation des connaissances et des compétences mathématiques requises par les infirmières chargées d'administrer des doses de médicaments, où l'on attend d'elles qu'elles utilisent régulièrement ces connaissances et ces compétences

rapidement, avec le plus haut niveau de précision. Cependant, les infirmières doivent également être prêtes à remettre en question d'éventuels malentendus ou conflits dans la communication (Pozzi, Noss et Hoyles, 1998) (p. 293-294, notre traduction).

Ces études, et plus généralement ce courant de recherches, dressent un pont entre la recherche académique et le monde professionnel. La place des mathématiques est interrogée au regard du concept d'« abstraction située », introduit par Noss et Hoyles (1996) et prolonge notre réflexion sur la caractérisation des mathématiques du travail infirmier pour, à terme, les transférer en formation. On retrouve dans ces travaux l'intention de Roditi (2012, 2014) d'analyser l'activité de calcul de doses médicamenteuses d'abord pour la caractériser puis permettre aux formatrices de s'emparer de ces connaissances.

Historiquement, c'est dans le courant des *Street Mathematics* que les chercheurs se sont d'abord intéressés à l'activité mathématique hors des murs de l'école. Des études sur la résolution de problèmes de proportionnalité au travail (Schliemann et Nunès, 1990) ou dans des situations quotidiennes (Lave, 1988; Nunès et al., 1993) montrent que les professionnels de différents métiers (pêcheurs, charpentiers, les clients dans les supermarchés) étaient capables de résoudre des problèmes complexes dans leur travail mais qu'ils ne sont pas capables de répondre aux mêmes problèmes présentés sous la forme de calculs arithmétiques. Les personnes développent des méthodes personnelles qui leur permettent de garder la signification du problème en maintenant la relation entre le calcul et les nombres impliqués. Le travail de Vergnaud (1980, 1983) sur la catégorisation des méthodes de raisonnement proportionnel, qui montrait une utilisation préférentielle des méthodes scalaires, a été répliqué par Schliemann et Nunès (1990) auprès des pêcheurs et des enfants et par Hoyles, Noss et Pozzi (2011) auprès des infirmières. Leurs résultats confirment ce qui a été depuis régulièrement confirmé par les travaux en didactiques des mathématiques.

Pour illustrer ces résultats de recherches, nous reproduisons une observation menée par Carraher, Carraher et Schliemann (1985) qui ont montré que les vendeurs de rue⁹⁵ de Récife (Brésil) obtenaient de bien meilleurs résultats lors de tests informels de leur connaissance du raisonnement proportionnel (Figure 20). Les notes obtenues aux tests,

⁹⁵ Il s'agissait d'un groupe de cinq enfants (4 garçons et une fille) de 9 à 15 ans (M = 11,2 ans). Ils venaient tous de milieux défavorisés et quatre sur cinq avaient suivi une scolarité entre 1 et 4 ans, seul un enfant était allé jusqu'en 4^e (*8th grade*). Quatre d'entre eux ont reçu une instruction scolaire pour les multiplications et les problèmes. L'enfant qui a arrêté l'école après 1 an est supposé ne pas avoir appris ces notions qui sont habituellement enseignées en 2^e et 3^e année dans les écoles publiques de Récife.

qui suivent d'une semaine l'observation, sont passées de 98,2 % (résultats lors de l'observation) à 73,7 % (problèmes avec quelques éléments de contexte) et à 36,8 % (opérations arithmétiques sans contexte). À mesure que le contexte devient de plus en plus abstrait, les exercices sont de moins en moins bien traités.

À Récife au Brésil, une personne achète à un vendeur des rues de 12 ans, 10 noix de cocos à 35 cruzeiros pièce. L'enfant calcule rapidement le prix exact de la manière suivante : « 3 noix de coco ça fait 105; 3 de plus, ça fait 210; ... Je dois en ajouter 4. ça fait ... 315 ... ça fait 350 cruzeiros. »

En classe, ce garçon ne réussissait pas aussi bien à résoudre les problèmes, aussi facilement que dans la rue. Pour ces problèmes scolaires, il essayait d'appliquer des algorithmes formels appris à l'école.

Figure 20 : Exemple des vendeurs de rue tiré de Carraher, Carraher et Schliemann (1985) cité par Garnier, Bednarz et Ulanovskaya (2009, p. 125)

Afin d'expliquer ces résultats, nous présentons les observations de Garnier, Bednarz et Ulanovskaya (2009) qui analysent les pratiques de ces jeunes vendeurs de rue de la façon suivante :

Les méthodes de calculs sont primitives, mais efficaces. Ainsi, la multiplication deviendra en général une addition répétée. Même si à l'école on leur a répété que pour faire 10 fois 35 on ajoute un « 0 », les utilisateurs se méfient des trucs et des recettes scolaires. Les « contraintes » sociales commandent de ne pas se tromper. On a ainsi observé un jeune vendeur faire plutôt $105 + 105 + 105 + 35$. Il est facile de s'imaginer qu'il contrôle bien 3 fois 35 ayant vendu plusieurs fois 3 noix de coco à 35 l'unité ou encore qu'il calcule avec aisance 3 fois 35 (105). On s'explique alors facilement que le « 10 » de 10 fois 35 est décomposé en $(3+3+3)+1$. C'est ainsi que sont évacuées toutes les fautes en arithmétique qui relèvent d'applications fantaisistes erronées des algorithmes appris en classe et qui sont bien répertoriées (p. 137).

Ces travaux de recherche montrent que c'est la contextualisation des calculs qui indique l'algorithme suivi. Les chercheuses écrivent que :

Les résultats suggèrent l'existence d'une arithmétique contextuelle dont les objets sont des quantités et des grandeurs issues du contexte plutôt que des nombres abstraits ... Ainsi le contexte qui « encadre » le calcul fournit un support au raisonnement en ce sens qu'il détermine le problème à résoudre, qu'il le fait évoluer et qu'il donne un sens aux entités arithmétiques considérées et aux opérations à effectuer (p. 137).

Ce dernier élément est tout à fait congruent avec les études évoquées précédemment dans cette idée de considérer le contexte de la tâche comme faisant partie intégrante de la situation-problème à résoudre.

De cette revue de la littérature émergent des savoirs fragmentaires, construits avec des approches qui empruntent des cadres théoriques différents, bien que parfois très complémentaires. L'ensemble de ces données de recherche nous confortent dans la façon d'envisager l'activité de calcul de doses autrement que comme un « simple exercice de calcul de proportionnalité », mais bien comme une activité complexe, qui nécessite une approche globale en ce qu'elle doit proposer une réelle analyse du travail des praticiennes. Une analyse de l'activité de calcul de doses qui doit nous permettre de faire émerger les savoirs professionnels, de comprendre les concepts de concentration et d'abstraction mobilisés dans la pratique, pour compléter ce que l'on sait déjà ainsi qu'un repérage des raisonnements et des méthodes de résolution de problèmes réellement utilisés par les infirmières, en situation de travail, afin de réaliser une première cartographie de ces données.

La focalisation sur le faible niveau en mathématiques des étudiantes et des infirmières a conduit la réflexion dans une direction peu productive parce qu'elle occulte la relation entre l'activité mathématique de calcul de doses et la situation, au sens que lui donne la psychologie ergonomique, c'est-à-dire à la fois la tâche et le contexte de sa réalisation. Cette relation, que nous avons qualifiée de complexe à plusieurs reprises, nécessite, pour être analysée, de convoquer une approche multiple, c'est ce que nous envisageons.

Les deux cadres de la didactique professionnelle et de la didactique des mathématiques nous apparaissent aussi permettre l'étude d'une question vive, celle des calculs difficiles portant sur des masses et volumes, concentrations et débits de produits dangereux. Nous étudions les pratiques à partir de l'utilisation de médicaments injectables à risque comme approche prototypique de la conceptualisation de cette activité.

À l'issue des analyses des travaux sur le calcul de doses médicamenteuses produits dans différents champs de recherche, une série de questions se pose toujours quant aux savoirs mobilisés en activité portant sur les savoirs professionnels et mathématiques mobilisés par les infirmières, sur la conceptualisation de l'activité de calcul de doses et notamment son indépendance des médicaments, y compris pour les médicaments à risque. Indiquons celles que nous posons dans notre recherche.

3.2 Des questions sur les pratiques et leurs variabilités

Notre regard didactique, en étudiant l'activité d'une infirmière en situation de travail, réclame d'identifier à la fois des finalités professionnelles de cette activité, mais également des finalités personnelles. En effet, les infirmières réalisent cette activité à partir d'une prescription médicale, plus ou moins détaillée, qui va leur laisser une marge d'interprétation et d'adaptation. Cela entraîne une variabilité des pratiques qui s'instaure à la fois entre les différentes professionnelles, mais également du fait qu'une infirmière ne procède pas non plus toujours de la même façon, quelles que soient les situations. À l'inverse, la question des régularités dans les préparations et les calculs de doses se pose pour une même professionnelle comme pour les professionnelles entre elles, ce qui nous conduit à étudier également les aspects convergents des pratiques. L'écart entre la prescription médicale et la préparation que l'infirmière se donne à réaliser tient à la redéfinition, au sens de Leplat (1997) : redéfinition de la prescription médicale (tâche prescrite) en préparation à effectuer pour l'infirmière (tâche redéfinie).

La prescription médicale, très encadrée réglementairement pour sa bonne application par l'infirmière, doit obligatoirement répondre à certains critères de lisibilité et d'identification du médecin prescripteur. Elle répond également à des normes qualitatives pour que sa mise en œuvre n'entraîne pas de doute de la part des infirmières.

3.2.1 La tâche prescrite

Les textes réglementaires qui organisent la prescription ont été écrit en écho entre le prescripteur et l'exécuteur. Le code de déontologie rappelle au médecin la forme que doit prendre la prescription : « Le médecin doit formuler ses prescriptions avec toute la clarté indispensable, veiller à leur compréhension par le patient et son entourage et s'efforcer d'en obtenir la bonne exécution » [(Article R4127-34, 2004 du code de la santé publique (CSP)] ⁹⁶. De son côté, l'infirmière, dans les établissements sanitaires et sociaux, est chargée de sa bonne application, qui est elle-même très encadrée par la législation :

L'infirmier ou l'infirmière est habilité à pratiquer les actes suivants soit en application d'une prescription médicale qui, sauf urgence, est écrite, qualitative et quantitative, datée et signée, soit en application d'un protocole écrit, qualitatif et quantitatif,

⁹⁶ Article 34 (article R.4127-34 du code de la santé publique) du code de déontologie médicale.

préalablement établi, daté et signé par un médecin (Article 4311-7 du décret 29 juillet 2004 du CSP)⁹⁷.

Il s'agit ici du préambule de l'article dont les différents alinéas vont ensuite lister les actes concernés par cette obligation. Les injections et les perfusions rentrent dans ce cadre. Le médecin a pour responsabilité d'établir une ordonnance médicale qui va comporter une prescription médicamenteuse écrite sur papier ou informatisée. La prescription médicale, et ce quelle que soit sa destination, doit obligatoirement répondre à des critères de lisibilité et de traçabilité du prescripteur :

[...] Tout certificat, ordonnance, attestation ou document délivré par un médecin doit être rédigé lisiblement en langue française et daté, permettre l'identification du praticien dont il émane et être signé par lui. [...] (Article R4127-76, 2004)⁹⁸.

Enfin, le contenu même de l'ordonnance doit comporter des mentions obligatoires, qui font l'objet de vérification par le pharmacien lors de la dispensation des traitements et par les infirmières avant d'entreprendre toute préparation et administration médicamenteuse :

[Alinéa 2] La dénomination du médicament ou du produit prescrit, ou le principe actif du médicament désigné par sa dénomination commune, la posologie et le mode d'emploi, la quantité prescrite ou la durée du traitement ou éventuellement, le nombre de renouvellements (Article R5132-3 du Code de la santé publique, 2020 du CSP)⁹⁹.

Notre expérience professionnelle, et certaines études ou audits de dossiers patients, qui s'intéressent à la question de la prescription médicale, indiquent que, encore assez régulièrement, il existe un manque de rigueur dans cette activité, avec des prescriptions très fréquemment incomplètes, ou prêtant à confusion parce que mal écrites (Anceaux et al., 2006). La prescription médicale informatisée supprime le défaut de lisibilité, mais elle n'est toujours pas généralisée à l'ensemble des établissements de soins en France. De plus elle a apporté son lot de nouveaux problèmes (cf. *infra*). Ce qui caractérise cette formalisation de la prescription est lié aux lieux d'exercice. Bien qu'elle ait un encadrement réglementaire contraignant, sa rédaction va être beaucoup plus complète en service de pédiatrie et plus lacunaire en service d'adulte. En réanimation, lorsqu'elle

⁹⁷ Article 4311-7 du décret 29 juillet 2004 du code de la santé publique relatif aux actes professionnels des infirmiers et des infirmières.

⁹⁸ Article 76 (article R.4127-76 du code de la santé publique) du code de déontologie médicale

⁹⁹ Article R. 5132-3 du code de la santé publique relatif à la prescription de médicaments ou produits destinés à la médecine humaine.

n'est pas informatisée, la prescription prend une forme très contextualisée, prenant en compte le produit à préparer et le patient à qui il est destiné. À ce titre, elle est souvent incomplète, les notions de quantité à prélever, de dilution du produit et de débit de perfusion étant laissées, le plus souvent, à l'appréciation de l'infirmière qui va réaliser la mise en œuvre. Avant d'indiquer ce que comprend l'analyse de la tâche, nous expliquons d'abord ce qu'est un calcul de doses avec un médicament injectable puis la préparation de celui-ci au moyen d'un pousse-seringue électrique.

3.2.2 Qu'est-ce qu'un calcul de doses ?

La préparation d'un médicament, de façon schématique, consiste en la mise en œuvre d'un geste technique (le médicament injectable pouvant se présenter sous la forme d'une poudre à reconstituer avec un diluant ou directement sous forme liquide en solution) associé à un raisonnement mathématique (raisonnement de proportionnalité pour calculer la dose) et une activité de prise d'informations pour anticipation et contrôle du calcul comme du geste. Le calcul de doses se décompose, lui-même, en deux étapes :

- une première étape consiste à analyser le dosage (présentation du médicament) mis à disposition par la pharmacie au regard de la prescription. Il existe un écart entre l'unité de mesure (du principe actif du médicament) utilisée pour la prescription médicale et l'unité de mesure (de la préparation) utilisée pour l'administration que l'on dénomme « écart de mesure » dans certains ouvrages de formation au calcul de doses et qui se traduit par la correspondance x mg pour y mL quand le médicament est conditionné en flacons ou en ampoules, correspondance qui peut se penser comme indication de la concentration du produit dans le flacon ou l'ampoule.

- la seconde étape conduit à utiliser ce dosage pour déterminer la quantité de produit (en mL quand le produit est conditionné en flacons ou en ampoules) à administrer au patient en fonction de la dose de médicament prescrite (en mg par exemple). La dose prescrite est adaptée au patient, elle est pensée en unité liée au médicament par la personne qui prescrit (mg, UI, etc.) et en unité de produit conditionné par la personne qui administre. Un « écart d'adaptation » au patient en résulte, écart entre la dose, quantité de principe actif prescrite par le médecin, et la dose, quantité de préparation pharmaceutique à administrer par l'infirmière. Le calcul de doses consiste en un raisonnement

proportionnel pour aboutir à la dose à administrer à partir de la dose prescrite (figure 21).

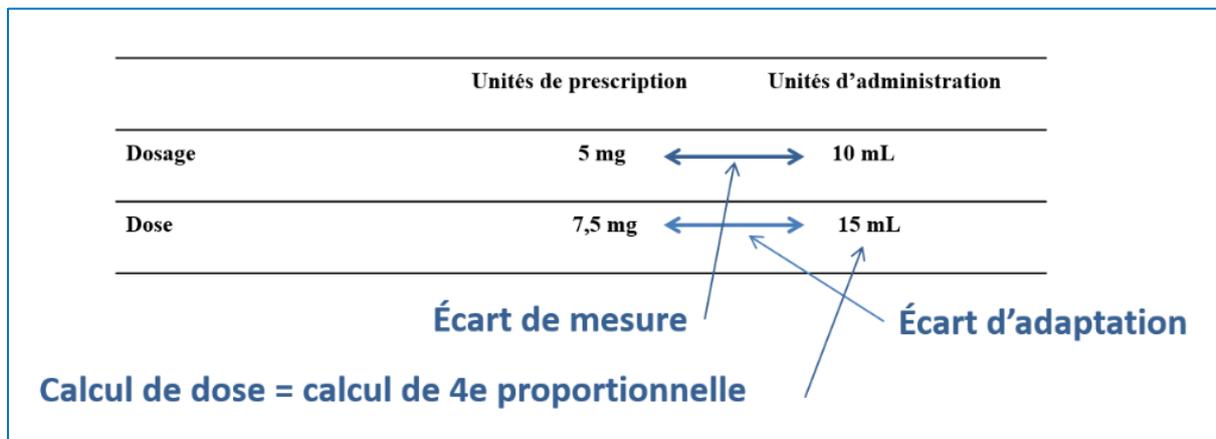


Figure 21 : Écarts de mesure et d'adaptation dans le calcul de dose
(Cours non publié, Roditi 2011)

3.2.3 L'activité de calcul de doses pour les médicaments injectés par pousse-seringue électrique

L'analyse de l'activité des praticiennes permet une approche pour envisager le calcul de doses comme une activité mathématique en contexte professionnel. Leplat (1997) souligne le lien étroit entre tâche et environnement et cite à ce sujet Scribner (1986) : « la pensée pratique experte incorpore des caractéristiques de l'environnement de la tâche (personne, choses, informations) dans le système de résolution de problème (p. 23) » (p. 121). L'activité de préparation et d'administration médicamenteuse est réalisée par l'infirmière en fonction de son expérience, des pratiques partagées au sein du service en matière de préparation de tel ou tel médicament, ou bien de protocoles établis et validés, qui ont valeur de prescription médicale – adressée à l'infirmière, et non au patient.

En service de réanimation, les médicaments injectables (hors antibiotiques) sont, pour une grande part, administrés par pousse-seringue électrique (PSE), c'est ce qui explique que ce soit la technique d'administration par perfusion explorée dans la thèse. La préparation et l'administration d'un médicament injectable par perfusion à l'aide de pousse-seringue électrique avec calcul de débit (mL/h) génèrent des pratiques très variées. Elles sont liées, soit aux règles d'utilisation du médicament (dilution plus ou moins importante car produit hypertonique par exemple), soit à des objectifs

thérapeutiques spécifiés par le médecin en lien avec l'état du patient (par exemple, utilisation de l'insuline en pousse-seringue électrique plutôt qu'en injection sous-cutanée pour réguler la glycémie d'un patient présentant une hyperglycémie majeure).

Un pousse-seringue électrique¹⁰⁰ est un dispositif médical qui accueille des seringues de contenances variables, le plus souvent chez les adultes, de 20 mL et de 50 mL (seringue la plus grande disponible). Ce dispositif permet, après avoir relié, via une tubulure nommée prolongateur, la seringue au système de perfusion du patient, d'administrer un traitement injectable à une concentration déterminée, à un débit continu et modulable, calculé en amont et programmé par l'infirmière. Plusieurs médicaments peuvent être administrés avec ces dispositifs encastrés les uns sur les autres. Nous reprenons le schéma de Poiroux (2020) pour illustrer le montage des lignes de perfusions (Figure 22).

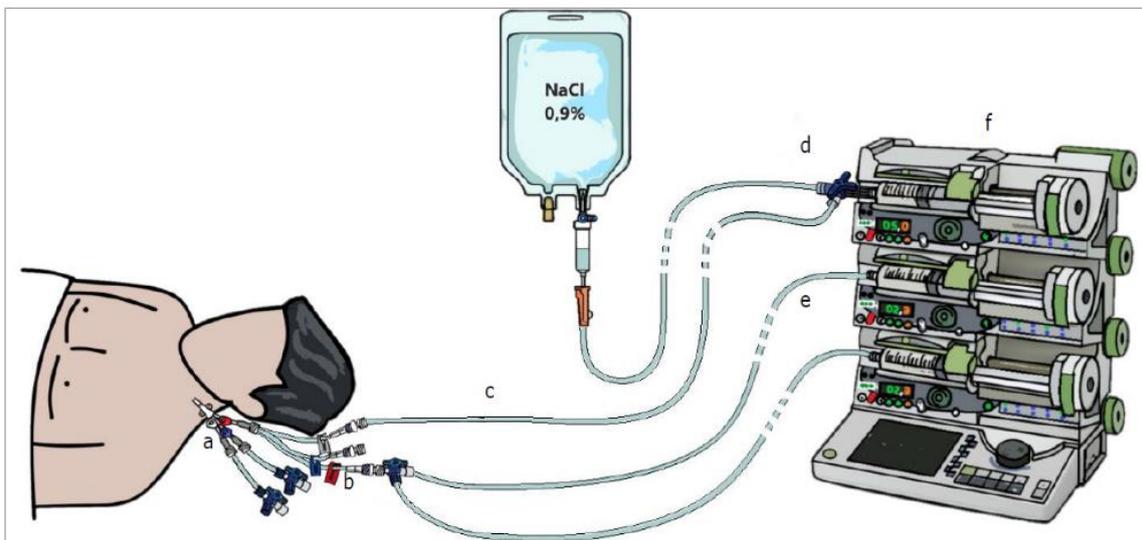


Figure 6 : Schéma de montage type pour l'administration intraveineuse de noradrénaline. a: cathéter veineux central multi-lumières, b: prolongateur 3 voies de faible volume avec valves anti-retour, c: prolongateur en polyéthylène (1m), d: lignes de perfusion du vecteur, e: lignes de perfusion de la noradrénaline, f: « base intelligente ».

Figure 22 : Exemple de montage pour l'administration intraveineuse au moyen de PSE (repris de Poiroux, 2020)

Hors prescription médicale informatisée, qui procure un format dans lequel toutes les données de la prescription sont précisées, les médecins ne spécifient parfois que le nom du médicament, sa posologie (pas systématiquement) et bien sûr la dose prescrite qui

¹⁰⁰ Nous avons présenté des photos de PSE dans le chapitre préambule de la thèse

peut être formulée en masse (en mg ou en g) ou en volume (en mL ou en L pour les apports d'hydratation par perfusion) ou encore en débit ($\mu\text{g}/\text{h}$ ou mg/h), la prescription laisse alors implicite toutes les notions de préparation qui sont protocolées dans la prescription informatisée (nombre d'ampoules, concentration souhaitée, volume de dilution, type de diluant, débit à programmer). La prescription n'indique parfois qu'un objectif clinique à atteindre : noradrénaline¹⁰¹ QSP PAM > 75 mmHg. Cette prescription indique que l'infirmière doit préparer la seringue, en fonction d'un protocole de dilution pré-établi ou des habitudes du service, et qu'elle doit réguler le débit d'administration du médicament en quantité suffisante (QSP) pour que la pression artérielle moyenne (PAM) soit supérieure à la valeur 75 mmHg décidée par le médecin ; la régulation du débit reposant donc sur la surveillance clinique du patient.

En prenant en compte l'ensemble des variables de la prescription manuscrite auxquelles s'ajoute la prescription médicale informatisée, on comprend l'importance de la diversité des tâches de l'infirmière qui dépendent de la prescription, et donc des situations. L'analyse de l'activité passe, comme nous venons de le voir, par celle de la tâche et des contextes, c'est-à-dire des situations. Si elle vise la mise au jour de la conceptualisation de l'infirmière dans l'action professionnelle, elle nécessite une classification de ces situations.

Pour donner une première idée de cette activité, nous allons présenter l'analyse de la tâche de calcul de doses, à partir d'une prescription de dobutamine, un des produits utilisés dans notre recherche. À partir de l'analyse de la prescription, nous allons envisager *a priori* les calculs qui pourraient être effectués par l'infirmière en vue de l'administration du médicament au patient. Cette analyse *a priori* de l'activité infirmière, didactique et ergonomique, sera notre référence dans l'étude des calculs des praticiennes pour identifier la façon dont la tâche prescrite – la prescription médicale – est redéfinie en fonction du contexte clinique dans lequel elle exerce et éventuellement de caractéristiques personnelles.

¹⁰¹ C'est une catécholamine très puissante qui agit au niveau cardio-vasculaire entraînant une vasoconstriction généralisée ce qui entraîne une augmentation de la pression artérielle, utilisée dans les états de chocs.

3.2.4 Analyse de la tâche de calcul de dose : l'exemple avec la dobutamine¹⁰²

La revue de la littérature montre que des savoirs variés ont été mis au jour, mais que l'organisation de la pensée dans la mise en œuvre du calcul de dose est laissée dans l'ombre. Notre objectif porte sur cette organisation et l'analyse *a priori* de l'activité que nous présentons ci-après, permet de comprendre comment la tâche peut être redéfinie et quels raisonnements sont possibles pour répondre à la prescription. Pour effectuer cette présentation, nous reprenons le travail de Roditi (2012, 2014) qui s'est construit en deux temps et qui constitue une étude princeps sur l'analyse d'une tâche de préparation d'un médicament injectable, la dobutamine. L'exemple qu'il a travaillé a été proposé en évaluation à des étudiantes en soins infirmiers. Nous poursuivons ici cette élaboration originelle en la généralisant pour nous amener à classer les conceptualisations possibles pour calculer les doses de médicaments injectables administrés par PSE¹⁰³.

3.2.4.1 Une étude princeps sur la redéfinition de la tâche

L'étude de Roditi (2012, 2014) a été réalisée en collaboration avec des formatrices d'IFSI auprès d'étudiantes en soins infirmiers, elle cherchait à mettre au jour les variables et les paramètres de la tâche, ainsi que les procédures mises en œuvre pour sa réalisation, avec leurs diversités suivant les contextes et les agents. La situation étudiée par Roditi est tout fait valide au regard d'une situation réelle de l'exercice professionnel infirmier. Pour faciliter la lecture ultérieure des résultats que nous livrerons dans la partie empirique, nous avons repris le modèle de la situation de l'étude de Roditi, mais nous avons modifié certaines valeurs numériques pour nous rapprocher du cas qui a été proposé dans notre recherche (cf. *infra*).

Présentation de la situation :

Vous devez administrer du Dobutrex® à un patient de 62 ans, hospitalisé dans votre service pour un état de choc. Il pèse 65 kg. Vous devez renouveler la seringue de médicament prescrit à la dose de 10 µg/kg/min à débiter à 9 h pour une durée de 12 h.

¹⁰² La dobutamine est une catécholamine qui entraîne un renforcement du débit cardiaque par augmentation de la fréquence cardiaque. Ce médicament était commercialisé sous le nom de Dobutrex® à l'époque de l'enquête.

¹⁰³ Il existe d'autres dénominations pour ce dispositif médical : IVSE (intraveineuse par seringue électrique), SAP (seringue auto-pulsée ou auto-poussée).

Vous disposez de flacons de dobutamine dosés à 250 mg pour 20 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9%.

Comme pour toute résolution de problèmes, la première étape est celle de la construction d'une représentation du problème à résoudre. Le lecteur averti perçoit dans la prescription que le calcul à effectuer convoque différentes notions mathématiques (grandeurs, mesures, unités, relations de proportionnalité entre différentes grandeurs) mais aussi de nombreux implicites liés au contexte clinique (l'état pathologique concret du patient, la voie d'abord veineux pour la perfusion, etc.) et à l'exercice professionnel (matériel disponible, calibre des seringues par exemple). L'étape suivante consiste à effectuer un raisonnement pour calculer le volume précis de médicament à prélever (correspondant à la dose prescrite en masse, en fonction du poids du patient). Il s'agit donc de prélever un volume (en mL) au moyen d'une seringue de capacité 50 mL qui est ensuite installée sur un support électrique (le PSE) pour une administration à débit continu. La dernière étape est la programmation du débit d'administration de la solution, en mL/h. Le calcul du débit s'effectue en référence au volume contenu dans la seringue de 50 mL et à la durée de perfusion envisagée, ici 12h.

Avant de poursuivre le détail de cette préparation et du calcul de dose, nous précisons un aspect technique utile à la compréhension de la suite du propos. Les seringues utilisées et présentées en photo dans la partie introductive du manuscrit, ont des calibres adaptés aux différents volumes à prélever. Un tableau de synthèse (Tableau 6) indique les différents calibres et les graduations afférentes pour prélever un volume avec précision.

Calibres des seringues	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL	20 mL	50 mL
Pas des graduations en mL	0,01 mL	0,1 mL	0,2 mL	0,5 mL	1 mL	1 mL

Tableau 6 : Calibres et graduations des seringues pour les préparations médicamenteuses injectables

La dose à prélever est déduite de la prescription médicale. Le patient doit recevoir 10 µg/kg/min de dobutamine pendant 12h ce qui donne une quantité de 468 mg de dobutamine ($10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 65 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} \times 12 \text{ h}$) / 1 000 µg/mg = 468 mg). Sachant qu'un flacon fournit 250 mg, l'infirmière perçoit que deux flacons seront nécessaires et suffisants pour prélever la quantité exacte de dobutamine, et donc que le volume à prélever est à la fois supérieur à 20 mL et inférieur à 40 mL. L'étape suivante est le calcul du volume précis de médicament à prélever. Le raisonnement à tenir est un raisonnement proportionnel. Une méthode de calcul de la quatrième proportionnelle est très largement recommandée aux étudiants en formation infirmière : les « produits en croix ». Cette méthode, enseignée pendant la scolarité secondaire, et très fréquemment préconisée dans les structures de formation en soins infirmiers comme méthode de référence, pour pallier les difficultés des étudiantes, mais aussi souvent par ignorance de l'ensemble des autres méthodes et des critères qui permettent de les hiérarchiser en fonction des contextes¹⁰⁴. Le calcul peut alors être décomposé comme suit.

Étape 1 : l'infirmière détermine la dose correspondant à la durée envisagée.

Elle écrit les données : 250 mg → 20 mL puis ses besoins : 468 mg → x mL. La concentration étant fixée, le volume est proportionnel à la masse, l'infirmière en déduit l'égalité des rapports 20/250 et x/468 et donc l'égalité des « produits en croix » : $468 \times 20 = 250 \times x$. Elle calcule enfin la valeur cherchée : $x = 468 \times 20 / 250 = 37,44 \text{ mL}$.

Étape 2 : l'infirmière dilue la dose dans un volume adapté à la durée de 12h.

L'infirmière va donc prélever les 37,44 mL en choisissant le matériel adapté (seringues de contenances différentes). Le lecteur remarquera que l'infirmière n'a pas besoin de décomposer additivement le volume de 37,44 mL en 20 mL pour le premier flacon plus un certain nombre de mL à prélever dans le second flacon : elle utilise les graduations des seringues pour prélever le tout. Plus précisément : avec une seringue de 50 mL graduée en mL, elle prélève 20 mL puis complète jusqu'à 37 mL ; avec une seringue de 1 mL graduée au centième, elle prélève les 0,44 mL manquants et complète la seringue de 50mL.

¹⁰⁴ Comme nous l'évoquons plus tôt, Wright (2009b) dénonce un même principe proposé dans la formation infirmière au Royaume-Uni sous la forme de la formule infirmière (*Nursing Formula*) un prêt-à-penser mathématique dangereux ; « *The danger with using the formula is that numbers can be placed in the calculation, the calculation solved to give a numerical answer, but due to a poor understanding of what is actually trying to be worked out this number has little meaning* » (p. 689).

Étape 3 : l'infirmière règle le débit pour administrer le volume de médicament contenu dans la seringue dans la durée prescrite. Le débit se calcule simplement en divisant le volume par le temps de perfusion soit ici $37,44 \text{ mL} / 12 \text{ h} = 3,12 \text{ mL/h}$. La perfusion débutant à 9h, il faudra renouveler la seringue à 21h, sauf changement de prescription.

3.2.4.2 La prise en compte des exigences professionnelles et nouvelle redéfinition de la tâche prescrite

Le calcul de dose présenté précédemment, s'il est mathématiquement juste, ne correspond pas aux exigences professionnelles en lien avec des contraintes matérielles et organisationnelles ou avec des raisons qui vont engendrer des modifications, des redéfinitions de la tâche. Nous allons ici proposer des ajustements opérés par les praticiennes à des fins de facilitation et/ou de sécurisation de la préparation.

Une première raison de modification est liée au volume à prélever, calculé au centième, et qui va nécessiter la manipulation de deux seringues pour respecter cette dose très précise : une seringue de 50 mL (graduée en mL) pour prélever 37 mL et une seringue de 1 mL (graduée en centièmes de mL) pour prélever les 0,44 mL. Cette dernière manipulation, très minutieuse, génératrice d'erreur de prélèvement (Taxis et Barber, 2003 ; Wright, 2013b) gêne les professionnelles qui vont préférer, pour un patient adulte, arrondir cette dose à 37,4 mL afin d'en faciliter son prélèvement. Deux seringues seront toujours nécessaires dans ce cas, une seringue de 50 mL pour prélever 37 mL et une seringue graduée en dixième de mL (seringue de 1 mL, 2 mL ou 5 mL – cf. tableau 6) pour prélever les 0,4 mL restants.

Une deuxième raison, qui touche aussi directement à la sécurité des patients, porte sur le calcul du débit. Dans un objectif de simplification du calcul, les infirmières vont réaliser un volume de produit dilué (et donc une dilution du produit) divisible par la durée. Ici le volume calculé de produit conditionné en flacons est de 37,4 mL, ce qui n'est pas facile à diviser par 12. L'infirmière diluera donc ce produit dans un volume divisible par 12, par exemple 48 mL puisque le produit occupe déjà 37,4 mL de la seringue de 50 mL. Il s'agit d'une pratique quasi unanime en service de soins qui permet une surveillance visuelle de l'avancée du produit dans la seringue lorsque l'infirmière passe dans la chambre du patient. Roditi (2014) propose une idée complémentaire, issus des entretiens avec les formatrices, toujours en lien avec la sécurité, qui serait de s'assurer que le débit n'a pas

été dérégulé par inadvertance : « il y aurait peu de chances en effet, dans ce cas, que le débit dérégulé soit exactement un nombre entier de mL/h » (p. 114). Le volume initial de 37,4 mL à injecter en 12h va être modifié en prélevant un complément de diluant – du chlorure de sodium à 0,9% (NaCl 0,9 %) ou du glucosé à 5% (G5 %) – jusqu'à un volume de 48 mL. La même quantité de médicament contenue initialement dans 37,4 mL sera dorénavant contenue dans 48 mL et toujours à administrer en 12h. Le débit correspondant à une injection de 48 mL en 12 h est 4 mL/h, c'est celui qui sera programmé sur le PSE. Il faut encore remarquer ici que le volume du complément de diluant n'est pas à « calculer », l'infirmière ne prélève pas la « bonne » quantité de diluant déterminée en amont, mais réalise ce prélèvement en complétant la seringue comportant le produit prélevé des flacons par du diluant jusqu'à atteindre un prélèvement de 48 mL.

Enfin, une contrainte matérielle conduit à une décision préalable concernant le débit : les dispositifs médicaux utilisés (les PSE) répondent à des normes techniques et des choix industriels tels que certains appareils peuvent être programmés au dixième de mL tandis que d'autres peuvent l'être au centième de mL, ce qui conduit les infirmières à anticiper la contrainte et à préparer une seringue permettant d'obtenir un débit en fonction répondant à cette contrainte. La difficulté peut être résolue en amont du calcul (certains protocoles de préparation prennent en compte cette donnée et donc évitent les débits décimaux) ou en aval (arrondi mathématique de la dose au dixième si le PSE ne peut être programmé avec un débit au centième).

Première redéfinition de la tâche : compléter la seringue pour faciliter le calcul du débit

La réalisation de la tâche de calcul peut donc se décomposer ainsi :

1. calcul (en µg et en mg) de la dose à injecter au patient de 65 kg pour 12 h ;
2. détermination du nombre de flacons nécessaires et du volume (dose en mL) à injecter ;
3. choix du volume de solution à injecter (pour simplifier le débit) et détermination éventuelle du volume de solvant (NaCl 0,9 % ou G5 %) qui complétera la seringue ;
4. calcul du débit du PSE ;
5. détermination de l'horaire de renouvellement de la perfusion.

Cette analyse de la tâche illustre le fait que l'activité de calcul de doses implique des mathématiques, mais aussi qu'elle s'inscrit bel et bien dans un contexte professionnel ce qui entraîne des redéfinitions multiples et des activités qui conduisent à prélever de « bonnes » quantités de produits sans pour autant les avoir calculées. L'analyse *a priori* se

poursuit en prenant en compte la variabilité des manières de faire en fonction des services hospitaliers et de leurs spécificités.

Deuxième redéfinition de la tâche : préparer une seringue qui évite le calcul du débit du PSE

La réanimation adulte implique une approche spécifique en matière d'administration des traitements médicamenteux et donc des calculs de doses : on y rencontre en effet le besoin d'une adaptation rapide des traitements à l'état instable des patients, d'où une préférence pour des traitements administrés en continu qui varient avec l'évolution permanente de l'état de santé du patient. Dans un tel service, le professionnel pense alors en termes de débit médicamenteux plutôt qu'en termes de doses médicamenteuses. Afin de garantir une administration continue (tout changement de prescription devant ne pas conduire à une interruption momentanée du traitement à cause d'un changement de matériel), l'infirmière prépare une seringue en recherchant un lien facile entre le débit de la prescription médicale et le débit de la seringue. En référence aux écarts évoqués précédemment, il s'agit là pour l'infirmière de réduire l'écart d'adaptation : le lien est simple entre la prescription (débit massique) et l'administration (débit volumique). Dans le cas de la prescription de dobutamine que nous venons d'examiner, l'infirmière pourrait rechercher une correspondance du type : pour 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ prescrit, le débit correspondant du PSE doit être réglé à 1 mL/h. Détaillons alors le calcul qui correspondrait. Si l'infirmière remplit complètement la seringue de 50 mL, alors à une prescription de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ correspond un débit de 1 mL/h donc une durée de traitement de 50 h. Si l'on note P la masse du patient (en kg) et que la prescription est de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, alors la masse de produit en mg contenue dans la seringue doit être : $1/1000 \times P \times (60 \times 50) = 3 \times P$. La fraction 1/1000 correspond à la conversion d'un μg en mg ; le nombre 60×50 est le nombre de minutes correspondant aux 50 h d'administration du traitement. La méthode¹⁰⁵ de calcul est instituée dans le monde professionnel et appelée la « règle du poids fois 3 ».

La formule de calcul peut s'utiliser directement afin de préparer la dobutamine, mais elle peut également être utilisée pour réaliser des abaques qui permettront aux infirmières de ne plus calculer la dose à préparer et le débit, mais simplement de croiser les données du poids du patient avec la dose prescrite en volume pour régler ensuite le débit souhaité. Dans ce cas, la préparation de la seringue est standardisée grâce à la formule.

¹⁰⁵ La méthode repose sur le calcul de la concentration du produit, mais cela est souvent rendue implicite dans la profession et dans la formation.

Dans le cas présenté, le patient a une masse de 65 kg, la masse de produit en mg est donc de $65 \times 3 = 195$. Le volume à prélever du flacon de 20 mL de dobutamine est de 15,6 mL puis sera complété de 34,4 mL de diluant pour remplir la seringue jusqu'à 50 mL. Le débit sera réglé à 10 mL/h pour respecter la prescription médicale de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. La seringue devra être renouvelée 5 h plus tard. L'intérêt de cette méthode réside dans la possibilité d'adapter le débit à la modification de la prescription médicale de façon simple. Si l'état du patient évolue et que le médecin prescrit 8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, l'infirmière règle le débit à 8 mL/h.

La réalisation de la tâche de calcul se décompose ainsi :

1. calcul (mg) de la dose à injecter au patient de 65 kg ;
2. calcul du volume (dose en mL) à injecter et (éventuellement) du volume de solvant (NaCl 0,9% ou G5%) pour compléter la seringue à 50 mL ;
3. réglage du débit du PSE en fonction de la prescription ;
4. détermination de l'horaire de renouvellement de la perfusion si besoin.

Pour ce type de préparation, on peut noter que la durée de la seringue n'est pas mise en priorité comme c'était le cas pour la première méthode centrée sur la dose.

Troisième redéfinition de la tâche : préparer une seringue où la concentration est choisie pour faciliter le calcul du débit en fonction de la prescription

L'infirmière pourra encore s'y prendre autrement : diluer le produit pour obtenir une concentration simple permettant de calculer facilement le débit du PSE à partir de la prescription. En référence aux écarts évoqués précédemment, il s'agit là pour l'infirmière de réduire l'écart de mesure : le lien est simple entre la mesure utilisée dans la prescription (masse horaire) et la mesure utilisée pour l'administration (volume horaire). En reprenant le même exemple, on peut présenter la décomposition des étapes de réalisation de la tâche de calcul :

Étape 1 : l'infirmière fixe une concentration facilitant le passage de la masse au volume.

La concentration optimale est obtenue par dilution d'un ou deux flacons de dobutamine dans 50 mL :

- soit 250 mg dans 50 mL ce qui correspond à une concentration de 5 mg / 1 mL c'est-à-dire à la correspondance 5 mg \rightarrow 1 mL (division par 5 pour passer des mg aux mL ce qui s'exécute mentalement en divisant par 10 et en multipliant par 2) ;

- soit 500 mg dans 50 mL ce qui correspond à une concentration de 10 mg / 1 mL c'est-à-dire à la correspondance 10 mg → 1 mL (division par 10 pour passer des mg aux mL).

Étape 2 : l'infirmière détermine le débit horaire de masse indiqué dans la prescription.

Le débit est $10 \mu\text{g} \times 65 \text{ kg} = 650 \mu\text{g}$ pour 1min, soit 39 mg/h (car $650 \times 60 / 1\,000 = 39$)

Étape 3 : l'infirmière calcule et règle le débit volumique sur le PSE.

Pour une concentration à 10 mg/mL, le débit volumique est à 3,9 mL/h.

Pour une concentration à 5 mg/mL, le débit volumique est à 7,8 mL/h.

La réalisation de la tâche de calcul écrit peut donc se décomposer ainsi :

1. choix d'une concentration initiale en mg/mL du produit à injecter ;
2. calcul du débit médicamenteux en mg/h à partir de la prescription ;
3. détermination du débit médicamenteux en mL/h à programmer du PSE ;
4. détermination éventuelle de l'horaire de renouvellement de la perfusion.

Pour ce type de préparation, on peut noter à nouveau que la durée de la seringue n'est pas la priorité comme pour la première proposition centrée sur la dose. L'infirmière pourra cependant estimer la durée approximative de la seringue (ici un peu plus de 6h ou de 12h en fonction de la concentration initiale), en vue d'un renouvellement, sauf changement de prescription qui modifierait le débit à la hausse ou à la baisse.

Les activités mathématiques impliquées dans ces pratiques de calcul de doses sont variées, elles nécessitent le plus souvent des opérations arithmétiques élémentaires qui s'effectuent mentalement, mais parfois plus complexes et qui nécessitent le passage à l'écrit ou l'usage d'une calculatrice, elle s'appuient fréquemment sur les raisonnements proportionnels et des conversions d'unités (μg en mg, min en h par exemple), elle convoquent différentes grandeurs dont des grandeurs quotient comme la concentration (lecture du dosage de certains médicaments, préparation spécifique pour les PSE en mg/ml ou $\mu\text{g}/\text{ml}$) et le débit ($\mu\text{g}/\text{min}$ ou mg/h dans les prescriptions ; mL/h pour l'administration par PSE ou gouttes/minutes pour l'administration par perfusion, ce que nous n'étudierons pas ici).

Cette analyse de la tâche de calcul de doses, effectuée pour une prescription de dobutamine en tenant compte des choix professionnels – ou des professionnelles – met au jour une multiplicité de redéfinitions possibles de la tâche, et nous demande donc de

répertorier plus systématiquement les manières de faire et d'en analyser les caractéristiques, notamment en tenant compte des contraintes de contexte. Dans les services de réanimation/soins intensifs, comme nous l'avons précisé plusieurs fois, des pratiques très variées existent en effet et toutes n'ont pas été vues ici, comme l'utilisation de protocoles qui détaillent la préparation du médicament ou bien l'utilisation de tables de valeurs désignées par le terme « abaques » dans le milieu infirmier. L'ensemble de ces contextes particuliers de travail représentent autant de situations que l'analyse de l'activité devrait pouvoir identifier

L'analyse *a priori* laisse apparaître une grande variété des possibles dans les pratiques de calcul de doses médicamenteuses pour un traitement injectable par seringue électrique. Cette analyse reste toutefois fondée sur la tâche et des choix possibles de réalisation : calculer une dose à administrer dans une certaine durée ; réduire l'écart de mesure en modifiant la concentration pour faciliter les calculs de débit ; réduire l'écart d'adaptation en préparant une seringue conduisant à une relation simple entre la prescription médicale et le débit à régler. Toutefois, aucune des spécificités de contexte (protocole de service, harmonisation d'équipe, etc.), de matériel disponible (espace dédié, flacons, seringues, etc.), d'outils mis à disposition (abaques, etc.), de type de prescription médicale (informatisée ou non, comprenant toutes les indications ou non, etc.), de préférence ou d'habitude personnelle, etc. n'est prise en compte dans cette analyse *a priori*. L'analyse du travail réel risque bien de les mettre au jour et d'enrichir encore la palette des possibles envisagés *a priori*. Palette que nous devons analyser afin d'en extraire une catégorisation en lien avec les organisateurs de l'activité des infirmières, eux-mêmes à déterminer dans notre recherche. Indiquons avant cela les éléments disponibles dans la littérature sur le développement des pratiques instrumentées, notamment en lien avec des prescriptions médicales informatisées.

3.3 Des questions sur l'adaptabilité des raisonnements à des pratiques instrumentées

L'intention majeure de la thèse est de comprendre l'activité de calcul de doses des infirmières et pour cela nous cherchons à en comprendre les organisateurs et à la

modéliser, mais conjointement (et c'est sans doute en grande partie le déclencheur de notre volonté de conduire cette recherche), la thèse vise à identifier les erreurs et leurs origines, avec l'espoir d'élaborer des pistes, passant sans doute par la formation, pour les réduire sinon les éviter. L'erreur est consubstantielle de l'activité humaine. Il y a donc là un défi, qui n'est pas que le nôtre, et pour y faire face, des aides techniques ont été élaborées (protocoles de préparation, abaques), des moyens technologiques également qui seraient plus fiables que le raisonnement humain du praticien. Depuis une vingtaine d'années, il y a une intention d'automatiser les prescriptions médicales et, un peu plus récemment, les calculs de doses afin de réduire, voire de supprimer les erreurs. Avec un regard rétrospectif sur cette question, nous présentons quelques arguments scientifiques pour évaluer les avantages et les inconvénients de ces aides. Avant d'évaluer l'impact des protocoles qui organisent la préparation de certains médicaments injectables, nous commençons par en donner une définition possible car c'est un terme qui présente plusieurs facettes en fonction de sa qualification et des acteurs impliqués dans sa gestion (protocoles de soins infirmiers, protocoles diagnostiques, protocole thérapeutiques, protocoles de coopération, protocoles pluriprofessionnels, etc.). Sans développer trop avant cette description, nous distinguons les protocoles de soins infirmiers et les protocoles thérapeutiques médicamenteux. Les premiers sont à l'initiative de l'infirmière et sont réglementés par les textes de la profession¹⁰⁶. Cependant, il n'existe pas de texte général quant à son contenu. Le « Guide du service infirmier » (1992), publié par le ministère de la Santé, a défini le protocole de soin comme « le descriptif des techniques à appliquer et/ou des consignes à observer dans certaines situations de soins ou pour l'administration d'un soin ». Un modèle souvent utilisé provient du protocole établi pour traiter la douleur dont les règles ont été édictées dans la circulaire 99-84 du 11 février 1999 (DGS, 1999). L'idée principale que l'on retient est qu'il est une sorte de guide d'application des procédures de soins (Tamburini, 2020) et que le plus souvent, il répond à des besoins d'harmonisation des pratiques parfois trop variables, des difficultés signalées dans la réalisation d'un soin, etc. Son élaboration par les professionnels de santé répond à des critères de rigueur et de méthode.

¹⁰⁶ Code de la santé partie réglementaire des professions de santé. Texte sur l'exercice de la profession relatif aux actes professionnels : articles R. 4311-3, R. 4311-4, R. 4311-7, R. 4311-8 et R. 4311-14. Art. R. 4311-3 : l'infirmier « peut élaborer, avec la participation des membres de l'équipe soignante, des protocoles de soins infirmiers relevant de son initiative » .

Quant à lui, le protocole thérapeutique médicamenteux est défini comme :

un document formalisé et rédigé par les professionnels de santé. Il contribue au bon usage du médicament. Il sécurise d'une part les professionnels de santé qui l'appliquent car il constitue un référentiel validé, et d'autre part les patients qui en bénéficient car il standardise les pratiques professionnelles à haut niveau de preuve (Dony, 2010, p. 12).

Un protocole thérapeutique médicamenteux décrit un certain nombre d'éléments nécessaires à sa mise en œuvre. On y retrouve : la place du médicament au sein d'une stratégie thérapeutique en regard d'une pathologie déterminée ; ses indications ou une de ses indications ; ses modalités de prescription ; ses modalités de fabrication en pharmacotechnie ; ses modalités de délivrance ; ses modalités d'administration dont la préparation infirmière proprement dite des médicaments ; ainsi que les effets indésirables, la surveillance à effectuer et les contre-indications éventuels (Dony, 2010). Au sein des protocoles thérapeutiques médicamenteux, certains s'adressent plus spécifiquement à la préparation médicamenteuse par les infirmières et sont dénommés protocoles thérapeutiques médicamenteux infirmiers. Ils ont été l'objet de la thèse de Dony (2010) dont l'objectif était de proposer une réponse dans la lutte contre la iatrogénie médicamenteuse. Cette thèse de pharmacie propose une voie complémentaire qui réunit les deux approches et elle est désormais recommandée par la HAS (2013) qui justifie la nécessité de faire évoluer les pratiques pour les raisons suivantes :

Le manque de standardisation des pratiques des infirmier(ère)s produit des écarts dans la prise en charge des patients en particulier pour les pratiques d'administration des médicaments à risque : différentes méthodes de calcul, différentes méthodes de préparation, différentes techniques d'administration cohabitent. Le programme IPAQSS de la HAS recommande la création d'un thésaurus des protocoles médicamenteux partagé (HAS, 2013, p. 97).

Le protocole thérapeutique médicamenteux infirmier est défini par la HAS (2013) à partir de la recherche de Dony (2010) : « C'est un recueil documentaire sur un domaine de connaissance donné (ici les pratiques des infirmier(ère)s) liées à l'administration du médicament dont la forme est normalisée. Il regroupe par ordre alphabétique les protocoles standardisés » (p. 97). Une illustration graphique du protocole thérapeutique médicamenteux est présentée ci-dessous (Figure 23).

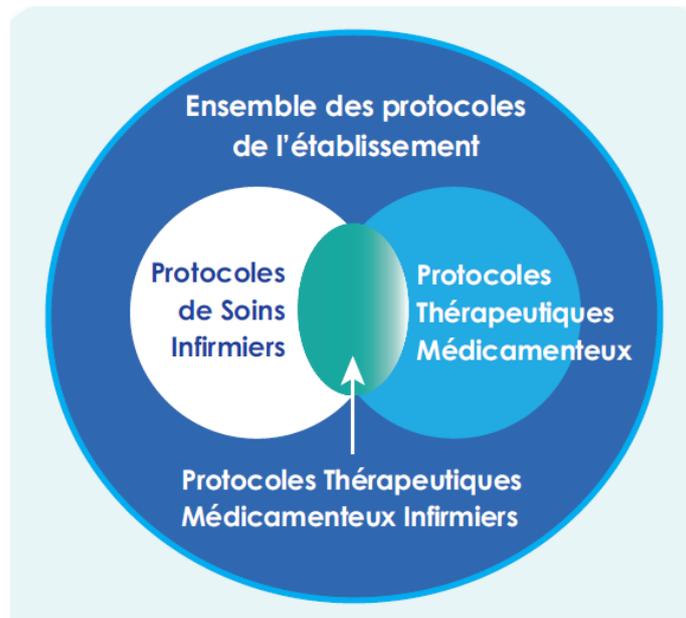


Figure 23 : Représentation graphique du Thésaurus des protocoles thérapeutiques médicamenteux infirmiers (HAS, 2013, p. 97 d'après Bony, 2010).

La recherche a permis de constituer un thésaurus de 15 protocoles mis en place au centre hospitalier de Lunéville. Nous avons extrait le protocole concernant la dobutamine que nous présentons en annexe (cf. annexe 6). Nous n'avons pas trouvé de traces de l'évaluation de ce dispositif qui vise un accroissement probable de la sécurité et de la traçabilité. La mise à disposition de ces protocoles dans la prévention de l'erreur joue un rôle pour l'apprentissage de la préparation de certains médicaments spécifiques (comme les médicaments à risque) pour les étudiantes en soins infirmiers et une aide à l'intégration pour des jeunes diplômées débutant leur carrière dans un service de réanimation/soins intensifs. Le passage du papier à l'informatique s'accroît depuis les années 80 et l'implantation des systèmes d'information hospitaliers a progressé, apportant une rationalisation et une automatisation de certaines procédures, mais également son lot d'outils informatiques devant faciliter la tâche des professionnels de santé (dossier patient informatisé, dossier médical informatisé, délivrance des résultats d'analyses biologiques, etc.). De nombreuses innovations pour assurer la sécurité du circuit du médicament ont été développées comme la prescription médicale informatisée via des logiciels d'aide à la prescription. Un article de deux pharmaciens, Westphal et Farinotti (2003) présente la prescription informatisée sous ses aspects positifs sur la

sécurisation du circuit du médicament, tant pour le pharmacien, au début de la chaîne, que pour les professionnels de santé que sont les infirmières à son autre extrémité. Le résumé de l'article se termine de cette façon :

Les données actuellement disponibles dans la littérature indiquent que l'informatisation de la prescription médicamenteuse permet de réduire l'incidence des erreurs de prescription, d'améliorer le caractère approprié des choix de traitement, d'optimiser le suivi thérapeutique et de réduire l'incidence des événements indésirables médicamenteux évitables, ainsi que les coûts pharmaceutiques (Westphal et Farinotti, 2003, p. 1138)

À cette époque, il y a encore peu de travaux d'évaluation des systèmes de prescription. Certaines études vont rapidement indiquer que la prescription médicale informatisée, si elle apporte éventuellement des bénéfices, ce qui n'est pas toujours constaté, génère de nouvelles erreurs. Berger et Kichak (2003) signalent qu'il n'y a pas de diminution significative de la morbidité et de la mortalité des patients liée aux systèmes de prescription informatisée et Koppel (2005) note les problèmes liés à l'environnement informatique qui empêche par exemple la vue globale de la prise en charge médicamenteuse et donc pointe les limites de la conception du système. À l'inverse, une revue systématique américaine (Radley et al., 2013) montre une diminution considérable des erreurs médicamenteuses (12,5 % des erreurs médicamenteuses) avec la prescription médicale informatisée, soit environ 17,4 millions d'erreurs de médication évitées aux États-Unis. Il s'est écoulé une dizaine d'années entre ces études ; nous imaginons que les logiciels ont été optimisés et qu'ils répondent plus efficacement aux attentes des utilisateurs. Une revue systématique de la littérature très récente, réalisée par l'équipe de pharmacie de l'hôpital Georges Pompidou et le Dr Durieux du même hôpital (Korb-Savoldelli et al., 2018), a produit une analyse de la prévalence des erreurs de prescription liées à l'utilisation des systèmes de prescription informatisée. Nous exposons ici les bénéfices et les inconvénients rapportés dans l'article. Le but de ces systèmes est d'améliorer la sécurité, la qualité et la valeur des soins aux patients. Ils permettent bien sûr d'écarter tous les problèmes d'écriture illisible et de prévenir les erreurs de transcription. Un certain nombre d'entre eux ont une activité de surveillance pharmacologique (interactions médicamenteuses, alerte sur les allergies, aide à la prescription pour ajuster les doses dans certaines situations). La mise à disposition immédiate d'informations sur les médicaments est un des avantages notables ainsi qu'une amélioration de la communication entre les personnels de santé (accès à l'information

partagé, recommandations disponibles). Enfin, ils permettent de réduire les coûts de traitement, mais le niveau de preuves est faible. D'autres études (Chaudhry et al., 2006; Durieux et al., 2008) montrent que la sécurité des soins est améliorée par la réduction du nombre d'erreurs médicamenteuses, d'effets indésirables des médicaments et la durée d'hospitalisation. Certaines publications systématiques (Kaushal, Shojania et Bates, 2003 ; Shamliyan et al., 2008 ; Van Rosse et al., 2009) indiquent une diminution des erreurs de prescription. Toutefois, les effets positifs de ces systèmes peuvent être compromis par la survenue d'erreurs de prescription et la revue systématique de Korb-Savoldelli et al. (2018) évoque également les conséquences négatives non intentionnelles (une charge de travail accrue, la nécessité de mettre à jour et améliorer le système, le besoin persistant de dossiers papier, des sentiments négatifs à l'égard du système et une dépendance excessive à l'égard de la technologie). Les effets bénéfiques attendus et obtenus quant à la sécurité sont donc contrebalancés par des effets négatifs inattendus désormais désignés par le terme de « e-iatrogénie » : accroissement d'erreurs médicamenteuses, même si leur nombre demeure relativement faible (1,4% à 4,3%) sur l'augmentation de la mortalité.

La revue systématique de Korb-Savoldelli et al. (2018) a inclus quatorze études et rapporte une prévalence des erreurs médicamenteuses liées aux systèmes de prescription informatisée par rapport à toutes les erreurs de prescription de médicaments variant entre 6,1 et 77,7 % (médiane = 26,1 % [EI : 17,6-42,1]) et étaient inférieures de 6,3 % par rapport au nombre de prescriptions examinées. Toutes les études ont fait état d'« erreurs de dose » et d'« erreurs de médicament ». L'erreur de dose était la plus fréquemment signalée (de 7 à 67,4 %, médiane = 31,5 % [EI : 20,5-44,5]). Tout comme pour l'établissement d'un taux d'erreur médicamenteuse, l'étude signale la très grande disparité méthodologique des études (type d'étude, type de logiciel, nombre de prescriptions étudiées, etc.) avec des définitions des erreurs non normalisées.

Pour terminer ce court repérage bibliographique sur la prescription informatisée, nous citons le rapport HAS (2019) évoqué dans l'introduction de ce travail, à propos de la déclaration des événements indésirables pour l'année 2018. Le rapport recense 810 EIGS au total dont 11 en lien avec une défaillance du système d'information dont 27 % ont conduit à un décès et 55 % une mise en jeu du pronostic vital. Sur ces 11 EIGS, tous ne sont pas liés aux logiciels d'aide à la prescription mais ces derniers y participent par

l'intermédiaire de bugs ou d'erreurs liées à une mauvaise utilisation de l'outil par le prescripteur. Nous reprenons, ci-dessous, un exemple issu du rapport :

Erreur médicamenteuse par surdosage d'antibiotique pour traiter le risque infectieux chez un prématuré à 35 semaines, ayant entraîné un déficit.

Installation d'un logiciel de prescription et de planification ne répondant pas à l'ensemble des habitudes des soignants. Le service maintient un tableau de planification mural et une habitude de prescription orale. La présence de plusieurs systèmes de gestion des traitements médicamenteux est une cause explicative de l'événement (HAS, 2019, p. 59).

La présentation de l'activité de calcul de dose a montré qu'il existe une logique différente d'un produit à l'autre, d'un praticien à l'autre. Avec un calcul informatisé existe l'idée que le contrôle réalisé au cours de l'action disparaît, or il existe un intérêt de la variabilité pour l'infirmière pour s'adapter aux situations. L'ordinateur est alors considéré comme un artéfact comprenant l'implémentation d'un mode de raisonnement pour le calcul de doses. Ce mode de raisonnement ne correspond parfois pas à celui qui aurait été tenu par l'utilisateur et cela génère des difficultés : non compréhension, doute sur le résultat voire une déresponsabilisation possible du calcul. Les systèmes informatisés font l'objet de mésusages lorsqu'ils sont peu adaptés aux raisonnements des professionnels. Une catachrèse en résulte, c'est-à-dire un détournement de l'artéfact par son utilisateur. La notion a été développée par Rabardel (1995) qui a étudié l'introduction des technologies dans le travail humain. Il en résulte des risques plus ou moins importants comme l'indique le rapport de la HAS (2019). La prescription informatisée comme les protocoles et abaques sont des artéfacts dont l'utilisation sera analysée dans la thèse pour leur effet sur l'activité de calcul de doses. Une question sera traitée qui est celle de l'adaptation des pratiques professionnelles aux artéfacts, mais une autre pourrait résulter des résultats obtenus qui est celle, cette fois, de l'adaptation des artéfacts aux pratiques professionnelles. Avec le logiciel de prescription informatisée, l'infirmière est privée d'un moyen de contrôle sur la conduite du calcul et ne peut que refaire tous les calculs pour contrôler le résultat. Or nous l'avons vu dans l'analyse *a priori*, différents résultats corrects sont possibles pour la même prescription et qui correspondent à des modalités différentes d'administration. L'infirmière risquerait donc de conduire des calculs donnant un autre résultat que celui indiqué par le logiciel car il y aurait divergence de choix quant à la modalité d'administration. Dans une recherche antérieure menée dans le cadre de notre master (Benlahouès, 2012, non publié), sur un faible échantillon (n=8), nous avons

montré que le doute, par l'alerte qu'il procure, est un possible facteur de sécurisation de l'activité de calcul de doses. Ce calcul géré par les artéfacts augmente-t-il la sécurité du patient ou augmente-t-il l'insécurité du professionnel ? Ces questions émergent de la revue de littérature citée ci-dessus qui montre le décalage entre les usages attendus par les concepteurs et les usages constatés.

Les analyses et les questions soulevées au vu des travaux antérieurs conduisent à une problématisation de notre recherche que nous détaillons dans la section suivante.

3.4 Problématique générale

La question générale que nous posons est donc celle de l'intelligibilité d'une activité infirmière : le calcul de doses médicamenteuses en situation professionnelle. La très grande variabilité des pratiques et la multiplicité des médicaments nous a conduit à restreindre l'étendue du champ étudié, pour éviter de rester à la surface de la compréhension et nous avons choisi de nous limiter à des médicaments considérés comme dangereux et dont l'administration nécessite des calculs parfois complexes : les médicaments injectables en service de réanimation adulte. Les manières de calculer pour préparer l'administration de la dobutamine ont été étudiées dans le cadre d'une recherche (Roditi, 2012, 2014) sur laquelle nous nous appuyons pour mener la nôtre ; une conceptualisation en a été proposée qui met au jour trois façons très différentes de penser le lien entre la prescription et l'administration médicamenteuse. La généralisation de la démarche à d'autres produits, et éventuellement de ses résultats, n'a pas été envisagée ni, en conséquence, la modélisation globale de l'activité de calcul de doses pour la classe de médicaments à laquelle appartient la dobutamine : les médicaments injectables à risque en service de réanimation adulte. C'est ce travail que nous nous proposons de réaliser dans cette recherche.

Avec une approche issue de la didactique professionnelle, notre thèse vise donc la conceptualisation de l'activité de calcul de doses des infirmières en service de réanimation adulte, avec pour but l'institutionnalisation des savoirs d'action de ces professionnelles, avec une visée de formation ayant pour perspective, d'une part, une meilleure correspondance entre l'activité enseignée et l'activité réelle au travail, et d'autre part une réduction des erreurs de calculs de doses. Il existe un préalable à ce travail de

conceptualisation, comme l'ont bien expliqué Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) : s'il repose sur des analyses de la tâche, il ne peut toutefois pas faire l'économie d'une analyse du travail.

En didactique professionnelle, l'identification de la structure conceptuelle d'une situation repose sur un paradoxe : on se place du point de vue de la tâche, mais il est nécessaire de passer par une première analyse de l'activité pour identifier la structure conceptuelle : celle-ci représente en effet l'ensemble des éléments invariants qu'on retrouve mobilisés chez tous les sujets ayant une action efficace (p. 160).

L'analyse du travail que nous envisageons est fondée par la psychologie ergonomique qui envisage l'étude du couplage sujet-situation comme déterminant de l'activité et conduit ainsi à l'identification de facteurs fixes ou variables, intra ou interpersonnels qui caractérisent la conduite de l'activité. Notre appui sur la psychologie ergonomique pour modéliser l'activité de calcul de doses médicamenteuses s'effectuera en particulier par la mobilisation du modèle de la double régulation de l'activité et visera la mise au jour des déterminants et organisateurs de l'activité, y compris les contraintes qui s'exercent sur les infirmières dont le travail est analysé.

À partir de l'analyse *a priori* déjà effectuée pour la dobutamine, nous envisageons dans notre enquête de généraliser la démarche aux médicaments injectables à risque prescrits en service de réanimation adulte. Cette approche produit par produit s'est appuyée sur deux sources qui émanent de l'analyse institutionnelle des situations à risques d'événements indésirables. Ces médicaments apparaissent d'une part, dans une liste produite par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM)¹⁰⁷ intitulée « Les événements qui ne devraient jamais arriver » - « *Never Events* », et d'autre part, dans la liste des médicaments à haut risque ou *High Alert Medications*. Nous présentons tout d'abord les événements fléchés dans la liste des *Never Events* (ANSM, 2017)¹⁰⁸ :

¹⁰⁷ Circulaire N° DGOS N° DGOS/PF2/2012/72 du 14 février 2012 relative au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse des établissements de santé [en ligne]. 14 février 2012. [Consulté le 14 février 2016]. Disponible sur le Web : http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2012/02/cir_34700.pdf
Cette liste a été élaborée par l'Afssaps depuis devenue ANSM à partir de la démarche des *never events* du National Health Service en Grande-Bretagne et des accidents survenus en France.

¹⁰⁸ Pour chaque événement de cette liste, l'ANSM sur son site documente les raisons de ces choix et les mesures correctives ou de précautions lors de la manipulation des médicaments évoqués. [https://ansm.sante.fr/Dossiers/Securite-du-medicament-a-l-hopital/Les-evenements-qui-ne-devraient-jamais-arriver-Never-Events/\(offset\)/0#paragraphe_41585](https://ansm.sante.fr/Dossiers/Securite-du-medicament-a-l-hopital/Les-evenements-qui-ne-devraient-jamais-arriver-Never-Events/(offset)/0#paragraphe_41585)

- erreur lors de la prise en charge des patients atteints de fibrillation auriculaire et traités avec des médicaments anticoagulants oraux ;
- erreur lors de l'administration du chlorure de potassium injectable ;
- erreur d'administration par injection intrathécale au lieu de la voie intraveineuse (IV) ;
- erreur de rythme d'administration du méthotrexate par voie orale (hors oncologie) ;
- erreur d'administration de gaz à usage médical ;
- erreur d'administration d'insuline ;
- erreur d'administration de spécialités utilisées en anesthésie-réanimation au bloc opératoire ;
- erreur de programmation des dispositifs d'administration (pompes à perfusion, seringues électriques, etc.) ;
- erreur lors de l'administration ou utilisation de petits conditionnements unidoses en matière plastique (sérum physiologique, solution antiseptique, etc.) notamment à la maternité ou en pédiatrie.

Cette liste construite à partir de l'expérience anglo-saxonne, prend racine aussi sur le travail sur les médicaments à risque. Dans son guide sur les outils de sécurisation et d'auto-évaluation des médicaments, la HAS (2013) précise qu'à l'étranger, « les médicaments à risque, sont plus connus sous l'appellation « *High-Alert Medications* ». La liste la plus connue est celle de l'*Institute for Safe Medication Practices (ISMP's List of High Alert Medications)* » (p. 59). Ces médicaments sont définis comme des médicaments entraînant un risque plus élevé de causer des dommages aux patients (et souvent de façon dramatique d'où une certaine médiatisation), bien que les erreurs médicamenteuses ne soient pas plus fréquentes avec ces médicaments, en revanche, elles sont plus fréquemment déclarées. En France, l'arrêté du 6 avril 2011, relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé, définit les médicaments à risque comme :

[Des] médicaments requérant une sécurisation de la prescription, de la dispensation, de la détention, du stockage, de l'administration et un suivi thérapeutique approprié, fondés sur le respect des données de référence afin d'éviter les erreurs pouvant avoir des conséquences graves sur la santé du patient (exemples : anticoagulants, antiarythmiques, agonistes adrénergiques IV, digitaliques IV, insuline, anticancéreux, solutions d'électrolytes concentrées...). Il s'agit le plus souvent de médicaments à marge thérapeutique étroite.

Cette liste croise celle des Never Events mais, en établissement de santé elle doit être adaptée à la nature de l'activité de soins et on peut donc y trouver un nombre de

médicaments plus large. Par ailleurs, la campagne 5 Millions lives lancée par l'*Institute for Healthcare Improvement* (IHI) cible 4 familles de médicaments : les anticoagulants, les narcotiques et opiacés, les insulines et les sédatifs comme les médicaments les plus à risque (HAS, 2013). Dans notre recherche, nous avons finalement limité l'analyse à six molécules : la dobutamine, l'héparine, l'insuline, la morphine, le chlorure de potassium et la noradrénaline.

Un dernier point doit être abordé dans cette section concernant un objectif secondaire de la thèse, mais essentiel dans notre réflexion puisque c'est lui qui a été le moteur initial de la recherche sur l'activité de calcul de doses des infirmières. Il s'agit des erreurs de calculs de doses et de la possibilité de comprendre comment elles surviennent. Pour traquer les éventuelles sources d'erreurs, nous avons construit des conditions critiques à même de déranger la pratique, sans toutefois la dénaturer. Cette déstabilisation des sujets répond à un des principes de la didactique professionnelle et rappelé par Pastré et Rabardel (2005) :

C'est le rôle des didacticiens de multiplier intentionnellement les situations qui vont déstabiliser chez un sujet l'emploi de ses ressources habituelles, de manière à provoquer chez lui la mise en route d'une genèse opérative, source de création de ressources nouvelles. Certes la création de ressources nouvelles peut très bien échouer : la confrontation à un problème est une condition nécessaire pour provoquer un apprentissage, ce n'est pas une condition suffisante. Mais cela signifie qu'on ne peut pas réduire l'apprentissage à l'assimilation d'un savoir. Si l'on suit Brousseau et sa théorie des situations, il y a apprentissage quand un sujet est confronté à une situation qui lui pose problème et que pour maîtriser la situation il est obligé de mobiliser de nouvelles connaissances qui lui permettront de donner une solution satisfaisante au problème (p. 20).

C'est au travers des situations cliniques proposées aux infirmières lors de l'enquête par simulation que nous avons mis en œuvre ce principe, en modifiant les cas à la marge (cf. *infra*).

Afin de répondre aux ambitions de cette recherche doctorale, en prenant appui sur les questionnements qui ont conduit à sa problématique, la dernière section de cette première partie de thèse est consacrée à la déclinaison du dispositif méthodologique de la recherche, bâti sur deux outils d'enquête complémentaires.

3.5. Méthodologie générale : un questionnaire et une observation de simulations avec entretiens

Le dispositif méthodologique général de la thèse a été construit en réponse aux questions posées dans la problématique et à l'orientation écologique de cette recherche. Deux temps du travail d'enquête se dégagent avec pour chacun un objectif spécifique.

L'étude de l'aspect cognitif de l'activité, ciblant la mise au jour d'une variabilité des pratiques et la construction d'une catégorisation pour les décrire, a été effectuée dans une première enquête réalisée par questionnaire auprès d'infirmières de réanimation (n=21). Le questionnaire comprend des items portant sur le contexte de réalisation des préparations médicamenteuses, sur la nature de la prescription médicale, sur l'utilisation spécifiques des produits choisis ainsi que sur les raisonnements mobilisés lors de l'activité. La didactique des mathématiques a produit des concepts et des méthodes sur lesquels nous nous sommes appuyés pour l'analyse des pratiques de calcul de doses. Les résultats ont conduit à une catégorisation des traitements cognitifs des infirmières mobilisés pour la réalisation des calculs de doses. Toutefois, l'enquête étant réalisée par questionnaire, ces réalisations n'étaient que des réalisations fictives et les procédures recueillies n'étaient que des procédures déclarées. Nous n'avons donc pas eu, à proprement parler, accès à l'activité, mais seulement à sa description en fonction d'une prescription que l'infirmière a dû interpréter en fonction de son contexte professionnel et de facteurs personnels.

Nous avons réalisé une deuxième étude visant l'identification de la conceptualisation de l'activité de calcul de doses médicamenteuses, selon l'orientation que nous avons empruntée et qui est fondée par didactique professionnelle. L'accès direct à l'activité réelle aurait supposé de nous rendre en service de réanimation, mais y réaliser des entretiens permettant aux infirmières d'explicitier leur travail qui s'effectue en pensée pour la plus grande part était irréaliste. Un dispositif d'enquête par simulation a été mis en œuvre, avec enregistrement vidéo suivi d'une visualisation des traces de l'activité et accompagnée d'un entretien d'auto-confrontation simple (Clot, 1999 ; Leplat, 2000) adapté de l'entretien d'explicitation de Vermersch (1994/2014). La didactique professionnelle cherche à modéliser les logiques cognitives mises en œuvre par les sujets, pour des classes de situations, en fonction des situations professionnelles (Numa-Bocage et al., 2009). Notre dispositif répond à cette intention de capter les interactions entre le

sujet agissant et la situation. « La démarche de modélisation est une articulation des informations issues de l'observation directe des situations professionnelles, de celles tirées des dispositifs élaborés et de celles venant des discours des sujets eux-mêmes sur leur travail » (Numa-Bocage, 2009, p. 42). L'étude a porté sur la préparation des six médicaments injectables à risque par 15 infirmières de réanimation dans cinq centres hospitaliers (CH) ou centres hospitaliers universitaires (CHU) différents en France. Le protocole de recherche les a soumis à la réalisation d'une tâche de préparation médicamenteuse avec calcul de doses intégrés pour de la dobutamine, de l'héparine, de l'insuline, de la morphine, de la noradrénaline et du chlorure de potassium. À partir d'un cas clinique papier et d'une prescription médicale écrite, les praticiennes devaient réaliser la préparation avec à leur disposition, les médicaments et les matériels de leur pratique quotidienne. Par son caractère réflexif, ce dispositif permet de revenir par fragmentation successive sur des éléments constitutifs de l'activité, tentant ainsi de faire émerger la part inobservable de la réalisation d'une tâche de calcul de doses, notamment sa composante cognitive. Ces aspects méthodologiques ont déjà été bien développés par Leplat (1997) à propos de la redéfinition de la tâche :

Alors que l'exécution de la tâche est observable (même si elle comporte une facette inobservable), ces tâches intermédiaires ont un caractère hypothétique et il revient à l'analyste de les faire expliciter, de les identifier par une méthodologie appropriée. Elles constituent des représentations issues de la tâche prescrite. ... Bruner (1990) plaide avec justesse pour la réhabilitation de ces représentations au nom d'une psychologie culturelle qu'il cherche à promouvoir. « Une psychologie sensible à la dimension culturelle [...] s'appuie (et doit s'appuyer) non seulement sur ce que les gens *font* réellement, mais aussi sur ce qu'ils *disent qu'ils font*, et sur ce qu'ils *disent des raisons qui les ont poussés à faire ce qu'ils ont fait* » (p. 34) (Leplat, 1997, p. 24-25).

Le cadre de la psychologie ergonomique répond à ces nécessités pour initier une analyse de l'activité, par la mobilisation du modèle de la double régulation de l'activité, propice à la modélisation de la structure conceptuelle de la situation et susceptible de permettre l'étude des modèles opératifs des infirmières enquêtées. La didactique professionnelle, par le biais de l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), permet de caractériser une possible évolution des façons de faire qui mobilisent des artéfacts dans les modes de raisonnement pour le calcul de doses.

Produire des résultats, et donc peut-être des preuves, a nécessité la mise en interaction de ces différents types d'enquête : une enquête *a priori* sur la variabilité des pratiques (construite par le travail du doctorant et du directeur de thèse) et des observations, qui

restent très complexes à mener dans le réel, produites à partir d'un dispositif de simulation avec des entretiens d'auto-confrontation conduits par des questions de compréhension.

Dans cette première partie de la thèse, nous avons indiqué les enjeux de santé publique liés à l'administration médicamenteuse en milieu hospitalier et le manque de connaissances portant sur une activité essentielle de cette administration : le calcul de doses médicamenteuses. Les quelques connaissances disponibles portent plutôt sur les erreurs et les statistiques les concernant, mais très peu sur l'activité cognitive. Ce sont de telles connaissances que nous cherchons à obtenir par notre recherche, et nous avons développé à cette fin une approche théorique que nous avons qualifiée de triple, car mobilisant des concepts et des méthodes de trois disciplines complémentaires : la psychologie ergonomique, la didactique des mathématiques et la didactique professionnelle. Nous avons également construit un dispositif méthodologique double articulant, d'une part, une enquête par questionnaire – fondé par une analyse des tâches et une analyse *a priori* des activités conduisant à leur réalisation – pour identifier la variabilité des pratiques calculatoires des professionnelles, et, d'autre part, une enquête par simulation de l'activité réelle, reposant sur des analyses de vidéos et d'entretiens, pour aboutir à une conceptualisation de l'activité de calcul de doses médicamenteuses.

La deuxième partie de la thèse développe, pour chaque enquête, la présentation du protocole de recherche, la méthodologie d'analyse, la présentation des résultats, leurs interprétations et leur discussion.

PARTIE 2

UNE VISION ORGANISÉE DE L'ACTIVITÉ DE CALCUL DE DOSE

4. UNE ENQUÊTE POUR CATÉGORISER LES RAISONNEMENTS

4.1 Le terrain des enquêtes

4.1.1 La réanimation comme terrain privilégié

La réanimation est une discipline médicale récente, fruit des multiples évolutions scientifiques et officiellement née au milieu du 20^e siècle. Dans sa thèse qui vient d'être soutenue, Poiroux (2019)¹⁰⁹, infirmier et chercheur dans cette discipline, relate la contribution initiale de médecins audacieux qui ont lui permis de voir le jour. Il décrit notamment les apports sur la ventilation des noyés qui se traduisent aujourd'hui par l'utilisation en routine de l'oxygénothérapie. Dans un chapitre consacré aux innovations de la médecine intensive du 20^e siècle, l'auteur évoque les deux figures préfiguratrices de la future discipline, Claude Bernard et Florence Nightingale. Nous rapportons une citation qui retrace brièvement cette histoire (les références entre parenthèses du travail initial sont placées en note de bas de page).

A posteriori, les premiers signes de l'émergence d'une nouvelle discipline médicale apparaissent déjà dans les écrits de Claude Bernard. Il a en effet été le premier à comprendre les phénomènes de régulations physiologiques de ce qu'il appelait le « milieu intérieur » (42) et à poser les bases du concept d'homéostasie et de normes biologiques. Ces valeurs de références sont souvent devenues des objectifs qui guident la pratique des praticiens de médecine intensive. [...]

L'autre figure préfiguratrice de la médecine intensive ou en tout cas du concept d'unité de soins intensifs est une infirmière qui œuvrait à la même époque (9,44-46). Florence Nightingale (47) a en effet été la première soignante à proposer de regrouper les patients en phase post-opératoire dans une unité de soins spécifiques. Elle estimait qu'ils nécessitaient alors des soins plus fréquents et une surveillance plus rapprochée. Elle précisait aussi que les patients les plus à risques (ovariectomie, trépanation, ...) pouvaient y rester jusqu'à ce que leurs situations soient stables mais que les patients ayant subi des interventions plus légères devaient quitter ces unités

¹⁰⁹ Cette thèse sera accessible en ligne sur le site Thèses.fr à partir du 01 janvier 2021. Elle est actuellement consultable à la bibliothèque universitaire d'Angers.

de soins intensifs post-opératoires pour regagner des services de soins conventionnels dès que possible (Poiroux, 2019, p. 8)¹¹⁰.

Les efforts pour améliorer les appareils de ventilation vont se poursuivre entre la fin du 19^e siècle et le début du 20^e jusqu'à ce qu'une innovation thérapeutique vienne révolutionner la prise en charge des victimes de l'épidémie de poliomyélite au début des années 1950.

À Copenhague, en 1952, l'épidémie de poliomyélite est dramatique par sa gravité et son ampleur. Elle a entraîné la prise en charge de 2 722 patients dont 316 qui étaient atteints de paralysie des muscles respiratoires et/ou de paralysie bulbaire entraînant une insuffisance respiratoire aiguë (Poiroux, 2019)¹¹¹. Face à l'insuffisance de machines pour ventiler les patients, Bjørn Ibsen, médecin anesthésiste à l'hôpital Blegdam, réussit à sauver, après l'avoir trachéotomisée, une jeune fille de 12 ans atteinte de poliomyélite en état d'insuffisance respiratoire aiguë sévère. Grâce à un système de ventilation de son invention et à des aspirations endotrachéales, l'état de la jeune fille s'est amélioré. Dans la littérature consacrée à l'histoire de la discipline, c'est la date du 25 août 1952 qui va être retenue pour la datation officielle de la naissance de la médecine intensive. Pour prendre la mesure de cet événement considérable, nous citons à nouveau Poiroux qui reprend dans sa thèse la stratégie incroyable qui a permis à Ibsen et Lassen, médecins de l'unité de prise en charge des patients atteints de poliomyélite à Copenhague, de réduire la mortalité de 80% à 40% (Ibsen, 1954 ; Lassen, 1953)¹¹² :

Ibsen et Lassen [...] décidèrent en trois jours d'un nouveau protocole thérapeutique des patients poliomyélitiques en insuffisance respiratoire aiguë. Il consistait en : a) la réalisation d'une trachéotomie, b) l'insertion d'une sonde trachéale en caoutchouc pourvue d'un ballonnet, c) des aspirations endotrachéales répétées, d) des drainages posturaux fréquents associés à des manœuvres thoraciques de désencombrement

¹¹⁰ Nous reprenons de détail des références citées entre parenthèses dans la citation :

42. Bernard C. Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux : cours de physiologie générale du Museum d'histoire naturelle. JB Baillière et fils ; 1879.

9. Grenvik A, Pinsky MR. Evolution of the intensive care unit as a clinical center and critical care medicine as a discipline. *Crit Care Clin.* 2009 ;25(1):239-50.

44. Hilberman M. The evolution of intensive care units. *Crit Care Med.* 1975;3(4):159-165.

45. Ristagno G, Weil MH. History of critical care medicine: the past, the present and the future. In: *Intensive and critical care medicine.* Springer; 2009. p. 3-17.

46. Weil MH, Tang W. From intensive care to critical care medicine: a historical perspective. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(11):1451-3.

47. Nightingale F. *Notes on hospitals.* 3rd éd. Longman, Green, Longman, Roberts, and Green; 1863.

¹¹¹ Lassen HCA. A preliminary report on the 1952 epidemic of poliomyelitis in Copenhagen with special reference to the treatment of acute respiratory insufficiency. *Lancet.* 1953;1(6749):37-41.

¹¹² Ibsen B. The anaesthetist's viewpoint on the treatment of respiratory complications in poliomyelitis during the epidemic in Copenhagen, 1952. *Proc R Soc Med.* 1954;47(1):72-4.

bronchique et e) d'une ventilation en pression positive grâce à un ballon de ventilation alimenté avec un mélange gazeux à 50% d'oxygène. 1 000 étudiants en médecine avaient été recrutés et 200 étaient employés et payés chaque jour pour ventiler les patients (Poiroux, 2019, p. 9).

Les prémices de l'émergence de la discipline préexistaient avant cette expérience extraordinaire, mais c'est à sa suite que les innovations techniques et technologiques vont s'enchaîner pour déboucher sur les soins modernes que nous connaissons aujourd'hui, en constante évolution, comme l'épidémie actuelle de coronavirus a pu le mettre en lumière¹¹³.

Les services de réanimation sont devenus des unités très spécialisées qui accueillent des patients dont l'état de santé est jugé trop critique ou trop instable pour être pris en charge dans un service traditionnel. Le terme consacré pour ce type de service, dans le langage courant, est celui de réanimation qui est typique de notre pays et renvoie à une image assez symbolique de retour à la vie, « re » de nouveau et « *anima* » l'âme¹¹⁴. Dans les autres pays francophones, on parle plus volontiers de soins intensifs (*intensive care*) ou dans les pays anglo-saxons de soins critiques (*critical care*). Une hiérarchie de l'intensité des soins nécessaires pour soigner ou accompagner les patients existe par ailleurs, que l'on retrouve aussi dans le monde anglo-saxon (Department of Health, 2000)¹¹⁵, qui aboutit à une classification allant du niveau 1 (intensité faible) jusqu'au niveau 3 (intensité forte) en fonction de la complexité des besoins en soins et de l'état des patients. Le niveau 1 correspond aux soins continus avec la prise en soins de patients qui nécessitent une surveillance continue, peu compatible avec l'activité d'un service généraliste où le flux de patients est important. Le niveau 2 correspond aux services de soins intensifs qui prennent en charge des patients présentant une défaillance aiguë concernée par la spécialité d'accueil du patient (cardiologie, pneumologie, etc.) et enfin, le niveau 3 correspond à la réanimation c'est à dire la prise en soins de patients porteurs de plusieurs défaillances d'organe. Cette organisation se rapproche de celle des hôpitaux

¹¹³ On estime à environ 50% la réduction des décès dans la prise en charge des patients Covid en réanimation entre mars et mai 2020 grâce à l'oxygénothérapie à haute débit, le retardement de l'intubation, l'administration d'anti-coagulants et le traitement par corticoïdes (dexaméthasone).

¹¹⁴ Dans le Littré : de *anima*, dont la signification primitive est souffle, vent, et, par extension, respiration, vie, esprit, âme. <https://www.littre.org/definition/%C3%A2me>

¹¹⁵ Department of Health. Comprehensive critical care: A review of adult critical care services. London, England. Department of Health, 2000. Disponible à : http://www.dh.gov.uk/prod_consum_dh/groups/dh_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh_4082872.pdf.

canadiens qui reprennent la distinction entre soins intensifs et soins critiques (Gagné et al., 2018).

Une caractéristique française réside dans le fait que des textes réglementaires organisent l'activité de ces services, avec des conséquences sur les structures et le fonctionnement, notamment le nombre et la qualification des personnels de santé qui y exercent. Selon la définition officielle de la réanimation en France, « Les soins de réanimation sont destinés à des patients qui présentent ou sont susceptibles de présenter plusieurs défaillances viscérales aiguës mettant directement en jeu le pronostic vital et impliquant le recours à des méthodes de suppléance¹¹⁶ ». Un ratio de personnel est officiellement fixé qui exerce sous la responsabilité d'un cadre infirmier, l'équipe paramédicale comprend au minimum deux infirmières pour cinq patients et une aide-soignante pour quatre patients¹¹⁷. En fonction des spécialités, on distingue de grandes typologies majoritaires de services de réanimation et une typologie mixte : les services médicaux dénommés services de médecine intensive-réanimation ; les services chirurgicaux auxquels sont le plus souvent adossés les services de surveillance continue et les services de réanimation médico-chirurgicaux. Les sociétés savantes médicales et paramédicales¹¹⁸ jouent un rôle très actif dans la dynamique globale d'animation de ces services.

Le choix d'enquêter dans ce type de service repose sur deux spécificités que nous avons indiquées précédemment et que nous précisons à présent.

D'une part, les facteurs de risques d'événements indésirables graves associés aux soins très nombreux qui réclament une attention particulière, justifient notre attention à l'activité de calcul de doses médicamenteuses qui s'y effectue. Nous argumentons ce point en détaillant quelques données évoquées dans la partie 1 de la thèse. Dans leur étude sur les erreurs médicamenteuses et les lacunes de connaissances pharmacologiques des infirmières en réanimation, Escrivá Gracia, Serrano et Garrido (2019) notent que c'est le type d'erreur le plus courant représentant 78% des erreurs médicales graves dans l'unité

¹¹⁶ Code de la santé publique partie réglementaire : Chapitre III : Conditions d'implantation de certaines activités de soins et des équipements matériels lourds, Section : Réanimation - Article R6123-33. La nouvelle nomenclature reprend la version originale du texte publié dans un décret du 5 avril 2002 (art. 712-90).

¹¹⁷ Code de la santé publique partie réglementaire : Chapitre III : Conditions d'implantation de certaines activités de soins et des équipements matériels lourds, Section-section 2 : Réanimation - Art. D 6124-32.

¹¹⁸ On peut citer : pour les services médicaux, la société de réanimation de langue française (SRLF) ; pour les services chirurgicaux, la société française d'anesthésie-réanimation et pour les paramédicaux, la société française des infirmiers de soins intensifs (SFISI) créée en 1981 et qui a participé en 2020, à la création de la fédération nationale des infirmiers de réanimation (FNIR).

de soins intensifs. De très nombreux facteurs expliquent ce risque d'erreur élevé. Parmi les facteurs systémiques, nous pouvons signaler : les états pathologiques graves des patients, une large pharmacopée et une grande complexité du travail et de l'organisation (charges en soins élevées, problèmes de communication, manque de travail en équipe, complexité des procédures de diagnostics et de traitement, changements fréquents de personnels), tous ces facteurs étant bien souvent aggravés par le contexte d'urgence. S'y ajoutent des facteurs humains produisant des erreurs de calculs de doses : la fatigue, les connaissances insuffisantes ou encore des conditions de travail inadaptées (Escrivá Gracia, Serrano et Garrido, 2019 ; Marquez-Hernandez et al., 2019 ; Di Simone et al., 2018).

D'autre part, le choix de faire porter notre travail de recherche sur la réanimation tient à la fréquence de manipulation des médicaments injectables qui garantit de pouvoir interroger des professionnelles confrontées pluri-quotidiennement aux préparations médicamenteuses et ayant développé une pratique experte à ce sujet. La réalisation quotidienne de préparations et d'administrations de médicaments injectables par les infirmières, est plus importante que pour des services d'hospitalisation plus traditionnels (Herout et Erstad, 2004 ; Shane, 2009 ; Mansour, James et Edgley, 2012). Dans un article d'actualité sur les stratégies pour la sécurité des patients en soins intensifs, Garrouste-Orgeas et Valentin (2013) (re)disent toute la place d'une politique de gestion de la sécurité des patients afin de créer « un climat renforcé pour la sécurité [qui] semble contribuer à la diminution du taux d'erreurs médicales » (p. 1 830). Les auteurs notent le rôle de plus en plus marqué des applications issues des technologies de l'information dans les unités de soins intensifs avec pour objectif d'améliorer la sécurité des patients. Ils citent par exemple, la saisie informatisée des ordonnances par les médecins, les systèmes de codes-barres et les pompes à perfusion intelligentes qui peuvent réduire le taux d'erreurs de médication. Ils soulignent aussi toutefois les résultats mitigés des études sur ces dispositifs coûteux sans que soit développée parallèlement la détection de l'erreur humaine avant qu'elle n'affecte le patient.

Ces explications de notre choix quant au service de réanimation doivent être complétées par une description de l'activité des personnels qui, dans ces services, sont au cœur des préparations et administrations médicamenteuses : les infirmières de réanimation.

4.1.2 Les infirmières de réanimation

L'article précédent a dessiné à grands traits les particularités des services de réanimation/soins intensifs et nous nous appuyons sur ces éléments pour continuer la description de l'histoire de la discipline, mais cette fois du point de vue des infirmières. Cette histoire s'est d'abord construite de l'autre côté de l'Atlantique¹¹⁹, au début du 20^e siècle, dans des *recovery rooms*, salles de soins spécialisées de surveillance post-interventionnelle, avant de s'officialiser dans les années 1950 dans les premières unités de soins intensifs. La Seconde Guerre mondiale aura joué un rôle moteur dans ce développement en conduisant à la création d'« unités de choc » pour soigner les blessés graves et les patients postopératoires. Simultanément avec la structuration de cette activité, les infirmières commencent à se former spécifiquement et à développer une pratique spécialisée. Un courant identique se développe au Royaume-Uni quelques années après les États-Unis et de manière identique dans les pays de l'ex-Empire devenus le *Commonwealth* (Australie, Nouvelle-Zélande, Canada). La formation devient très rapidement officielle avec la création de diplômes spécifiques. On peut noter que les formations d'infirmière généraliste (Registered Nurse) sont universitaires ce qui va faciliter l'organisation d'une recherche dite infirmière, engageant très tôt ces pays dans le débat sur la légitimité d'une science spécifiquement infirmière.

En France, sans reprendre toute l'histoire de la profession, nous pouvons situer ses origines professionnelles à partir du 19^e siècle et une organisation du personnel hospitalier en deux catégories : les religieuses, membres de congrégations et les servants et servantes nommés « mercenaires » par Hamilton et Régnauld (1901)¹²⁰. Le milieu du siècle voit se développer des structures hospitalières « modernes » en pavillons, isolés les uns des autres pour limiter la transmission des infections. Cependant, ce n'est que vers la fin de ce siècle que la nécessité de la formation s'exprime pleinement par la création des premiers cours en 1878 avec les cours municipaux et deux écoles, celle pour les femmes à la Salpêtrière et celle pour les hommes à Bicêtre (Diébolt et Fouché, 2011). Les médecins, face à la mutation de leur métier, expriment le désir d'être secondés par des

¹¹⁹ History of Critical Care [Internet]. 2016. Disponible sur : <https://resident360.nejm.org/content/items/277>

¹²⁰ Hamilton A, Régnauld F. Les gardes malades congréganistes, mercenaires, amateurs, professionnelles. Vigot Frères, 1901.

auxiliaires¹²¹. L'idée d'un groupe professionnel commence à poindre au travers des éléments constitutifs de la naissance d'une promotion promotionnelle selon trois axes principaux : l'amélioration du recrutement, une meilleure reconnaissance du métier par une amélioration des conditions matérielles de vie et de travail et la création d'une spécialisation professionnelle pour le soin au malade (Benlahouès, 2008)¹²². L'intention est de distinguer la fonction soignante reposant sur une formation professionnelle, de celle de servante. La problématique concernant le personnel hospitalier au sein de l'Assistance Publique de Paris au tout début du 20^e siècle est très clairement posée par le Pr Maurice Letulle, dans un article de La Presse médicale du 8 juin 1901 :

Mal payé, mal nourri, sans sollicitude, l'infirmier comme l'infirmière se trouve dans une position comment dire : trop humble ; il faut, de toute façon, les relever. Précisément, là, à mon avis, est la clef de la question. C'est l'opinion de tous les médecins, chirurgiens et accoucheurs que je défends en ce moment ; il faut encourager cette spécialisation de caractère professionnel de nos aides. Pour cela, que doit faire l'Assistance ? Établir dans son personnel une hiérarchie professionnelle ; toute infirmière, et tout infirmier qui se trouvent investis de l'honneur de soigner les malades, de les toucher, de les aider, doivent être, par là même, déchargés des soins inférieurs de ménage. Ainsi peu à peu, et ainsi seulement, on arrivera, à l'aide de sélections sages et progressives, à créer un corps d'infirmières comparables, mais non identiques, aux nurses des hôpitaux anglais (Guillermant, 1988, p. 173-174) (Benlahouès, 2008).

Pendant la III^e République, les médecins vont légitimer leur inscription dans la République en défendant les avancées de la science contre les forces conservatrices représentées par le parti clérical. À la suite de cette « prise de pouvoir », ils plaideront la cause d'une formation infirmière digne de ce nom. Un médecin, le docteur Désiré-Magloire Bourneville va œuvrer particulièrement au développement des cours pour les infirmières. Deux orientations philosophiquement opposées vont s'affronter dans la construction de la formation. Dans la région de Bordeaux, le docteur Lande, administrateur des Hospices civils de Bordeaux, et surtout la docteure Anna Hamilton¹²³,

¹²¹ Signalons que ce terme est toujours présent dans les textes réglementaires et la profession infirmière apparaît dans les écrits comme auxiliaire médicale.

¹²² Cette publication historique n'aurait pu exister sans le travail remarquable de notre collègue Philippe Cloarec, formateur, dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de maîtrise des sciences et techniques, gestion et animation des systèmes de formation, option formateur en soins, qui a pour titre : Les étudiants "promotion professionnelle" en IFSI (un exemple de mobilité professionnelle). Document consultable au Centre de documentation de l'AP-HP (Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière).

¹²³ Anna Hamilton a fait sa thèse de médecine sur les infirmières : Hamilton, A. (1900). Considérations sur les infirmières des hôpitaux. Montpellier, Imprimerie centrale du Midi (Hamelin Frères), 330 p. Elle va reprendre son écrit avec le docteur Régnauld pour accentuer l'écho de son travail auprès des infirmières

de confession protestante, plaident pour des écoles privées laïques et républicaines selon un modèle d'hôpital-école fondé par Florence Nightingale. La seconde orientation est défendue par le docteur Bourneville, médecin et homme politique, et par Léonie Chaptal, infirmière, de confession catholique, fille du chimiste de renom Jean-Antoine Chaptal. Ils militent pour des écoles privées, moins élitistes que celles prônées par Hamilton, et font la promotion d'une école laïque et républicaine qui doit faire progresser les cours municipaux (Diébolt et Fouché, 2011). C'est cette option qui s'imposera :

[Ils] veulent « une école professionnelle dont les élèves [aient] une origine plébéienne ». L'AP n'a pas l'intention de créer une aristocratie infirmière. Son projet « est dominé tout entier par les principes démocratiques qui veulent que l'enseignement professionnel soit à la portée de tous [...] (Diébolt et Fouché, 2011, p. 103).

Une mécanique vertueuse s'enclenche pour la professionnalisation des infirmières qui aboutira, sous l'impulsion de Léonie Chaptal, à la création du brevet de capacité professionnelle qui permet de porter le titre d'infirmière diplômée d'État (décret du 27 février 1922). La fonction et le titre évolueront ensuite régulièrement, mais il faudra attendre 50 ans pour qu'une première reconnaissance de l'autonomie infirmière apparaisse, dans les textes, par la création du rôle propre infirmier (loi du 31 mai 1978). Avec le recul historique, nous nous rendons compte que les choix du début du 20^e siècle ont eu des implications très profondes qui se sont prolongées jusque récemment avec une formation qui est restée professionnelle, sur les bases définies au début du 20^e siècle. La réforme entreprise en 2009, motivée par l'inscription de la France dans les accords de Bologne de 1999 a conduit à une universitarisation de la formation, presque 100 ans après celles des infirmières américaines¹²⁴.

À partir de 1950, les évolutions techniques, technologiques et les prises en charge de plus en plus complexes conduisent à structurer l'offre hospitalière, organisée par des spécialités médicales. Trois spécialités infirmières ont émergé : l'anesthésie, le bloc opératoire et la puériculture. La réanimation/soins intensifs ne sera finalement pas concernée par ces changements. Nous tentons une explication. La première formation

françaises sous le titre cité en note 130. C'est le Pr Letulle qui en a écrit la préface. (Diébolt et Fouché, 2011, p. 118).

¹²⁴ La formation des infirmières à l'École Hôpital John Sealy a ouvert en 1890 à Galveston, au Texas. Elle a grandi rapidement et en 1896 est devenue l'École des sciences infirmières, Université du Texas, première école d'infirmière à faire partie d'une université .

https://fr.qwe.wiki/wiki/History_of_nursing_in_the_United_States

d'infirmier anesthésiste apparaît au sortir de la seconde guerre mondiale avec la création de l'école de Saint-Germain en Laye. En 1960, la formation est sanctionnée par le certificat d'aptitude aux fonctions d'infirmier aide-anesthésiste (IAA). En 1988, le diplôme décerné pour la spécialité d'infirmier anesthésiste indique clairement dans son intitulé la nature de l'activité, infirmier spécialisé en anesthésie-réanimation (ISAR)¹²⁵, spécifiant deux lieux d'exercice. Cette double compétence explique certainement en partie la non-émergence d'un groupe professionnel d'infirmières de réanimation, face à un groupe d'infirmières anesthésistes très organisé et combatif *via* son syndicat, même si de façon paradoxale, les infirmières anesthésistes n'investiront que très peu les services de réanimation, seulement localement voire parfois régionalement (Clermont-Ferrand, Marseille) et sur des postes d'encadrement des soins avec des missions spécifiques (Benlahouès et Poiroux, 2010a). Cela, alors même que les écrits font apparaître la nature spécifique de la prise en soins des patients de réanimation et la nécessité d'être formé à ces particularités¹²⁶. L'histoire des infirmières de réanimation françaises reste à préciser. On peut supposer qu'elles ont commencé à construire leur spécificité à la même époque que les premiers services de réanimation/soins intensifs français se sont structurés, mais il en existe très peu de traces dans les publications. Pour plus de prudence, il apparaît préférable de dater la première reconnaissance de cette histoire au début des années 1980, avec la création d'une société savante paramédicale, la société française des infirmiers en soins intensifs (SFISI) qui se donne pour objectifs initiaux, la communication entre les services français et étrangers, l'organisation du perfectionnement de ses membres, la circulation de l'information dans les réunions scientifiques et l'organisation de rencontres européennes. Ces objectifs se compléteront avec la recherche et la promotion de la spécificité des infirmières de réanimation qui sera reconnue lors de la promulgation des textes réglementant la réanimation et notamment par une circulaire de 2003 qui précise que l'infirmière de réanimation doit avoir une formation d'adaptation à l'emploi en débutant en réanimation. La SFISI avait déjà développé en 1999, un programme d'adaptation à l'emploi et avait milité pour l'inscription dans les textes de cette attente forte.

Compte tenu de la spécificité de la prise en charge des patients admis en réanimation, les infirmières affectées dans ces unités doivent bénéficier d'une formation

¹²⁵ Les repères temporels et les titres officiels des diplômes émanent du site du Syndicat national des infirmier(e)s-Anesthésistes (SNIA). <https://www.snia.net/lhistoire-des-iade.html>

¹²⁶ Aissani L. Infirmière en réanimation: Une spécialisation ? Rech Soins Infirm. 2006;87(4):140- 149

d'adaptation à l'emploi. L'effectif d'infirmières des unités de réanimation doit être suffisant pour tenir compte de ces périodes de formation à organiser au sein des unités pour le personnel nouvellement affecté. (DHOS, section III.1, circulaire 2003)¹²⁷

Ces formations sur site¹²⁸ existent toujours mais leurs conditions d'application souffrent des maux de notre époque avec des conditions d'exercice et d'organisation de l'activité (turn-over important des personnels, peu de reconnaissance professionnelle aussi bien financière¹²⁹ qu'institutionnelle) qui ne permettent pas de respecter une qualité de formation attendue, dans sa durée (2 mois) et dans son contenu. La formation infirmière de réanimation en France, perdue dans une construction des compétences par compagnonnage, ce qui nous singularise au regard des autres pays, même si certains diplômes universitaires dédiés à la réanimation sont accessibles, mais le plus souvent après des années d'exercice.

Du point de vue international, la chose est vue différemment. Les unités de soins intensifs sont vues comme des environnements particuliers, qui nécessitent, de la part des professionnels, un engagement intellectuel et émotionnel fort mais aussi des connaissances et des compétences spécifiques. (Poiroux, 2019, p. 22)

À ce jour, il n'existe toujours pas de formation diplômante, et les infirmières de réanimation sont donc des infirmières diplômées d'État généralistes¹³⁰ positionnées dans

¹²⁷ Circulaire DHOS/SDO n° 2003-413 du 27 août 2003 relative aux établissements de santé publics et privés pratiquant la réanimation, les soins intensifs et la surveillance continue. Section III.1 Les personnels

¹²⁸ Nous pouvons signaler le rôle moteur de la SRLF et donc des médecins dans le développement des formations dans les services, dans l'élaboration d'un programme d'adaptation à l'emploi et d'un référentiel de compétences. www.srlf.org

¹²⁹ Au classement des salaires des infirmières l'OCDE classait la France au 28^e rang sur 32 pays. Sources Panorama de la santé 2019 - Les indicateurs de l'OCDE. <https://doi.org/10.1787/888934069940>

¹³⁰ Le programme de formation dure trois ans en post-bac et débouche sur un diplôme d'État et un grade licence. Stéphane Le Bouler, responsable du projet Universitarisation des formations paramédicales et de maïeutique, dans une interview sur le site de référence, Infirmiers.com évoque la répartition des bacheliers par profil à la rentrée 2019, suite à la réforme du concours d'entrée avec Parcoursup : « Une distribution par profil de bachelier très proche de ce que l'on avait avant la réforme : 29 % de bac S, 13 % de bac ES, peu de bac L (4 points de moins que du temps du concours). Les ST2S (37 % sur les 39 % de bacs technologiques) représentent sans doute le "profil idéal" jouant à la fois sur leurs performances scolaires, des dossiers bien travaillés et des motivations affirmées. [...] Quant aux bacs professionnels, ils sont entre 10 et 15 % avec de fortes disparités territoriales. [...] Nous avons bien, en effet, retrouvé au final ces 33% [de candidats aides-soignants et auxiliaires de puériculture]. Nous avons 10 000 candidats à recruter au titre de la formation professionnelle et effectivement 5 000 l'ont été via le "petit concours" et l'autre moitié via Parcoursup.

<https://www.infirmiers.com/admission-ifsu/admission-ifsu/metier-infirmier-reste-attractif-par-sens-donne-par-lyceens.html>

La réingénierie du diplôme en 2009 a débuté une universitarisation de la formation qui est toujours en cours à l'heure actuelle. Plusieurs scénarios sont envisagés mais la forme définitive qu'elle va prendre reste imprécise au regard de modèles plus ou moins intégrés possibles en discussion avec les associations, les

des services hautement spécialisés, alors même que le statut spécialisé est devenu un standard international. Un rapport canadien sur l'état des lieux des modes d'organisation des services de soins intensifs a passé en revue les recommandations canadiennes et internationales et pointe ce sujet :

En ce qui a trait aux ressources infirmières, il semble pertinent, selon certaines lignes directrices, de s'assurer qu'une expertise en soins critiques soit une exigence d'embauche des infirmières, du moins dans les USI de niveau plus élevé. Il en va de même pour la mise en application d'un programme de maintien des compétences. (Gagné et al. 2018 p. 77)

Dans une publication un peu ancienne, nous avons dressé un portrait type de l'infirmière de réanimation (Benlahouès et Poiroux, 2010a, 2010b) : à la fois une spécialiste de la prise en charge des multiples défaillances des patients dont elle a la charge, une technicienne des appareils de soutien des fonctions vitales des patients, une soignante sensibilisée à l'hygiène et mobilisant son raisonnement clinique dans des situations complexes et critiques. Elle inscrit son activité dans une perspective globale de la prise en soin du patient extrêmement dépendant, dont le pronostic vital est parfois en jeu. Cela implique une attention particulière au confort, à l'absence de douleur physique et psychologique, une compétence relationnelle accordée tant au patient qu'à ses proches. Le groupe de recherche Famiréa¹³¹ qui étudie la place des proches en réanimation rapporte une prévalence du stress post-traumatique chez les proches de patients hospitalisés en réanimation, estimée en France, entre 14 et 41% (Azoulay et al., 2005), mais dépasse 50% chez les familles endeuillées. Ce repère scientifique concrétise parfaitement la difficulté des missions infirmières dans un univers hyper-technicisé dans lequel le soin relationnel occupe néanmoins une place primordiale.

L'infirmier exerçant dans ce type de service est donc un expert de ces trois champs cliniques que sont la perception des risques et des problèmes liés aux pathologies, les thérapeutiques mises en place et l'interprétation des réactions humaines du patient, qu'elles soient physiques comme une douleur ou une escarre, mais aussi

organisations professionnelles, les organisations syndicales qui participent aux négociations avec le ministère.

La formation ne propose pas de contenus spécifiques à la réanimation même si certains points peuvent être rapidement abordés dans une UE 4.3 Soins d'urgence. Il n'y a plus de stage systématique aux Urgences ou en Réanimation tel que cela était recommandé avant la réforme de 2009. Éventuellement, les étudiants peuvent faire un stage en service de réanimation/soins intensifs pendant la scolarité.

¹³¹ Le Pr Élie Azoulay, chef de service de la réanimation de l'hôpital Saint-Louis, a fondé le groupe Famiréa, un programme de recherche associant des services de réanimation en France, dans le but d'évaluer la manière de communiquer avec les proches des patients hospitalisés.

psychologiques comme l'anxiété ou la peur de mourir en suffoquant, par exemple (Benlahouès et Poiroux, 2010a, p. 22).

Cette expertise clinique s'appuie sur des connaissances pharmacologiques des médicaments particulièrement utilisés en réanimation/soins intensifs et en anesthésie, sur des savoir-faire quant aux manipulations de ces médicaments et sur une agilité dans les calculs de doses pour prendre en compte le caractère très fluctuant de l'état pathologique des patients. Rappelons que l'état variable du patient est pris en compte dans la redéfinition de la tâche de calcul de dose (nous l'avons montré dans l'analyse du calcul pour l'administration de la dobutamine) ce qui demande de mettre en œuvre, au plan cognitif, des raisonnements qui intègrent les relations entre concentration et débit dans la préparation médicamenteuse et son administration.

Notre expérience d'infirmier de réanimation nous a permis de développer une expertise professionnelle dans ce domaine, mais celle de formateur en soins infirmiers ayant des responsabilités d'enseignement des soins d'urgences et de réanimation associés à la référence de ces terrains de stages à l'hôpital, nous a confronté au manque de connaissances institutionnalisées issues d'une conceptualisation réelle de l'activité infirmière. Notre recherche vise cette conceptualisation, par un appui sur des cadres théoriques et une méthodologie scientifique, mais aussi sur une connaissance du métier qui évite de passer à côté de données lors des observations et des entretiens, notamment par la perception de détails ou d'implicites qui échapperaient à toute personne ne connaissant pas ce métier. L'enquête par questionnaire menée sur ce thème constitue la première partie empirique de notre recherche doctorale et fait l'objet de la section suivante.

4.2 La méthodologie de l'enquête par questionnaire

L'enquête par questionnaire avait pour objectif de nous confronter à la diversité des pratiques professionnelles de préparation et d'administration des médicaments injectables à risque, au-delà de nos propres références expérientielles et livresques, et de commencer à interroger l'effet des caractéristiques personnelles et de contexte sur la préparation et l'administration médicamenteuse. Nous avons choisi l'enquête par questionnaire pour cibler précisément les variables sur lesquelles nous nous

interrogeons. Le questionnaire, selon Fortin et Gagnon (2010) « a pour but de recueillir de l'information factuelle, sur des événements ou des situations connues, sur des attitudes, des croyances, des connaissances, des impressions et des opinions » (p. 432). La population cible est celle des infirmières de réanimation, présentées dans le préambule de la partie empirique, et l'échantillon des personnes interrogées a été construit sans considération probabiliste, mais par choix raisonné. Cette « méthode consiste à sélectionner certaines personnes en fonction de caractéristiques typiques de la population à l'étude » (Fortin et Gagnon, 2010, p. 235).

Parmi les avantages du questionnaire, Fortin et Gagnon (2010) signalent que la constance d'un questionnaire à l'autre assure la fidélité de l'instrument, ce qui rend possible les comparaisons entre les répondants. La possibilité de comparer les réponses est la caractéristique essentielle que nous recherchons afin d'identifier des récurrences et de tenter d'en proposer une catégorisation. Les limites et problèmes de ce type de dispositif d'enquête sont soulignés par Fortin et Gagnon (2010) en sciences infirmières et également par Campenhoudt et Quivy (2011) en sciences sociales :

La fiabilité des réponses aux questions pouvant être perçues indiscretes ou délicates ;

La relative fragilité du dispositif. Pour que la méthode soit fiable, plusieurs conditions doivent être remplies : rigueur dans le choix de l'échantillon, formulation claire et univoque des questions, correspondance entre le monde de référence des questions et le monde de référence du répondant, atmosphère de confiance au moment de l'administration du questionnaire, honnêteté et conscience professionnelle des enquêteurs. Si l'une des conditions n'est pas correctement remplie, la fiabilité de l'ensemble du travail s'en ressent (p. 169).

Quatre versions successives ont été nécessaire pour aboutir à la version finale du questionnaire. Les deux premières ont été analysées par différents spécialistes de la question, la troisième a été testée auprès de deux infirmières de réanimation, la quatrième étant la version adoptée pour l'enquête. Les questions sont organisées en plusieurs catégories en fonction du type de données qu'elles conduisent à recueillir :

- des données sur les caractéristiques personnelles et professionnelles des infirmières enquêtées ;
- des données contextuelles : type et taille de l'hôpital, types et tailles du service, effectif en personnel, description succincte des conditions d'exercice, gestion de l'approvisionnement en médicaments et caractéristiques de l'infirmière ;

- des données sur les médicaments injectables à risque et leurs utilisations dans leurs contextes spécifiques d'exercice, produit par produit : la présentation pharmacologique, le type de prescription, la présence de protocoles avec les différents items présents à l'intérieur. Ces informations sont recueillies à partir de questions préformées ;
- des données sur la préparation de chaque médicament à partir de questions ouvertes. Quatre procédures sont proposées pour indiquer la préparation du médicament, avec la possibilité de décrire une autre procédure que celles proposées : dilution protocolée d'un flacon entier pour adapter le débit, préparation libre au choix de l'infirmière, préparation à partir d'abaques, préparation à partir d'une prescription informatisée et rubrique autre ;
- des données sur les dispositifs d'administration (PSE) : PSE traditionnel, smart pompes, question sur l'utilisation de ces dispositifs et la possibilité de générer des erreurs ;
- des données sur les connaissances pharmacologiques à propos des médicaments à risque : connaissances sur les *Never Events* et proposition d'établir une liste d'alerte de médicaments concernés, du point de vue de l'infirmière répondant au questionnaire.

Le questionnaire vise à documenter la préparation des médicaments injectables à risque et la capacité des infirmières à s'adapter à leurs contraintes en vue de mettre au jour la conceptualisation sous-jacente. Un avis sur le produit médicamenteux et une potentielle dangerosité sont testés : effet indésirable grave en cas de surdose même faible, produit difficile à manipuler parce que sensible, parce que devant être dilué, etc.

L'enquête s'est déroulée dans sept services de réanimations/soins intensifs de trois régions françaises (Ile de France, Pays de Loire et Occitanie). Les molécules soumises à enquête sont celles que nous avons préalablement sélectionnées : la dobutamine, l'héparine, la morphine, l'insuline, le chlorure de potassium et la noradrénaline. Certaines molécules, plus spécifiques à des services de réanimation spécialisée, n'ont pas été retenues afin de privilégier la comparabilité des réponses des infirmières de l'échantillon, ces dernières ayant eu toutefois la possibilité de rajouter des molécules qui leur semblaient rentrer dans la catégorie des médicaments à risque.

Le choix des régions et des services s'est opéré via le réseau associatif de la SFISI dont nous sommes membre représentatif¹³². Une personne contact (cadre infirmière ou

¹³² Nous sommes l'actuel secrétaire de l'association.

infirmière) était la destinataire du courrier après acceptation du rôle d'information, de distribution et de collecte des questionnaires. La procédure d'administration du questionnaire a suivi la même procédure pour tous les services. Une lettre de présentation de l'enquête accompagnée du questionnaire a été adressée à la personne contact qui l'a proposé au personnel infirmier de son équipe. Il n'y a pas eu de sélection des répondants, le questionnaire est renseigné anonymement¹³³ et au volontariat. L'échantillon est issu de la population infirmière qui œuvre en service de réanimation/soins intensifs et qui manipule quotidiennement les médicaments à risque, cibles de notre recherche. La représentativité de cet échantillon sur des critères géographiques, démographiques, etc. n'a pas été recherchée puisque rien ne permet de faire un lien entre ces caractéristiques et l'objet de notre recherche.

4.3 Analyse de l'enquête par questionnaire

4.3.1 Traitement des données

Pour l'exploitation des données, nous avons opté pour le logiciel Epidata® qui selon le support officiel « Fichier d'aide » (Lauritsen, Bruus et Myatt, 2001)¹³⁴, est un programme ayant pour but d'aider à la création de versions informatiques de questionnaires d'enquêtes, en facilitant la saisie. L'idée fondamentale à l'origine du logiciel est d'aider à la création de fichiers de données brutes de bonne qualité pour l'analyse ultérieure. C'est cette deuxième fonctionnalité que nous avons retenue afin de structurer les données en vue de leur analyse. Les résultats ont été exportés au format Excel® afin d'être exploités.

4.3.2 Les résultats

Nous avons limité la recherche au calcul de doses des produits injectables, nous avons effectué une analyse *a priori* des possibles quant aux calculs qui peuvent être effectués et nous cherchons à utiliser cette analyse pour catégoriser *a posteriori* les pratiques déclarées des infirmières. Nous cherchons également à travers les analyses *a posteriori* à

¹³³ Ce type de recueil de données sur les professionnels de santé et une activité de soins n'entre pas dans le cadre de la loi Informatique et Liberté nécessitant une demande de déclaration ou d'autorisation préalable auprès de la Commission nationale informatique et liberté. Nous ne recueillons aucune donnée personnelle identifiable concernant les répondants, le questionnaire étant anonyme et n'étant pas administré directement par le chercheur.

¹³⁴ http://www.epidata.dk/downloads/epdhelp_fr.pdf

mettre éventuellement au jour des produits susceptibles d'être de « bons candidats à l'erreur de dose ». Parmi ces produits candidats, nous avons choisi de nous concentrer sur les plus « dangereux » pour les patients, avec toute la modestie à laquelle conduit la capacité à définir clairement le périmètre de cette notion générique.

La recherche s'est donc structurée en deux niveaux :

- une analyse ergonomique des données a permis de recenser des pratiques et d'en constater la grande variété. Nous pouvons déjà annoncer qu'elles apparaissent à la fois hétérogènes entre services et plutôt homogènes à l'intérieur d'un même service.
- une analyse didactique qui s'inscrit dans une perspective ergonomique pour repérer les conceptualisations à l'œuvre.

Détaillons ci-après le travail effectué et les résultats obtenus.

4.3.2.1 Le contexte de travail des lieux d'enquête

Nous avons reçu 27 questionnaires provenant de quatre CHU différents qui se répartissent de la façon suivante (entre parenthèses est indiqué le nombre de réponses) :

- 1 CHU de la région Pays de Loire : service de réanimation pédiatrique (1), service de réanimation néonatale (niv 3) (3), deux services de réanimation chirurgicale adulte (4), service de médecine intensive-réanimation adulte (7) ;
- 2 CHU d'Ile de France : service de réanimation chirurgicale (4), service réanimation et soins continus de neurologie (2) ;
- 1 CHU d'Occitanie : service de réanimation polyvalente (4).

Conformément à l'annonce faite en introduction, nous avons décidé de reporter le travail sur les calculs de doses en pédiatrie à une période postérieure à la réalisation de la thèse, du fait de leur grande spécificité, ce que confirme d'ailleurs les quatre réponses obtenues dans les questionnaires. Les résultats concernant la pédiatrie ne seront donc pas présentés dans l'analyse qui suivra. Indiquons également que les questionnaires proviennent, pour un peu moins de la moitié, d'un même CHU des Pays de Loire. Le plus grand nombre de services représentés issus de ce CHU pourrait laisser penser que l'échantillon conduira à des résultats trop peu variés en regard de ceux qui auraient été obtenu sur la population, mais l'analyse montre que les manières de faire sont très différentes au sein de ce CHU et que l'homogénéité redoutée du fait de l'échantillon n'est donc pas importante : les pratiques sont très diverses entre des unités de réanimation

d'un même hôpital. Signalons enfin que deux questionnaires se sont révélés inexploitable car ils n'ont pas été suffisamment complétés, notamment dans la partie concernant les modes de préparation des médicaments et les raisonnements mathématiques utilisés. Ajoutés à ceux provenant de pédiatrie, notre échantillon se réduit à 21 questionnaires exploitables.

Terminons cette présentation du corpus par quelques limites méthodologiques : d'une part, la diffusion du questionnaire par une personne contact ne nous met pas à l'abri, malgré les consignes, du fait qu'elle ait choisi les professionnelles pour renseigner le questionnaire, sachant en outre que plusieurs relances ont été nécessaires pour d'obtenir ce nombre de réponses. D'autre part, la recherche d'exhaustivité de l'enquête a généré un questionnaire papier relativement long, ce qui fragilise peut-être la qualité des réponses.

Données générales sur les lieux d'enquête

Seules sont représentées des infirmières de CHU donc des structures de grande taille au-delà de 1 000 lits d'hospitalisation (Tableau 7).

Services	Nombre de lits	Personnels paramédicaux	Personnels médicaux
Service A = réanimation chirurgicale	28 lits deux unités de 12 lits 4 lits de soins continus	90 infirmières 45 aides-soignants	10 médecins 6 internes
Service B = réanimation chirurgicale	28 lits 20 lits de réanimation 8 lits de soins continus	100 infirmières* 50 aides-soignants*	9 médecins 8 internes
Service C = réanimation polyvalente	20 lits deux unités de 8 lits 4 lits de déchocage	60 infirmières 30 aides-soignantes	13 médecins 10 internes
Service D = médecine intensive/réanimation	24 lits trois unités de 8 lits	80 infirmières 40 aides-soignantes	10 médecins
Service E = soins continus	8 lits	8 infirmières 7 aides-soignantes	3 médecins

* particularité du service B dans lequel les infirmières et les aides-soignantes de la réanimation travaillent également en salle de surveillance-interventionnelle ce qui explique les écarts dans les effectifs vis-à-vis de services équivalents.

Tableau 7 : Répartition du nombre de lits par service et effectifs paramédicaux et médicaux

L'effectif en personnel de l'échantillon respecte le ratio deux infirmières pour 5 patients et 1 aide-soignante pour 4 patients défini dans les textes réglementaires sur l'organisation des services de réanimation ou les recommandations SFAR/SRLF de 2005 et 2011 pour les services de soins continus (1 infirmière pour 4 patients et 1 aide-soignante pour 4 à 6 patients). La question sur les effectifs était destinée à évaluer la répartition des différentes catégories au regard des textes, mais celle sur les effectifs médicaux n'était pas suffisamment explicite. Les internes ont parfois été comptabilisés mais pas systématiquement ce qui explique la présence ou l'absence de leur nombre dans le tableau.

Les services A et B de réanimation chirurgicale ont des horaires de travail en 12h (2 équipes/24h) pour les personnels paramédicaux. Les équipes du service A font une

rotation sur les horaires de jour et de nuit et les équipes du service B sont en horaires fixes. Tous les autres services travaillent en 7h30 ou 7h36 (3 équipes/jour).

Gestion des médicaments

Tous les services dépendent d'une pharmacie à usage intérieur (PUI) qui prépare dans quelques cas les chimiothérapies, mais cette pratique n'est pas généralisée dans l'échantillon. Un seul service n'a pas de lieu de stockage local dans l'unité.

Les préparations des traitements de médicaments injectables à risque se font extemporanément dans le service (exception faite pour certaines chimiothérapies). Tous les services sont équipés de chariots de préparation des médicaments injectables dans les chambres (services récents) et de paillasse pour les plus anciens. Seules les infirmières du service E de soins continus utilisent à la fois le poste de soins et la paillasse de la chambre.

La prescription médicale est très majoritairement manuelle (4 services sur les 5). Seul le service de soins continus est informatisé.

Profil de l'échantillon

21 répondantes toutes infirmières diplômées d'État (Tableau 8) :

Expérience professionnelle (années de D.E.)	< 5 ans	entre 5 et 10 ans	> 10 ans	Moyenne en années
Nombre d'infirmières	3	15	3	9,3
Expérience dans le service	< 5 ans	entre 5 et 10 ans	> 10 ans	Moyenne en années
Nombre d'infirmières	8	11	2	7,4

Tableau 8 : Durée de l'expérience des infirmières enquêtées (en années)

L'échantillon des infirmières répondantes à une expérience moyenne de 9,3 ans (avec une variation de 9 mois à 32 ans) et une expérience de travail dans le service enquêté en moyenne de 7,4 ans (avec une variation de 9 mois à 30 ans). La moitié de l'effectif a connu une autre expérience infirmière précédemment à sa prise de poste en réanimation. La croyance dans le milieu infirmier évoque une durée de vie professionnelle de 7-8 ans en réanimation ; une durée qui diminuerait le temps passant. Il est relativement difficile de donner une légitimité à ces chiffres car il n'existe pas d'enquête récente concernant la durée de vie professionnelle d'une infirmière en réanimation. La Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES) a produit un rapport en 2008 sur les premières années de carrière des infirmiers diplômés (Ferretti et Garrouste, 2008) qui précisait que 98% des infirmières diplômées en 1998 exerçaient toujours la profession en 2008. La même DREES en 2019, dans un rapport sur l'insertion dans l'emploi des diplômés infirmiers (Croguennec, 2019) signale que 96% des infirmières en 2013 sont encore en activité après 3 ans (cohorte de 2001 à 2013). Il est donc impossible à partir d'aussi peu de données, qui plus est déjà anciennes, d'analyser plus avant ces chiffres, si ce n'est en précisant que cet échantillon ressemble à la population que nous côtoyons habituellement dans les services de réanimation.

4.3.2.2 Les résultats par produit

Les résultats de l'analyse didactique sont présentés dans cette section, pour chaque médicament, en deux temps. Dans le premier, nous caractérisons les raisonnements possibles *a priori*, sur le même modèle que l'analyse réalisée pour la dobutamine. Les possibilités de raisonnement mise au jour étaient triples, avec une entrée par la dose, par le débit ou par la concentration en fonction de contraintes de contextes, de préférences personnelles ou d'une prise en compte de variables de la situation (caractéristiques du patient, matériel disponible, prescription, etc.). Dans le second temps, nous caractérisons les raisonnements indiqués par les infirmières et testons la robustesse de nos analyses *a priori*. Pour cette partie de la recherche où les données ont été recueillies par questionnaire, il n'y a pas, à proprement parler, de contexte de la situation impliquant un patient précis, du matériel réel, etc. Toutefois, les informations recueillies informent sur les pratiques des infirmières enquêtées. Autrement dit, dans le questionnaire, les infirmières indiquaient leurs procédures de manière générale, sans procéder réellement

à un calcul de doses médicamenteuses, mais nous effectuons, *a priori*, une analyse du travail comprenant ce calcul afin d'être en mesure d'interpréter leurs propos généraux. Les extraits des questionnaires qui rapportent les raisonnements sont présentés par regroupement logique et ne suivent pas, pour chaque médicament analysé, l'ordre alphabétique des services.

4.3.2.2.1 La dobutamine

Analyse *a priori* d'une situation de préparation liée à une prescription de dobutamine

Situation emblématique

Le médecin prescrit à un patient de 65 kg de la dobutamine à la dose de 10 µg/kg/min par PSE pour un état de choc. Le flacon se présente en dosage de 250 mg dans 20 mL.

Analyse *a priori*

Dans la suite, les termes « prescription médicale » et « pousse-seringue électrique » seront notés respectivement PM et PSE.

A – Entrée par la dose

- l'infirmière fixe la durée pour calculer la dose (masse en mg), par ex. 12h ou 24h puis en déduit la dose en mg à administrer pour cette durée d'après la PM ;
- l'infirmière calcule la dose à prélever à partir de la prescription en µg/kg/min, de la durée et du poids du patient : $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 65 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} \times 12 \text{ h} = 468\,000 \mu\text{g} = 468 \text{ mg}$;
- elle calcule alors le volume de dobutamine en mL à prélever à partir du dosage : $468 \text{ mg} \times 20 \text{ mL} / 250 \text{ mg} = 37,44 \text{ mL}$.
- l'infirmière dilue cette dose dans un volume adapté au calcul du débit, ici 48 mL ;
- l'infirmière règle enfin le débit en mL/h sur le PSE pour passer ce volume de 48 mL dans la durée déterminée de 12h c'est-à-dire à 4 mL/h.

B – Entrée par le débit

- l'infirmière prépare une seringue de manière à obtenir la correspondance entre le débit et la PM suivante : 1 mL/h pour une PM de 1µg/kg/min. Une telle seringue de 50 mL préparée pour une PM de 1µg/kg/min permettrait un traitement d'une durée de 50 h.
 - elle calcule alors la masse de produit nécessaire en fonction du poids P : $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 1/1000 \text{ mg}/\mu\text{g} \times P \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} \times 50\text{h} = 3 \times P \text{ mg}$.
- Avec P = 65 kg, elle obtient 195 mg.

- l'infirmière calcule le volume de dobutamine en mL à prélever dans le flacon correspondant à la dose de 195 mg : $195 \text{ mg} \times 20 \text{ mL} / 250 \text{ mg} = 15,6 \text{ mL}$.

- l'infirmière dilue ce volume de dobutamine dans la seringue jusqu'à 50 mL ;

- l'infirmière règle le débit en mL/h du PSE en fonction de la PM, ici 10 mL/h. Et le traitement sera donc à renouveler après 5 heures d'injection sauf modification de la PM.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière prépare une seringue pour obtenir une concentration en mg/mL permettant de passer facilement du débit en mg/h à un débit en mL/h. Elle dilue, par exemple, un flacon dans 50 mL donc $250 \text{ mg} / 50 \text{ mL}$ soit $5 \text{ mg} / 1 \text{ mL}$ ou deux flacons dans 50 mL et obtient $500 \text{ mg} / 500 \text{ mL}$ soit $10 \text{ mg} / 1 \text{ mL}$;

- l'infirmière calcule ensuite le débit de dobutamine en mg/h à partir de la PM et du poids P du patient : $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 1/1000 \text{ mg}/\mu\text{g} \times 65 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 39 \text{ mg}/\text{h}$.

- supposons qu'elle ait préparé la seringue à $10 \text{ mg} / 1 \text{ mL}$, il lui reste à régler le débit du PSE à 3,9 mL/h.

On comprend que ces trois grands types de possibilités de calcul orientent la préparation de la seringue et le réglage du débit du PSE. Le lecteur pourra vérifier la cohérence des résultats qui assure que le « bon » traitement est administré au patient : la première méthode conduit à administrer 468 mg en 12h soit 39 mg par heure, la deuxième conduit à injecter 195 mg en 5 h soit 39 mg par heure et la troisième conduit également à une administration de 39 mg/h. Les raisonnements diffèrent selon les procédures, le travail d'analyse didactique et ergonomique des déclarations recueillies *via* le questionnaire conduit à identifier le type de raisonnement effectué par les infirmières en fonction des procédures déclarées.

Analyse didactique et ergonomique des pratiques déclarées des infirmières

Seuls trois services ont évoqué des méthodes pour préparer la dobutamine. Le service de soins continus n'utilise pas les catécholamines en routine (adrénaline, dobutamine, noradrénaline).

Le cas des infirmières du service D

Le poids d'entrée du patient nous permet de trouver notre dilution pour que 1 µg/kg/min corresponde à 1 mL/h. Je prélève le produit, je le complète avec la quantité nécessaire d'EPPI¹³⁵ pour atteindre la dilution.

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service D

Le service D utilise un tableau de dilution ou abaque qui met en relation le poids du patient et le volume de la dilution finale pour une quantité de dobutamine standard (125 mg ou 250 mg). L'objectif est d'obtenir une correspondance de 1 µg/kg/min → 1 mL/h. Dans cette situation, il n'y a pas de calcul à faire, c'est le tableau qui le prend en charge via la formule qui a permis de le réaliser. L'infirmière a juste à lire le tableau et choisir la dilution par rapport au poids de son patient.

Analyse de la pratique au sein du service D

Prenons un exemple pour expliciter la méthode indiquée. Pour un patient de 50 kg, le tableau propose une dilution de 125 mg dans 42 mL. Pour une PM de 1 µg/kg/min, cela correspond à une administration de $1 \mu\text{g/kg/min} \times 50 \text{ kg} \times 60 \text{ min/h} = 3000 \mu\text{g/h}$ soit 3 mg/h.

La dilution de dobutamine indiqué dans le tableau est 125 mg dans 42 mL ce qui correspond à une concentration de $125 \text{ mg}/42 \text{ mL} = 2,976 \text{ mg/mL}$ soit 3 mg/mL. On obtient donc bien un débit massique 3 mg/h avec un débit volumique 1 mL/h.

La recherche d'un débit facile à déterminer est la priorité dans cette méthode et est clairement indiquée par l'infirmière, le raisonnement sous-jacent au calcul correspond donc à une **entrée par le débit**.

Il s'agit d'une variante de l'entrée par le débit, proposée dans l'analyse *a priori*, dans laquelle le volume de dilution n'est plus une donnée fixe, mais une donnée variable calculée en amont en fonction du poids du patient. L'infirmière lit le tableau sans effectuer de calcul. Le lecteur curieux de comprendre le calcul sous-jacent aux données du tableau pourra lire les lignes qui suivent :

- on cherche à diluer 125 mg dans un volume V tel qu'à la PM de 1 µg/kg/min pour un patient de 50 kg corresponde un débit de 1 mL/h ;

¹³⁵ EPPI pour eau pour préparation injectable. Il s'agit d'un solvant utilisé pour préparation parentérale.

- or $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ pour un patient de 50 kg correspond à $1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 50 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h}$ c'est-à-dire à $3 \text{ mg}/\text{h}$;
- le débit du PSE correspondant étant de $1 \text{ mL}/\text{h}$, il faut que la concentration du liquide de la seringue soit de $3 \text{ mg}/\text{mL}$ c'est-à-dire 125 mg dans $125/3 \text{ mL}$ soit environ 42 mL .

Le cas des infirmières des services C et A

Dans les services C et A (deux infirmières sur les quatre répondantes), les infirmières parlent de protocole (non formalisé) qui, dans ce cas, correspond donc plutôt à une habitude de service pour une même pratique de préparation dans l'unité.

Un flacon de $250 \text{ mg}/20 \text{ mL}$ est dilué avec 30 mL de NaCl $0,9 \%$ ce qui donne 250 mg dans 50 mL soit $5 \text{ mg}/\text{mL}$.

Ou $250 \text{ mg}/20 \text{ mL}$, je prends toujours 30 mL de G 5% . J'ajoute 20 mL (1 flacon) de dobutamine soit au total 50 mL . Vitesse prescrite en mL/h .

Identification des pratiques décrites par les infirmières des services C et A

Les infirmières indiquent leur raisonnement en commençant par le flacon et son dosage pour trouver un lien entre la masse et le volume. L'infirmière prélève le flacon entier (20 mL) et le dilue avec 30 mL de diluant (NaCl $0,9 \%$ ou G 5%) pour obtenir une solution de 250 mg dilués dans 50 mL . Cette préparation permet d'obtenir une concentration finale de $5 \text{ mg}/\text{mL}$.

Analyse des pratiques décrites par les infirmières des services C et A

Les infirmières débutent le raisonnement à partir du dosage du flacon qui se présente sous la forme d'une solution de 250 mg dans 20 mL . En diluant dans une seringue la dobutamine à 50 mL , on obtient un rapport $250 \text{ mg}/50 \text{ mL}$ facilement utilisable. L'objectif de cette démarche est centré sur la recherche d'un rapport simplifié entre le débit horaire de masse et le débit horaire de volume qu'il faudra programmer sur le PSE. La concentration de $250 \text{ mg}/50 \text{ mL}$ est de $5 \text{ mg}/1 \text{ mL}$ et donc fait émerger un rapport de 1 à 5. Le débit horaire de masse en mg est calculé à partir de la PM et du poids du patient :

$$10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \times 1/1000 \text{ mg}/\mu\text{g} \times 65 \text{ kg} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 39 \text{ mg}/\text{h}$$

Ce débit massique est converti en débit horaire de volume en utilisant la concentration ($5 \text{ mg}/\text{mL}$) pour un résultat en mL/h : $39 \text{ mg}/\text{h} / 5 \text{ mg}/\text{mL} = 7,8 \text{ mL}/\text{h}$.

Ce raisonnement qui définit une concentration facile à manipuler pour mettre en lien le débit médicamenteux prescrit avec le débit à programmer sur le PSE correspond à un type de raisonnement identifié avec une **entrée par la concentration**.

Synthèse sur la dobutamine

Les niveaux de risque varient entre les procédures de préparation et sont évalués au regard de notre connaissance des pratiques professionnelles et de la littérature scientifique. Deux stratégies sont en jeu pour faciliter la préparation du produit et limiter les risques de manipulation en utilisant des flacons entiers (20 mL) ou des moitiés de flacons soit 10 mL c'est-à-dire un nombre entier de mL facile à prélever.

Le protocole de préparation par tableau de dilution entraîne une pratique harmonisée et simplifiée avec un débit facile à manipuler pour un produit prescrit en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ qui est une unité réputée difficile à conceptualiser (NPSA, 2009 ; Wright, 2017). Le débit est en mL/h pour une PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.

La recherche d'un rapport de dilution (concentration) facile à manipuler correspond à cette même volonté de simplifier la préparation et la programmation du débit. Le débit est ajusté par l'infirmière selon la PM.

L'objectif poursuivi par ces deux types de raisonnement est de faciliter l'adaptation du débit à programmer sur le PSE en fonction de la PM qui peut varier en raison de l'instabilité de l'état physio-pathologique des patients. À partir des paramètres vitaux recueillis par l'infirmière (ici la fréquence cardiaque et la pression artérielle), le médecin peut proposer un ajustement de la PM. Avec des deux types de préparation médicamenteuse, le changement de PM ne nécessitera pas de changer la seringue, mais seulement de changer le débit grâce aux correspondances décrites précédemment. On constate que les trois types de raisonnements issus de l'analyse *a priori* couvrent l'ensemble des raisonnements cités par les infirmières et enfin qu'aucune d'entre elles ne mentionne une préparation reposant sur un raisonnement avec une entrée par la dose. Une telle préparation nécessiterait de changer de seringue en cas de changement de PM, c'est pourtant souvent à ce type de préparation que sont formées les étudiantes en soins infirmiers.

4.3.2.2.2 L'héparine

Analyse a priori d'une situation de préparation liée à une prescription d'héparine

Situation emblématique

Le médecin prescrit à un patient 30 000 UI / 24h d'héparine à administrer par PSE pour traiter une thrombose.

L'héparine est conditionnée en flacons de 5 mL contenant 25 000 UI.

Analyse a priori

Dans la suite, les milliers d'UI sont notés kUI.

A – Entrée par la dose

- l'infirmière fixe la durée de la seringue à 12h ou 24h puis en déduit la dose en UI à administrer pour cette durée d'après la PM. Ici, par exemple, les flacons sont conditionnés avec 5 kUI/mL donc si l'infirmière choisit de préparer une seringue pour 24h, elle devra prélever 30 kUI soit 6 mL c'est-à-dire un flacon plus 1 mL ;
- l'infirmière prépare la seringue en diluant cette dose dans un volume adapté au calcul du débit (volume horaire) : 24 mL ou 48 mL ;
- en supposant qu'elle ait dilué les 6 mL dans 48 mL, l'infirmière fixera le débit en mL /h du PSE à 2 mL/h puisque la seringue de 48 mL a été préparée pour 24h.

B – Entrée par le débit

- l'infirmière prépare la seringue pour aboutir à un débit à programmer en mL/h, facilement déductible de la PM exprimée en kUI par 24h. Pour une PM de 30 kUI/24 h, l'infirmière envisagera par exemple de préparer une seringue avec un débit d'administration réglé à 3 mL/h ;
- elle détermine le volume total de la seringue pour une fraction de ces 24h avec un débit de 3 mL/h, ce volume étant généralement de 24, 36 ou 48 mL. Ici, puisque le débit correspondant à la PM est de 3 mL/h, le volume choisi sera de 36 mL, ce qui correspond à 12h d'administration ;
- l'infirmière prépare alors une seringue avec un volume d'héparine correspondant 15 kUI soit 3 mL (les 3 mL étant calculés à partir de la concentration du flacon 5 kUI/mL) qu'elle complète avec un diluant jusqu'aux 36 mL prévus ;
- l'infirmière fixe enfin le débit de la seringue sur le PSE à 3 mL/h.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière prépare une seringue avec une concentration en UI/mL permettant de passer facilement du débit en kUI/h à un débit en mL/h (ce raisonnement est adapté aux PM pour lesquelles le débit en kUI/h se calcule facilement) ;
- l'infirmière dilue, par exemple, un ou deux flacon(s) de 25 kUI dans 50 mL et obtient 500 UI ou 1 000 UI par mL ;
- elle détermine le débit d'héparine en UI/h à partir de la PM, ici 1 250 UI/h, et en déduira le débit correspondant en mL/h en fonction de la concentration de la solution de la seringue.
- Si elle a dilué un flacon dans 50 mL, elle dispose d'une seringue comprenant 500 UI/mL et réglera donc le débit du PSE à 2,5 mL/h puisque $1\,250 = 2,5 \times 500$. Si elle a dilué deux flacons dans 50 mL, elle dispose d'une seringue comprenant 1 000 UI/mL et réglera donc le débit de PSE à 1,25 mL/h puisque $1\,250 = 1,25 \times 1\,000$;

On comprend à nouveau que ces trois grands types de possibilités de calcul orientent la préparation de la seringue et le réglage du débit du PSE. Le lecteur pourra vérifier la cohérence des résultats qui assure que le « bon » traitement est administré au patient : la première méthode conduit à administrer 30 kUI en 24h conformément à la PM, la deuxième conduit à injecter 15 kUI en 12h ce qui est également conforme à la PM et la troisième conduit à une administration de 2,5 mL/h d'une solution de 500 UI/mL c'est-à-dire 1 250 UI/h ou 30 kUI/24h ce qui est aussi conforme à la PM. Les raisonnements différents selon les procédures, le travail d'analyse didactique et ergonomique des déclarations recueillies *via* le questionnaire conduit à identifier le type de raisonnement effectué par les infirmières en fonction des procédures déclarées.

Analyse didactique et ergonomique des déclarations des infirmières

D'après les réponses des infirmières, tous les services utilisent la même présentation du flacon d'héparine et trois services sur six disposent d'un protocole. Seules deux unités ont un protocole formalisé (services A et C), pour la troisième, il s'agirait plutôt d'habitudes de service (service D).

Cas des services A et C

Je prélève 5 mL (25 000 UI) et je rajoute 45 mL de NaCl 0,9 %.

On a 25 000 UI dilués dans 50 mL soit 500 UI dans 1 mL.

On transforme la PM en UI/h en mL/h.

Identification de la pratique décrite par les infirmières des services A et C

L'infirmière prélève les 5 mL du flacon (flacon entier) soit 25 kUI, auxquelles elle rajoute dans la seringue 45 mL de diluant (NaCl 0,9 %) pour obtenir un volume total de 50 mL. Cette dilution lui permet d'avoir une solution concentrée à 500 UI/mL. Elle peut ensuite calculer le débit en mL/h à partir de la PM en fonction de la concentration de 500 UI/mL.

Analyse de la pratique au sein des services A et C

Avec 5 mL d'héparine dilués dans 50 mL, on a 25 kUI dans 50 mL, soit un rapport de 1 à 2 entre les kUI et les mL. Ainsi, si la PM horaire est 1 440 UI/h soit 1,44 kUI/h, le débit du PSE sera réglé à 2,88 mL/h. On obtient un débit décimal, sauf lorsque la PM horaire est un multiple de 500 UI/h, le débit est entier. Le raisonnement sous-jacent à ce protocole correspond à **une entrée par la concentration**.

Ce protocole supprime les risques d'erreurs liés aux notions de petit volume et de décimale puisqu'il demande d'aspirer la totalité du contenu du flacon pour la préparation du médicament. En revanche, le débit peut comporter une décimale ce qui constitue une source d'erreur possible pour la programmation du pousse-seringue électrique (PSE).

Cas du service D

Le protocole du service D propose deux possibilités de dilution :

Je prélève 10 000 UI (2mL) ou 20 000 UI (4mL) qui sont ensuite dilués avec de l'EPPI jusqu'à 24mL pour une durée de 12h. Les infirmières évoquent une vitesse¹³⁶ de 2,4mL/h pour une PM de 1 000 UI/h ou 2 000 UI/h.

Le résultat est au dixième près.

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service D

L'infirmière prélève 2 mL d'héparine du flacon soit 10 kUI, auxquelles elle rajoute dans la seringue 22 mL de diluant ici de l'eau pour préparation injectable (EPPI) pour obtenir un volume total de 24 mL qu'elle va administrer sur 12 h. Cette dilution permet d'envisager un débit de 2 mL/h. Le même raisonnement peut être appliqué avec le prélèvement des 4 mL d'héparine soit 20 kUI, auxquelles elle rajoute dans la seringue 20 mL de diluant ici

¹³⁶ C'est le terme utilisé dans le langage quotidien du métier et qui correspond au débit.

de l'eau pour préparation injectable (EPPI) pour obtenir un volume total de 24 mL qu'elle va administrer sur 12 h. Cette dilution lui permet aussi d'envisager un débit de 2 mL/h.

Analyse de la pratique au sein du service D

1^{re} dilution : 10 000 UI dans 24 mL

Si 2 mL d'héparine sont dilués dans 24 mL avec un diluant (EPPI), cela fait 10 kUI dans 24 mL. En fixant encore *a priori* le débit à 2mL/h, on obtient un débit correspondant à une administration des 10 kUI sur 12h c'est-à-dire correspondant à une PM de 20 kUI/24h. On obtient donc un rapport de 1 à 10 entre le débit horaire du PSE et la PM en kUI sur 24h. Par exemple, pour une PM de 24 000 UI/24 h, cela fait un débit de 2,4 mL/h. Le débit est entier si la PM est un nombre entier de kUI/24h.

2^{de} dilution : 20 000 UI dans 24 mL

Si on dilue 4 mL d'héparine dans 24 mL avec un diluant (EPPI), cela fait 20 kUI dans 24 mL. En fixant *a priori* le débit à 2mL/h, on obtient un débit correspondant à une administration des 20 kUI sur 12h c'est-à-dire correspondant à une PM de 40 kUI/24h. L'infirmière obtient un rapport de 1 à 20 entre le débit horaire du PSE et la PM sur 12h et donc un rapport de 1 à 10 entre le débit horaire du PSE et la PM sur 12h. Par exemple, pour une prescription de 28 000 UI/24 h qui correspond à 14 kUI pour 12h, l'infirmière pourra régler le PSE avec un débit de 1,4 mL/h. Le débit est entier si la PM est un nombre entier de kUI/12h.

Les deux protocoles reposent sur des raisonnements sous-jacents correspondant à **une entrée par le débit**. Les deux variantes de protocole nécessitent de manipuler des petits volumes de médicament (2mL ou 4mL) et font apparaître un calcul final de débit avec une décimale, source d'erreur possible pour le calcul ou pour la programmation du PSE.

Cas d'une infirmière du service D

Une infirmière du service D indique une méthode de calcul spécifique :

Par exemple, si PM = 12 000 UI alors $12 \times 2 = 24/10 = 2,4$ mL d'héparine à prélever et à diluer dans 24 mL.

Identification de la pratique de cette infirmière du service D

Son calcul proportionnel peut s'écrire de la façon suivante :

25 000 UI → 5 mL

12 000 IU → x mL $x = 12 \times 5/25 = 12 \times 1/5 = 12 \times 2/10$

L'infirmière semble donc convertir la PM en kUI par 24h en un volume d'héparine à prélever du flacon. Si ce volume est dilué dans 24 mL, il pourra être administré en 24h au patient c'est-à-dire avec un débit de 1 mL/h.

Analyse de la pratique de cette infirmière du service D

Manifestement, l'infirmière prépare une seringue pour 24h en diluant la dose correspondante d'héparine dans 24mL. Cette pratique est sous-tendue par un raisonnement correspondant à **une entrée par la dose**.

Cas des services B et E

Les services B et E n'ont pas de protocole formalisé et plusieurs pratiques sont déclarées : quatre correspondent à une entrée par la concentration décrite précédemment et nous détaillons deux autres déclarations qui décrivent une même pratique.

1. Choix de la durée de la seringue (6h, 8h, 12h)
2. Choix de la dose par seringue (dose prescrite divisée par 2, 3 ou 4)
3. Calcul du volume d'héparine à prélever correspondant à la dose choisie
4. Choix du volume de diluant
5. Calcul de la vitesse de la seringue en mL /h

Identification de la pratique de ces infirmières des services B et E

L'infirmière débute son raisonnement en fixant la durée de la seringue pour déterminer la dose à préparer. Elle détermine ensuite la dose à prélever du flacon qui est calculée en kUI puis convertie en mL à partir de la concentration du flacon (25 kUI pour 5 mL). La seringue est enfin complétée avec un diluant jusqu'au volume adapté à un débit en mL/h à fixer.

Analyse de la pratique de ces infirmières des services B et E

La priorité est donnée à la dose – totale ou fractionnée – pour une durée déterminée à l'avance. Le raisonnement correspond donc à une **entrée par la dose**. Ainsi, pour une PM de 24 kUI/24h, l'infirmière peut envisager de préparer une dose pour 6 h. La dose pour 24h est alors fractionnée en 4, ce qui donne un volume d'héparine à prélever de 6 kUI. La dose de 6 kUI correspond à un volume de 1,2 mL ($6 \times 5/25$) qui est prélevée puis diluée

dans un volume adapté pour respecter la durée choisie, par exemple dans 12 mL afin d'obtenir un débit de 2 mL/h ou dans 24 mL pour obtenir un débit de 4 mL/h.

Cette procédure nécessite de manipuler des petits volumes de médicament avec une possible décimale donc plusieurs sources d'erreurs. Remarquons, de façon analogue à la remarque effectuée sur la dobutamine, que c'est ce raisonnement mobilisant une entrée par la dose qui est, en général, enseigné en IFSI comme modèle pour la préparation d'une seringue d'héparine et plus généralement donc pour la préparation d'un médicament injectable par PSE.

Synthèse sur l'héparine

Les trois types de raisonnement distingués par leur entrée par la dose, le débit ou la concentration sont retrouvés dans les indications des infirmières avec une prédominance des deux derniers. En outre, aucune des pratiques mentionnées n'échappe à ces trois types de raisonnements. Nous avons remarqué aussi une forme de standardisation des pratiques au sein d'une même unité de réanimation, mais pas nécessairement dans un même CHU puisque les infirmières de ce CHU suivent des protocoles différents suivant qu'elles exercent dans les services D ou A.

Les entrées par le débit et par la concentration permettent un ajustement du traitement en fonction de la prescription médicale en modifiant le débit du pousse seringue électrique sans changer la seringue en fonction du résultat biologique de surveillance de l'efficacité du traitement. On pourrait ajouter que les protocoles, en plus d'harmoniser les pratiques, rationalisent les coûts financiers pour ce traitement : avec une préparation effectuée à l'aide d'un raisonnement s'appuyant sur une entrée par la dose, à chaque ajustement, il y a obligation de changer la seringue et donc de jeter son contenu. Fractionner la dose prescrite sur 24h conduit à des durées courtes et limite le gaspillage. Les raisonnements proportionnels pour les calculs ont été très peu développés dans les réponses des infirmières au questionnaire. Le produit en croix est évoqué par quatre infirmières comme méthode de calcul proportionnel pour obtenir le débit à programmer sur le PSE. La règle de trois est citée une fois. On peut noter que c'est une des deux infirmières les plus expérimentées (30 ans) qui évoque cette règle qu'elle a peut-être apprise pendant sa scolarité primaire et/ou secondaire.

Les niveaux de risque varient également et sont évalués au regard de notre connaissance des pratiques professionnelles et de la littérature scientifique. La technique qui semble la

plus sûre est celle du protocole avec une entrée par la concentration puisqu'elle requiert de prélever le flacon entier et ensuite, une fois dilué, de calculer le débit. Le risque qui demeure avec ce protocole concerne le calcul du débit qui comporte très fréquemment un résultat décimal lorsque la prescription conduit à un débit en kUI/h qui n'est pas entier, multiple de 5 (l'héparine est proposée avec un dosage de 5 kUI/mL). Des erreurs peuvent donc survenir durant la préparation et/ou dans l'administration lors du calcul du débit à programmer sur le PSE (Garrouste-Orgeas et al., 2010; Giuliano, 2018). Pour l'ensemble des procédures décrites la manipulation de petits volumes avec plusieurs étapes de préparation est également source d'erreur (Taxis et Barber, 2003).

4.3.2.2.3 L'insuline

Analyse a priori d'une situation de préparation liée à une prescription d'insuline

Situation emblématique

Le médecin prescrit à un patient de l'insuline au PSE au débit 2UI/h pour équilibrer sa glycémie. L'insuline se présente en flacon de 100 UI/mL pour une contenance de 10 mL.

Analyse a priori

A – Entrée par la dose

- l'infirmière fixe la durée de la seringue à 12h ou 24h par exemple puis en déduit la dose d'insuline en UI à administrer pour cette durée d'après la PM soit $PM \times 12$ ou 24 . Pour 12h, cela correspond à $2 \text{ UI} \times 12 = 24 \text{ UI}$ ou $2 \text{ UI} \times 24 = 48 \text{ UI}$.
- l'infirmière prélève à l'aide d'une seringue de 1 mL ou d'une seringue spécifique à insuline (graduée en UI), la quantité d'UI correspondante à partir du flacon concentré à 100 UI/mL. Si le prélèvement est effectué avec une seringue de 1 mL, pour 24 UI, cela correspond à 0,24 mL et pour 48 UI à 0,48 mL.
- l'infirmière transfère le volume d'insuline dans la seringue de 50 mL pour préparer la solution à administrer. La dose calculée et prélevée dans les seringues de petits calibres est diluée dans le volume par exemple de 24 mL adapté au calcul du débit en mL/h.
- l'infirmière règle le débit pour passer le volume dans la durée choisie ce qui donne $24 \text{ mL}/12\text{h} = 2 \text{ mL/h}$ ou $24 \text{ mL}/24\text{h} = 1 \text{ mL}$.

B – Entrée par le débit

- l'infirmière prépare la seringue d'insuline pour aboutir à un débit à programmer en mL/h, facilement déductible de la PM exprimée en UI par h. Elle cherche un lien entre le débit massique (UI/h) et le débit volumique (mL/h) soit ici $1 \text{ UI/h} \rightarrow 1 \text{ mL/h}$;
- l'infirmière prépare une seringue avec un volume d'insuline (seringue de 1 mL) ou une masse en UI (seringue à insuline) correspondant à la PM (calculée à partir de la concentration du flacon) donc pour un flacon concentré à 100 UI/mL, on prend par exemple 48 UI ce qui correspond à un volume de 0,48 mL.
- l'infirmière transfère le volume d'insuline prélevé (0,48 mL) à partir du flacon, dans la seringue de 50 mL pour préparer la solution à administrer. Elle détermine le volume total de la seringue pour les 24h par exemple, avec un débit de 2 mL/h. Elle complète avec un diluant jusqu'à 48mL ;
- l'infirmière règle le PSE au débit envisagé initialement à 2 mL/h qui correspond à 2 UI/h.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière prépare une seringue d'insuline avec une concentration en UI/mL permettant de passer facilement du débit en UI/h à un débit en mL/h ;
- l'infirmière prélève le volume 0,5 mL (seringue graduée en mL) ou en masse 50 UI (seringue graduée en UI) en fonction de la concentration du flacon d'insuline soit 100 UI/mL, pour obtenir une concentration finale de 1 UI/1 mL ;
- l'infirmière transfère les 50 UI ou les 0,5 mL d'insuline dans une seringue de 50 mL et complète le volume jusqu'à 50 mL correspondant à 50 UI/50 mL soit 1 UI/mL ;
- l'infirmière règle le débit en volume à 2 mL/h à partir de la PM 2 UI/h.

Analyse didactique et ergonomique des déclarations des infirmières

Les services A, B et C déclarent utiliser un protocole et les services D et E ne pas en utiliser, mais au final, les pratiques sont toutes identiques. Elles visent un même objectif déclaré de 1UI/1mL.

Protocole ou pratique :

Dosage du flacon 100 UI/mL

50UI \rightarrow 0,5mL dilué dans 49,5 mL de NaCl 0,9% donc 50 UI/50 mL soit 1 UI=1 mL

Identification de la pratique des infirmières

- l'infirmière prélève 50 UI avec une seringue à insuline ou 0,5mL avec une seringue de 1mL puis elle transfère l'insuline dans une seringue de 50 mL (graduation de la seringue

en mL entier, par pas de 1) et la complète jusqu'à 50 mL avec le diluant. Elle transforme, sans pouvoir dire plus précisément les choses, le débit massique en débit volumique ou la masse en volume.

- l'infirmière règle de débit en mL/h en référence à la prescription en UI/h sur le PSE.

La pratique est complexe en matière de manipulations car elle nécessite de prélever d'abord un petit volume ou une dose d'insuline puis de le transférer dans une grosse seringue de 50 mL.

Analyse de la pratique des infirmières

Ce protocole tel qu'il est reporté dans les questionnaires ne permet pas d'identifier l'entrée qui pourrait être une **entrée par la concentration** si les infirmières évoquent d'emblée cette notion avec 1 UI/1 mL, mais qui pourrait être une **entrée par le débit** si c'est le débit de 1 mL/h qui est évoqué comme prioritaire dans le raisonnement à partir de la PM en UI/h.

Synthèse sur l'insuline

Au plan didactique, il n'est pas possible de distinguer sur les déclarations écrites entre les deux entrées sollicitées par le protocole présenté. Seule une verbalisation pourrait éventuellement nous aider à discerner les raisonnements au regard de la façon d'énoncer sa pensée et des mots utilisés pour cela.

Le protocole ou les habitudes dans les services indiquent cependant une pratique relativement uniforme. Elle est complexe (Garrouste-Orgeas et al., 2010) car cela nécessite plusieurs manipulations afin d'obtenir une concentration précise. La manipulation de l'insuline présente un écart de mesure (UI/mL) pour lequel les manipulations de petits volumes donc un écart d'adaptation entre le dosage du médicament et la dose prescrite sont sources d'erreurs (Wright, 2012 ; Wright et Shepherd, 2017). Le choix du matériel est essentiel dans le respect de la sécurité de l'administration. Comme décrit dans l'explicitation des pratiques, l'infirmière peut utiliser une seringue à insuline directement graduée en unités ce qui facilite le prélèvement précis et sûr. Elle peut également utiliser une seringue de 1 mL, graduée au centième de mL, qui va nécessiter des calculs et des manipulations très précis, plus complexes à réaliser. Le flacon est concentré à 100 UI/mL. Si le protocole requiert de prélever 50 unités, cela correspond à 0,5 mL soit la moitié de la seringue ce qui est plus simple à prélever. Si par

contre, il faut prélever 18 unités cela signifie 0,18 mL ce qui constitue une très faible quantité de produit. Les erreurs de calculs entre les millilitres et les unités vont générer des conséquences très graves avec des écarts de doses de 1 à 10 dû à un mauvais positionnement de la virgule. Dans l'article de 2012, sur les erreurs d'administration de l'insuline dans le diabète, Wright décrit ce problème :

A community nurse administered an insulin dose to a patient at home using a 1 ml syringe. The nurse incorrectly calculated the conversion between milliliters and units and administered 3.6 ml (360 units) rather than 0.36 ml (36 units). The patient died. Nurses are advised to only administer insulin in insulin syringes measured in units (Walesonline, 2009). (Wright, 2012, p. 135)

Les deux entrées par le débit et par la concentration se justifient par la nécessité d'adapter la dose de médicament administrée en fonction d'une cible thérapeutique (mesure de la glycémie capillaire par l'infirmière) qui mesure l'efficacité du traitement pour une pathologie donnée et un patient spécifique. Le médecin peut proposer un ajustement de la dose qui ne nécessitera pas de changer la seringue mais simplement de changer le débit grâce aux correspondances décrites précédemment. L'entrée par la dose en réanimation n'est pratiquement jamais adoptée par les infirmières car la dose doit pouvoir, dans la plupart des cas où l'insuline est prescrite, être modulée ce qui n'est pas le cas avec l'entrée par la dose.

4.3.2.2.4 La morphine

Analyse a priori d'une situation de préparation liée à une prescription de morphine

Situation emblématique

Le médecin prescrit à un patient 2 mg/h de morphine à perfuser au PSE pour des douleurs rebelles. Les ampoules dans la situation sont dosées à 10 mg/1 mL.

Analyse a priori

A – Entrée par la dose

- l'infirmière fixe la durée à 10h par exemple puis en déduit la dose de morphine en mg à administrer pour cette durée d'après la PM soit $PM \times 10$ donc $2 \text{ mg} \times 10 = 20 \text{ mg}$;
- l'infirmière prélève à l'aide d'une seringue la masse de morphine de 20 mg nécessaire à partir des ampoules dont la concentration est de 10 mg/mL (2 ampoules).

- l'infirmière dilue la masse de morphine 20 mg dans le volume, par exemple de 20 mL, adapté au calcul du débit en mL/h ;

- l'infirmière règle le débit sur le PSE pour passer le volume dans la durée définie soit 20 mL en 10 h = 2 mL/h.

B – Entrée par le débit

- l'infirmière prépare la seringue de morphine pour aboutir à un débit à programmer en mL/h, facilement déductible de la PM exprimée en mg/h. Elle cherche un lien entre le débit massique (mg/h) et le débit volumique (mL/h) donc 1 mg/h → 1 mL/h. Pour le cas cela donne 2 mg/h pour 2 mL/h.

- l'infirmière prépare une seringue avec le volume de morphine correspondant à la PM calculé à partir de la concentration de l'ampoule de 10 mg/mL soit 20 mg en le diluant dans le volume adapté de 20 mL pour obtenir 1 mg/1 mL ;

- l'infirmière règle le PSE au débit à 2 mL/h envisagé initialement à partir de la PM.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière veut préparer une seringue de morphine avec une concentration en mg/mL permettant de passer facilement du débit en mg/h à un débit en mL/h ;

- l'infirmière prélève la masse de morphine de 20 mg en fonction de la concentration de l'ampoule de 10 mg/mL soit deux ampoules, pour obtenir une concentration finale de 1 mg/1 mL ;

- l'infirmière complète dans la seringue le volume jusqu'à 20 mL ce qui donne 20 mg/20 mL ;

- l'infirmière règle sur le PSE le débit en volume à 2 mL/h à partir de la PM à 2 mg/h.

Analyse didactique et ergonomique des déclarations des infirmières

Un seul service de réanimation chirurgicale (service A) évoque un protocole avec un objectif de concentration de 1 mg/1 mL. Les autres services parlent d'habitudes de service mais avec un objectif de concentration identique de 1 mg/1 mL.

Deux services d'un CHU (A et D) utilisent exclusivement des ampoules de 20 mg/1 mL ce qui doit correspondre au dosage standard proposé par la pharmacie de l'hôpital.

Description du protocole

20 mg dans 20 mL EPPI pour 1 mg = 1 cc¹³⁷

¹³⁷ Le terme « cc » est fréquemment utilisé à l'hôpital. Il correspond à l'ancienne unité en centimètre cube devenue mL avec le système d'unités internationales.

ou 1 ampoule de 20 mg dans 20 mL (1 mL de morphine et 19 mL d'EPPI) → dilution 1 mg/mL
ou je fais en sorte d'avoir 1 mg de morphine dans 1 mL de produit fini. → 2 mL morphine (= 40 mg) dans 38 mL de sérum phy.

Tous les autres services utilisent des dosages de morphine de 10 mg/1 mL et/ou un dosage plus concentré mais la procédure décrite reste identique avec un objectif d'1 mg/1 mL.

Ampoules de 10 mg/10 mL : ampoule pure 10 mg/10 mL x 5 ampoules = 50 mg/50 mL ;

Ampoule de 10 mg/1 mL : 10 mg/1 mL + 9 mL diluant = 10 mg/10 mL. Si 2 ampoules alors (2 x 10 mg/1 mL) = 2 mL + 18 mL diluant = 20 mg/20 mL ;

Ampoule de 50 mg/5 mL : 50 mg/5 mL + 45 mL diluant = 50 mg/50 mL ;

Ampoule de 100 mg/5 mL préparation non explicitée par les IDE.

Identification des pratiques des infirmières

L'infirmière prépare la seringue avec un objectif de concentration qui est atteint avec plus ou moins de manipulations en fonction de la concentration des ampoules à disposition. Pour une ampoule de 20 mg/mL, l'infirmière prélève le contenu de l'ampoule de morphine avec une seringue adaptée (20 mL ou 50 mL) et la dilue jusqu'à 20 mL pour obtenir une concentration de 1 mg/1 mL. La PM étant en mg/h, le débit est réglé facilement en mL/h.

Pour une ampoule de 10 mg/mL, c'est la même procédure, on prélève à la seringue une ampoule que l'on complète à 10 mL ou à 20 mL si l'infirmière utilise deux ampoules.

Pour une ampoule de 50 mg/5 mL même procédure et complément à 50 mL.

Pour une ampoule de 10 mg/10 mL, l'infirmière prélève le contenu des deux ampoules, ce qui est nommé « ampoule pure » par elle, c'est-à-dire qu'on ne dilue pas le produit puisque l'on a directement la concentration souhaitée. Pour une ampoule 10 mg/10 mL et pour deux ampoules 20 mg/20 mL.

Pour l'ampoule de 100 mg/5 mL, comme c'est une présentation très concentrée nous pensons que l'infirmière évoque l'utilisation du dosage de morphine pour les PCA (analgésie contrôlée par le patient) ou pompes à morphine qui permettent au patient de s'auto-administrer la morphine (analgésie contrôlée par le patient). La procédure est identique, la dilution finale est une concentration de 100 mg/100 mL soit 1 mg/mL.

Analyse des pratiques des infirmières

Quelle que soit la présentation de l'ampoule, de la moins concentrée à la plus concentrée, le raisonnement priorise systématiquement cette caractéristique de la présentation de l'ampoule qui facilite le raisonnement. Les chiffres du dosage de l'ampoule permettent cette facilité arithmétique. Ce raisonnement apparait, sur le papier, comme **une entrée par la concentration**.

Synthèse sur la morphine

L'absence de protocoles pour la majorité des services n'empêche pas une certaine homogénéité des pratiques avec un objectif de concentration de 1 mg/1 mL. Avec une PM en débit massique horaire, c'est la présentation de l'ampoule (son dosage) qui semble prescrire la pratique de dilution. Le rapport arithmétique de 1 à 10 ou de 1 à 20 de l'ampoule permet aux calculs d'être simples et donc engage les infirmières dans ce type de raisonnement. Toutefois, sans les verbalisations des infirmières, l'ensemble de ces calculs sont très proches et nous ne pouvons pas accéder à la pensée des infirmières pour vérifier qu'elles ont pensé dose, débit ou bien concentration. Les deux entrées par le débit et par la concentration se justifient, malgré tout plus volontiers, par la nécessité d'adapter la dose de médicament administrée en fonction de l'efficacité du traitement pour une pathologie donnée et un patient spécifique. Le médecin ou un protocole antalgique peuvent proposer un ajustement de la dose qui ne nécessitera pas de changer la seringue mais simplement de changer le débit grâce aux correspondances décrites précédemment. L'entrée par la dose en réanimation est peu adoptée par les infirmières car la dose doit pouvoir être modulée, sauf si la situation de gestion de la douleur s'appuie sur des données physio-pathologiques stables qui pourrait susciter ce raisonnement (rare).

Même avec très peu de protocoles formalisés, la prédominance des habitudes de services conduit à utiliser dans tous les cas le même objectif de concentration qui conduit les infirmières à prélever des ampoules entières et ainsi sécuriser la pratique. Un facteur de confusion entre les mg et les mL existe du fait de nombreux dosages différents du médicament. C'est ce dernier point qui a notamment fait inscrire la morphine dans la liste des médicaments à risque et le rapport récent de la HAS (2019) rapporte en exemple une erreur avec la morphine.

Un EIGS a concerné quatre patients en SSPI. Il s'agit d'une confusion, par le même soignant, entre deux concentrations de morphine entraînant la désaturation des quatre patients. (HAS, 2019, p. 27).

La plus grande vigilance doit être de mise avec la morphine et ses multiples présentations qui entraînent des erreurs avec des rapports de 1 à 10 ou 20 voire parfois 100 qui sont très préjudiciables aux patients.

4.3.2.2.5 Noradrénaline

Analyse a priori d'une situation de préparation liée à une prescription de la noradrénaline

Situation emblématique

Le médecin prescrit à une patiente de 63 kg de la noradrénaline à la dose de 0,3 µg/kg/min correspondant à 1 mg/h à passer au PSE.

La présentation du dosage de l'ampoule : 8 mg/4 mL. La PM peut se faire en mg/h ou en µg/kg/min selon les services.

Analyse a priori

A – Entrée par la dose avec une PM en mg.

- l'infirmière fixe la durée pour calculer la dose (masse en mg), par exemple pour 12h ou 24h puis en déduit la dose en mg à administrer pour cette durée d'après la PM, c'est-à-dire $x \text{ mg} \times 4 / 8 = y \text{ mL}$ soit ici pour 12 mg $\times 4 / 8 = 6 \text{ mL}$ ou 24 mg $\times 4 / 8 = 12 \text{ mL}$;

- l'infirmière dilue la dose prescrite dans un volume adapté au calcul du débit 24 mL ou 48 mL par exemple, donc 12 mg dans 24 mL ou 24 mg dans 24 mL ;

- l'infirmière règle le débit en mL/h sur le PSE pour passer le volume de noradrénaline dans la durée déterminée, soit pour 12 mg pour 12 h : $24 \text{ mL} / 12 = 2 \text{ mL/h}$ ou pour 24 mg pour 24 h : $48 \text{ mL} / 24 = 2 \text{ mL/h}$.

B – Entrée par le débit avec une PM en mg/h

- l'infirmière décide de préparer une seringue pour obtenir un lien facile entre le débit de la PM en mg/h et le débit de la seringue en mL/h soit 1 mg/h \rightarrow 1 mL/h, par exemple 3 ampoules de 8 mg soit 24 mg pour 24 mL soit une concentration de 1 mg/1 mL ;

- l'infirmière calcule le volume de noradrénaline en mL à prélever dans les ampoules correspondant à la dose prescrite (en masse) soit $24 \times 4 / 8 = 12 \text{ mL}$ et le dilue dans le

volume correspondant pour obtenir une équivalence entre la masse de noradrénaline et le volume de solution c'est-à-dire jusqu'à 24 mL ;

- l'infirmière règle le débit en mL/h qui correspond aux mg/h de la PM soit 1 mL/h pour 1 mg/h.

Variante de l'entrée par le débit avec une prescription en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

- l'infirmière prépare une seringue pour obtenir un lien facile entre le débit de la PM et le débit de la seringue soit $0,1\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \rightarrow 1\text{ mL}/\text{h}$ c'est-à-dire qu'elle calcule la masse de produit en mg à partir des $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ soit $\text{PM} \times \text{Poids} \times 60 = x\ \mu\text{g}$ puis convertit en mg. Pour notre situation, cela donne $0,3 \times 63 \times 60 = 1134\ \mu\text{g}$ convertis 1,134 mg/h. Le plus souvent, un tableau de dilution propose une dilution variable pour respecter la correspondance désirée. Le tableau indique de choisir 16 mg (soit deux ampoules) et de les diluer dans 42 mL (comprendre jusqu'à 42 mL) ce qui correspond à un débit volumique de $16/42 = 0,380$ donc 0,38 mg/mL pour $0,1\ \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ soit 1,14 mg/mL pour la PM de $0,3\ \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. On a donc une correspondance entre le débit massique en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et le débit volumique 0,42 mL/h.

Si la PM = $0,1\ \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ alors le débit = 1 mL/h

- l'infirmière prélève le volume correspondant à la masse de produit et la dilue dans un volume de diluant pour garder la relation initiale ;

- l'infirmière règle le débit à 3 mL/h qui correspond au $0,3\ \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ de la PM.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière prépare une seringue de noradrénaline pour obtenir une concentration permettant de passer facilement d'un débit massique à un débit volumique (mL/h) ;

- l'infirmière dilue la masse en mg de noradrénaline dans un volume correspondant en mL et détermine le débit horaire en masse de la noradrénaline en mg/h ;

- l'infirmière règle le PSE en débit volumique (mL/h).

Analyse didactique et ergonomique des déclarations des infirmières

Deux services (A et D) utilisent un protocole et deux services (B et C) déclarent une pratique protocolée qui repose sur des habitudes de service. Le service de soins continus n'utilise pas les catécholamines.

Les cas des infirmières du service A

Le service A de réanimation chirurgicale utilise une pratique standardisée selon la préparation suivante :

- 8 mg dans 50 mL
 - 16 mg dans 50 mL
 - 24 mg dans 50 mL
 - 32 mg dans 50 mL et la vitesse est prescrite en mL/h
- Ou prélèvement du diluant + nombre d'ampoules demandées par le médecin, le tout pour un total de préparation de 50 mL.

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service A

L'infirmière dilue 1, 2, 3 ou 4 ampoules dans 50 mL ce qui revient à prélever une ampoule de 8 mg de 4 mL, à la diluer avec 46 mL de diluant c'est à dire 8 mg dans 50 mL soit 0,16 mg/mL. La même procédure est appliquée pour 2 ampoules dans 50 mL, pour 3 ampoules dans 50 mL, pour 4 ampoules dans 50 mL. En prescrivant en mL/h, le médecin connaît la dose de noradrénaline reçue par le patient en fonction de la concentration initiale.

Analyse de la pratique des infirmières du service A

La préparation priorise une relation simple entre la PM en mg/h et le débit volumique en mL/h. La concentration augmente proportionnellement au nombre d'ampoules en solution dans la seringue : 8 mg dans 50 mL = 0,16 mg/mL ; 16 mg dans 50 mL = 0,32 mg/mL ; 24 mg dans 50 mL = 0,48 mg/mL ; 32 mg dans 50 mL = 0,64 mg/mL.

L'ajustement du débit se fait selon les variations de la pression artérielle du patient. La recherche d'un débit facile à manipuler est priorisée dans cette méthode qui correspond à une **entrée par le débit**.

Le cas des infirmières du service D

Le service D de médecine intensive-réanimation utilise un protocole standardisé dans un tableau de dilution.

Selon le poids d'entrée → nombre de mg de NAD imposé à diluer dans un nombre de mL imposé en regard. Ex. si poids 81 kg : 16 mg de NAD dans 33 mL (volume total).
2 ampoules de NAD + 25 mL d'EPPI
Vitesse en mL/h = 0,1 µg/kg/min pour 1 mL/h avec adaptation de la vitesse par objectif de PAM prescrit.

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service D

L'infirmière explique qu'elle dilue une quantité prescrite de noradrénaline (NAD) en mg et qu'elle se réfère à un tableau de valeurs qui lui précise le volume final de la solution. Le tableau de dilution construit sur le même principe que celui décrit pour la dobutamine qui met en relation le poids du patient et le volume de la dilution finale pour une quantité de noradrénaline standard (8 mg, 16 mg, 24 mg). L'objectif est d'obtenir une correspondance les mL/h et les $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Dans cette situation, il n'y a pas de calcul à faire, c'est le tableau qui le prend en charge via la formule qui a permis de le réaliser. L'infirmière a juste à lire le tableau et choisir la dilution par rapport au poids de son patient. Enfin, elle précise que le débit est adapté à un objectif de pression artérielle moyenne (PAM) défini par la PM.

Analyse de la pratiques des infirmières du service D

Nous prenons un exemple pour expliciter la méthode. Pour un patient de 70 kg, le tableau propose une dilution à 38 mL.

Pour $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$: $0,1 \times 70 \times 60 = 420 \mu\text{g}/\text{h}$ soit $0,42 \text{ mg}/\text{h}$.

La dilution de noradrénaline dans le tableau indique de choisir 16 mg (soit deux ampoules) et de les diluer dans 38 mL (comprendre jusqu'à 38 mL) ce qui correspond à un débit volumique de $16/38 = 0,421$ donc $0,42 \text{ mg}/\text{mL}$. On a donc une correspondance entre le débit massique $0,42 \text{ mg}/\text{h}$ et le débit volumique $0,42 \text{ mL}/\text{h}$.

Si la PM = $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ alors le débit = $1 \text{ mL}/\text{h}$

L'objectif est d'obtenir une correspondance de $1 \text{ mL}/\text{h} \rightarrow 0,1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. La recherche d'un débit facile à manipuler est priorisée dans cette méthode qui correspond à une **entrée par le débit**.

Il s'agit d'une variante de l'entrée par le débit dans laquelle le volume de dilution n'est plus une donnée fixe, mais une donnée variable calculée en amont en fonction du poids du patient. L'infirmière lit le tableau sans produire de calcul.

Le cas des infirmières des services B et C

Deux services (B et C) utilisent des procédures proches pour préparer le médicament.

Dilution à $0,25 \text{ mg}/\text{mL}$ soit $8 \text{ mg}/32 \text{ mL}$

Dilution à $0,50 \text{ mg}/\text{mL}$ soit $24 \text{ mg}/48 \text{ mL}$

Dilution à $1 \text{ mg}/\text{mL}$ soit $32 \text{ mg}/32 \text{ mL}$ ou $48 \text{ mg}/48 \text{ mL}$

Ou choix de la dilution, 1/4, 1/2, 1/1 en fonction du débit approximatif de la seringue.
Si débit rapide, seringue moins diluée.

Identification de la pratique décrite par les infirmières des services B et C

L'infirmière dilue une ampoule de 8 mg dans 4mL, dans un volume défini pour obtenir une relation simple à manipuler. En diluant jusqu'à 32 mL, elle a un rapport de 1 à 4, c'est-à-dire 0,25 mg de noradrénaline pour 1 mL de solution. Ainsi, le débit est facile à réguler en fonction des paramètres vitaux du patient, ici la pression artérielle (moyenne). C'est le même principe de raisonnement avec la seringue proportionnellement concentrée à 0,50 mg/mL ou 1 mg/mL.

Analyse des pratiques des infirmières des services B et C

Les infirmières du service B recherchent une concentration simple pour passer du débit massique au débit volumique. Les trois possibilités présentées (1 mg dans 1 mL, 0,50 mg dans 1 mL et 0,25 mg dans 1 mL) permettent de s'ajuster aux besoins en médicaments du patient. Si la PM est de 1 mg/h alors de débit est de 1 mL/h. La priorité est donnée à la recherche d'une concentration standardisée choisie en fonction des habitudes du service et des besoins du patient et il correspond à une **entrée par la concentration**.

Le service C utilise le rapport 1 mg/1 mL systématiquement avec 5 ampoules de noradrénaline :

NAD : 5 amp. → (8 mg/4 cc) x 5 + 20 cc¹³⁸ de phy
Ou 40 mg → 40 ml soit 1 mg → 1 mL

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service C

L'infirmière précise qu'elle prépare la seringue à partir de 5 ampoules de noradrénaline puis qu'elle dilue avec 20 mL supplémentaire pour obtenir une concentration finale de la solution de 40 mg/40 mL soit 1 mg/mL.

Analyse de la pratique du service C

Cette procédure est identique à la précédente. Elle cible une concentration unique de 1 mg/mL. La recherche d'une concentration facile à manipuler est priorisée dans cette méthode qui correspond à une **entrée par la concentration**.

¹³⁸ Lire centimètre cube

Synthèse pour la noradrénaline

Pour l'entrée par le débit, deux protocoles sont décrits. Le protocole avec le tableau de dilution entraîne une pratique harmonisée et simplifiée avec un débit facile à calculer pour un produit prescrit en mg et en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, une unité difficile à conceptualiser. La PM réclame de débiter le traitement à la dose de $x \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et d'augmenter par palier afin d'obtenir le résultat évalué sur la pression artérielle moyenne (PAM) seuil. Cette méthode centrée sur le débit prend en compte le poids du patient et il faut donc définir la référence que l'on retient. Des débats existent sur cette question puisque le poids du patient varie pendant l'hospitalisation. Plusieurs solutions sont possibles comme garder la référence du poids à l'arrivée dans le service en considérant que la prise de poids en hospitalisation est essentiellement due à des œdèmes ; prendre en compte le poids au fur et à mesure de son évolution ou encore considérer la notion de poids théorique, calculée à partir de différentes formules dont la première élaborée par le Dr Broca, chirurgien français, date de 1871¹³⁹. L'autre méthode de raisonnement avec une entrée par le débit offre les mêmes principes d'harmonisation et de simplification.

Les deux autres services mobilisent dans leurs habitudes, une entrée par la concentration avec des objectifs de concentration différents, mais un même principe de raisonnement. Là encore, les choix des deux entrées par le débit et par la concentration s'argumentent par l'instabilité potentielle de l'état pathologique des patients qui vont nécessiter une adaptation de la dose de médicament administrée en fonction de leur évolution physiopathologique. À partir des paramètres vitaux recueillis par l'infirmière, le médecin peut proposer un ajustement de la dose qui ne nécessitera pas de changer la seringue, mais simplement de changer le débit grâce aux correspondances décrites précédemment. Le sens donné est en lien avec la pratique car la noradrénaline est un médicament régulé en débit par l'infirmière selon un objectif de maintien de la pression artérielle moyenne (PAM) à une valeur seuil, définie par le médecin. Cette gestion infirmière plus complexe, nécessite une analyse rigoureuse de la situation du patient et une expertise clinique importante pour évaluer correctement la situation et peut donc générer des erreurs d'interprétation et donc un affichage de débit inadapté à l'état du patient.

¹³⁹ Shah, B., Sucher, K., et Hollenbeck, C. B. (2006). Comparison of Ideal Body Weight Equations and Published Height-Weight Tables With Body Mass Index Tables for Healthy Adults in the United States. *Nutrition in Clinical Practice*, 21, p. 312-319.

Les différentes stratégies mises en jeu facilitent la préparation du produit et limitent les risques en manipulant des ampoules entières. Des erreurs de programmation de débit peuvent exister au regard de la fréquence des modifications, qui peuvent se faire de dixième en dixième de mL/h. Enfin, l'erreur de lecture de la bonne ligne dans le tableau de dilution est toujours possible.

4.3.2.2.6 Le chlorure de potassium

Analyse a priori d'une situation de préparation liée à une prescription de chlorure de potassium

Situation emblématique

Le médecin prescrit à un patient 3 g de chlorure de potassium au PSE suite à une hypokaliémie. Les ampoules se présentent en dosage à 10 % soit 1 g - 10 mL¹⁴⁰ ou à 15 % soit 1,5 g - 10 mL. Il existe d'autres présentations de cet électrolyte mais nous ne les prendrons pas en compte pour cette situation. D'autre part, une contrainte particulière s'applique pour le débit de perfusion qui ne peut dépasser 1 g/heure (recommandations ANSM). La PM prend en compte cette donnée et le médecin prescrit en grammes.

Analyse a priori

A – Entrée par la dose

- l'infirmière fixe la durée à partir de la dose de chlorure de potassium prescrite sur 3h, 6h, 12h ou 24h par exemple. Pour la PM de 3 g ici, nous choisissons 3h ;
- l'infirmière prélève à l'aide d'une seringue la masse de chlorure de potassium en gramme nécessaire à partir des ampoules dont la concentration est de 1 g/10 mL ou 1,5 g/10 mL. Cela correspond à 3 ampoules de 1 g/10 mL soit 30 mL ou 2 ampoules de 1,5 g/mL soit 20 mL ;
- l'infirmière peut choisir de diluer ou non la dose de chlorure de potassium en fonction de la voie veineuse d'administration. Si la durée est de 3 h, le produit est passé

¹⁴⁰ Suite à des accidents graves liés aux injections intra-veineuses de chlorure de potassium, l'étiquetage a évolué une première fois en 2007 puis une seconde fois en 2017 face au manque d'amélioration au plan de la sécurité d'administration. La mention du pourcentage de l'ampoule qui était la mention centrale sous le nom du produit. Cette mention a été décalée sur le côté de l'ampoule pour laisser place à sa traduction en quantité et volume de solution puis en concentration massique. Ainsi, sur l'étiquette sous le nom de l'électrolyte on lit 1 g - 10 mL et en dessous 0,1 g/mL et ensuite le pourcentage et la concentration molaire.

directement sans dilution supplémentaire soit 30 mL/3 h pour les ampoules 1 g/10 mL et de 20 mL/3 h pour les ampoules de 1,5 g/10 mL. Pour faciliter la programmation du débit, cette dernière préparation est souvent diluée jusqu'à 30 mL ;

- l'infirmière règle le débit sur le PSE pour passer le volume choisi en respectant la contrainte de débit maximum de 1 g/h soit 10 mL/h .

B – Entrée par le débit

- l'infirmière prépare la seringue de chlorure de potassium pour aboutir à un débit à programmer en mL/h, facilement déductible de la PM exprimée en g/h. Elle cherche un lien entre le débit massique (g/h) et le débit volumique (mL/h) soit ici 1 g/h pour 10 mL/h ;

- l'infirmière prépare une seringue avec le volume de chlorure de potassium correspondant à la PM à partir de la concentration des ampoules pour obtenir 1 g/10 mL/h soit ici 3 g/30 mL ;

- l'infirmière règle le PSE au débit en mL/h envisagé initialement à partir de la PM en respectant la contrainte soit 10 mL/h.

C – Entrée par la concentration

- l'infirmière veut préparer une seringue de chlorure de potassium avec une concentration en g/mL permettant de passer facilement du débit en g/h à un débit en mL/h ;

- l'infirmière prélève la masse de chlorure de potassium en gramme en fonction de la concentration de l'ampoule de 1 g/10 mL ou 1,5 g/10 mL, pour respecter la contrainte de 10 mL/h soit 3 g.

- l'infirmière complète ou non la seringue en fonction du volume choisi pour administrer le traitement soit 3 g/30 mL et 3 g/20 mL complétés à 30 mL éventuellement ;

- l'infirmière règle sur le PSE le débit en volume en mL/h en respectant la contrainte de débit maximum soit 10 mL/h.

Analyse didactique et ergonomique des déclarations des infirmières

Le cas des infirmières des services A et D

Deux services (A et D) utilisent un dosage à 15 % - 1,5 g/10 mL et les trois autres le dosage 10 % - 1 g/10 mL

Dans le service A la pratique évoquée n'est pas rattachée à la notion de protocole.

si PM de x g de KCl sur y heures, je fais en sorte d'avoir une dose de produit fini égale à $y \times 10$. Par exemple, 3 g de KCL sur 3 h. Je prépare 3 g de KCL dans $3 \times 10 (= 30)$ mL soit vitesse 10.

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service A

L'infirmière prélève 2 ampoules complètes de chlorure de potassium ($2 \times 1,5$ g) ce qui lui donne 3 g/20 mL qu'elle va compléter avec 10 mL pour passer 30 mL en 3 h soit au débit de 10 mL/h.

Dans le service D, la pratique n'est pas rattachée à un protocole.

Si PM = 3 g/24 h - 2 A soit $1,5 \times 2 = 3$ g + 28 mL EPPI donc 3 g/48 mL à 2mL/h
Ou selon PM, préparation de seringue de 3 g/48 mL ou 4,5 g/48 mL puis adaptation du débit par produit en croix

Identification de la pratique décrite par les infirmières du service A

La pratique est identique à la précédente. La variante est introduite par le volume de dilution qui est augmenté. L'infirmière prélève 2 ampoules complètes de chlorure de potassium ($2 \times 1,5$ g) ce qui lui donne 3 g/20 mL qu'elle va compléter avec 28 mL pour passer 48 mL en 24h soit au débit de 2 mL/h.

Analyse des pratiques des infirmières des services A et D

La durée est priorisée dans ces deux approches d'autant plus qu'elle est renforcée par la contrainte de débit à respecter. L'infirmière fixe une durée de perfusion pour passer la dose prescrite. La seconde technique priorise la durée d'administration pour une dose de potassium en gramme avec un maximum de quatre ampoules de 15% soit $4 \times 1,5$ g = 6 g/24 h. Cette technique diminue les risques de surdosage en ralentissant la vitesse d'administration. Les deux pratiques sont à rapprocher d'une **entrée par la dose**.

Le cas des infirmières des services B et C

Seul le service B évoque un protocole et le service C suit la même procédure qui n'est pas déclarée comme protocole. Ils utilisent des ampoules à 10 % soit 1 g/10 mL.

Nombre d'ampoules selon prescription et pas de diluant
Les prescriptions sont toujours de 1 g/h et la vitesse est toujours 10 mL/h
Ou PM en g/h et $1\text{g} \rightarrow 10$ mL par ampoule de KCL, je mets le nombre de grammes prescrits en pur donc $1\text{g} \rightarrow 10$ ml soit toujours 10 mL/h.

Identification de la pratique décrite par les infirmières des services B et C

Pour cette description, l'infirmière prélève dans une seringue la quantité de chlorure de potassium prescrit, avec en tête le débit de 10 mL/h qui guide la préparation, ce qui respecte la recommandation sur la durée de perfusion : 1g/h maximum

Analyse des pratiques des infirmières des services B et C

Selon la PM, l'infirmière prélève le contenu du nombre d'ampoules requis = x g. L'infirmière recherche une relation (PM – administration) liée à la concentration des ampoules 1 g/h → 10 mL/h.

Le volume est perfusé sans dilution pour une utilisation sur voie veineuse centrale avec un débit = 10mL/h. Les deux services utilisent la même technique pour une administration par voie veineuse centrale. Le service B décrit une technique d'administration par PSE sur voie veineuse périphérique en diluant le volume initial avec 10 mL de diluant ce qui donne : 1 g/10 mL + 10 mL diluant = 1 g/20 mL avec un débit de 20 mL/h. Cette pratique est plus risquée au regard des effets indésirables liés au chlorure de potassium (douleurs à l'injection, risque de nécrose cutanée, etc.) et surtout au risque de surdosage.

La recherche d'un débit facile à manipuler est priorisée dans cette méthode qui correspond à une **entrée par le débit**.

Les infirmières du service E n'ont pas explicité leur manière de faire.

Synthèse sur le chlorure de potassium

Nous devons poser le même constat que pour la morphine et l'insuline, sans les verbalisations des infirmières, l'ensemble de ces calculs est très proche et nous ne pouvons pas accéder à la pensée des infirmières pour vérifier qu'elles ont pensé dose, débit ou bien concentration. Les services et les infirmières privilégient la sécurité pour l'injection de cet électrolyte. L'entrée par la dose proposée par le service B est la plus sécuritaire au regard des effets indésirables du chlorure de potassium, bien que les injections sur voie centrale limitent les problèmes attachés aux effets indésirables et se font de façon sécuritaire sans compléter la dilution. Les pratiques sont toutes respectueuses des recommandations de l'ANSM (recommandations Afssaps, 2007, 2011; ANSM, 2017). Le risque lors de la préparation et l'administration est minoré par cette

technique mais il demeure les risques de programmation et notamment une erreur sur la vitesse d'administration (mauvais débit programmé).

4.3.2.3 Description des dispositifs d'administration et des risques d'erreur

Cette section a pour but de présenter les risques d'erreur liés à l'utilisation des PSE. Dans notre échantillon, les dispositifs médicaux pour administrer les médicaments se répartissent entre deux fabricants qui proposent des appareils très évolués appelés smart pompes (*Smart Pumps*) ou pompes intelligentes. La HAS (2013) explique que ces appareils ont pour but d'augmenter la sécurité d'administration des médicaments. Ils contiennent une bibliothèque de médicaments avec des limites minimales et maximales de concentration et de débit et un système d'alerte. Ces pompes permettent de supprimer les calculs, de sélectionner le médicament et d'intégrer des messages à but informatique à l'attention du soignant.

Selon Ohashi et al. (2014) qui ont réalisé une revue de la littérature, les pompes intelligentes réduisent les erreurs de concentration et de dose ainsi que les erreurs de réglages de la pompe. Ces trois constats alimentent la possibilité de réduction du nombre d'événements indésirables et la sécurisation des pratiques. Ohashi et al. (2014) indiquent toutefois également la possibilité d'erreurs inhérentes à l'utilisation des pompes intelligentes et à leur conception. L'éventualité de se tromper de bibliothèque de médicaments existe. Certaines erreurs telles que les omissions, les erreurs de préparation, de prescription, ou encore des erreurs de programmation ne peuvent pas être interceptées. La bibliothèque de médicaments elle-même peut contenir des erreurs ou un médicament peut être manquant (Husch et al., 2005). Enfin, les erreurs induites par la configuration des pompes intelligentes sont extrêmement rares d'après Ohashi et al. (2014). Dans un article très détaillé sur les problèmes d'utilisation des pompes intelligentes et les erreurs d'administration des médicaments intraveineux et sur la sécurité des patients, Giuliano (2018) précise qu'aujourd'hui 90% des médicaments injectables administrés aux patients hospitalisés le sont par les pompes intelligentes. La fonction bibliothèque est peu utilisée par les infirmières (Déry-Neveu et al., 2015) qui privilégient les options manuelles qui nécessitent une validation des choix opérés sur le PSE. Dans notre échantillon, seules trois infirmières signalent passer par les fonctions avancées.

Le dispositif d'administration est source d'erreurs pour 13 infirmières (n=21) qui énoncent comme types d'erreurs possibles : le choix du type de seringue (9) ; le choix du médicament (2) ; la saisie des chiffres (2) ; la saisie de la décimale (4) ; le calcul de débit (2) ; la saisie du volume (1). Elles mentionnent d'autres sources possibles d'erreur : mauvaise manipulation et erreur de programmation (3) ; mauvaise utilisation de la touche validation (2) ; modification par un tiers (1) ; dilution pré-programmée non modifiée lors de la mise en place d'une nouvelle seringue et donc débit erroné (2) ; manque de connaissance du dispositif (2) ; personne non concentrée (1).

Le PSE est une source de risques d'erreurs importante ; Déry-Neveu, Diem Vo et Boucher (2015) dans leur article sur l'adhésion du personnel infirmier aux bibliothèques de médicaments citent un taux d'implication dans les événements indésirables médicamenteux de 35 à 60%. Les infirmières de notre échantillon attribuent les erreurs plutôt à des mauvaises manipulations de l'appareil plus qu'à l'aspect mathématique de l'activité. Le souci de gérer le dispositif par validation effective et de maîtriser au mieux l'administration semble prévaloir sur une utilisation totalement automatisée plus importante de cette opération, pourtant possible, comme si la perte de contrôle sur les opérations d'incrémentation des données du calcul constituait un obstacle. Le fait de rentrer les données manuellement¹⁴¹, en « gardant la main » pour valider chaque étape, apparaît comme un contrôle des opérations mentales produites pour calculer la dose avant la mise en route du traitement. Il s'agit d'une considération importante puisque les médicaments manipulés sont à risque et cela impose des précautions particulières de la part des infirmières qui les administrent.

4.3.2.4 Connaissances des *Nerver Events* et liste d'alerte

Nous avons aussi cherché par le questionnaire à identifier les connaissances des infirmières concernant la notion de *Never Events*. Seulement huit d'entre elles (n=20, 1 questionnaire non renseigné pour cette page) proposent une définition. Les autres ne répondent pas ou précisent qu'elles ne connaissent pas ce que cela signifie. La notion d'événements indésirables, mais sans autre précision, est citée par cinq infirmières et trois

¹⁴¹ Des recommandations ergonomiques notamment AFNOR concernant la conception de dispositifs et des interfaces homme-machine délimitent des critères à respecter dont la notion de contrôle explicite et plus précisément de contrôle utilisateur qui doit en permanence pouvoir garder le contrôle et revenir en arrière dans la procédure engagée.

évoquent un lien entre des erreurs possibles et des procédures de contrôle, mais de façon très large sans autre précision. Aucune professionnelle n'a donné une définition satisfaisante qui associe les EIGS¹⁴² à des médicaments spécifiques dits à risque et qui est présentée sous la forme d'une liste. De nombreux questionnaires sont restés vierges pour cette question, sans réelle explication. Des infirmières ont écrit des points d'interrogation dans la case tandis que d'autres l'ont barré. Il est difficile d'en tirer des conclusions car les infirmières ont pu avoir peur d'écrire quelque chose de faux. De plus, le questionnaire était long, et la question sur les événements indésirables graves était posée à la fin du questionnaire.

La seconde partie de cet item demandait aux répondantes de lister des médicaments qui pourraient composer une liste d'alerte et de dire pourquoi elles les choisissaient. Voici les médicaments cités avec entre parenthèses le nombre de citations et l'explication de la dangerosité potentielle du médicament :

- héparine (8/20), risque de surdosage entraînant une hémorragie très importante (5), risque lié au changement de seringue fréquent (2), dilution non standardisée (2) ;
- insuline (4/20), risque de surdosage entraînant une hypoglycémie majeure et un coma (4) ;
- morphine (3/20), risque de surdosage entraînant une dépression respiratoire (3) ;
- catécholamines (7/20), risque de troubles du rythme, vasoconstriction majeure (3), risque mortel (1), pas de dose fixe mais régulation par l'infirmière (1), multiplicité des concentrations manipulées pour la noradrénaline (1) ;
- chlorure de potassium (6/20), risque de surdosage ou de sous-dosage entraînant un arrêt cardiaque (4), risque si non-respect des recommandations (1g/h maxi), risque lié à une préparation et administration différente selon la voie (1) ;
- sédatifs / benzodiazépines (2/20) sans commentaires ;
- autres : anesthésiques (1), antibiotiques (1), chimiothérapies (1), médicaments proches dans leur présentation pour NaCl 0,9% et le NaCl 10% (1).

Les médicaments à risque listés montrent de la part des infirmières une bonne connaissance des risques des produits manipulés. La notion de « liste d'alerte » n'est pas connue des infirmières mais quand elles citent des produits, c'est l'héparine qui est le

¹⁴² Rappel de la définition : il s'agit d'un événement inattendu au regard de l'état de santé et de la pathologie de la personne et dont les conséquences sont le décès, la mise en jeu du pronostic vital, la survenue probable d'un déficit fonctionnel permanent, y compris une anomalie ou une malformation congénitale (art. R. 1413-67 du Code de la santé publique).

médicament le plus évoqué avec le chlorure de potassium, l'insuline et la morphine. Cela recoupe tout à fait le contenu des *never events* et la liste d'alerte originale de l'*Institute for Safe Medication practices* (ISMP), qui a servi de base au travail de l'ANSM. Cependant, on ne peut pas ignorer l'effet probablement inductif des différents chapitres du questionnaire qui évoquaient ces produits. La hiérarchie esquissée par les réponses à cette question illustre la parfaite conscience des risques qu'ont les infirmières qui préparent et administrent les médicaments injectables à risque.

4.3.3 Limites et biais de l'enquête par questionnaire

L'échantillon

La nécessité de trouver avec certitude des infirmières qui manipulent régulièrement des médicaments à risque a fondé le choix des services de réanimation. Ce choix a permis d'obtenir de nombreuses stratégies de préparation médicamenteuse dont certaines n'étaient pas connues de l'auteur de la recherche. Passer par le réseau des réanimations (SFISI) a permis d'obtenir des réponses mais en nombre plus faible que celui que nous attendions : 27 réponses dont 21 exploitables qui balayent huit services – hors pédiatrie – sur trois régions différentes en France. Ce qui confirme la difficulté de recueil de réponses par questionnaire (Fortin et Gagnon, 2010). Les infirmières qui ont répondu possèdent une expérience solide de l'utilisation quotidienne des médicaments injectables à risque, ce qui en fait un échantillon intéressant pour l'étude du travail en service de soins intensifs, mais rien ne garantit bien sûr que le recueil des pratiques soit exhaustif.

L'analyse du questionnaire

L'ensemble des données de contexte a été complètement renseigné par les infirmières, mais il a finalement été peu exploité. Les éléments recueillis ont permis de construire le contexte de travail des infirmières enquêtées, mais n'a pas pu être analysé au-delà. Par exemple, la question sur les types de prescription médicale et notamment la prescription informatisée n'a donné lieu à aucun commentaire de la part des infirmières et donc ne fait l'objet d'aucune analyse. Les explications concernant les pratiques sont parfois trop générales pour obtenir avec toute la précision souhaitée les descriptifs des pratiques et les calculs ou raisonnements proportionnels. La question sur les raisonnements mis en œuvre a d'ailleurs été très peu traitée par les enquêtées. Elle était insérée dans une question à double consigne qui demandait d'expliquer la méthode puis de préciser le

raisonnement. Cette construction a probablement empêché les répondantes de correctement y répondre (Fortin et Gagnon, 2010).

La longueur du questionnaire, comme nous l'avons signalé, a pu être un frein pour le renseignement rigoureux des différentes rubriques, voire a pu empêcher de répondre aux des questions posées en fin de questionnaire.

Enfin, un biais lié à l'ordre des questions ne peut être écartée pour la question finale sur la constitution d'une liste de médicaments de niveau d'alerte élevé puisque cette question a été posée après d'autres posées sur leurs pratiques relatives à l'administration de différents médicaments (Fortin et Gagnon, 2010).

4.4 Discussion des résultats de l'enquête par questionnaire

Les résultats de l'enquête par questionnaire montrent que les infirmières ont une appréhension très précise de la question du risque au travers de la manipulation des médicaments injectables de la liste des *never events*. Le terme leur est plutôt étranger, mais la description des risques liés aux médicaments est proche des listes françaises ou internationales (ANSM, 2017 ; ISMP, 2018). Ce ressenti et cette réalité sont confortés par les publications scientifiques qui ont caractérisé plus spécifiquement les risques en réanimation (Garrouste-Orgeas et al., 2010 ; Mansour, James et Edgley, 2012). Les infirmières dépensent jusqu'à 40% de leur temps pour l'administration médicamenteuse selon Mansour et al. (2012) et les patients des services de réanimation reçoivent deux fois plus de médicaments que les patients hors réanimation. Ces deux points conjugués expliquent clairement l'occurrence bien plus élevée du risque d'erreurs médicamenteuses auquel se surajoute la manipulation de médicaments à risque. La très solide étude Iatref I et II, publiée par Garrouste-Orgeas et al. (2010), a été menée auprès de 70 services de réanimation médicale (nom officiel à l'époque de l'étude) où a été évalué le type d'erreurs médicales et leurs impacts sur les patients. Les erreurs médicamenteuses et celles liées à la ventilation arrivent en premier. Sur un total de 1 369 patients, 1 192 erreurs médicales sont rapportées et au moins une erreur a concerné 367 patients (26,8%). Parmi les molécules de la liste des *never events*, c'est avec l'insuline que les erreurs (630) sont, et de très loin, le plus fréquemment recensées, viennent ensuite les médicaments vaso-actifs (29 erreurs), et les anticoagulants (26 erreurs).

Dans notre échantillon ce sont les trois mêmes molécules qui sont citées, avec en premier l'héparine puis les catécholamines et l'insuline. Cette cohérence entre la pratique décrite et les études montrent bien l'aspect dangereux de ces médicaments pour lesquelles des erreurs apparaissent qui peuvent être fatales pour les patients. Cependant, la potentielle dangerosité calculatoire ne ressort pas de l'analyse des questionnaires, ce sont les effets indésirables des médicaments qui sont pointés.

L'analyse des pratiques et des différents protocoles met au jour une variété importante des manières de faire et des risques intrinsèques qu'elles contiennent. Certains protocoles ou habitudes de services visent une sécurité en prescrivant le prélèvement de flacons ou ampoules entières ce qui élimine une partie des problèmes découlant de la manipulation de petits volumes liée à des préparations avec de multiples étapes (Taxis and Barber, 2003) sans toutefois complètement les éliminer. La présence d'une décimale dans les grandeurs manipulées peut être une source d'erreur qui doit être analysée plus avant. La littérature ou les rapports sur les EIGS recensent des erreurs liées aux valeurs décimales, avec des valeurs erronées dans un rapport de 1 à 10 avec les valeurs exactes. L'exemple de la morphine est donné avec une erreur de programmation d'un PSE (5mL/h au lieu de 0,5 mL/h) dans un contexte de forte activité du service (HAS, 2019, p. 56). Est-ce attribuable à une erreur de calcul, nous n'en sommes pas sûr. L'infirmière peut se tromper de dosage d'ampoule ou encore mal programmer le PSE à cause d'un déficit attentionnel lié au stress, à la fatigue, etc., comme le signalent les infirmières de notre échantillon.

Une harmonisation des pratiques dans certains services existe par l'intermédiaire de protocoles formalisés ou d'habitudes suivies par les équipes, mais la situation est très disparate. Quatre protocoles formalisés sont utilisés par le service A, là où les autres services (B, C, D) n'en utilisent que deux et le service E aucun. Les médicaments les plus encadrés par un protocole sont, dans l'ordre, l'insuline (3), les catécholamines et l'héparine (2) puis le chlorure de potassium (1) et enfin, rien de particulier pour la morphine.

D'autres facteurs identifiés dans la littérature (facteur de confusion possible lié aux unités comme μg) n'apparaissent pas dans les réponses à ce questionnaire dont l'objectif ne portait pas sur ces points précis.

Les risques liés aux erreurs de calculs de doses décrits dans la littérature apparaissent dans notre analyse, mais l'absence de verbalisation empêche d'évaluer les hypothèses qui se dégagent des différentes pratiques. Le danger des médicaments à risque choisis pour

l'enquête est évoqué au regard de leurs propriétés pharmacologiques intrinsèques et de leurs marges thérapeutiques étroites, plutôt qu'à cause de la difficulté de la préparation (petits volumes, unités délicates). Ce constat nous invite à approfondir l'enquête afin d'investiguer ces pistes.

À la lumière de l'analyse didactique des procédures décrites par les infirmières, une récurrence sur les trois entrées montrées dans l'étude princeps de Roditi (2012, 2014), se dégage pour la dobutamine, l'héparine et noradrénaline. Pour l'insuline, la morphine et le chlorure de potassium, il n'est pas possible de catégoriser de manière fiable les façons de faire décrites par les infirmières sur les questionnaires, mais elles semblent s'inscrire aussi dans les trois catégories issues de l'analyse *a priori*. En outre, aucune des procédures décrites par les infirmières ne conduit à modifier la typologie établie, sauf à considérer les pratiques instrumentées pour lesquelles les raisonnements qui les sous-tendent sont de même nature, mais sont rendus implicites car incorporés aux instruments. Les choix des procédures semblent orientés par des protocoles ou habitudes de service, ou par des objectifs de calcul qui mêlent une manière de penser le calcul, imbriquée à une intention pratique de mise en œuvre.

Un lien entre prescription et préparation des médicaments injectables semble influencer le choix des stratégies de raisonnements des infirmières, mais dans une mesure qui n'est pas connue. Les prises de décisions ne sont pas indépendantes des prescriptions et l'infirmière, au regard de certains critères, peut faire des choix d'adaptation à la situation qui, tout en respectant la posologie, modifient la mise en œuvre ou s'écarte d'une procédure standardisée, sans mettre le patient en danger. Ce point spécifique doit être étudié pour comprendre comment la variable prescription interfère dans la prise de décision de l'infirmière.

Des catégories de pratique

La mobilisation des outils de la didactique des mathématiques a permis de faire émerger, à partir des méthodes de résolution de problèmes recensées, une catégorisation fondée sur trois types de raisonnements mobilisés par les infirmières lors des préparations de perfusions de médicaments injectables par PSE. Ces types de raisonnements ont, dans un premier temps, émergé d'une analyse *a priori* s'appuyant sur des résultats concernant le raisonnement proportionnel et les unités de mesure et, bien sûr, sur des témoignages de

professionnels. Ces types de raisonnement sont confirmés par l'analyse *a posteriori* menée sur les réponses au questionnaire que nous avons diffusé auprès de 21 infirmières de services de soins intensifs portant sur leurs pratiques d'administration de plusieurs molécules. Rappelons que ces trois raisonnements peuvent être catégorisés comme suit :

- un premier raisonnement orienté sur **la dose** et l'infirmière traduit la prescription de débit médicamenteux sur une durée (généralement de 24h ou de 12h). La masse totale de médicament à injecter pour une durée déterminée est préparée dans la seringue avec des dilutions variables, soit imposées par des protocoles ou habitudes de service, soit à l'initiative de l'infirmière qui prépare ;
- le deuxième raisonnement va plutôt privilégier **la concentration** du médicament afin de jouer sur les contraintes pour faciliter les calculs de débits (les variations sont possibles et faciles à gérer grâce à des rapports de dilution simples comme par exemple 1/1, 2/1, 1/10, etc.). Ce type de raisonnement facilite la modulation du débit en cas de changement de prescription ;
- le troisième raisonnement est centré sur **le débit** avec pour objectif de jouer sur les contraintes pour simplifier la relation débit de prescription – débit d'administration. Ce raisonnement facilite également l'adaptation du débit en cas de changement de prescription.

Comme nous l'avons déjà écrit (cf. *supra*), ces pratiques déclarées ainsi que les protocoles utilisés ne disent pas toute l'activité infirmière, notamment tous les facteurs pris en compte pour orienter les calculs de doses médicamenteuses. Pour compléter l'analyse de l'activité infirmière, nous avons construit un second dispositif d'enquête reposant sur des simulations de situations professionnelles, avec une visée de conceptualisation qui s'inscrit dans les objectifs propres à la didactique professionnelle.

5. L'ENQUÊTE PAR SIMULATION

La deuxième partie du projet de recherche s'appuie sur les résultats obtenus dans la première partie, issus de l'analyse didactique et ergonomique des réponses au questionnaire sur les pratiques de préparation et les raisonnements conduits par les infirmières de réanimation/soins intensifs. L'approche vise à vérifier, compléter ou modifier les hypothèses quant aux raisonnements et aux calculs de doses issues de

l'exploitation des données des questionnaires. La nécessité d'étudier le travail des infirmières nous a amené vers un dispositif expérimental, construit sur une méthodologie d'enquête par simulation des tâches de calculs de doses. Les sections de 5.1 à 5.6 détaillent la méthodologie du dispositif d'enquête et les sections 5.7 et 5.8 développent l'ensemble des résultats suivis pour chacun d'une synthèse.

5.1 Projet de l'étude et sources théoriques

L'étude que nous avons menée dans le second temps de la recherche est une étude qualitative avec une approche ethnographique dans le sens où nous cherchons à expliciter des significations et des fonctions des actions humaines (Fortin et Gagnon, 2010). Elle repose sur l'observation et l'analyse de la réalisation des calculs de doses par les infirmières de réanimation en vue de la préparation de médicaments injectables. Dans la continuité de l'enquête de pratiques, initiée pour identifier et catégoriser les raisonnements possibles, nous avons retenu les mêmes médicaments injectables à risque perfusés par PSE.

L'étude proposée est une recherche sur les pratiques de soins, en référence à la législation en vigueur¹⁴³ pour ce type de recherche. Une déclaration officielle de l'étude a été soumise sous l'intitulé PRÉCIS (**PR**éparation des médicaments à risque et **Cal**culs de doses par les **InfirmierS**), l'étude a reçu, en janvier 2017¹⁴⁴, le N° de déclaration 1946962 de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) et un avis favorable en mai 2016 de la Commission d'éthique de la Société de réanimation de langue française (SRLF) (cf. annexes 7 et 8).

Mener des observations dans un contexte simulé a été choisi pour éviter la difficulté d'observation de l'activité de calcul de doses en contexte professionnel, cette observation se nourrissant à la fois d'enregistrements vidéos et d'entretiens pour explicitations de la pensée qui accompagne l'action. Il s'agit en effet, comme nous l'avons déjà vu, d'une activité à forte composante cognitive donnant lieu à peu de comportements manifestes.

¹⁴³ Référence aux textes en vigueur au moment de l'étude en 2017, chapitres IX et X et articles 53 et suivants de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée par la loi n° 2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel et son décret d'application n° 2005-1309 du 20 octobre 2005.

¹⁴⁴ Il a fallu patienter 9 mois pour obtenir cette déclaration retardant d'autant la mise en route de l'enquête.

Plusieurs difficultés se dégagent à l'examen de la faisabilité d'une telle recherche en service de soins. Les possibilités d'observation directe sont aléatoires et incertaines (Berdot et al., 2012) ; les problèmes techniques, légaux et éthiques de poser des caméras dans un service ou une (plusieurs) chambre(s) de réanimation rendent le projet très difficile quant à sa mise en œuvre ; la fréquence de prescription des médicaments injectables à risque étudiés est très variable dans le temps et dans l'espace des différents lieux d'enquête possibles. L'ensemble de ces contraintes rend la construction d'un tel dispositif très difficile dans le cadre d'une recherche doctorale, le faire indépendamment des difficultés aurait, à n'en pas douter, conduit à de nombreux biais méthodologiques qui, pour être évités, aurait nécessité une recherche d'équipe et des moyens techniques adossés à des financements spécifiques. Les simulations de recherche s'avèrent nécessaires, explique Vidal-Gomel (2005), lorsque le recueil de données est impossible au regard de raisons déontologiques ou matérielles, ou hasardeux quand les occurrences de recueil de données sont trop rares. À l'instar des chercheurs qui ont théorisé et/ou mobilisé ces méthodes, nous pouvons assurer (nous l'argumentons ci-après) que la simulation élaborée réduit la difficulté d'observation de l'activité tout en préservant une distance « raisonnablement faible » avec les situations professionnelles réelles dites de référence (Leplat, 1997; Vantourout et al., 2012). Cette méthode expérimentale renferme en elle-même des limites liées à sa conception et à sa mise en œuvre, mais elle présente des avantages considérables puisqu'elle permet d'étudier plus efficacement l'activité professionnelle sur le plan cognitif (Vantourout et Maury, 2006). La simulation permet également de confronter toutes les infirmières aux mêmes conditions, ce qui rend légitime les comparaisons éventuelles de leur activité de calcul de doses. Cette méthode d'observation répond donc au mieux à la problématique de notre recherche. Dans un livre de référence sur la simulation « Apprendre par la simulation » dirigé par Pastré (2005), auquel nous empruntons beaucoup, Savoyant précise l'un des avantages majeurs de ces dispositifs :

C'est bien à travers la variété des actions réalisées que l'on pourra dégager les caractéristiques communes (les invariants) de l'activité. À cet égard, la simulation n'est plus considérée comme un pis-aller (on simule par ce que l'on ne peut pas observer en situation réelle), mais comme un moyen particulièrement approprié pour l'analyse de l'activité (Savoyant, 2005, p. 46).

La simulation se caractérise par l'objet simulé et par sa finalité (Leplat, 2000). La simulation par l'objet simulé est soit centrée sur le sujet, soit sur la tâche. Celle centrée sur le sujet porte sur les processus cognitifs mis en œuvre dans une tâche donnée et a pour objectif de vérifier des hypothèses sur les processus cognitifs ou de valider des modèles de l'activité. Celle centrée sur la tâche permet, à partir de l'analyse d'activités mobilisées dans une tâche donnée, de comprendre les mécanismes sous-jacents pouvant éclairer la tâche de référence. C'est cette dernière modalité qui nous intéresse dans le présent travail. Au regard de la finalité, Leplat (2000) précise que l'on peut distinguer la simulation pour la formation qui a pour objectif d'améliorer l'efficacité de cette dernière et la simulation pour la recherche qui a pour visée l'amélioration de la connaissance de l'activité. C'est dans cette seconde finalité que s'inscrit notre recherche.

5.2 Choix de la méthode

Le constat des contraintes multiples pour étudier l'activité en situation réelle (citées *supra*), nous a orienté vers une méthodologie de simulation à visée de recherche (Leplat, 2000 ; Vidal-Gomel, 2005)¹⁴⁵. Ce type de « situation artificielle » pose la question de la fidélité au regard des situations réelles (Vidal-Gomel, 2005, p. 158). Cette question précise Vidal-Gomel, renvoie à la notion de validité écologique de la recherche entreprise et donc à la possibilité de généraliser des résultats obtenus en situation artificielle à une classe de situations naturelles (Hoc, 2000 cité par Vidal-Gomel, 2005). Ce point spécifique sera discuté *infra* à la section 5.3. L'approche sélectionnée pour la collecte des données est celle de la simulation de la réalisation de tâches de calculs de doses filmée, suivie d'une verbalisation assistée (ou auto-confrontation¹⁴⁶) des traces de l'activité (Leplat et Hoc, 1981; Hoc, 1984). Cela permet au chercheur de compléter les hypothèses construites par

¹⁴⁵ Vidal-Gomel a opté pour ce terme pour simplifier son discours dans l'article en opposition à simulation à visée didactique (même si celle-ci peut être utilisée dans le cadre de travaux de recherche), spécifiant ainsi clairement l'intention sous-jacente. Elle l'associe à la simulation de production au sens de Savoyant (2005) ou de Van Daele (1997) qui parle de simulation de situation.

¹⁴⁶ À propos de la démarche de verbalisation consécutive assistée : « C'est cette démarche d'analyse ex-post de l'action que les ergonomes de langue française appellent " *auto-confrontation* ". Elle consiste à favoriser, chez un sujet (un " utilisateur "), un retour réflexif sur sa propre action à partir de l'enregistrement de traces observables de l'activité (enregistrement vidéo) et de la situation (enregistrement des paramètres). Version française : Béguin, P., Pastré, P. (2002) : Working, learning and designing through simulation. Proceedings of the 11th European Conference on Cognitive Ergonomics: cognition, culture and design. Bagnara, S., Pozzi, S., Rizzo, A., Wright, P. eds., pp 5-13

l'analyse d'une activité qui demeure en partie invisible pour l'observateur, et qui peut le rester malgré les entretiens. Il existe en effet de réelles difficultés à s'exprimer sur sa pratique. Le comportement d'un individu est la partie observable de son activité. Pour dépasser cela et s'interroger sur l'organisation de l'activité de la personne et ce qui l'a déterminée, on s'intéresse alors aux dimensions cognitives, psychiques et sociales qui sont à l'origine du comportement observable (Daniellou et al., 2010).

La méthodologie présentée constitue un dispositif intermédiaire entre la méthode des cas, qui va rechercher avant tout une fidélité conceptuelle (Pastré et Vergnaud, 2011, p. 408), et la simulation pleine échelle qui cherche « la fidélité la plus complète possible, visant à reproduire toutes les dimensions de la situation de référence : modèle opératif conceptuel, mais aussi habiletés, procédures, communications... » (p. 409) qui constituent des méthodes d'enquête de référence issues de la didactique professionnelle.

Le choix des tâches étudiées, dans cette partie expérimentale, consiste à demander aux infirmières d'effectuer des calculs de doses habituellement réalisés en service de réanimation.

La séance de simulation est filmée pour décrypter l'activité et recueillir les comportements professionnels. Le choix de filmer les sujets (les infirmières) pendant la réalisation des calculs de doses vise à « provoquer des observables » pour l'étude d'activités cognitives (Leplat, 2000, p.81). Deux arguments justifient ce choix. Le premier est que la vidéo permet de fixer ce qui peut l'être de la situation et donc de l'activité de la soignante. La complexité de l'activité reste toujours difficile à cerner, mais la vidéo, de façon très incomplète malgré tout, permet d'en rendre compte. Elle offre aussi la possibilité de visionnages répétés et donc une acuité plus forte que celle d'une saisie à l'œil nu. Les détails isolés prennent une importance différente et la fluidité de la séquence devient plus accessible à l'analyse. Le second argument porte sur l'émergence du sens qui peut alors s'exprimer d'une manière multifocale à partir de l'image : le sens de la situation, le sens de l'activité, le sens du travail.

La méthode d'observation par films et entretiens va permettre, après retranscription intégrale, d'étudier les verbalisations produites en réaction au film de l'activité que le professionnel dévoile et d'en inférer des finalités, des actions et des ressources (Saint-Dizier de Almeida, 2015). La verbalisation consécutive assistée (Hoc, 1984), qui peut se définir comme une verbalisation assistée par les traces de l'exécution, est ensuite guidée par un entretien avec le chercheur, afin de recueillir une verbalisation de l'infirmière sur

son action, ses raisonnements, ses intentions et ses impressions sur la situation vécue. Ce sont autant d'éléments qui restent inobservables, mais qui complètent ainsi les observations de la réalisation de la tâche faites par le filmage de l'action et le chercheur pendant la réalisation. Il est difficile de parler de son travail car la connaissance est incorporée (sous-entendu à l'action), au sens de Leplat (1997), et elle n'est pas facile à mettre en mots (Daniellou et al., 2010; Leplat, 1985). Il existe un écart entre ce que l'on fait et ce que l'on dit sur ce que l'on fait à distance de l'action (finalités, ressources). Des redondances et des complémentarités sont donc attendues qui alimenteront les résultats et leur discussion.

5.3 Transposition des dimensions de la situation de référence dans une simulation à visée de recherche

La conception de notre simulation à visée de recherche a suivi une mise en œuvre dite ascendante, c'est-à-dire que l'on part de l'analyse d'une situation réelle pour identifier ce qui doit être simulé (Vidal-Gomel, 2005). Dans le cadre de la généralisation des résultats, Vidal-Gomel (2005) – à qui nous empruntons le titre de cette section (p. 160) – précise que la fidélité n'est qu'une des dimensions de la validité écologique qui concerne également le couplage entre le sujet (ses compétences notamment) et la tâche à réaliser, et le contexte dans lequel est réalisée celle-ci. Notre objectif est d'identifier les savoirs de référence (Rogalski et Samurçay, 1994) de la situation de préparation d'un médicament injectable en partant de l'analyse d'une situation réelle, dans laquelle il s'agit d'identifier ce qui doit être simulé (tâche et caractéristiques essentielles de la situation à simuler) afin de conduire les opérateurs participant à la simulation à mettre en œuvre les activités qui sont la cible de la recherche entreprise (Vidal-Gomel, 2005). C'est ce travail de transformation entre les deux situations que l'on nomme transposition, empruntant cette notion à la didactique des disciplines (Chevallard, 1985) et qui été étendu au champ professionnel par Rogalski et Samurçay (1994). Nous insistons sur le point essentiel de la validité de cette transformation par cette citation extraite d'un article de référence sur la transposition didactique des situations de simulation : « Le passage de la situation de simulation à la situation de référence pose le problème du domaine de validité des acquis, problème que l'on peut aborder par l'analyse des fonctionnalités de la situation de

référence qui ont été ou non conservées dans la transposition (Rogalski, 1995) » (Samurçay et Rogalski, 1998, p. 337). Les différentes étapes qui nous ont guidé, de la situation de référence à la situation de simulation, sont exposées ci-dessous, l'une après l'autre.

5.3.1 Le dispositif expérimental

La simulation comporte deux situations : la situation à simuler appelée situation de référence et la situation qui simule la situation de référence dénommée situation simulée (Leplat, 2000). Dans une recherche de validité de la situation construite, la simulation doit être évaluée. C'est par la comparaison des écarts entre les deux que l'on peut interpréter la simulation, en examinant « d'une part, les caractéristiques de la tâche et du sujet de la situation de référence, et, d'autre part, ceux de la situation construite » (Leplat, 2000, p. 93). Nous montrons à la figure 24 cette construction expérimentale à partir du cadre proposé par Vantourout (2004) dans sa thèse sur l'étude de l'activité et des compétences de professeurs des écoles et de professeurs de mathématique dans des situations « simulées » d'évaluation, dont le cadre d'analyse s'est appuyé sur le modèle de la double régulation de l'activité et de sa représentation sous formes de schémas produits par Leplat (1997), Samurçay et Rogalski (1998) et Rogalski (2003).

La situation de référence que nous considérons est la situation quotidienne de préparation de médicaments injectables à risque perfusés par PSE par l'infirmière de réanimation et la sous-tâche de calcul de dose qui lui est étroitement imbriquée. Pour cette tâche, l'infirmière prend connaissance de la prescription médicale et la met en œuvre, pour le patient dont elle a la responsabilité. Le calcul de dose nécessaire est réalisé et la préparation de la seringue est effectuée simultanément, avec des outils habituels du service (protocoles, abaques), soit dans un poste de soins, soit dans la chambre du patient – ce qui est quasi-systématique en réanimation sous l'influence des recommandations de bonnes pratiques (éviter au maximum les interruptions de tâche) et grâce à l'aménagement spécifique des chambres (plans de travail, bacs avec les matériels nécessaires ainsi que les médicaments de la journée à disposition par exemple ou chariot de préparation). L'infirmière vérifie la prescription médicale, à la fois sur le fond (quel médicament et comment le préparer ?) et sur la forme (les informations sont-elles claires et suffisantes ?). Une organisation structurée lui fait ensuite sortir le ou les médicaments requis, le matériel nécessaire à l'antisepsie (compresses et antiseptique) et à la

préparation (seringue(s), aiguille(s), diluant en ampoules, dosettes ou poche de soluté) sur son plan de travail. Ensuite, les étapes de préparation se déroulent en fonction du type de produit à préparer, ce qui en fait, à chaque fois, une situation proche, mais toujours un peu différente. La présentation du produit, son volume, la prescription médicale, le nombre de manipulations, etc. influent sur la tâche à réaliser conservant cependant des invariants de la qualité, liés au respect des bonnes pratiques de préparation.

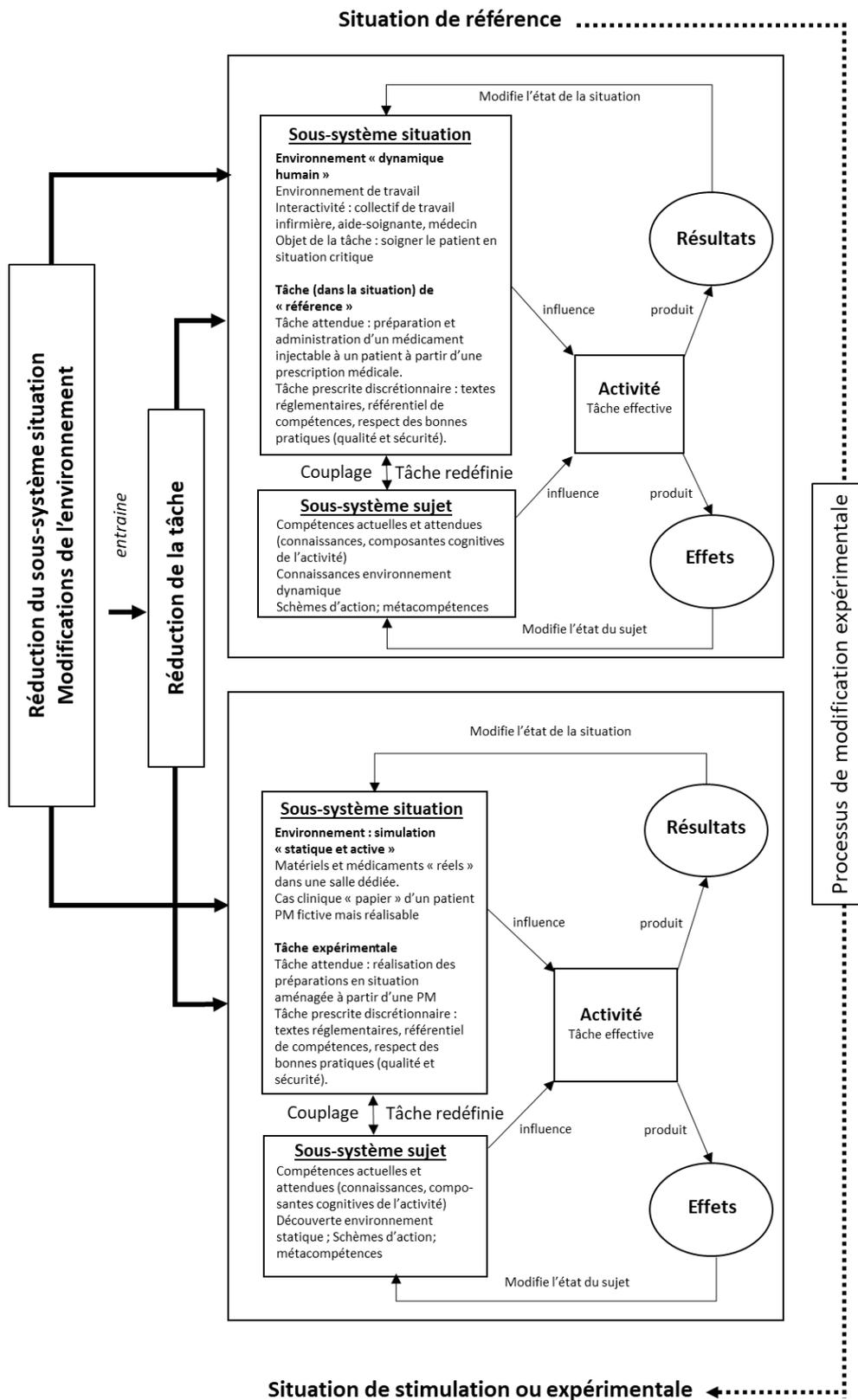


Figure 24 : Les écarts entre la situation de référence et la situation simulée ou expérimentale, d'après Vantourout (2004)

Dans les situations de simulation proposées, les infirmières disposent d'un cas clinique pour chacun des six médicaments cibles, d'une prescription médicale pour chaque médicament et du matériel à disposition, identique à celui de la pratique professionnelle réelle, en quantité et en qualité, pour recréer les conditions matérielles de la situation. La tâche prescrite à réaliser est complexe et, dans un certain nombre de cas¹⁴⁷, relativement discrétionnaire (c'est-à-dire seulement définie par son but) au sens de la didactique professionnelle, notamment pour les services d'adultes. En effet, le prescripteur formule souvent la tâche de façon incomplète (indiquant seulement le nom du médicament, sa dose et la voie d'injection) laissant à l'infirmière le choix de la mise en œuvre en faisant ainsi appel à une organisation personnelle pour la préparation du médicament. L'infirmière sollicite ses connaissances, mobilise ses stratégies de raisonnement et utilise les ressources organisationnelles (les protocoles, les habitudes de service), matérielles, techniques et humaines du service (travail en équipe : collaboration médicale et paramédicale). Dans la situation de simulation, les infirmières retrouveront des conditions de prescription proches du réel (sur le fond, pas sur la forme, impossible à reproduire), mais certaines composantes de l'environnement sont éliminées : en situation simulée, l'infirmière travaillera seule. Malgré les réductions de la situation expérimentale et notamment de contexte, la tâche reste proche de la situation réelle, elle reste complexe et en partie discrétionnaire pour la prescription médicale et la mise en œuvre des médicaments injectables.

La situation simulée se fonde sur une mise en situation des praticiennes avec les médicaments injectables utilisés dans la pratique quotidienne qu'elles ont à préparer en vue d'une administration à un patient. L'environnement dynamique, interactif et humain de la situation de référence n'est pas reproduit. Il s'agit d'une situation expérimentale du type de celles que Vantourout et al. (2012) qualifient d'« aménagée » par ce qu'elle permet de réduire la complexité de la situation de référence pour l'élaboration de situation de recherche, comme nous l'avons précisé *supra*. Sur le plan du fonctionnement cognitif des infirmières, les similarités sont importantes entre les deux situations. La préparation se déroule dans une salle dédiée du service où l'enquête a lieu et qui peut posséder des caractéristiques techniques semblables à celles d'une salle de préparation d'un service ou d'une chambre (salle ou chambre inoccupée équipée en matériel). La situation construite,

¹⁴⁷ La courte étude sur les prescriptions (voir *infra*, 4.1.3) a pu valider ce point qui constitue une forme usuelle de la façon de prescrire hors protocole et hors informatisation de la prescription.

selon Leplat (2000), ne retient que certaines caractéristiques de la situation de référence, ce qui implique une décomposition de la situation choisie. Ici, il s'agit d'un découplage, ce qui signifie que l'on a isolé un sous-système de la situation d'ensemble afin d'en limiter ou d'en supprimer les interactions (Samurçay et Rogalski, 1998). Le découplage concerne les fonctions, la structure, l'espace et la temporalité des systèmes selon ces deux auteures. Cela correspond à une décontextualisation qui découle intrinsèquement de la situation de simulation (Rogalski et Samurçay, 1998). En « neutralisant » le contexte, la transposition proposée correspond désormais à une simulation « statique » dans le sens où l'on reproduit les traits d'une situation à un moment donné sans que l'activité du sujet puisse modifier cette situation (Leplat, 2000). Cette réduction de la complexité du contexte constitue une limite par rapport à la reproduction fidèle du réel, mais elle a l'avantage de conduire à des scénarios expérimentaux stables, qui reproduisent une tâche habituelle de calculs de doses en réanimation/soins intensifs. La standardisation est utile au repérage de différences et de convergences des raisonnements appliqués aux situations par les infirmières et leur récurrence.

Nous explicitons maintenant les niveaux de découplage opérés. La transformation de l'environnement, de dynamique à statique est la réduction la plus importante du dispositif simulé et nous venons de l'indiquer. La temporalité est transformée dans la mesure où la situation s'arrête après la préparation et qu'il n'y a pas d'administration médicamenteuse au patient, ce qui constitue pourtant le but principal de cette tâche dans la situation professionnelle réelle. Cela constitue une réduction de la mission de l'infirmière quant à la réalisation de son activité de soins qui se trouve ainsi « amputée ». Cette part du soin absente de la simulation, peut constituer un temps de contrôle de la préparation médicamenteuse lors de la mise en place de la seringue sur le PSE, question de contrôle utilisateur pour la programmation des données de perfusion sur les PSE discutée plus tôt. Une autre différence, avec un effet sur la temporalité, tient au fait que les infirmières doivent préparer six médicaments pour six patients fictifs différents ce qui est une transformation de l'organisation habituelle : en réanimation, deux infirmières s'occupent d'un groupe de cinq patients. Toutefois, il n'est pas inconcevable qu'une professionnelle ait à préparer plusieurs seringues de médicaments injectables à risque sur un empan temporel restreint, comme c'est le cas dans la simulation, simplement cette situation est plus inhabituelle. Enfin, un acteur essentiel de la situation est absent dans la situation simulée : le patient. Cette absence objective peut apparaître à première vue comme une

limite très importante, mais elle est largement minorée par la construction expérimentale du dispositif. La réduction proposée, au sens du découplage de Samurçay et Rogalski (1998), donne corps mentalement à un patient générique, prototype du patient traité par le médicament prescrit spécifiquement pour une pathologie dont l'infirmière en cerne tous les aspects. Elle peut ainsi se construire une représentation de la situation suffisamment pertinente pour qu'elle s'engage dans la simulation. Pour le dire autrement, chaque infirmière apporte un contexte, son contexte avec elle.

5.3.2 Conception et validation des tâches simulées

Les situations simulées reprennent les médicaments à risques et les calculs de doses qui y sont associés : l'héparine, la morphine, l'insuline, le chlorure de potassium, la dobutamine et la noradrénaline. Les tâches ont été modélisées en scénarios et rédigées sous forme de courtes situations cliniques appelées cas cliniques en référence au vocabulaire professionnel utilisé pour ce type d'exercice. Les cas ont été validés, dans un premier temps, par deux experts qui ont assuré le rôle de conseillers scientifiques de la thèse ; le docteur Durieux, médecin et le docteur Sabatier, pharmacien, tous les deux exerçant à l'hôpital européen Georges Pompidou (HEGP) à Paris¹⁴⁸. Ils ont contrôlé la conformité aux pratiques médicales de prescription actuelles (posologie, reconstitution et débit). Dans un second temps, un médecin, anesthésiste-réanimateur senior, le docteur Pierre-Etienne Leblanc du CHU Bicêtre, au Kremlin-Bicêtre, a validé leur fiabilité et leur conformation aux standards actualisés de prise en soins des patients.

Les six médicaments de l'étude sont présentés aux infirmières dans leur conditionnement habituel, toutefois, nous avons dû effectuer des aménagements dans le cadre du respect des règles de sécurité dans un environnement expérimental. En effet, afin d'éviter toute méprise (même si le lieu de la simulation n'est pas un poste de soins infirmiers en unité ou une chambre occupée par un patient), les ampoules ou dosettes de chlorure de potassium sont remplacées par des unidoses similaires mais contenant de l'eau pour préparation injectable et les ampoules de morphine sont remplacées par des ampoules similaires par leur forme, mais contenant des produits non opiacés. L'aspect et la fluidité ne sont pas modifiés par ces changements. Un réétiquetage complet de l'ensemble des six

¹⁴⁸ Le docteur Durieux est aujourd'hui à la retraite.

produits à la concentration usuelle pour chacun, avec la mention « produit pour simulation », a été effectué à partir d'un modèle proposé pour la recherche sur les médicaments par le Dr Sabatier.

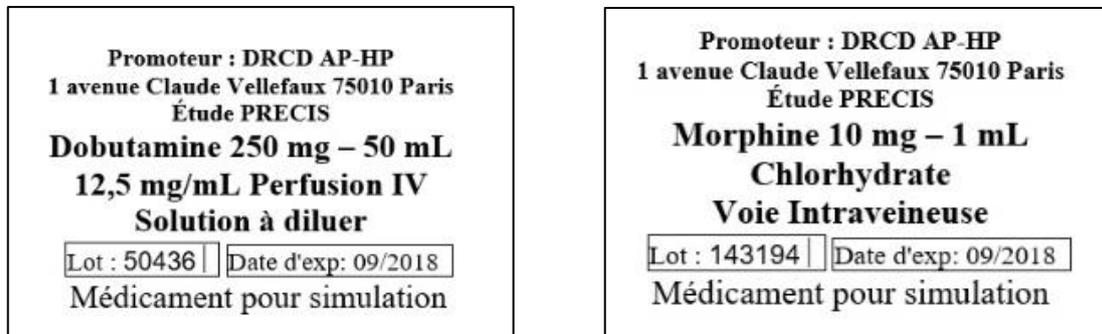


Figure 25 : Modèle d'étiquettes pour la simulation (ex. dobutamine et morphine)

5.3.3 Les prescriptions médicales de la situation simulée

La variabilité des types de prescription (manuelle ou informatique, protocolée ou non) nécessite de proposer aux infirmières des prescriptions qui standardisent l'écriture de celles-ci au plus proche de leurs habitudes. En amont de cette recherche, une enquête sur les prescriptions a permis de cerner les distinctions à opérer pour chaque produit. Un recueil dans quatre unités de réanimation adulte aux modes de prescriptions différents (3 manuels et 1 informatisé) a été réalisé afin de repérer les variabilités de prescriptions médicales, telles qu'elles se rencontrent quotidiennement par les infirmières. Au regard des références médicales en matière de prescription et des résultats de notre connaissance des pratiques de prescription, nous avons opté pour des rédactions de prescriptions simplifiées reprenant le médicament cible de l'enquête, accompagné d'une prescription de soluté de perfusion afin de crédibiliser l'administration d'un médicament injectable par PSE sur une voie veineuse centrale¹⁴⁹. Les produits peuvent être prescrits de plusieurs façons en lien avec les outils ou les habitudes dans les services spécifiques

¹⁴⁹ Deux possibilités d'abord veineux sont utilisées chez le patient en réanimation/soins intensifs : la voie veineuse centrale est privilégiée car elle permet de perfuser de nombreux médicaments et des volumes importants de façon sécurisée. Elle nécessite la pose d'un cathéter central dans un gros tronc veineux, le plus souvent thoracique. Il s'agit d'une technique très invasive. La voie veineuse périphérique est choisie soit en attendant la pose d'une voie veineuse centrale, soit quand le patient n'a plus l'utilité de ce dispositif de perfusion. Le cathéter court est alors inséré dans une veine superficielle des membres supérieurs le plus fréquemment.

(logiciels de prescription, protocoles, abaques¹⁵⁰). Face à cette variété et à l'impossibilité d'accéder en amont de l'étude à l'ensemble de ces données, nous avons fait le choix d'une mise à disposition d'une prescription unique pour toutes les personnes enquêtées. Cette décision confère un certain nombre d'avantages et de limites. Comme nous l'avons précédemment expliqué, en didactique professionnelle, on n'hésite pas à proposer des situations qui demandent aux sujets de s'adapter à des situations conventionnelles, mais un peu décalées de leur pratiques habituelles : « C'est le rôle des didacticiens de multiplier intentionnellement les situations qui vont déstabiliser chez un sujet l'emploi de ses ressources habituelles, de manière à provoquer chez lui la mise en route d'une genèse opérative, source de création de ressources nouvelles » (Pastré, 2005, p. 20). Un type de prescription différent de celui auquel une infirmière est habituée permet de tester sa capacité à réaliser cette prescription malgré la perturbation et d'analyser son adaptation, y compris lors de l'entretien d'auto-confrontation. La variable « prescription médicale » pourra ainsi être interrogée également quant à ses effets sur l'activité de l'infirmière. Parallèlement, cela constitue une limite possible du dispositif car l'absence de mise à disposition de la forme habituelle de la prescription médicale (informatisée ou protocolée) peut troubler les professionnelles de façon trop importante, gênant voire empêchant la réalisation de préparations médicamenteuses. Nous reviendrons sur ce risque dans la discussion des résultats de l'enquête.

5.3.4 Présentation et argumentation des scénarios

La situation de simulation proposée aux infirmières pour recréer des conditions proches de la pratique réelle est construite sur des scénarios simples indiquant des éléments de contextualisation brefs concernant l'état du patient qui justifient la prescription médicale et l'utilisation du médicament cible. Une feuille de prescription standardisée accompagne le cas clinique afin de reproduire les conditions habituelles de présentation des prescriptions individualisées pour chaque patient en service de soin. Les documents dans leur format original sont présentés en annexe 11 et 12. Les feuilles de prescription sont adaptées à l'horaire de la réalisation de la simulation : prescription à 9h pour les infirmières rencontrées le matin et 14h pour celles rencontrées l'après-midi. Nous

¹⁵⁰ En arithmétique, tableau graphique permettant d'opérer rapidement et avec plus ou moins de précision différents calculs numériques. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, consulté en août 2017.

présentons dans les paragraphes suivants les cas cliniques proposés aux infirmières pour chaque médicament avec un court argumentaire. Pour éviter toute redondance, nous ne reprenons pas le détail des résolutions de problème à partir des trois entrées possibles détaillées dans la première partie empirique de la recherche et nous renvoyons le lecteur au paragraphe 4.3.2.2.

5.3.4.1 La dobutamine

Cas N° 1 - Clinique Dobutamine

M. Petit, un patient de 62 ans, hospitalisé dans votre unité de réanimation, présente un état de choc qui a nécessité la mise sous catécholamines. Il pèse 65 kg. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de dobutamine prescrit à la dose de 10 µg/kg/min.

Vous disposez de flacons de dobutamine dosés à 250 mg pour 20 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Hôpital		1
... / ... / 2017		
Nom : Petit		
Prénom : Gérard		
N° ID : 18765432109		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	Dobutamine : 10 µg/kg/min au PSE Surveillance paramètres vitaux / 1h

Figure 26 : Prescription médicale de la dobutamine

Argumentation

L'infirmière doit poursuivre le traitement entrepris précédemment en respectant la prescription proposée, formulée en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ que l'on prononce « gammas kilos minute » dans le langage professionnel.

1 – le calcul effectué par l'infirmière requiert un raisonnement proportionnel.

2 – le protocole de préparation, quand il est formalisé, ne nécessite pas de calcul, il faut suivre la procédure imposée.

Dans cette situation, la PM est rigoureusement la même que dans la pratique réelle mais nous avons fait le choix de ne pas laisser la possibilité aux infirmières d'utiliser de tableau de dilution ou d'abaques dans le but de provoquer une possible adaptation à cette situation et de l'étudier. Pour expliciter au mieux l'adaptation nécessaire des infirmières qui utilisent ces outils, nous en exposons trois exemples (Figures 27, 28 et 29) utilisés en service, sans que cela ait un caractère exhaustif.

TABLEAU DES DOSES DE DOBUTAMINE	
en fonction du poids	
FLACON DE DOBUTAMINE 250 mg dans 20 ml	
Pour préparer les seringues de DOBUTAMINE, compléter la dose indiquée dans le tableau jusqu'à 50cc avec du sérum physiologique ou du G 5%.	
Calcul dose de Dobutamine : Poids du patient \times 3 = dose en mg \times 20cc : 250 mg = dose en ml à ramener à 50ml avec serum physiologique ou du G5%	
POIDS	35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54
DOSE	8,4 8,6 8,9 9,1 9,4 9,6 9,8 10,1 10,3 10,6 10,8 11,0 11,3 11,5 11,8 12,0 12,2 12,5 12,7 13,0
POIDS	55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74
DOSE	13,2 13,4 13,7 13,9 14,2 14,4 14,6 14,9 15,1 15,4 15,6 15,8 16,1 16,3 16,6 16,8 17,0 17,3 17,5 17,8
POIDS	75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94
DOSE	18,0 18,2 18,5 18,7 19,0 19,2 19,4 19,7 19,9 20,2 20,4 20,6 20,9 21,1 21,4 21,6 21,8 22,1 22,3 22,6
POIDS	95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114
DOSE	22,8 23,0 23,3 23,5 23,8 24,0 24,2 24,5 24,7 25,0 25,2 25,4 25,7 25,9 26,2 26,4 26,6 26,9 27,1 27,4
POIDS	115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134
DOSE	27,6 27,8 28,1 28,3 28,6 28,8 29,0 29,3 29,5 29,8 30,0 30,2 30,5 30,7 31,0 31,2 31,4 31,7 31,9 32,2
POIDS	135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154
DOSE	32,4 32,6 32,9 33,1 33,4 33,6 33,8 34,1 34,3 34,6 34,8 35,0 35,3 35,5 35,8 36,0 36,2 36,5 36,7 37,0

Figure 27 : Table de préparation de la dobutamine à partir de la formule de calcul de la dose du "Poids \times 3"

Comme on peut le constater en observant ce tableau, l'infirmière qui en dispose recherche le poids du patient et lit la dose qu'elle doit diluer dans une seringue de 50 mL. L'activité est sans calcul puisque, par exemple, pour un patient de 50 kg, elle doit prélever 12 mL qu'elle dilue dans 50 mL puis règle le PSE en fonction de la PM : 5mL/h si la prescription est de 5 µg/kg/min.

DOPAMINE					
50 mg		100 mg		200 mg	
P	V	P	V	P	V
kg	ml	kg	ml	kg	ml
14	60	32	52	62	54
15	56	34	49	64	52
16	52	36	46	66	51
17	49	38	44	68	49
18	46	40	42	70	48
19	44	42	40	72	46
20	42	44	38	74	45
21	40	46	36	76	44
22	38	48	35	78	43
23	36	50	33	80	42
24	35	52	32	84	40
25	33	53	31	88	38
26	32	54	31	92	36
27	31	55	30	96	35
28	30	56	30	100	33
29	29	57	29	108	31
30	28	58	29	116	29
31	27	59	28	122	27
		60	28	130	26

DOBUTREX										
125 mg					250 mg					
P	V		P	V		P	V		P	V
kg	ml		kg	ml		kg	ml		kg	ml
38	55		62	34		86	48		110	38
39	53		63	33		87	48		111	38
40	52		64	33		88	47		112	38
41	51		65	32		89	47		113	37
42	50		66	32		90	46		114	37
43	48		67	31		91	46		115	36
44	47		68	31		92	45		116	36
45	46		69	30		93	45		117	36
46	45		70	30		94	44		118	35
47	44		71	29		95	44		119	35
48	43		72	29		96	43		120	35
49	43		73	29		97	43		121	34
50	42		74	28		98	43		122	34
51	41		75	28		99	42		123	34
52	40		76	28		100	42		124	34
53	39		77	27		101	41		125	33
54	39		78	27		102	41		126	33
55	38		79	26		103	40		127	33
56	37		80	26		104	40		128	33
57	37		81	26		105	40		129	32
58	36		82	25		106	39		130	32
59	35		83	25		107	39		131	32
60	35		84	25		108	39		132	32
61	34		85	25		109	38		133	31

P = Poids
V = Volume Total
1 ml/h = 1 µg /kg/min

Figure 28 : Tableau de dilution de la dobutamine (entrée par le débit - P = Poids ; V = Volume total ; 1 ml/h correspond à 1 µg/kg/min)

Comme on peut le constater en observant ces tableaux, l'infirmière qui en dispose prépare une seringue avec un flacon de 250 mg /20 mL. Elle recherche dans le tableau le poids du patient puis prélève la dose de dobutamine nécessaire soit 125 mg ou 250 mg. Elle dilue ce volume de dobutamine en lisant ce qui est proposé dans le tableau. Ici pour 65 kg, l'infirmière prélève 125 mg et complète jusqu'à 32 mL ce qui correspond à une

préparation 1 µg/kg/min pour 1 mL /h. Le débit est ensuite ajusté à la prescription qui se fait en µg/kg/min et règle le PSE.

DOBUTREX	
1 Ampoules de 250 mg /50 ml	
5,0 mg/ml	
Etiquette patient	Poids 54,0
09/02/2017	
µg/kg/min	débit ml/h
1	0,6
2	1,3
3	1,9
4	2,6
5	3,2
6	3,9
7	4,5
8	5,2
9	5,8
10	6,5
11	7,1
12	7,8
13	8,4
14	9,1
15	9,7
16	10,4
17	11,0
18	11,7
19	12,3
20	13,0
21	13,6
22	14,3
23	14,9
24	15,6
25	16,2
26	16,8
27	17,5
28	18,1
29	18,8
30	19,4

Figure 29 : Tableau de dilution de la dobutamine (entrée par la concentration)

Comme on peut le constater en observant ce tableau, l’infirmière qui en dispose prépare une seringue avec un flacon de 250 mg dans 50 mL, elle recherche dans le tableau le poids

du patient puis la prescription en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et lit enfin le débit auquel elle doit régler le PSE. Ici par exemple, pour un patient de 54 kg et une PM de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, elle réglerà le PSE à 3,2 mL/h.

5.3.4.2 L'héparine

Cas N°2 / Cas Clinique Héparine

Vous vous occupez ce jour de M. Bertrand, 68 ans, à qui le médecin vient de diagnostiquer une embolie pulmonaire probablement due à son alitement prolongé en réanimation. Il pèse 72 kg. Suite à l'administration d'une dose de charge pour obtenir une héparinémie efficace, vous devez préparer et débiter immédiatement, au pousse-seringue électrique, l'héparine sodique prescrite par le médecin à la dose suivante :

Héparine sodique : 34 560 UI/24h

Vous disposez de flacons d'héparine sodique de 25 000 UI/5 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

La dose d'héparine sera ajustée en fonction des résultats du contrôle biologique.

Hôpital		2
... / ... / 2017		
Nom : Bertrand		
Prénom : Pierre		
N° ID : 1270462738		
+		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	Héparine sodique : 34560 UI/24h au PSE Contrôle biologique 4h après le début du traitement

Figure 30 : Prescription médicale pour l'héparine

Argumentation

La dose prescrite est calculée par le médecin en fonction de l'objectif thérapeutique rapporté au poids du patient. L'objectif de la préparation est de faciliter le travail en cas de décision d'adapter la dose administrée en unités internationales : l'infirmière n'ayant qu'à moduler le débit d'administration en mL/h. Cette décision se prend en fonction des besoins du patient déterminés par ses réactions physio-pathologiques surveillées par un paramètre biologique (activité de l'anti-Xa) qui évalue le niveau d'anti-coagulation du patient et qui doit s'inscrire dans une fourchette cible.

Pour l'infirmière :

1 – le calcul effectué requiert un raisonnement proportionnel

2 – si un protocole de préparation et de dilution est formalisé, il faut suivre la procédure imposée et le calcul peut intervenir pour le débit. (Voir l'exemple tableau 15)

Dans notre étude, cette situation comporte un écart à la pratique réelle car elle propose la préparation d'une dose que l'on ne rencontre pas habituellement : la dose habituelle est le plus souvent arrondie au millier d'unités ou aux cinq centaines d'unités, mais pas à la dizaine d'unités comme c'est le cas ici.

Le choix de ce scénario atypique répond à plusieurs intentions :

- dans la pratique quotidienne, l'utilisation de l'héparine peut poser de réels problèmes ;
- en fonction des utilisations, la préparation du médicament peut nécessiter plusieurs manipulations, de prélever des petits volumes quand la précision du volume à prélever est au dixième ou au centième, ce qui peut laisser craindre les erreurs.

Les résultats issus de la didactique professionnelle indiquent que chaque opérateur dispose, dans son travail, d'un certain nombre de ressources qui sont notamment ses compétences (Leplat et Montmollin, 2001, cité par Pastré, 2005). Les compétences sont interprétées comme des schèmes quand l'accent est mis sur l'organisation de l'activité et la conceptualisation dans l'action précise-t-il encore. Au quotidien, l'opérateur sollicite des ressources décrites comme des organisateurs préconstruits de l'activité qui lui permettent de gérer les situations ordinaires. Face à un problème, Pastré (2005) explique que l'opérateur prend conscience de l'insuffisance de ses ressources, mais découvre en même temps qu'il a la capacité d'en produire de nouvelles. C'est, nous dit-il, ce que Samurçay et Rabardel (2004) nomment la capacité constructive de l'activité. C'est ce qu'a montré Rabardel (1995) au travers de ce qu'il appelle les genèses instrumentales. Cette

création peut échouer, mais la confrontation à un problème est une condition nécessaire pour provoquer un apprentissage, ce n'est pas une condition suffisante.

Nous utilisons cette approche et, par la situation proposée, nous visons une possible déstabilisation des infirmières afin d'observer et d'analyser leur adaptation éventuelle. D'autres schémas de raisonnements sont-ils mobilisés ? si oui, lesquels ? Si non, pourquoi ?

Nous présentons ci-dessous un exemple de protocole (Figure 30).

PAR-12345-FO-0026, version 00 Protocole héparine au PSE 30/03/2007

S'il n'y a pas eu de bolus initial, le 1^{er} TCA se fait 6 heures après le début de l'Héparine

VITESSE HEPARINE AU PSE

Dilution : 25 000 UI dans 50 ml de Chlorure de Sodium à 0.9 % soit 500 UI par ml.

Une seringue est préparée pour un maximum de 24 heures.

VITESSE en ml / H	UI / 24 HEURES
0,4	4 800
0,6	7 200
0,8	9 600
1	12 000
1,2	14 400
1,4	16 800
1,6	19 200
1,8	21 600
2	24 000
2,2	26 400
2,4	28 800
2,6	31 200
2,8	33 600
3	36 000
3,2	38 400
3,4	40 800
3,6	43 200
3,8	45 600
4	48 000
4,2	50 400

Figure 31 : Exemple d'abaque pour l'héparine pour une préparation avec une entrée concentration 500 UI/mL

Une infirmière qui disposerait de l'abaque précédente prépare une seringue de 25 kUI dans 50 mL puis, si la PM est de 16,8 kUI/24h, elle règle le PSE à un débit de 1,4 mL/h. L'abaque conduit à lire le débit plutôt qu'à le calculer : la seringue est préparée avec une concentration de 500 UI pour 1 mL ; 16,8 kUI/24h correspondent à 700 UI/h soit 1,4 mL/h en tenant compte de la concentration.

5.3.4.3 L'insuline

CAS N°3 / Cas Clinique Insuline

Vous vous occupez ce jour de Mme Canta, 82 ans. Un choc septique diagnostiqué quelques jours auparavant a déséquilibré son diabète de type 1. Vous devez renouveler son traitement d'insuline standard par pousse-seringue électrique en fonction du protocole de dilution habituel. La dose est à ajuster selon les résultats de glycémie capillaire de la patiente en référence au protocole de glycémie du service.

Pour préparer la seringue, vous disposez d'un flacon d'insuline de 10 mL dosés à 100 UI/ mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9%.

Hôpital		3
... / ... / 2017		
Nom : Canta		
Prénom : Janine		
N° ID : 14358742509		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Chlorure de sodium 0,9% = 1000 mL/24h + 4 g NaCl + 1 g KCl
9H	Dr Leblanc	Insuline standard : 2 UI/h au PSE HGT / 1h Adapter la dose en fonction du protocole de glycémie capillaire

Figure 32 : Prescription médicale de l'insuline

Argumentation

L'infirmière doit poursuivre le traitement entrepris précédemment en respectant la prescription proposée. La dose prescrite est calculée par le médecin en fonction de la glycémie capillaire et de la pathologie du patient (il existe des recommandations). La préparation de la seringue peut se faire de façons différentes en fonction de la présence de protocoles ou non :

- 1 – Sans protocole formalisé, un calcul de dose est à effectuer qui requiert un raisonnement proportionnel ;
- 2 – Le protocole est lié à l'adaptation de la dose à la glycémie du patient et peut concerner le mode de préparation de la seringue. S'il est formalisé, il n'y a pas de calcul à faire, il faut suivre la procédure imposée qui est le plus souvent très sommaire : Actrapid® 50 UI dans 50 mL, le débit de la seringue est ajusté en fonction des glycémies

5.3.4.4 La morphine

CAS N°4 / Cas Clinique Morphine

Une patiente de 79 ans, Mme Reinhard, est hospitalisée dans votre unité de réanimation. Elle est en fin de vie et présente des douleurs rebelles, évaluées à 8/10, qui nécessitent une administration continue de morphine. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de morphine prescrit à la dose de 2 mg/h.

Hôpital		4
... / ... / 2017		
Nom : Reinhard		
Prénom : Marie		
N° ID : 16243109634		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	Morphine : 2 mg/h au PSE Échelle Numérique / 1h

Figure 33 : Prescription médicale de la morphine

Vous disposez de flacons de morphine dosée à 10 mg pour 1 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9%.

Argumentation

L'infirmière doit poursuivre le traitement entrepris précédemment en respectant la prescription proposée. La dose prescrite est calculée par le médecin en fonction de l'intensité de la douleur et de la pathologie de la patiente. La préparation de la seringue peut se faire de façons différentes en fonction de la présence ou non de protocoles :

- 1 – sans protocole formalisé, un calcul est à effectuer qui requiert un raisonnement proportionnel ;
- 2 – si un protocole est formalisé, il faut suivre la procédure imposée. Prendre x ampoules de morphine 10 mg/1 mL par exemple et diluer dans y ml, ajuster le débit en fonction de la PM. Très souvent, la PM propose une concentration du type 1 mg/1 mL évitant les calculs.

5.3.4.5 La noradrénaline

CAS N°5 / Cas Clinique Noradrénaline

À la suite d'un choc anaphylactique, Mme N'Guyen, une patiente de 57 ans, est hospitalisée dans votre unité de réanimation. Cette patiente pèse 63 kg. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de noradrénaline prescrit avec un objectif de PAM > 70 mmHg. La dose en cours est de 0,3 µg/kg/min ou 1 mg/h (valeur approchée).

Vous disposez d'ampoules de noradrénaline dosées à 8 mg pour 4 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Hôpital		5
... / ... / 2017		
Nom : N'Guyen		
Prénom : Régine		
N° ID : 19200035423		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	Noradrénaline : 0,3 µg/kg/min (soit 1 mg/h) au PSE pour une PAM > 70 mmHg Surveillance PAM en continu

Figure 34 : Prescription médicale de noradrénaline

Argumentation

L'infirmière doit poursuivre le traitement entrepris précédemment en respectant la prescription proposée formulée en µg/kg/min. Nous avons fait le choix de préciser la dose en mg/h sachant que la prescription médicale de noradrénaline se fait également fréquemment sous cette forme. L'objectif de la préparation est d'adapter la dose administrée en µg/kg/min ou en mg/h aux besoins de la patiente et à ses réactions physiologiques surveillées par les paramètres cliniques hémodynamiques notamment en fonction d'un objectif de PAM (pression artérielle moyenne) en modulant le débit d'administration en mL/h.

L'activité de l'infirmière varie suivant la présence de protocole dans son service :

- 1 - sans protocole formalisé, un calcul est nécessaire et requiert un raisonnement proportionnel
- 2 - si un protocole de préparation est formalisé, il n'y a pas de calcul à faire, il faut suivre la procédure imposée.

Ci-dessous figure un exemple de protocole pour la noradrénaline et l'adrénaline.

NORADRENALINE					
8 mg		16 mg		24 mg	
P	V	P	V	P	V
kg	ml	kg	ml	kg	ml
22	60	51	52	95	42
24	56	54	49	100	40
26	52	58	46	105	38
27	49	61	44	111	36
29	46	63	42	114	35
30	44	67	40	121	33
32	42	70	38	129	31
33	40	74	36	138	29
35	38	76	35	148	27
37	36	81	33	154	26
38	35	83	32	167	24
40	33	86	31		
42	32	86	31		
43	31	89	30		
44	30	89	30		
46	29	92	29		
48	28	92	29		
49	27				

ADRENALINE					
5 mg		10 mg		20 mg	
P	V	P	V	P	V
kg	ml	kg	ml	kg	ml
14	60	32	52	62	54
15	56	34	49	64	52
16	52	36	46	66	51
17	49	38	44	68	49
18	46	40	42	70	48
19	44	42	40	72	46
20	42	44	38	74	45
21	40	46	36	76	44
22	38	48	35	78	43
23	36	50	33	80	42
24	35	52	32	84	40
25	33	53	31	88	38
26	32	54	31	92	36
27	31	55	30	96	35
28	30	56	30	100	33
29	29	57	29	108	31
30	28	58	29	116	29
31	27	59	28	122	27
		60	28	130	26

P = Poids
V = Volume Total
1 ml/h = 0,1 µg/kg/min

Figure 35 : Exemple de tableau de dilution de la noradrénaline avec une entrée débit 1 ml/h correspond à 0,1 µg/kg/min

Avec un tel tableau, pour préparer la seringue de Mme N’Guyen, l’infirmière lit le poids de 63 kg. Elle doit donc préparer une seringue de 16 mg (deux ampoules de 8 mg) qu’elle dilue dans 42 mL. La PM étant de 0,3 µg/kg/min, elle réglera le PSE avec un débit de 3 mL/h. Sans un tel protocole, la PM précisant que 0,3 µg/kg/min correspond à 1 mg/h, l’infirmière pourra diluer 16 mg dans un volume correspondant à 16h d’administration, par exemple 32 mL pour un débit de 2 mL/h ou 48 mL pour un débit de 3 mL/h. Le lecteur constate une différence d’administration qui tient à une approximation de la PM : 0,3 µg/kg/min correspond à 1,134 mg/h. Deux ampoules correspondent donc à une durée de traitement de 14h (16/1,134 = 14,1) donc l’infirmière, avec cette valeur, devrait diluer les 16 mg dans 42 mL pour un débit de 3 mL/h du PSE.

5.3.4.6 Le chlorure de potassium

CAS N°6 / Cas Clinique Potassium

Vous vous occupez ce jour de Mme Hamid, 78 ans. Hospitalisée dans votre unité de réanimation, elle présente un déséquilibre hydro-électrolytique très difficile à contrôler. Une hypokaliémie importante ce matin, nécessite un rééquilibrage par chlorure de

potassium intraveineux. Vous devez préparer le pousse-seringue électrique de chlorure de potassium, à débiter immédiatement pour une prescription de 2 g en parentérale sur le cathéter central.

Vous disposez d'ampoules de Potassium de 10 mL dosé à 10 % soit 1 g/10 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Hôpital 6

... / ... / 2017

Nom : Hamid

Prénom : Soraya

N° ID : 14273129871

Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	KCl : 2 g au PSE Contrôle biologique après l'administration du KCl

Figure 36: Prescription médicale de chlorure de potassium

Argumentation

L'infirmière doit débiter le traitement en respectant la prescription proposée. La dose prescrite est calculée par le médecin en fonction des pertes en électrolytes constatées sur les examens sanguins et urinaires. La préparation de la seringue doit se faire en respectant les recommandations de l'Agence nationale pour la sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM)¹⁵¹ à la quantité maximum de 1 g/h qui correspond au débit de 10 mL/h. Afin de tester les connaissances des professionnelles sur les recommandations, nous n'avons précisé cette information dans la prescription médicale.

¹⁵¹ Référence datée du 30 mai 2017 qui renouvelle les recommandations antérieures. Récupéré de <http://ansm.sante.fr/S-informer/Points-d-information-Points-d-information/Chlorure-de-potassium-par-voie-intraveineuse-et-erreurs-medicamenteuses-rappel-des-regles-de-bon-usage-Point-d-Information>

Encore une fois, l'activité de l'infirmière dépend de la présence d'un protocole :

1 – en cas d'absence, l'infirmière doit effectuer un calcul reposant sur un raisonnement proportionnel ;

2 – si un protocole est formalisé, il n'y a pas de calcul à faire, il faut suivre la procédure imposée. Ici en il s'agit de respecter les recommandations de l'ANSM de 1 g/h maximum soit un débit de 10 mL/h.

Après avoir détaillé les outils du dispositif expérimental, nous présentons la population qui a participé à l'enquête.

5.4 Population et lieux d'étude

5.4.1 Échantillon

La population cible de l'étude est, comme déjà indiqué, celle des infirmières hospitalières qui travaillent en service de réanimation adulte et qui préparent quotidiennement des médicaments injectables à risque perfusés par PSE. Les participantes pourront provenir de centres hospitaliers, universitaires ou non (CHU ou CH). L'échantillonnage a été construit par choix raisonné, de manière à localiser les personnes les plus susceptibles de fournir des données riches en information sur le sujet étudié (Fortin et Gagnon, 2010) ; le recrutement s'est fait, rappelons-le, *via* le réseau associatif de la SFISI.

Les infirmières enquêtées sont de services et d'expérience professionnelle différents afin de respecter la variabilité des pratiques constatées en fonction de l'expérience et des contextes dans l'enquête précédente de la phase initiale. Dans notre recherche, la notion de compétence, associée à l'expérience professionnelle, fait référence aux travaux de Vergnaud (1996/2011) et aux stades d'évolution professionnelle des infirmières définis par Benner (1995) ; elle constitue une variable supplémentaire dans l'analyse de l'activité étudiée. Nous examinerons en effet si l'expérience professionnelle, exprimée en années d'exercice et en parcours professionnel, influe sur l'activité et comment : couplage situation-sujet, déroulement de l'activité, résultats et effets sur la situation, effet sur le sujet.

5.4.2 Effectif de l'échantillon

Le nombre de sujets pour cette étude qualitative a été obtenu par saturation empirique des données. C'est à partir des données qui apparaissent nécessaires à l'étude et à la saturation empirique, c'est-à-dire jusqu'à ce que de nouvelles données n'ajoutent aucune information nouvelle au phénomène à l'étude, que l'échantillon a été déterminé, et non pas sur une représentativité statistique (Fortin et Gagnon, 2010). Notre intention dans cette enquête consiste à obtenir les informations les plus variées sur les pratiques, ce qu'il est impossible de garantir sans avoir enquêté sur toute la population. Devant la nature impossible de la réalisation d'une telle enquête, nous avons opté pour un travail sur échantillon, avec une alternative entre une recherche de représentativité et une recherche de saturation des données. Nous nous sommes appuyés sur le travail de Hennink, Kaiser et Marconi (2017) concernant les notions de saturation des données codées et de saturation de sens. Les auteures rappellent que le concept de saturation provient des travaux de Glaser et Strauss (1967). Sur la base d'une recherche sur le suivi de soins de patients séropositifs traités par médicaments antirétroviraux, l'étude s'appuie sur 25 entretiens approfondis (*in-depth interview*) avec pour objectif de définir scientifiquement, à partir de critères valides, le nombre d'entretiens nécessaires pour atteindre la saturation de données ou de codes (*code saturation*) et la saturation de sens (*meaning saturation*). La saturation de codes était définie comme « le point où aucune donnée supplémentaire n'est identifiée et où le journal des données (*codebook*) commence à se stabiliser » (Hennink et al., p. 4, notre traduction). La saturation de sens était définie « par le moment où les données sont pleinement comprises et quand aucune autre dimension, nuance ou connaissance des données analysées ne peut être trouvée » (Hennink et al., p. 4, ma traduction). L'atteinte de la saturation des codes s'est faite à 9 entretiens se fondant sur la combinaison de l'identification complète des codes (91% des codes identifiés), de la prévalence des codes (92% des codes les plus prévalents identifiés) et la stabilité du journal des données (92% des modifications de définitions effectués). Les auteures précisent que ces résultats sont similaires aux études déjà menées sur cette question [(entre 7 et 12 entretiens pour Guest et al. (2006) et entre 8 et 16 entretiens pour Namey et al. (2016)]. La saturation de sens n'a pu aboutir à des résultats aussi précis mais l'analyse montre que la saturation de sens est intervenue pour la majorité d'entre eux aux 16^e et 17^e entretien. Un thème très conceptuel a atteint la saturation au 24^e entretien et

un thème ne l'a jamais atteinte. En tenant compte de ces résultats de recherche, nous avons envisagé que le nombre d'infirmières à interroger pourrait se situer entre 15 et 20 afin d'obtenir la saturation attendue sur un échantillon dont la diversité permettrait de représenter les caractéristiques personnelles et de contextes de la population.

Nous développons, à la suite de l'explicitation des outils de l'enquête, la méthodologie sur la production des données et leur traitement, à partir notamment d'un logiciel dédié.

5.5 La production des données

5.5.1 Mise en œuvre de la simulation

La phase de briefing

La séance de simulation débute par l'accueil de l'infirmière dans la salle dédiée à la séance et un temps de présentation de la séance de simulation. Le dispositif et ses modalités sont explicités. Une information est remise à l'infirmière et un recueil de l'autorisation individuelle d'enregistrement audio et vidéo ainsi que le consentement de participation à l'étude est signé. À tout moment, la participante est libre d'arrêter sa participation à l'étude.

La phase de préparation médicamenteuse (simulation)

La tâche proposée est filmée par une caméra placée de trois-quarts par rapport à l'infirmière réalisant les calculs de doses afin de capter à la fois la gestuelle infirmière et le plan de travail et son organisation. Pendant le déroulement de cette simulation, le chercheur n'intervient pas directement dans le déroulement de l'activité, il est en position d'observateur. L'infirmière en situation prépare la seringue et il lui est demandé de retranscrire les résultats sur papier, au moment qu'elle juge opportun, dans le but de formaliser sa méthode de raisonnement et de la rendre ainsi observable et analysable notamment lors de l'entretien d'auto-confrontation. Elle peut parler pendant sa pratique pendant la séance de simulation, mais il n'est pas attendu de verbalisation à ce moment, sauf si cela correspond à la manière de travailler de la personne. Cela n'est pas attendu dans la mesure où ce n'est habituellement pas fait dans la pratique réelle, mais également parce que ce type de méthodologie peut créer des biais en modifiant la tâche à réaliser notamment en matière de contrôle plus attentif sur le déroulement de l'activité (Hoc, 1984; Leplat, 2000).

La phase de débriefing

La phase de débriefing suit celle de la préparation médicamenteuse, elle comprend principalement la mise en œuvre des entretiens de verbalisation consécutive assistée. À l'issue de la séance de simulation, un entretien est programmé après transfert du film sur ordinateur portable afin de le projeter à l'infirmière qui vient d'effectuer les différentes préparations médicamenteuses. Une première visualisation du film par l'infirmière appelée auto-confrontation libre est réalisée pour recueillir les éléments de ressentis qui s'expriment souvent en premier avec ce type de dispositifs. Dans un second temps, une consigne de verbalisation, centrée sur le comment l'infirmière a procédé, et des relances régulières centrées sur l'action et sur les raisonnements sont proposées pour faciliter l'expression sur l'action filmée. Nous nous appuyons sur les seringues préparées pour commenter les réalisations et, si nécessaire, sur le support papier où les calculs de doses sont formalisés. La conduite de l'entretien est adaptée de la technique de l'entretien d'explicitation, élaborée par Vermersch (1993/2014). Cette technique, dans sa version originelle, nécessite de la part du sujet un effort de remémoration de l'activité vécue et demande également un guidage très actif de l'interviewer avec relances, reformulations, demandes d'explicitation du discours, etc. Dans notre situation, l'auto-confrontation directe de l'infirmière aux traces de son activité induit chez elle une verbalisation et permet d'accéder aux implicites. Dans un article consacré à la caractérisation des dimensions visibles et invisibles des pratiques enseignantes, Piot (2014) reprend une distinction importante quant à l'adaptation de l'entretien d'explicitation auprès des professionnels confrontés aux enregistrements de leur activité.

Cette méthode est un puissant inducteur de verbalisation et elle permet de viser, si l'interviewer y reste attentif, une explicitation plus directement centrée sur les aspects invisibles de l'activité et donc plus riche pour identifier la dimension cognitive complexe de l'activité : prise d'information, arbitrage, ajustement, prise de décision ... (Piot, 2014, p. 37).

L'identification des problèmes, lorsque les infirmières sont dans des situations simulées, ne peut se faire *a priori*, mais possiblement *a posteriori* puisque, contrairement aux apprenants, elles ont assimilé la structure conceptuelle de l'activité et ont donc construit un modèle opératif. L'entretien d'auto-confrontation permet à chaque participante, après coup, d'identifier des moments critiques. C'est lors du débriefing, dans ce retour réflexif

sur leurs stratégies, qu'une justification rationnelle va se faire jour et éclairer la structure conceptuelle de l'activité (Pastré, 2005).

Pour conduire cette phase de débriefing, nous avons construit un guide d'entretien qui reprend les catégories du schème (buts et sous-buts, anticipations, les prises d'informations, les règles d'actions, les connaissances en actes et les inférences) et structuré l'entretien à la fois sur des questions orientées sur l'action et sur les raisonnements utilisés dans la résolution de problème de calculs de doses. Le guide d'entretien vierge est consultable en annexe 13.

Indiquons à présent comment les données recueillies ont été analysées.

5.6 Démarche d'analyse des données

L'analyse des données produites s'appuie sur une approche qualitative descriptive, compréhensive et interprétative de l'ensemble des matériaux expérimentaux recueillis (les observations filmées, les entretiens retranscrits et les supports annotés pendant la simulation) ; la méthodologie est développée ci-après.

5.6.1 Les données vidéo et la prise de note

L'ensemble des données recueillies doit nous conduire à caractériser l'activité des infirmières lors des préparations médicamenteuses. L'analyse doit notamment permettre d'inférer des finalités, des actions et des ressources exploitées dans l'activité. Elle porte donc particulièrement sur les connaissances procédurales (automatisées) repérées pendant la réalisation des différentes tâches par l'infirmière. Les vidéos ont été exploitées au moyen du logiciel NVivo® dont l'utilisation est décrite *infra*. Afin de pouvoir travailler *a posteriori* sur la part inobservable de l'activité que constitue sa composante cognitive, rappelons que nous avons proposé aux infirmières de noter, quand elles le souhaitent, leur raisonnement sur les feuilles des cas cliniques. Ce travail *a posteriori* devra conduire à une explicitation des raisonnements des infirmières, il s'appuiera donc sur l'analyse des écrits lors des entretiens d'auto-confrontation et des retours sur l'activité de préparation des seringues, à distance de l'activité, obtenus lors des entretiens d'auto-confrontation aux vidéos.

5.6.2 Les données des entretiens d'auto-confrontation simple

Les entretiens d'auto-confrontation ont été intégralement retranscrits à l'aide du logiciel Dragon Naturally Speaking (Nuance®). Toutes les données collectées ont été anonymisées. L'analyse qualitative des entretiens prend appui sur une analyse de contenu de type analyse thématique (Paillé et Mucchielli, 2012), une analyse qualitative « centrée sur le sens en situation, dans une optique interprétative, donc sollicitant le travail de l'esprit du chercheur plutôt que des techniques importées du champ de la linguistique¹⁵² » (Paillé et Mucchielli, 2012, p. 93). Les auteurs la définissent ainsi :

Avec l'analyse thématique, la thématisation constitue l'opération centrale de la méthode, à savoir la transposition d'un corpus de donné en un certain nombre de thèmes représentatifs du contenu analysé et ce, en rapport avec l'orientation de recherche (la problématique). L'analyse thématique consiste, dans ce sens, à procéder systématiquement au repérage, au regroupement et, subsidiairement, à l'examen discursif des thèmes abordés dans un corpus, qu'il s'agisse d'une transcription d'entretiens, d'un document organisationnel ou de notes d'observation (Paillé et Mucchielli, 2012, p. 232).

La méthode utilisée pour cette analyse repose sur trois grandes séquences de codage des données telles que décrites par Gioia, Corley et Hamilton (2013). La première est l'émergence de très nombreuses catégories identifiées dans la lecture pour le codage des premiers entretiens. Cette profusion de catégories ou codes est liée au besoin d'adhérer le plus possible au discours des personnes interviewées. L'amoncellement de ces catégories va générer du trouble, et les auteurs rappellent qu'il n'est pas rare de se sentir perdu à cette phase de l'analyse. « Il faut se perdre avant de pouvoir se retrouver » (Gioia, 2004, cité par Gioia et al., 2013, p. 6, notre traduction). Une deuxième phase s'enclenche dans l'analyse dès que l'on commence à chercher des similitudes et des différences entre les différentes catégories identifiées dans la première séquence. Ce processus permet de stabiliser de nouvelles catégories, issues du codage initial, à partir du travail sur quelques entretiens. La stabilisation des catégories et leur structuration se produit pendant, mais surtout après, le travail de codage de l'ensemble des entretiens du corpus. C'est à ce stade, que les catégories obtenues de manière empirique vont rencontrer le cadre théorique et que le travail fera émerger des concepts « qui pourraient nous aider à décrire et à expliquer les phénomènes que nous observons » (Gioia et al, 2013, p. 6, notre traduction). Le travail sur ces concepts conduit à ce que Glaser et Strauss (1967) nomme la

¹⁵² Ils évoquent par exemple une analyse de données qualitatives statistique.

« saturation théorique » et qui aboutit à la définition de thèmes puis de « dimensions agrégées », ce travail constituant la troisième phase de l'analyse (Figure 37) (Gioia et al, 2013).

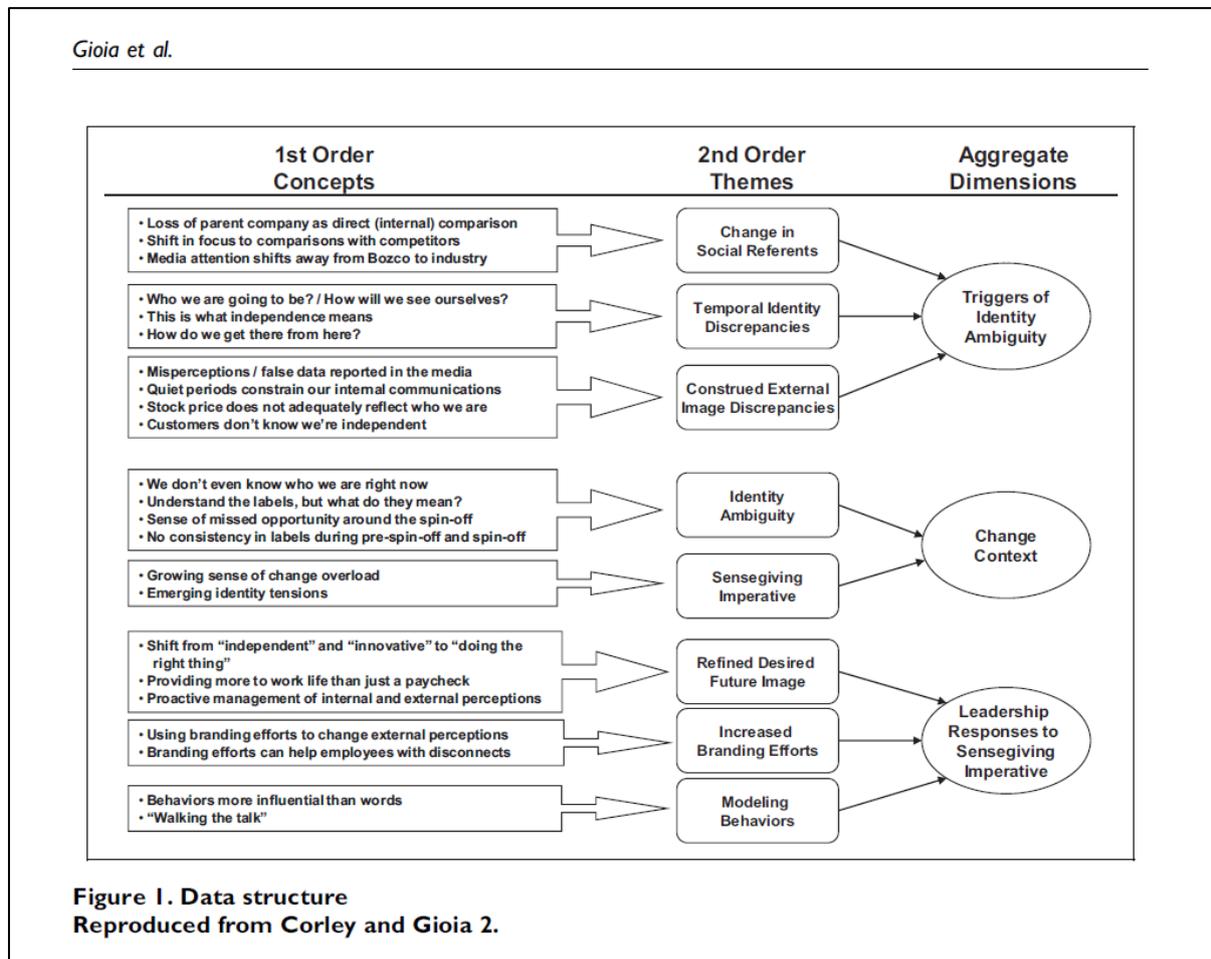


Figure 37 : Illustration de la structure des données (Gioia et al., 2013, p. 7)

Dans notre travail d'analyse, les thèmes et sous-thèmes ont été croisés avec les catégorisations issues de l'analyse déductive conduite à partir du modèle de la double régulation de l'activité (cf. Figure 12). La structure complète issue de la méthode d'analyse abductive est facilitée par l'utilisation d'un outil logiciel présenté à la suite et qui propose une visualisation claire de l'arbre thématique (Figure 38 ci-après). Ces modalités méthodologiques ont été construites en collaboration d'une part, avec le directeur de thèse notamment dans la démarche d'analyse à partir du modèle théorique, et d'autre part, par l'accompagnement d'un chercheur en analyse qualitative, Didier Dupond, formateur spécialisé dans l'utilisation du logiciel d'analyse NVivo®, utilisé dans notre

recherche¹⁵³. Cette aide extérieure a également fourni un moyen de validation inter-juge de la thématization effectuée¹⁵⁴.

Notre cadre d'analyse prend appui sur le modèle de la double régulation de l'activité du sujet par les propriétés de la situation et les caractéristiques du sujet (Leplat, 1997 ; Rogalski, 2003, 2007), adapté au cas des calculs de dose. En référence à Rogalski (2007) qui décline l'organisation de l'activité de l'enseignant, nous déclinons celle de l'infirmière préparant l'administration de la prescription médicamenteuse en distinguant l'échelle logique et l'échelle temporelle de son déroulement.

Le premier temps concerne la préparation à l'exécution :

- contrairement à celui des enseignants, ce premier temps ne comprend pas une planification à long terme ou à moyen terme¹⁵⁵. L'activité infirmière de préparation médicamenteuse s'inscrit dans le court terme ;
- la préparation de l'action débute par la définition des buts et des sous-buts de la préparation médicamenteuse pour l'infirmière et pour le patient ;
- les tâches s'enchaînent pour une préparation efficace : vérifier la PM ; sortir le matériel et le médicament à préparer et en vérifier la validité et la conformité (5 B¹⁵⁶) ;

Le deuxième temps est celui de l'exécution :

- organisation du plan de travail, enchaînements des gestes de préparation et mobilisation des composantes cognitives de l'activité (résolution de problème, raisonnement proportionnel) ;
- ajustement au contexte (moyens matériels disponibles), à l'environnement (lieu, espace de travail) et aux conditions (bruits, urgence, charge de travail, etc.) ;
- traitement des incidents par l'évaluation des résultats (réussite, échec, interruption de tâche) ;

Le troisième temps concerne l'évaluation de l'action avec ses effets sur la situation et sur le sujet (seringue préparée, seringue étiquetée, effets premiers et seconds).

¹⁵³ La formation de 10 h s'est déroulée à distance, le formateur vivant à Montréal au Québec (Canada) sur une durée de 18 mois aux différents temps de l'analyse (construction du cadre d'analyse dans NVivo®, phase d'analyse déductive, phase d'analyse inductive, construction des résultats).

¹⁵⁴ Avant de procéder à l'étape d'analyse de la totalité des entretiens, la thématization qui caractérise l'ensemble des données a été présentée à cette aide extérieure puis au directeur de thèse pour validation.

¹⁵⁵ L'enseignant pense son activité sur le temps long telle que l'année scolaire ou des temps un peu plus court qui scandent l'année en périodes d'enseignements thématiques, avant d'en arriver à la séance d'enseignement proprement dite.

¹⁵⁶ Nous rappelons cette règle des 5 B : le bon patient, le bon médicament, la bonne dose, la bonne voie d'administration et le bon moment.

Nous avons construit une grille d'analyse détaillée à partir de cette lecture des étapes de l'activité qui a guidé toute notre analyse thématique (cf. annexe 5).

En considération de la description de l'activité, nous devons lever une ambiguïté qui existe dans l'utilisation du terme « préparation ». Dans le modèle de Rogalski, il prend en compte la phase de préparation de l'activité du point de vue de la situation, du sujet et du couplage situation-sujet. Dans l'exercice infirmier, ce mot désigne l'ensemble des opérations jusqu'à la réalisation de la seringue. Ce terme englobe en fait, la phase effective de préparation, c'est-à-dire la sortie du matériel nécessaire (seringues, aiguilles, flacon de médicament, antiseptique, etc.), son organisation sur le plan de travail et la phase d'exécution de l'activité (calcul de la dose et mise en œuvre par le prélèvement la dilution du médicament). Dans le texte, le lecteur pourra parfois être troublé, et plus particulièrement dans la première section des résultats (5.8.2) qui aborde la préparation de l'activité et à l'intérieur des différents paragraphes, y lire la préparation du matériel ou de la seringue.

5.6.3 Traitement des données

Les contenus retranscrits ont été transférés dans le logiciel NVivo® qui a été conçu pour faciliter les techniques qualitatives courantes de classification et d'organisation des données. Il offre la possibilité de regrouper des données sources de natures différentes (audio, vidéo, images, fichiers textes, etc.). Ce logiciel s'inscrit dans la catégorie des CAQDAS (*Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software*) qui est l'acronyme anglo-saxon le plus fréquemment retrouvé dans la littérature (Ferrari, 2015). On peut retrouver plus simplement *QDAS (Qualitative Data Analysis Software)* ou *QDA (Qualitative Data Analysis)*. La version française est ADQAO (Analyse de Données Qualitative Assistée par Ordinateur). Il s'agit d'un véritable assistant « pour accompagner le chercheur dans sa démarche scientifique » (Ferrari, 2015, p. 2). Sur l'intérêt d'utiliser ces logiciels d'analyse de données qualitatives, Lejeune (2016) en distingue différentes utilisations :

- rassembler en un même lieu son « laboratoire », des notes d'observation, des transcriptions d'entretiens, des réflexions, des guides d'entretien ou d'observation [...] qui pourraient être utiles dans un article, un mémoire ou une dissertation doctorale ;
- centraliser des documents hétérogènes, le logiciel facilitant des parcours de lecture originaux, des croisements et des regroupements qui contribuent à structurer l'analyse.

En poursuivant, il précise enfin que leur utilisation n'altère en rien le processus intellectuel mobilisé dans la recherche, mais qu'elle permet au contraire de rendre « traçable » la démarche grâce à l'informatique. « Le logiciel rencontre ici la fonction épistémologique de journal de bord » (Lejeune, 2016, p. 192). La démarche méthodologique est ainsi rendue transparente et autorise une certaine reproductibilité, critères qui sont attendus par certains évaluateurs dont les comités éditoriaux de revues internationales de *nursing* vu les recommandations faites aux auteurs.

5.6.4 Les données brutes sous interface NVivo®

Les opérations de codages des vidéos et des entretiens conduisent donc à une identification des thèmes, elles se font dans NVivo en associant un verbatim à un thème (nommé nœud dans le logiciel) ou à plusieurs thèmes. Un verbatim, peut être constitué d'une phrase et être encodé en tant que tel dans le logiciel. L'intitulé du thème utilise le langage naturel, il peut être étiqueté pour identifier une notion particulière. L'utilisation du langage naturel permet de rester au plus près des discours des personnes (ici les infirmières pendant les entretiens) et donc de rester fidèle à ces discours. Un paragraphe entier peut être codé ou une phrase seulement et le code peut être associé à un seul nœud ou à plusieurs selon l'interprétation du chercheur. De même, un extrait de vidéo ou une portion de document peut être codé. Le codage peut être visualisé de différentes manières, notamment par des bandes colorées qui offrent la possibilité de vérifier les opérations d'encodage effectuées, comme nous le montrons ci-dessous (Figure 38).

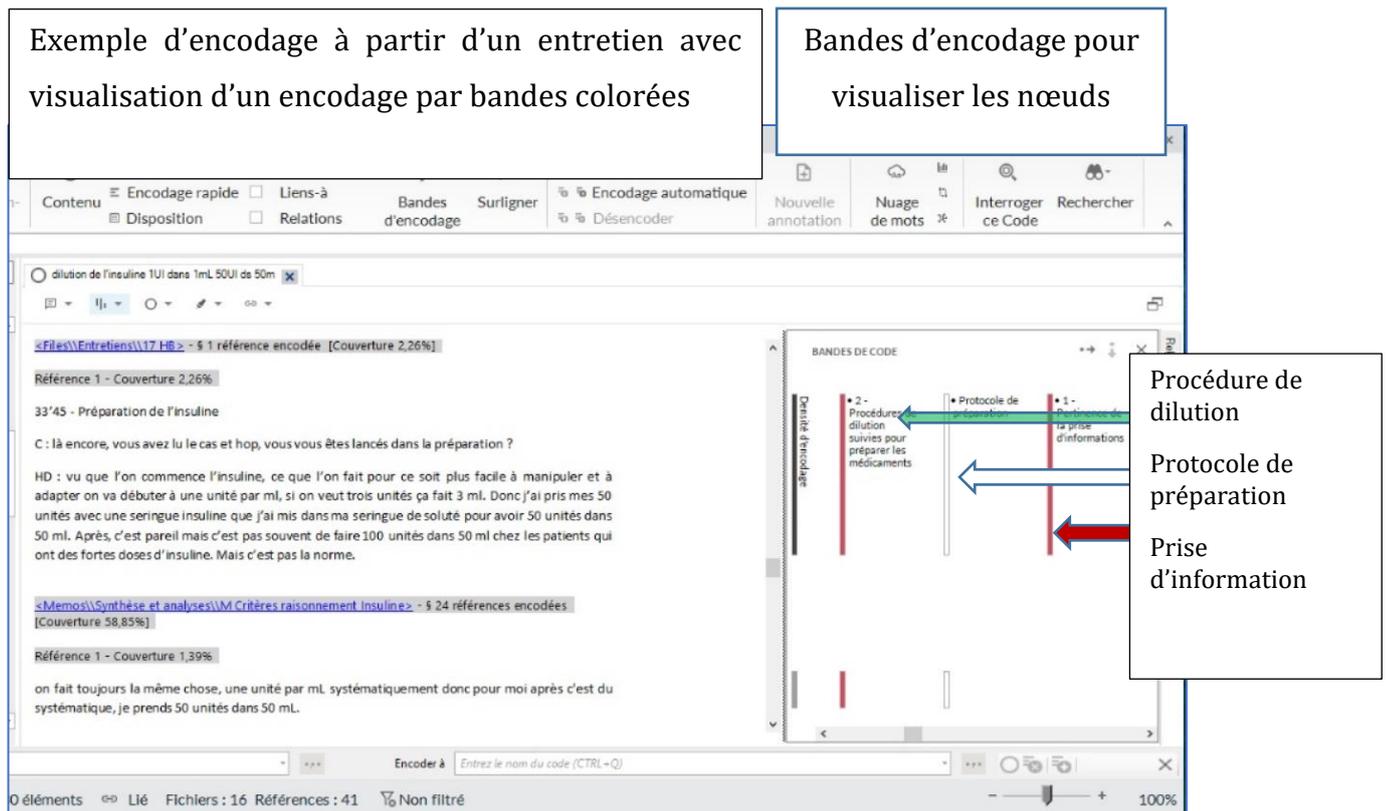


Figure 38 : Exemple d'encodage de la préparation de l'insuline par l'infirmier HB-27-3-H
Encodage du texte à gauche référencé et visualisation des nœuds codés par des bandes colorées
(modèle d'après Martineau et Plard (2016))

Nous montrons dans cette figure les possibilités de visualisation du codage effectué à partir des entretiens. La partie gauche indique la référence encodée. Ici il s'agit de l'insuline et de ce qu'en dit l'infirmier HB-27-3-H. La partie droite illustre dans quels nœuds (thèmes avec le logiciel NVivo®), le discours a été codé dans un format visuel de bandes d'encodage colorées. Pour cet extrait, qui ne permet sur cette capture d'écran de ne voir qu'une partie de l'encodage, son discours est noté dans trois nœuds : procédure de dilution (vert), protocole de préparation (blanc) et prise d'information (rouge). À la suite, nous montrons une des fonctionnalités du logiciel qui permet juste après l'encodage d'insérer un « mémo » pour faire une synthèse du codage des entretiens et débiter l'analyse.

Le codage se poursuit sur l'ensemble des entretiens et des matériaux qui composent le corpus : texte, images, vidéo, audio, etc. Dans notre recherche, les entretiens, les vidéos et les supports papier ont été encodés pour chaque infirmière, ce qui a donné naissance à un

arbre thématique. Celui-ci est composé de thèmes et de sous-thèmes identifiés dans un extrait de l'arborescence présentée dans la figure 39.

Nom	Fichiers	Référence
Matériel à disposition et calcul de la dose	16	35
Penser le raisonnement	12	17
Préparation sans réfléchir , en mode automatique ou très concentré au contraire	17	37
Principes et stratégies de contrôle	23	98
Calcul de tête et contrôle sur le papier ou calculatrice	15	23
Maintenir ses compétences en calcul en s'entraînant manuellement	3	3
Place de la calculatrice dans les raisonnements	2	2
Comparaison résultat avec référence habituelle - ordre de grandeur	13	20
Contrôle ou pas de contrôle quand on utilise un tableau de dilution	9	16
la règle de sécurité numéro 1 c'est que la confiance n'exclut pas le contrôle	4	4
Méthodes personnelles de contrôle	3	4
Risque d'erreur diminué grâce au contrôle	1	1
Si doute recalcule de la dose et vérification avec les collègues	17	30
la sécurité passe par le contrôle en refaisant le calcul	7	8
Médicament moins connu = vérifications renforcées	2	3
Protocoles d'administration héparine - insuline- K+	0	0

Figure 39 : Capture d'écran de l'arborescence des thèmes (Extrait de l'arbre thématique en cours d'analyse émergente sous NVivo®)

Dans cet exemple, nous avons déplié trois niveaux hiérarchiques de thèmes afin de montrer le niveau de détail qui peut être atteint. Pour une meilleure compréhension de ce tableau, précisons que la colonne « Fichiers » correspond au nombre de documents comprenant au moins un verbatim encodé aux nœuds et que la colonne « Références » correspond quant à elle à la somme des verbatim encodés dans le nœud.

L'intérêt de caractériser chaque individu par des attributs notamment socio-démographiques facilite secondairement la formulation de requêtes. Il est ainsi possible d'obtenir les informations pour répondre à la question : les jeunes infirmières mobilisent-

elles les mêmes raisonnements que les plus expérimentées dans la préparation de tel ou tel produit? Cette requête s'applique en même temps aux trois supports (vidéos, entretiens et traces écrites, après les avoir codés) puisque le logiciel permet, lors de la construction de la base de données, de relier les sources de données à un individu spécifique. Les réponses à ces requêtes peuvent prendre des formes variées (matrices, cartes mentales, diagrammes). Des requêtes de recherche textuelles sont également possibles pour comprendre le contexte d'utilisation de certains mots ou bien connaître leur fréquence qui sera visualisable sous différentes formes.

Pour conclure ce rapide exposé du fonctionnement du logiciel, revenons à la question de la saturation des données en citant Martineau et Plard (2016), les auteurs de la notice méthodologique : « Dans la progression des opérations, à un moment donné la lecture et l'encodage de nouveaux textes ne permettent plus de faire émerger de nouveaux thèmes/nœuds. Il est alors possible de reprendre le terme de saturation à l'image de Céline Averseng (2011)¹⁵⁷ » (Martineau & Plard, 2016, p. 12).

5.6.5 La triangulation des données

L'analyse croisée de l'ensemble des données issues des vidéos, des entretiens et des supports papiers est effectuée dans un but de triangulation des résultats c'est-à-dire de confirmer les résultats par convergence des analyses des différentes sources.

La triangulation est d'autant plus nécessaire que les objets étudiés sont complexes. C'est le cas des activités des infirmières lors de la séance de simulation qui sont analysées à partir des vidéos, des traces écrites et aussi des verbalisations lors des entretiens d'explicitation. Le croisement des analyses conduit à donner du sens aux données recueillies, à repérer des récurrences et des complémentarités qui enrichissent et contribuent à la validation des analyses.

Dans l'objectif de valider le dispositif expérimental, nous l'avons testé auprès d'infirmières volontaires en « conditions réelles » de simulation. Nous revenons dans la section suivante sur cette vérification indispensable pour en éprouver la validité interne

¹⁵⁷ AVERSENG Céline, 2011, « Comment structurer la complexité sans renoncer à l'exhaustivité thématique d'un état de l'art en sciences de gestion ? », *Management & Avenir*, 1 avril 2011, n° 41, no 1, p. 369-386.

également dénommée crédibilité en recherche qualitative (Lincoln et Guba, 1985, cités par Fortin et Gagnon, 2010).

5.7 Un ajustement du dispositif expérimental

5.7.1 Test du dispositif

Après l'obtention des différentes autorisations de la commission d'éthique locale de la société de réanimation de langue française (SRLF) et de la commission nationale informatique et libertés (CNIL - déclaration), l'enquête par simulation s'est déroulée de janvier à mai 2017 avec un recrutement national des infirmières.

Avant de débiter l'enquête, le dispositif expérimental de recueil de données a été testé auprès de deux infirmières. Le test a permis de valider le processus global de la situation simulée, conformément au schéma proposé. Des réajustements d'écriture des cas cliniques (scénarios) proposés aux praticiennes ont toutefois été nécessaires. Les poids des patients ont été ajustés afin que le matériel disponible, notamment les flacons ou ampoules de médicaments, soient en nombre adéquat au regard de la faisabilité (cas de l'héparine et de la dobutamine). Des précisions sur le contexte de la patiente traitée par morphine ont été apportées ainsi que sur la surveillance du traitement par insuline.

Dans certaines situations, comme nous l'avons explicité plus tôt, nos choix répondaient à l'objectif de perturber l'activité routinière des infirmières pour suivre leur adaptation à ces situations quelque peu différentes de celles qu'elles rencontrent ordinairement : une PM inhabituelle mais valide (héparine) ou l'absence du tableau de dilution (dobutamine et noradrénaline). Le test confirme l'impact de ces situations sur les professionnelles (réactions émotionnelles, verbales, perturbations dans la résolution des problèmes) que nous avons décidé de prendre en compte afin que l'ordre des cas ne crée pas de biais.

Une modification importante du positionnement du chercheur-observateur a été nécessaire. Un certain nombre de questions, formulées par les deux infirmières pendant la simulation test, ont empêché de maintenir la position « neutre », sans interaction avec la situation simulée, qui était initialement prévue. Des questions sur le contexte du cas clinique parfois jugé insuffisant (patiente douloureuse) ou sur la distance avec les prescriptions auxquelles les infirmières ont l'habitude d'être confrontés (absence des artéfacts habituels, protocoles, tableau de dilution), nous ont imposé d'intervenir dans le

cours de la simulation afin de proposer des informations complémentaires ou suggestion quant à la poursuite de la réalisation de tâche. À la suite de cette expérience, nous avons renoncé à la posture de chercheur-observateur et accepté, en cas de besoin, d'endosser le rôle de médecin prescripteur afin que l'infirmière puisse démarrer son activité de préparation ou éviter de se retrouver bloquée dans son déroulement. Cette modification nous a fait passer d'une position d'observation neutre à une position d'observation participante. Nous développons ci-dessous une réflexion à propos de cette évolution.

5.7.2 Une posture du chercheur qui évolue

Dans un numéro de la revue *Recherches en Éducation* consacré à l'observation des pratiques enseignantes et reposant sur des travaux réalisés dans le cadre d'un symposium international OPEN¹⁵⁸, Bru (2014) traite du fait d'« observer pour mieux connaître » (p. 8) et fait apparaître que les effets méthodologiques des types d'observation sont très difficile à cerner. Nous retenons de sa mise en débat de la méthodologie d'observation ce principe :

Sauf à réduire l'observation à l'application d'une procédure codifiée d'avance et dont la validité ne dépendrait que de la stricte observance de cette codification, le choix de l'observation au sein d'une démarche méthodologique (de la conception de la démarche à l'organisation et l'exploitation des éléments réunis en passant par sa mise en œuvre) génère et renouvelle de larges questionnements, y compris les plus inattendus, au cœur d'un faisceau de tensions auquel il reste impossible de se soustraire. Ce contexte de recherche rend nécessaires un positionnement et une posture méthodologiques ainsi qu'une inventivité marqués par des choix affirmés et assumés, travail de recherche à part entière qui, sans prétendre résoudre toutes les tensions, puisse permettre d'entrer dans le jeu dynamique de ces tensions et de se situer explicitement afin de rendre possibles la critique et le débat scientifiques. (Bru, 2014, p. 9)

Dans ce même numéro, un article de Numa-Bocage (2014) apporte quelques éclairages sur l'observation dans le cadre de ses recherches en didactiques disciplinaire et professionnelle pour lesquelles elle indique s'appuyer sur une observation instrumentée : « dans la mesure où nous filmons des séances scolaires et que notre questionnement adressé à l'enseignant via des entretiens en autoconfrontation est centré sur les apprentissages et les propriétés des notions (point de vue didactique) » (Numa-

¹⁵⁸ OPEN : Observatoire des Pratiques ENseignantes ; Altet, M., Bru, M., et Blanchard-Laville, C. (Coord.) (2012). *Observer les pratiques enseignantes : pour quels enjeux ?*, Paris, L'Harmattan.

Bocage, 2014, p. 41). Dans son retour réflexif sur ses travaux mobilisant l'observation de pratiques enseignantes, elle revient sur un concept qu'elle a développé, celui de médiation didactique (Numa-Bocage, 2007, 2008)¹⁵⁹, qu'elle définit comme « l'ensemble des moyens pédagogiques et didactiques mis en œuvre par l'enseignant ou le formateur pour favoriser l'apprentissage, la formation et le développement au sein des situations d'enseignement et de formation » (Numa-Bocage, 2014, p. 41). Elle décrit ce processus de médiation et le détour conceptuel qu'il constitue dans l'aide apporté aux élèves par l'enseignant, qui peut prendre plusieurs formes reliées aux fonctions de la tutelle décrite par Bruner (1986). Une transposition de ce processus de l'enseignement vers la recherche nous semble pouvoir éclairer notre rôle dans l'observation participante des situations simulées de préparations médicamenteuses. Bruner définit en effet le processus de tutelle comme « les moyens grâce auxquels un adulte ou un « spécialiste » vient en aide à quelqu'un qui est moins adulte ou moins spécialiste que lui » (Bruner, 2011, p. 261). C'est en observant la façon dont les mères aident leurs enfants à réaliser des jeux (puzzle), en situation de laboratoire, qu'il aboutit à la conclusion que l'interaction de tutelle renferme un processus d'étayage qui consiste pour le partenaire expert « à prendre en mains ceux des éléments de la tâche qui excèdent initialement les capacités du débutant, lui permettant ainsi de concentrer ses efforts sur les seuls éléments qui demeurent dans son domaine de compétence et de les mener à terme » (Bruner, 2011, p. 263). Au travers de ces descriptions, on retrouve l'inspiration Vygotskienne de Bruner et le lien avec le concept de zone proximale de développement¹⁶⁰, c'est-à-dire la médiation d'un adulte ou d'un spécialiste pour guider et soutenir un enfant ou un moins spécialiste dans la résolution d'un problème. Dans un hommage posthume à Jérôme Bruner et à son œuvre, Rogalski (Blog Recherches et pratiques en didactique professionnelle (RPDP), 2016) alimente l'intérêt d'une telle transposition de la notion d'étayage pour l'analyse de l'activité des enseignants en classe en situation réelle ou en simulation. En ce qui concerne la situation de simulation à visée de formation, elle avait indiqué : « La situation de simulation et l'instructeur jouent, avec des différences, des rôles de médiateur entre, d'une part, les apprenants et, d'autre part, les objets et procédures de la situation de référence que ceux-

¹⁵⁹ L'article cite une publication de 2008 « Analyse de pratique en formation initiale des maîtres, dimension pragmatique et approche épistémologique », *Revue Carrefours de l'éducation*, n°26, p.139-152. On peut également se référer au texte de 2007 intitulé : « La médiation didactique, un concept pour penser les registres d'aide de l'enseignant », *Revue Carrefours de l'éducation*, n°23, p.55-70.

¹⁶⁰ Différentes formulations existent découlant de la difficulté de traduction du russe au français.

ci doivent s'approprier pour construire leur compétence » (Samurçay et Rogalski, 1998, p. 348)¹⁶¹. C'est bien ce rôle de médiateur que nous avons décidé d'occuper durant les simulations de préparations médicamenteuses en intervenant dans le dispositif, seulement si nécessaire, mais suffisamment pour permettre à la simulation de se dérouler dans un environnement étayant permettant à l'activité d'être réalisée. Rappelons d'ailleurs qu'en milieu hospitalier, l'infirmière n'est pas seule dans son service et qu'elle peut être aidée si elle rencontre une difficulté.

À la suite de cette présentation de la méthodologie de l'enquête par simulation, nous exposons les résultats de cette phase empirique.

5.8 Les résultats

5.8.1 Déroulement effectif de l'enquête

5.8.1.1 Recrutement de l'échantillon et organisation des situations de simulation

Nous avons contacté, via notre réseau associatif, des infirmières volontaires pour participer à l'enquête. L'accord de participation individuelle a été suivi d'une demande d'autorisation de mener l'étude dans la structure de la professionnelle, auprès des directions des soins infirmiers des hôpitaux et des cadres supérieurs infirmiers responsables des pôles. Cette sollicitation a toujours été accordée, sauf pour un CHU qui a refusé que l'on pose une caméra dans l'enceinte d'un service, même en respectant les conditions évoquées dans la partie méthodologique de l'enquête par simulation (salle dédiée ou chambre inoccupée). Deux services n'avaient pas de salle adaptée disponible, au moment de l'enquête, pour nous accueillir. Nous avons sollicité les IFSI de référence de ces hôpitaux qui nous ont donné l'autorisation, via la direction de l'IFSI, d'enquêter au sein de leurs locaux et nous ont accueilli pour mettre en œuvre la simulation dans une salle de travaux pratiques, parfaitement adaptée à ce type d'activité (reproduction d'une chambre de patient, matériel de soins disponibles (chariot, poubelles, etc.), et ce en toute sécurité. Les séances de simulation se sont déroulées, soit sur la période de travail du matin, soit sur celle de l'après-midi pour respecter le rythme de travail des infirmières qui étaient

¹⁶¹ Une note précisait qu'il fallait prendre le terme de médiation au sens de Vygotski et Piaget.

dégagées de leur activité le temps de l'enquête pour huit d'entre elles. Les sept autres y ont participé sur leur temps libre. Une infirmière travaillant la nuit est venue spécialement sur un temps personnel de jour pour répondre à notre demande. L'échantillon était constitué de 17 infirmières ; deux d'entre elles ont testé le dispositif donc l'échantillon final est constitué de 15 infirmières selon une répartition géographique et par service que nous détaillons dans le tableau ci-dessous (tableau 9).

Pour chaque séance, le matériel et les produits étaient mis à disposition des infirmières avec un chariot ou un plan de travail pour préparer les six médicaments de la simulation. La séance a systématiquement débuté par une information de l'infirmière participante sur la nature de l'enquête et par la signature d'une autorisation pour l'enregistrement audio-vidéo et le droit à l'image. Toutes les infirmières ont signé ce document. Un temps de briefing ouvre chaque séance afin d'expliquer précisément ce qui est attendu de chaque participante et du rôle du chercheur dans les scénarios, ainsi que pour répondre aux questions éventuelles. Nous avons effectué un tirage au sort pour l'ordre des cas cliniques avant le début de chaque session de simulation qui démarre dès que l'infirmière se sent prête. Les enregistrements vidéos ont tous été effectués comme prévu et un entretien d'auto-confrontation simple a pu se dérouler pour chaque participante. Une seule infirmière a été dérangée par des appels téléphoniques (deux fois) car elle devait assurer une permanence spécifique dans son unité, sans que cela ne semble avoir perturbé le déroulement de la séance.

Services	Nombre d'infirmières	Type de service
CHU d'Ile de France (IFSI de référence)	1 infirmière	Réanimation chirurgicale
CHU d'Ile de France (IFSI de référence)	3 infirmières	Médecine intensive- réanimation
CH d'Ile de France	1 infirmière	Réanimation médico- chirurgical
CHU PACA (IFSI de référence)	2 infirmières	Médecine intensive- réanimation
CHU de la région Pays de Loire	2 infirmières	Réanimation chirurgicale
CHU de la région Pays de Loire	3 infirmières	Médecine intensive- réanimation
CHU d'Occitanie	3 infirmières	Réanimation polyvalente

Tableau 9 : Répartition géographique et nombre d'infirmières par type de service

5.8.1.2 Le profil de l'échantillon

Détaillons quelques caractéristiques des participantes à l'enquête. Chaque infirmière est anonymisée mais nous avons gardé explicite, pour chacune d'elles, des caractéristiques nécessaires à l'identification de leur origine éventuelle sur la régularité de certains résultats. Une codification a été choisie pour permettre au lecteur de ne pas avoir à

mémoriser ces critères, elle identifie les infirmières selon quatre critères : ses initiales, son âge, sa durée d'expérience professionnelle en années et son sexe. La population enquêtée avec les caractéristiques de chaque personne est recensée dans le tableau ci-dessous (Tableau 10).

Personne	Âge	Expérience professionnelle	Genre	Code
MF	26	5	F	MF - 26 - 5 - F
PB	27	8	H	PB - 27 - 5,5 - H
MB	26	2,5	H	MB - 26 - 2,5 - H
MM	23	1,5	F	MM - 23 - 1,5 - F
CW	25	4	F	CW - 25 - 4 - F
FL	27	6	F	FL - 27 - 6 - F
FC	26	4,5	F	FC - 26 - 4,5 - F
LR	32	5	F	LR - 32 - 5 - F
AB	30	7	F	AB - 30 - 7 - F
BRB	30	6	F	BRB - 30 - 6 - F
NE	39	15	F	NE - 39 - 15 - F
CD	46	23	F	CD - 46 - 24 - F
CDA	29	8,5	F	CDA - 29 - 8,5 - F
OS	38	17	H	OS - 38 - 17 - H
HB	27	3	H	HB - 27 - 3 - H

Tableau 10 : Caractéristiques des infirmières enquêtées (en années)

L'échantillon des répondantes a un âge moyen de 30 ans (23 – 46) et possède une expérience professionnelle moyenne de 7,5 ans (1,5 - 24) ; l'échantillon est donc plutôt

jeune, mais expérimenté ; il comprend quatre hommes et onze femmes. De façon complémentaire, indiquons que les infirmières d'Île de France sont les plus jeunes (ce qui est caractéristique de la profession), quatre ont plus de 10 ans d'expérience, onze ont eu une expérience antérieure à leur exercice dans leur service actuel allant pour cinq d'entre elles de un à six mois (souvent en intérim correspondant la plupart du temps à une période de recherche de contrat stable en hôpital) et pour six de 1,5 à 5,5 ans.

L'échantillon est composé de 4 hommes et 11 femmes, la proportion d'hommes est donc de 26,6 % alors qu'il est d'environ 13 % dans la profession¹⁶². Les infirmiers ne sont pourtant pas surreprésentés dans l'échantillon car en service de réanimation/soins intensifs, la présence masculine est plus importante que dans les services généralistes.

Les parcours scolaires sont assez représentatifs du recrutement en institut de formation en soins infirmiers (IFSI)¹⁶³ avec sept bacheliers S (scientifique) qui ont suivi une ou deux années de préparation PCEM (premier cycle des études médicales devenu PACES – première année commune aux études de santé), trois bacheliers ES (économique et social), trois bacheliers SMS/STSS (sciences médico-sociales ou sciences et technologies de la santé et du social) et un bachelier STL (sciences et technologies de laboratoire) composent le reste de l'effectif.

L'analyse qualitative des résultats prendra en compte ces différentes variables dans le but d'observer et de discuter de leur influence éventuelle.

5.8.1.3 L'analyse des entretiens sous NVivo

Pour l'analyse du contenu des entretiens, la méthodologie choisie est qualifiée d'abductive puisqu'elle est le fruit du croisement des données issues d'une analyse déductive et d'une analyse inductive. Cette méthodologie est peu mobilisée en sciences de l'éducation (Moscoso, 2013). L'analyse déductive a identifié les thèmes à partir du modèle de la double régulation de l'activité de calcul de doses. Les thèmes et sous-thèmes reprennent les trois opérations mentales du déroulement de l'action (préparation, exécution et évaluation). À l'intérieur de chaque item, nous avons repris comme références les déterminants identifiés dans le modèle ; les caractéristiques de la situation, du sujet et du couplage situation-sujet ; les règles d'action ; les résultats et effets sur la situation et le

¹⁶² Les chiffres concernant la part d'hommes dans la profession sont très stables selon les différents rapports de la DREES (12,4 % en 1986, 12,6 % en 1999, 12,9 % en 2004 et 13 % en 2015).

¹⁶³ Voir la note de bas de page 140 qui donne les chiffres de la rentrée 2019 dans les IFSI.

sujet. Dans le cadre de l'analyse qualitative, les principaux items (10 au total) sont qualifiés de « rubriques » : « la *rubrique* renvoie à ce dont il est question dans l'extrait du corpus faisant l'objet de l'analyse, mais ne renseigne en aucune façon sur ce qui a été dit à ce propos » (Paillé et Mucchielli, 2012, p. 18). Nous avons alimenté les rubriques initiales avec les déterminants aux différents temps de l'activité pour aboutir à un arbre thématique composé de 26 thèmes, plus les six thèmes spécifiques des médicaments. Nous adoptons la définition du « thème » proposée par Paillé et Mucchielli (2012) :

Le *thème* renvoie à ce qui est abordé dans l'extrait du corpus correspondant tout en fournissant des indications sur la teneur des propos (la notion de thème est prise ici dans un sens générique et comprend les diverses composantes d'un énoncé descriptif : aspects, affectations, assimilations, etc.) (p. 19).

Le travail de lecture du corpus complet et de décodage du contenu a affiné la formulation de certains thèmes. L'analyse déductive valide l'hypothèse selon laquelle le modèle de la double régulation de l'activité est adapté pour l'analyse de l'activité de calcul de doses, ce qui confirme sa pertinence pour notre recherche.

En plus de la création de l'arbre thématique, le logiciel NVivo® permet d'isoler le contenu spécifique référé à un sujet précis, un individu ou un produit médicamenteux par exemple. À partir de cette fonctionnalité, nous avons réalisé une fiche signalétique ou d'identité du calcul de doses pour chaque infirmière interrogée, à partir de ses données démographiques et de sa façon de raisonner pour chaque produit préparé. Le même travail a été fait pour chaque médicament de l'étude, ce qui donne la possibilité de consulter tout ce qui a été dit sur un médicament par les participantes et d'en effectuer une analyse spécifique.

L'analyse émergente ou inductive a consisté en une lecture attentive et approfondie des entretiens, au plus près du discours énoncé, avec pour objectif de repérer au fur et à mesure les idées, concepts et notions essentiels (Paillé et Mucchielli, 2012). Cette manière de faire est illustrée par un exemple extrait de la figure 40 (ci-dessous) pour le thème que nous avons formulé « le tableau de dilution simplifie la vie – le raisonnement » qui prend en compte quatre idées. L'idée majoritairement exprimée est que l'outil « tableau de dilution » simplifie la vie des infirmières (15 fichiers), mais d'autres idées sont apparues comme le fait que la formule mathématique disparaît derrière le tableau, qu'il y a une diminution des EIGS ou une perte des repères sans le tableau. Des sous-thèmes sont représentés par la segmentation de contenu d'une phrase ou deux, voire parfois par des unités de signification de petites tailles reprenant le langage naturel de l'infirmier : « La règle numéro 1, c'est que la confiance n'exclut pas le contrôle » (PB-27-8-H).

Arbre émergent après réduction		Rechercher Projet	
Nom	Fichi	Référ	
Le tableau de dilution simplifie la vie - le raisonnement	15	26	
Tableau qui rend invisible la formule mathématique qui est derrière	6	8	
Le tableau avec médicaments dangereux pour prévenir les EIG	1	1	
N'arrive pas à imaginer de solution pour la noradré car n'a plus ses repères	2	3	
Les apports de la prescription informatisée	6	10	
Matériel à disposition et calcul de la dose	16	35	
Penser le raisonnement	12	17	
Préparation en mode automatique ou très concentré au contraire	17	37	
Concentrée pour toutes les préparations quelque soit le médicament	3	3	
Principes et stratégies de contrôle	23	98	
Protocoles d'administration héparine - insuline- K+	6	9	
Question spécifique sur l'erreur de calcul de dose	15	18	
Raisonnements et produit en croix - règle de trois - en réa et en IFSI	14	25	
Parle de règle de trois pour calculer la dobu	1	1	
Produit en croix et apprentissage du calcul de dose	8	9	
Produit en croix pour calculer la dobutamine	8	9	

DB 144 éléments

Figure 40 : Capture d'écran présentant un extrait de l'arbre thématique émergent

La lecture a également conduit à identifier ce que nous appelons des « gros thèmes », étiquetés parce que qualifiant un regroupement d'idées convergentes, complémentaires ou divergentes. Le travail de segmentation s'est poursuivi sur les 15 entretiens pour aboutir à un total de 298 thèmes à la fin du premier codage. Certaines appellations ont été

fusionnées rapidement car elles étaient très proches ; pour d'autres appellations, des subdivisions ont été créées afin d'apporter des nuances ; enfin, des rapprochements (rattachement d'un thème à un autre) ou des hiérarchisations (thème considéré comme plus central ou plus consensuel) ont été opérés (Paillé et Mucchielli, 2012). Ce travail a abouti à un arbre thématique inductif de 144 thèmes, c'est un travail que certains auteurs nomment condensation des thèmes (Miles & Huberman, 2003 cité par Fortin et Gagnon, 2010).

En reprenant la totalité des 298 thèmes, le niveau de saturation des thèmes est apparu après l'analyse de huit des 15 entretiens (245 thèmes identifiés soit 82% du total). L'ensemble des thèmes majeurs a donc été repéré à ce point de l'analyse thématique. Les quatre entretiens suivants ont apporté une dizaine de sous-thèmes chacun, en créant des nuances dans les énoncés, mais aucun nouveau thème central n'est apparu. Les trois derniers entretiens n'apportent aucun thème ou sous-thème supplémentaire. Ce bilan nous invite à considérer que la saturation des thèmes a été obtenue après le huitième entretien et que la saturation totale avec les sous-thèmes et leur niveau de subdivision est apparue après le 12^e entretien.

La dernière phase du travail d'analyse concerne le regroupement des deux arbres thématiques en un arbre thématique global pour attribuer l'ensemble des données thématiques à des rubriques, thèmes, sous-thèmes voire sous-sous-thèmes. Une fois cette attribution effectuée, un rapprochement et/ou une réduction des différents thèmes et sous-thèmes doit être réalisé pour déboucher sur un arbre thématique global et stable, celui obtenu à l'issue de ce travail compte 130 thèmes dont six concernent « les nœuds filtres » des médicaments.

5.8.1.4 Analyse des vidéos et des supports papier

L'encodage des vidéos a suivi le même principe que celui décrit au sujet des entretiens pour enregistrer les thèmes dans le logiciel NVivo® avec la possibilité de travailler directement sur la bande temporelle de la vidéo affichée par le logiciel et identifiée par période définie des thèmes précis (Figure 39). Les thèmes principaux observés et codés dans l'analyse des vidéos sont les suivants :

- les interactions avec le chercheur : à quels moments interviennent-elles ? concernent-elles une question d'éclaircissement sur la situation ou le chercheur doit-il apporter un étayage ? si oui, lequel ?

- l'attitude, le comportement pendant la simulation : quelles émotions sont exprimées ? l'infirmière est-elle assurée, perturbée, déstabilisée ?
- les commentaires pendant la simulation : de quelle nature sont-ils ? qu'expriment-ils ?
- les calculs de doses : sont-ils effectués de tête ? posés sur le papier ? posés sur la calculatrice du téléphone portable ?
- les gestes : quels sont les gestes effectués ? avec quelle fluidité ? avec quelle efficacité ?
- l'organisation du plan de travail : quelle structuration ?

Un exemple (simplifié pour garder la clarté du support) est proposé dans la figure 41 ci-dessous.

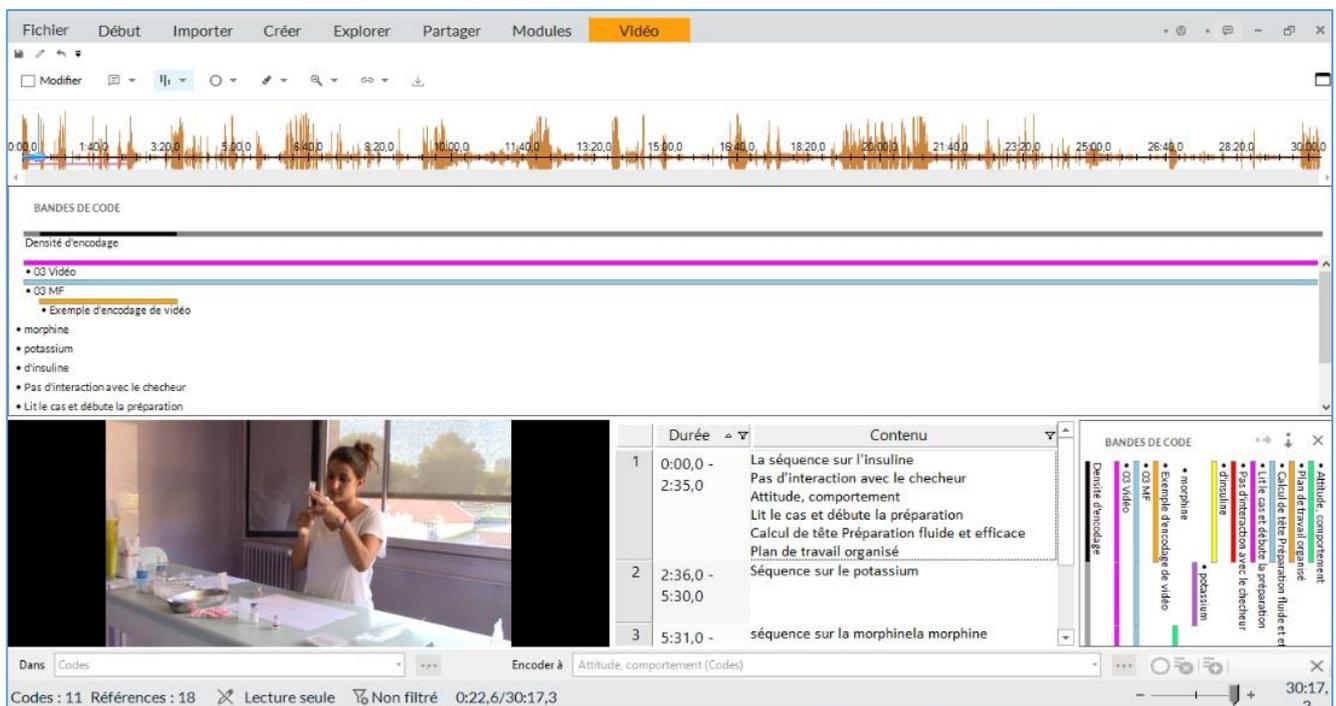


Figure 41 : Création d'exemple simplifié d'encodage d'une vidéo sur la préparation de l'insuline sous NVivo®. (La captation d'écran reproduit l'image d'une infirmière qui a donné son accord pour l'utilisation de son image).

Une fois l'encodage effectué, à l'image de ce qui a été fait pour les entretiens, le logiciel NVivo® propose des fichiers récapitulant l'ensemble des thèmes encodés pour chaque vidéo et les durées pour chaque préparation facilitant ensuite le travail d'analyse. La totalité des vidéos a été analysée avec une attention particulière pour les durées de préparation de chaque produit à des fins de comparaisons entre les différentes professionnelles. La nature de l'étayage, quand il existe, et son moment de survenue sont également des indications que nous avons recueillies afin de les caractériser et de

rechercher des écarts éventuels de pratiques d'une même professionnelle pour les six produits, ainsi que des écarts de pratiques entre les professionnelles. Ces données ont notamment nourri l'identification et l'analyse des différents modèles opératifs des infirmières observées.

Les supports papier annotés pendant la simulation ont été utilisés pendant l'entretien d'auto-confrontation afin de revenir sur les raisonnements employés par les infirmières et mieux suivre le fil de leur déroulement. Nous n'avons pas entrepris de codage systématique de ces supports pour les raisons suivantes :

- toutes les infirmières n'ont pas noté leurs raisonnements, ou parfois ce qui était noté ne donnait aucune information sur le raisonnement. Bien souvent, seule la concentration choisie apparaissait (morphine 2 g/20 mL, par exemple) ;
- les supports annotés utilisés pendant l'entretien se sont trouvés commentés à ce moment-là, de façon assez fréquente ;
- l'analyse de certains supports s'est révélée très complexe à distance avec des calculs et des raisonnements parfois très éparpillés sur une ou deux feuilles ne permettant pas de reconstruire exactement le parcours de la pensée de l'infirmière.

Toutefois, ces documents se sont révélés très utiles quand des erreurs ont été commises pendant la simulation. En croisant les informations notées avec les analyses thématiques des entretiens, nous avons pu exploiter ces documents pour produire une analyse des erreurs, à partir du modèle *GEMS* de Reason (1993/2013), qui sera présentée en détail dans la section 5.8.6.

Les données ainsi recueillies à partir de ces différentes sources ont été croisées et analysées d'abord de façon individualisée puis de façon transversale. Les résultats conduisent à une structure conceptuelle de l'activité de calcul de doses.

5.8.2 La conceptualisation de l'activité de calcul de doses

Le plan de présentation des données reprend l'organisation temporelle et logique du déroulement de l'activité décrite (p. 272), c'est-à-dire la préparation de l'activité (en lien avec le couplage situation-sujet), puis l'exécution de l'activité (en lien avec les règles d'actions) et enfin, l'évaluation (effets des résultats sur la situation et sur le sujet).

Les déterminants de l'activité sont doubles, ils dépendent des caractéristiques de la situation et des caractéristiques du sujet. Dans un premier temps, la situation sera

présentée par le contexte et la tâche à réaliser ; dans un deuxième temps, nous détaillerons les caractéristiques des sujets dont les pratiques sont étudiées ; et dans un troisième temps, nous exposerons les données sur le couplage situation - sujet.

5.8.2.1 La préparation de l'activité : le contexte de la situation

5.8.2.1.1 Le travail collectif

Alors que l'activité de calcul de doses apparaît comme individuelle de prime abord, les discours font apparaître l'importance du collectif et de l'équipe de travail. Cela se matérialise par l'utilisation très fréquente du « On » et du « Nous » dans le discours de 10 infirmières sur les 15 quand la pratique est abordée. L'objectif de l'harmonisation des pratiques est de les sécuriser en évitant les écarts entre les soignantes. L'intention exprimée est d'apporter des soins de qualité aux patients en garantissant la sécurité de l'administration. La dilution standardisée, par exemple, procure cette sécurité ; le changement de dilution par un des membres de l'équipe sans consensus avec l'équipe est qualifié par « c'est dangereux » (CD-46-24-F).

C'est également la question de la confiance envers les collègues que l'harmonisation soulève. Il s'agit de suivre une pratique qui est admise par tous afin de ne pas avoir de doute au moment de réaliser un changement de seringue pour un autre patient que le sien par exemple. Un autre aspect important concerne le lien inter-équipe (jour-nuit) garantissant, là encore, la cohérence des pratiques qui est évoquée. Rappelons qu'à l'hôpital, les équipes se relaient avec un temps d'échange relativement court nommé « transmissions », centré plutôt sur l'état clinique des patients et qui dure 15 à 30 minutes. Il n'est donc pas possible sur ce temps de questionner la préparation médicamenteuse.

Les infirmières citent également les étiquetages pour identifier chaque seringue et son contenu comme participant à ce même objectif de sécurisation par la pratique collective. Dans un chapitre intitulé « Les dimensions collectives de la fiabilité », Leplat (1997) note que « l'activité collective est mise en jeu conjointement par les membres du groupe en réponses aux exigences de la tâche affectée au groupe » (p. 187). La participation de chaque membre au travail de l'équipe est indépendante, mais un but commun animé par des règles parfois non écrites et non prescrites entraîne une redéfinition de la tâche par le collectif. C'est un système complexe de régulations qui régit l'activité collective. L'auteur l'a schématisée à partir de son schéma général de l'activité en insistant sur la « notion fondamentale » de couplage entre les caractéristiques de la tâche et celles du

groupe de travail, gage d'une fiabilité seulement potentielle du fait de biais collectifs comme le biais de conformité ou le biais issu de la « pensée groupale ». Dans ce chapitre, Leplat (1997) aborde la fiabilité en lien avec ce qu'il appelle le référentiel commun. Le groupe de travail se construit une représentation commune de la tâche et un référentiel commun de sa réalisation qui permet de coordonner les activités individuelles. Il considère que ce référentiel évolue avec le temps et qu'il constitue un élément essentiel de la fiabilité par le guidage et le contrôle de l'activité qu'il offre. Cette description correspond à l'activité telle qu'elle se pense et s'exerce dans les unités de réanimation/soins intensifs où la fiabilité du travail collectif est garantie par le respect de chacune des règles de préparation et de dilution des médicaments. Nous abordons ces questions ci-après.

5.8.2.1.2 Le matériel de préparation : seringues et médicaments

La connaissance du matériel

La connaissance du matériel est à la fois celle de son utilisation (pour les seringues en lien avec la taille et les graduations par exemple) et celle de sa disponibilité (quels types de seringues à disposition, pour quel nombre de flacons ou d'ampoules à préparer ?).

Deux exemples montrent l'implication de la connaissance du matériel :

Avec la seringue de 5, ce serait moins précis, 1 ml sur cinq, on a peut-être une marge d'erreur plus importante qu'avec une seringue de 2 ou de 1. (NE-39-15-F).

Avec une seringue de 5 mL j'ai l'impression d'être plus précise (FC-26-4,5-F).

À propos de la préparation du prélèvement d'un volume de médicament de 15,6 mL qui nécessite le choix d'une seringue de 20 pour prélever 15 mL puis d'une seringue de 2 mL, graduée de 0,1 mL en 0,1 mL, pour prélever les 0,6 mL.

Alors, il faut faire attention que ce soit bien gradué en fonction de ce qu'on veut. Là, je ne m'étais pas posé la question parce qu'avec la seringue de 2, je sais qu'on peut le faire, avec la seringue de 5 je sais aussi qu'on peut le faire mais c'est moins confortable (CD-46-24-F).

Le choix de la ou des seringues conditionnent la faisabilité de la préparation et sa précision. Le pas des graduations dépend de la capacité de la seringue, l'infirmière doit donc posséder ces connaissances techniques afin de conduire son action de façon précise. Dans le deuxième exemple, le matériel évoqué par l'infirmière correspond à une seringue

de 2 mL graduée de 0,1 mL en 0,1 ml, à une seringue de 5 mL graduée de 0,2 mL en 0,2 mL et à une seringue de 20 mL graduée en mL.

La disponibilité du matériel constitue un élément important de la préparation de l'activité. Le raisonnement de l'infirmière peut la conduire à un volume dont la mesure est exprimée par un nombre décimal (pour l'héparine par exemple). Sans seringue offrant la possibilité de prélever des volumes avec une précision au dixième, la préparation médicamenteuse qui se déduit du calcul n'est pas réalisable.

La seringue comme outil de calcul

Pour la préparation de l'héparine (flacon de 25 000 UI/5 mL), une infirmière évoque la seringue de 5 mL comme outil de calcul. Elle prend comme repère, le pas de graduation de 0,2 mL en 0,2 mL.

Oui c'est ça. En général, comme on a des calculs qui sont ronds, je prends toujours une seringue de 5 parce que je me dis que 1 ml c'est 5000 unités donc dès que j'ai une graduation qui passe, je vais passer à 6000, 7000, 8000 et du coup, je trouve ça facile d'utiliser une seringue de 5 (CW-25-4- F).

En effet, si la seringue de 5 mL contient un flacon donc 25 000 UI, 1 mL contient 5 000 UI et donc 0,2 mL contient 1 000 UI.

La quantité de flacons ou d'ampoules de médicaments à disposition

Le nombre de flacons disponibles oriente l'activité de l'infirmière. L'une d'elle argumente sa décision avec le nombre d'ampoules prélevées : « J'ai deux ampoules, j'ai choisi de prendre les deux pour faire durer la seringue plus longtemps » (CW-25-4-F). Une autre réagit à la question du chercheur, si d'autres choix de dilution étaient possibles : « s'il y avait eu plus d'ampoules, j'aurai peut-être fait 40 dans 40 effectivement ! » (BRB-30-6-F).

Un second exemple illustre ce point crucial dans le raisonnement :

C : au regard de ce qui a été proposé, qu'est-ce qui a pu vous faire penser qu'on ne pouvait pas faire du 1 dans 1 ?

PB : bah parce que je n'avais qu'un seul flacon de dobutamine donc du coup au total j'ai une solution de 250 mg pour 50 mL donc ça me fait 5 mg par mL de solution et qui doit s'adapter avec un débit en fonction du poids du patient (PB-27-5,5-H).

Pour cette préparation de dobutamine, l'infirmier a envisagé à la lecture du cas, un raisonnement avec une entrée par la concentration de 500 mg dans 50 mL (il a annoncé son intention initiale de vouloir faire du 1 dans 1, ce qui est un abus de langage, car ce qu'il

souhaite faire c'est du 10 mg dans 1 mL). N'ayant qu'un seul flacon devant lui de 250mg dans 20 mL, il est obligé de réajuster son raisonnement pour s'adapter à la situation.

Les seringues et les flacons ou ampoules de médicament disponibles constituent deux déterminants de l'activité qui pèsent sur les décisions quant au choix du matériel adapté à la situation, mais également sur le raisonnement conduisant à une préparation médicamenteuse efficace. Un raisonnement peut être validé ou invalidé en fonction du matériel à disposition s'il est ou s'il n'est pas adapté à la solution choisie par l'infirmière. Le nombre d'ampoules ou de flacons disponibles va avoir le même impact sur le raisonnement. Ces deux organisateurs restent souvent des implicites des situations travaillées en formation, qui les écartent finalement des situations réelles, et ne permettent pas aux étudiantes de construire une représentation pertinente de l'ensemble des variables du problème qu'ils ont à traiter sur le terrain.

La seringue, par les graduations, constitue un outil de calcul, cela vient d'être évoqué par la citation des propos d'une infirmière, cela a aussi été montré dans les travaux de Wright (2008b, 2009c) ou de Deichert (2014). À partir de la concentration du flacon, l'infirmière repère le volume à prélever en raisonnant sur les graduations, il s'agit d'une méthode graphique qui utilise le rapport entre la valeur de la masse ou du nombre d'UI de médicament et la valeur du volume correspondant à l'intervalle entre deux graduations.

5.8.2.2 La préparation de l'activité : la tâche dans la situation

5.8.2.2.1 La prescription médicale

La prescription médicale (PM) se présente sous forme manuelle (pour 10 infirmières) ou informatisée (pour 5 infirmières) avec une grande variabilité de sa formalisation allant d'une écriture complètement détaillée telle que décrite dans les textes réglementaires (c'est notamment le cas pour le format électronique) ou parfois simplement sous forme d'objectifs thérapeutiques, laissant la liberté aux professionnelles de préparer la seringue, soit de façon totalement libre, soit en s'appuyant sur un protocole. Même en l'absence de protocole, la PM obéit à des règles que vont suivre les nouveaux internes (FL-27-6-F).

À une question sur les apports de la prescription informatisée, une infirmière précise les changements qu'elle a vécus :

[C'est] beaucoup plus strict, parce qu'avant ils ne nous prescrivait pas les dilutions. Ils nous prescrivait, soit la dose qu'ils voulaient tant de milligrammes par heure ou juste un objectif de pression pour la NAD [noradrénaline] selon le protocole adapté. Et là, selon le logiciel qu'on utilise, toutes les dilutions sont rentrées quand ils ajoutent un médicament, elles sont dedans et donc le débit s'affiche en clair avec la prescription (CDA-29-8,5-F).

On retrouve la façon discrétionnaire de prescrire avec une autre infirmière : « Ils prescrivent la PAM attendue, l'objectif PAM ou PPC¹⁶⁴ attendu, c'est souvent entre 65 et 80 et après on ajuste le débit » (BRB-30-6-F).

La prescription médicale protocolée ou standardisée : des avantages et des inconvénients

Lorsque la PM s'appuie sur un protocole pour détailler la façon de préparer, le protocole s'adapte au dosage du médicament et anticipe les volumes à prélever pour éviter les problèmes de faisabilité, en cherchant un volume simple à prélever et si possible éviter les décimales. Dans le premier exemple, la concentration (héparine à 500 UI/mL) permet de calculer mentalement : « 25 000 UI/50 mL soit 500 UI/mL avec une PM qui peut être de 1000, 1500, 1800 UI/h » (MF-26-5-F). La dose quotidienne, dans le cas proposé sur l'héparine pour la simulation était de 34 560 UI/24 h ; la réaction d'une infirmière face à cette PM a été la suivante :

En tout cas, dans notre bonne pratique de service, le médecin ne mettrait jamais une dose pareille ! Les internes quand ils arrivent tous les six mois, ils peuvent nous faire ce dosage-là, mais le médecin senior qui arrive derrière dit que ce n'est pas faisable qu'il faut arrondir donc là, il aurait peut-être mis 35 000 (CW-25-4-F).

Le chlorure de potassium (KCl) existe en dosage de 1 g par ampoule (10%) ou 1,5 g (15%) et c'est souvent la PM qui va être adaptée pour éviter les difficultés. Voici les propos d'une infirmière suite à une question du chercheur (noté C) sur ces deux dosages :

C : est-ce que ça vous arrive d'avoir à prendre 2 g ?

MM : non parce que c'est tellement ancré dans les habitudes du service que quand je dis, même aux internes parce qu'on a des internes qui prennent des gardes d'anesthésie chez nous et qui sont passés dans d'autres hôpitaux, ils me disent, je veux 2 g sur deux heures, on leur dit qu'elles sont dosées à 15 %. Après ils nous disent, bah mets 3 g ou mets 1,5 g en fonction de la kaliémie du patient. En fait, eux ils adaptent (MM-23-1,5-F).

¹⁶⁴ PAM pour pression artérielle moyenne. PPC pour pression de perfusion cérébrale afin d'assurer un bon débit sanguin cérébral et donc une oxygénation satisfaisante au patient dans les situations de traumatisme crânien.

La PM encadrée par des protocoles de préparation ou des tableaux de valeurs est la référence à suivre par le médecin pour prescrire et par l'infirmière pour administrer. Il n'est pas possible de s'en écarter puisque la PM est en quelque sorte préétablie. Voici quelques citations d'infirmières sur cette activité : « Mais dans nos protocoles, les débits sont déjà préprogrammés. On a un tableau et le médecin nous prescrit tant d'unités à passer directement » (LR-32-5-F). À propos de la situation de simulation : « Le tableau, vu qu'on recalcul pas, ça reste des chiffres à suivre mais là, on a un raisonnement à utiliser » (NE-39-15-F). « Pas de calcul à faire, juste un croisement de données » (OS-38-17-H ; MM-23-1,5-F).

Le protocole transforme la PM en procédure à appliquer. Le calcul est pris en charge par l'outil et l'infirmière prépare une seringue en suivant la procédure décrite. Le plus souvent, il y a une standardisation de la préparation et l'infirmière lit directement sur une table de valeurs, la dilution à opérer ou sur des abaques poids/dose, la masse de médicament à prélever.

Il n'y a pas une, mais des procédures standardisées de dilution pour un même produit ; et cela est surtout vrai pour trois produits : la dobutamine, l'héparine et la noradrénaline. Les procédures standardisées prennent la forme de tableaux variables en fonction de la personne ou des personnes qui les ont construits et qui vont privilégier un type de raisonnement parmi différents types possibles. Cela entraîne une standardisation de la préparation dans une unité, mais qui n'est pas valable au-delà et il n'y a donc pas forcément d'harmonisation entre les différentes unités d'un même hôpital, et *a fortiori* encore moins de différents hôpitaux. Des exemples de tels tableaux de préparation ont été présentés au chapitre 4.

L'absence de protocole ou de procédure standardisée est génératrice de doute pour les praticiennes, avec parfois des hésitations sur les pratiques à suivre, comme le montre le cas ci-dessous à propos du chlorure de potassium :

C'est au niveau de la pratique, quand on a du potassium à faire, avec les collègues, on se repose la question. Tu le diluerais dans combien toi par exemple. Là, il y a une vague d'arrivants dans le service et donc souvent, ils viennent demander pour savoir combien tu ferais et on a chacun notre avis (MB-26-2,5-H).

Le même type d'hésitation existe pour une autre infirmière dans un autre hôpital : « Là, c'est un cathéter central, du coup les VVP [voie veineuse périphérique] c'est 4,5 g et je crois que c'est 6, je veux pas dire de bêtise c'est plus mais ... » (FL-27-6-F).

Ces constats sont intéressants puisqu'ils marquent nettement l'intérêt d'avoir un protocole pour encadrer une pratique avec un médicament à risque dont les effets indésirables sont redoutés. Des règles à respecter très claires, édictées par l'ANSM, existent pour la prescription (1 g/h max.) et l'administration du chlorure de potassium par voie intraveineuse (perfusion lente, 4 g/L max., etc.). Un consensus se dégage pour l'utilisation sur cathéter central, mais des doutes persistent dans le discours des infirmières sur la conduite à tenir pour la perfusion de chlorure de potassium par voie veineuse périphérique, faute d'harmonisation d'une procédure commune.

Les infirmières sont plutôt favorables à cette pratique protocolée qui permet d'harmoniser les pratiques et y voient « un langage commun » (AB-30-7-F ; BRB-30-6-F).

Les risques d'une PM qui s'écarte de l'habitude

Une PM qui conduit à une pratique s'écartant de la pratique habituelle des infirmières crée un sentiment d'insécurité. Si le résultat du calcul de doses est décimal, par exemple, alors qu'il ne l'est pas dans la pratique habituelle, une incertitude va en résulter. Les infirmières vont rencontrer le médecin pour faire réajuster la PM. Certaines infirmières considèrent même cette PM comme infaisable et la font rectifier (MF-26-5-F ; CW-25-4-F ; FC-26-4,5-F ; NE-39-15-F ; CDA-29-8,5-F). Une autre raison est donnée par BRB-30-6-F : « si la PM s'écarte de l'habitude, les collègues ou les médecins pourraient être gênés lors de la visite [médicale] s'ils ne reconnaissent pas la dilution habituelle ».

L'harmonisation des PM dans une unité à partir des protocoles apporte une tranquillité aux infirmières qui développent une expérience à partir des outils du service pour la sécurité des patients. Cette relation harmonieuse est perturbée par une PM inhabituelle :

Ben l'héparine déjà, c'est prescrit chez nous pour 12 heures et donc ce sont des seringues que l'on va faire pour 12h dans 24 cc. Sur la prescription, c'est écrit que c'est à débiter et qu'ensuite on fera des contrôles biologiques. Donc c'est une dose qui va bouger et nous, on a pour habitude de mettre soit 15 000, soit 20 000 unités dans 24 cc donc ça fait toujours une seringue nette. Enfin, ça tombe juste. Là, vous m'avez créé des difficultés avec vos 17 280 unités pour 12 heures, enfin les 34 560 unités par 24 heures (BRB-30-6-F)

Dans cette situation, l'infirmière ne peut reposer son action sur les automatismes habituels, mais va devoir mobiliser des connaissances mathématiques et des raisonnements qu'elle n'utilise pas en temps ordinaire, en référence au modèle *SRK* de Rasmussen (1986). Dans tous les cas, l'infirmière ne s'autorise pas à ajuster une PM quand elle a un doute.

Oui c'est sûr, il y a ça aussi... après le rôle de l'infirmière, c'est d'appliquer la prescription médicale, c'est pas de penser toute seule que c'est stupide de penser comme ça ou que ce n'est pas adapté. Je peux le penser mais en tout cas, il faut que j'aille en discuter avec le médecin. Ce n'est pas mon rôle à moi de décider toute seule et de modifier quelque chose qui a été prescrit par le médecin (FC-26-4,5-F).

La PM qui induit un raisonnement

La PM de morphine de la situation de simulation était de 2 mg/h. Cette prescription en débit horaire induit un raisonnement où est maintenu la relation entre la masse et la durée d'administration alors qu'une PM exprimée par une dose de x mg pour 24h aurait entraîné un autre raisonnement pour la préparation de la morphine. Le maintien de la relation masse-durée donne à l'infirmière l'indication d'une possible variation du traitement :

C : Savez-vous à quel moment dans la lecture, vous avez décidé le 1 dans 1 ?

CD : Quand j'ai lu 2 mg heure. Si on m'avait dit, je ne sais pas moi, 40 mg par jour, j'aurais fait différemment. Et comme c'est par heure, j'aurais mis dans 48 ml j'aurais fait du 2 cc heure, ou j'aurais fait 24 ml et j'aurais fait du 2 cc heure. Mais là, comme c'est donné 2 mg par heure comme ça je peux augmenter ou baisser sans avoir à changer la seringue (CD-46-24-F).

Un registre de raisonnements disponibles pour une variété de préparations est évoqué par l'infirmière, le choix dans ce registre est orienté par la PM qui fournit une indication clinique supplémentaire : la situation de la patiente qui souffre de douleurs rebelles peut avoir besoin, pour faire diminuer ses douleurs, d'une adaptation de la dose de morphine. Avec la prescription de noradrénaline pour la simulation, on retrouve ce même type d'effet :

C : quelle a été votre option ?

LR : du coup, j'ai fait hyper simple, finalement j'ai une prescription qui est de 1 mg/heure, bah je vais faire une préparation à 0,5 mg par cc pour essayer de coller à cette même concentration initiale (LR-32-5-F).

Hors protocole, la PM en débit horaire de masse médicamenteuse induit une voie à suivre, tout en laissant la liberté à l'infirmière de diluer le médicament comme elle le souhaite, même si bien souvent, les habitudes du service pèsent dans les choix faits pour les préparations.

La PM organise plus ou moins précisément l'activité de l'infirmière, elle oriente parfois son choix parmi une variété de pratiques de références disponibles, variété de pratiques liée à la variété de modes de prescription entre les PM très guidantes (informatisées ou protocolées) et les PM plus discrétionnaires (souvent rencontrées pour l'administration de morphine, d'insuline et de noradrénaline).

Les PM protocolées ou standardisées évitent les difficultés de préparation en conduisant à des volumes simples à prélever, sans décimale dans les calculs à effectuer. Elles harmonisent et sécurisent les pratiques (HAS, 2013) des médecins comme des infirmières, elles s'appuient sur un référentiel commun, gage de fiabilité (Leplat, 1997).

Certains protocoles ne guident pas la prescription, mais uniquement la préparation. C'est le cas lorsque la PM est accompagnée par une table de valeurs ou abaque (poids/dose ou poids/volume de dilution) qui indique comment préparer la seringue et quel débit programmer sur PSE. Ces tables ou abaques correspondent à ce que Rogalski (1995) nomme « outils cognitifs opératifs » dans son modèle de la connaissance baptisé KHEOPS. Ce sont « des artéfacts qui prennent plus ou moins complètement en charge les opérations cognitives exigées par la tâche : graphiques, abaques, tables, calculateurs, etc. » (Leplat, 1997, p. 39-40). L'utilisation de tels artéfacts n'est pas sans conséquence négative : elle ne permet pas le contrôle par l'infirmière, elle rend en outre son travail difficile lorsque la situation médicale conduit à une PM qui oblige à sortir de la routine d'utilisation des artéfacts.

5.8.2.2.2 La PM informatisée vue par les infirmières de l'échantillon

Sur l'ensemble de l'échantillon, seules cinq personnes sont confrontées professionnellement à des PM informatisées (14 CD-46-24-F ; CDA-29-8,5-F ; OS-38-17-H ; HB-27-3-H ; NE-39-15-F n'a pas été questionnée sur le sujet). Nous présentons une synthèse des avantages et des limites, selon leurs points de vue, sur ce type d'outils de prescription en émaillant cette synthèse par quelques propos recueillis, principalement à propos des limites.

De multiples intérêts sont listés et argumentés :

- la facilité de lecture ou de déchiffrement des écritures médicales ;
- la planification plus claire des traitements ;
- la vérification facilitée pour le respect des heures de traitement ;
- une adaptation aisée au dispositif ;

- un accès à des supports de références complémentaires comme le Vidal¹⁶⁵ donc possibilité de vérification directe ;
- une PM centralisée avec les tâches qui se répercutent directement dans la chambre du patient et donc une vérification accessible sur une tâche ou un traitement donnés ;
- une sécurité renforcée dans la mesure où toutes les données sur un médicament y compris les dilutions sont rentrées dans le logiciel et le débit s'affiche en clair ;

Pour moi, c'est une sécurité en plus que tout apparaisse dans la PM. Avant, on se basait sur la dose qu'on voulait par heure et on faisait nos dilutions que l'on connaissait mais ça n'était pas protocolisé car il n'y avait pas beaucoup de protocoles écrits ici (CDA-29-8,5-F).

Ça sécurise la pratique mais attention aux pièges ! (OS-38-17-H).

- un gain de temps au moment du tour de sécurité (au moment du changement d'équipe) pour contrôler la correspondance entre les PM et les débits affichés sur les PSE sans avoir à refaire les calculs mentalement. Le contrôle est facilité avec des PSE qui sont reliés à l'ordinateur qui affiche directement les informations. En cas d'écart, car certaines doses sont modulées par les infirmières, cela permet de faire réajuster les PM si besoin ;
- cela facilite le travail des étudiants qui ont un guide de prescription et donc plus simple pour eux et pour les encadrants (14 CD-46-24-F) ou l'intégration des nouveaux qui suivent les mêmes pratiques que toute l'équipe (CDA-29-8,5-F).

Des limites sont signalées comme génératrices de risques :

- les protocoles ne sont pas tous implémentés dans le logiciel ou un décalage existe parfois entre le protocole implémenté dans le logiciel et la pratique réelle de l'équipe.

Par exemple, je vais prendre un exemple concret, l'Acupan, ici la dilution qui est standardisée dans l'ordinateur c'est sur 50 ml et la dilution qu'on a tous en tête, c'est dans 48 ml pour avoir un débit à 2 ml/heure. Et donc, on se retrouve à valider des débits à 2,1 ml heure pour arriver aux 50 par 24 heures alors qu'en fait, on fait que du 2 ml donc on a un problème de configuration (OS-38-17-H).

- il y a un risque de programmation d'un débit sans le contrôler et ne pas dépister une potentielle erreur. Une perte de contrôle peut s'instaurer dans l'application de la PM :

Nous, souvent les médecins nous mâchent le travail et nous prescrivent directement et c'est eux qui réfléchissent à la dose qu'ils veulent selon l'effet désiré et ils

¹⁶⁵ C'est un dictionnaire qui rassemble les monographies rédigées à partir des données publiées par l'ANSM et en particulier les Résumés des caractéristiques du produit (RCP). <https://www.vidalfrance.com/solutions/solutions-professionnels/le-dictionnaire-vidal/>

prescrivent le débit. On voit la prescription 500 dans 50, on sait qu'on la prépare toujours comme ça et la prescription apparaît en débit et donc on ne sait pas, si on ne refait pas le calcul à l'envers, combien de gamma-kilo-minute a le patient (CDA-29-17-H).

- les décalages entre la procédure automatisée mise en œuvre par le logiciel et la façon de faire de l'infirmière peut entraîner un détournement des fonctionnalités proposées.

C : est-ce qu'au niveau des calculs, la machine vous propose un résultat complet, c'est-à-dire qu'elle vous propose le dosage ensuite la prescription avec la dose demandée par le médecin, la façon de le diluer et le débit ?

OS : elle le propose mais moi je ne m'en sers pas tant que ça, parce que encore une fois entre la manière dont il suggère, euh ... entre ce qui a été paramétré par rapport aux concentrations et par rapport à la posologie, il peut proposer le débit mais de principe, c'est un peu comme le contrôle ultime pré-transfusionnel, c'est une histoire de vérification ultime pour être sûr d'appliquer la bonne prescription. Je l'utilise peu et je crois que j'y fais très peu attention, ce n'est pas mon mode de fonctionnement (OS-38-17-H)

Dans cet exemple, on comprend que l'infirmier n'a pas totalement confiance dans les données de l'ordinateur qui ne sont pas remises à jour au regard des pratiques de l'équipe. Un second point émerge de son discours sur son empêchement à contrôler son activité par le calcul. Des avis favorables sont aussi exprimés.

ça simplifie la pratique, il y a peut-être moins d'erreurs ou moins d'oublis. Cela demande quand-même une vérification pour voir si rien n'a été oublié ou si les médecins ne se sont pas trompés [...] J'étais extrêmement sceptique au début, mais c'est vraiment très bien. [...] franchement, je trouve ça fabuleux ! (CD-46-24-F).

« La pratique est plus homogène sans être sûre qu'il y avait plus d'erreurs avant mais une pratique plus informelle » (CDA-29-8,5-F). HB-27-3-H est un jeune diplômé, il n'a connu que la PM informatisée et déclare qu'il aurait des difficultés à passer à la PM papier qui se pratique parfois quand il y a des pannes informatiques. Toutefois, il voit un gain de temps dans le contrôle des débits avec la façon de faire manuelle.

La PM aide aussi bien l'activité du prescripteur grâce à sa banque de données de médicaments que l'activité des infirmières en organisant clairement la prescription détaillée pouvant aller jusqu'au calcul de débit. On retrouve ici les avantages signalés par Korb-Savoldelli et al. (2018). La PM informatisée fournit une visualisation détaillée et protocolée de la préparation. Elle apporte donc de nombreux bénéfices à l'activité dont la facilité de lecture de l'ordonnance médicale, et elle apporte un gain de temps pour les activités de contrôle.

Toutefois, ces activités sont rendues difficiles car toutes les données ne sont pas disponibles (les infirmières doivent retrouver le débit prescrit en gamma/kg/min pour la dobutamine par exemple), en outre, nous percevons une gêne dans la possibilité de contrôle de la part des infirmières qui peut aller jusqu'à rendre le contrôle impossible lorsque le raisonnement qui sous-tendrait leur activité de calcul n'est pas celui qui est programmé dans le logiciel. Enfin, des écarts entre les données du logiciel et la pratique réelle des infirmières sont signalés comme inconvénient majeur. La revue systématique de Korb-Savoldelli et al. (2018) précisait également des éléments négatifs qui contrebalançaient les effets bénéfiques dont les problèmes de conception et de mise à jour des systèmes. Ces effets négatifs inattendus sont nommés « e-iatrogénie ».

Au-delà des bénéfices de la PM informatisée, la nécessité d'un bilan émerge de notre enquête quant à l'activité de vérification par les infirmières des étapes de soins depuis la prescription jusqu'à l'administration. La nature et la qualité des vérifications dépendent des infirmières, sujets de l'activité, notamment de leur connaissance des produits, des pathologies et des traitements.

5.8.2.2 La préparation de l'activité : Les caractéristiques du sujet

5.8.2.2.1 La connaissance des médicaments

5.8.2.2.1.1 La dangerosité des médicaments

Les déclarations des infirmières sont unanimes sur le caractère dangereux des médicaments qu'elles manipulent en réanimation/soins intensifs. Nous présentons une synthèse pour chaque médicament afin de rendre compte de ce qui est qualifié de dangereux par les infirmières.

Dobutamine

La dobutamine est un médicament avec lequel « on ne peut pas rigoler » (MM-23-1,5-F) et qui nécessite une surveillance médicale et infirmière très étroite car « dangereux » (CW-25-4-F ; HB-27-3-H). C'est un médicament qui appartient à la catégorie des manipulations très délicates : « ça a un effet immédiat et tellement significatif que voilà, c'est zéro erreur ! Non pas qu'avec les autres il y ait une marge d'erreur possible mais là, c'est encore moins possible, quoi ! » (LR-32-5-F). L'utilisation du médicament nécessite des précautions particulières d'utilisation pour garantir la sécurité de son administration

(voie spécifique sur le circuit d'administration, relais de seringues pour éviter les écarts de débits médicamenteux iatrogènes, PSE de transport) (BRB-30-6-F ; CDA-29-8,5-F ; OS-38-17-H)

Un élément de ressenti est apporté par BRB-30-6-F :

C'est un petit peu moins inquiétant, c'est un petit peu moins stressant que la noradrénaline même si c'est pas tout à fait le terme. Il y a une vigilance comme pour la noradré. Après, ce sont quand même des médicaments que l'on connaît, c'est une inquiétude mais après, quand on a un nouveau médicament à faire, on s'inquiète encore plus. C'est une attention plus marquée sur ces médicaments-là, parce que l'on sait toutes les répercussions qu'il y a derrière. Après, si je dois passer une chimio, je vais faire encore plus attention parce que je n'ai pas l'habitude de le faire (BRB-30-6-F).

L'insuline

À propos de l'insuline, les risques d'hypoglycémie et d'hyperglycémie sont évoqués immédiatement comme facteurs de dangerosité avec une vigilance accrue lors des manipulations du patient avec un départ pour un examen radiologique type scanner par exemple pour éviter les bolus¹⁶⁶ (MF-26-5-F). La crainte du bolus et du risque de surdosage est signalée par MB-26-2,5-H et décrite ainsi par une autre infirmière : « dangereux, ça tue en cas de surdosage » (CW-25-4-F). L'administration de l'insuline se fait sous une surveillance biologique (glycémie capillaire) de ces effets, de façon horaire ou par deux heures mais reste un médicament à utiliser avec précaution qui peut être très dangereux même s'il n'apparaît pas comme tel (MF-26-5-F ; MM-23-1,5-F)

Héparine

Le contexte de la chirurgie est un facteur favorisant la survenue de complications avec l'héparine. Le risque hémorragique est évoqué et notamment des saignements intracérébraux par une infirmière qui travaille dans un service de réanimation chirurgicale qui accueille des patients traumatisés crâniens : « c'est un médicament qui est très dangereux pour moi » (MF-26-5-F). Cette même infirmière explique sa méfiance lors de la préparation pour ne pas se tromper. Elle relate une erreur commise avec l'héparine par une collègue peu de temps avant (non préjudiciable au patient). Elle évoque malgré tout,

¹⁶⁶ Le bolus est l'injection médicamenteuse rapide d'une dose médicamenteuse (volontaire en cas d'urgence par exemple ou involontaire comme ici avec le départ au scanner, de façon accidentelle) alors que le PSE permet une administration continue et régulière sécurisée du traitement.

un « filet de sécurité » grâce à la surveillance biologique (activité anti-Xa¹⁶⁷) qui est faite à distance (4 h à 6h après le début du traitement), mais dans une moindre mesure que pour l'insuline, précise-t-elle.

La crainte d'un surdosage par bolus, générateur d'une potentielle hémorragie, accroît la vigilance au plan de la surveillance (MB-26-2,5-H)

La dangerosité est liée au fait de surveiller un médicament dont on ne voit pas les effets cliniques immédiatement, contrairement à la noradrénaline (surveillance de la PAM) par exemple ou l'insuline (effets indésirables et surveillance de la glycémie) (MB-26-2,5-H ; MM-23-1,5-F).

Morphine

La morphine est décrite comme un médicament à risque qui nécessite une surveillance des effets indésirables (dépression respiratoire, troubles de la vigilance) à l'introduction du traitement et va donc nécessiter une vigilance sur ces éléments prioritaires.

C'est dangereux, je le considère comme quelque chose de dangereux, à manipuler avec précaution. Ça fait appel à pas mal de choses derrière, des surveillances, surveillance respiratoire, de la conscience, réévaluer la douleur. Derrière cette préparation, ça fait appel à nos surveillances, à notre travail, à notre rôle propre quand même (AB-30-7-F).

Un infirmier précise un ressenti moins dangereux que pour les autres médicaments grâce à l'environnement sécurisé qui entoure son utilisation pour faire face aux effets indésirables.

Non, elle est dangereuse aussi mais c'est celle que je redoute le moins je pense. C'est aussi lié à l'environnement de travail de la réa, en cas de bradypnée ou d'apnée trop prolongée que ça ne va pas, on a tout le matériel pour intuber. [...] On surveille mais c'est le moins dangereux, peut-être par son action euh, c'est dangereux mais il l'est moins en fait, c'est peut-être dans les représentations, on l'utilise un petit peu partout, c'est un médicament entre guillemets de base, pas comme tous ces médicaments qui nécessitent une surveillance très précise. C'est un médicament qu'on fait en salle avec un patient non scopé et donc pour moi, c'est peut-être celui qui a le moins de risque (MB-26-2,5-H).

Noradrénaline

L'ensemble de l'échantillon interrogé invoque une dangerosité importante et la crainte du bolus lors de l'administration, plus que lors de la préparation, avec des erreurs de

¹⁶⁷ Examen biologique qui permet de vérifier l'efficacité du traitement au niveau de la coagulation sanguine.

manipulations de robinets¹⁶⁸ arrive en premier lieu pour qualifier le danger avec la noradrénaline au regard de ces effets indésirables provoquant des hypertensions sévères ou des hypotensions sévères (en cas de diminution mal régulée de la dose administrée). Une expression un peu familière résume le ressenti des professionnelles : « c'est pas des vitamines, quoi ! » (CDA-29-8,5-F).

Le deuxième point reconnaissant sa dangerosité est lié à la surveillance importante que cela nécessite et des dispositifs indispensables à l'évaluation de l'efficacité du traitement et à la sécurité du patient (pose d'un cathéter artériel pour surveiller la PAM du patient.

Bah, les amines c'est quelque chose qui, quand tu débutes en tant qu'infirmier dans un service de soins intensifs, c'est pas anxiogène mais c'est quelque chose que tu te dois de respecter méticuleusement pour une bonne délivrance (PB-27-5,5-H).

Chlorure de potassium

Le chlorure de potassium est immédiatement envisagé comme dangereux voire très dangereux : « En cas d'accident la situation est rarement récupérable » (MM-23-1,5-F), avec des effets immédiats sur la vie du patient en cas d'hyperkaliémie¹⁶⁹ (AB-30-7-F). Les règles d'administration sont rappelées par de nombreuses infirmières avec la voie veineuse périphérique vécue comme beaucoup plus dangereuse que la voie centrale. Plusieurs infirmières évoquent les informations très appuyées sur sa dangerosité données dès l'IFSI, en cours de gestion des risques ou de pharmacologie (pas d'injection directe en intraveineux) (FL-27-6-F). Une infirmière accentue la vigilance à apporter lors de la préparation : « il est potentiellement dangereux mais si on prend toutes les précautions, il est inoffensif » (CW-25-4-F).

Lorsque l'on considère l'ensemble des médicaments, les participantes à l'étude évoquent aussi des ressentis différents pour les six médicaments en matière de dangerosité et plusieurs citent un classement pour évaluer les niveaux de dangerosité. À propos des catécholamines, voici comme cela s'exprime :

C : ces médicaments ont un statut particulier pour vous ?

¹⁶⁸ Matériel qui organise les différentes voies d'administration des médicaments injectables sur la ligne de perfusion du patient.

¹⁶⁹ L'hyperkaliémie est le dépassement du taux de potassium dans le sang au-delà de la norme biologique admise, définie par le laboratoire d'analyses biologiques.

FC : oui plus que d'autres pour le coup, par rapport à l'héparine voire des sédatifs, pas que les autres ne soient pas dangereux mais ceux-là oui. Peut-être plus signal, alerte, en tout cas dans ma tête, pas d'erreur là-dessus ! (FC-26-4,5-F)

Un autre exemple marque sans équivoque la différence entre les médicaments : « oui mais le potassium c'est banal pour nous, comparé à de la noradré » (BRB-30-6-F). Une explication est liée aux effets indésirables immédiatement perçus sur des malades instables ou lors de changements de doses sans qu'une erreur soit commise.

Ce classement n'est pas partagé et l'exemple qui suit avec le chlorure de potassium, à l'inverse du précédent, le montre très clairement. Suite à une question sur les risques liés à la préparation du potassium, voici la réponse de l'infirmière :

FL : Oui, en fait à l'école de Th., il y a eu le souci, un étudiant infirmier qui a fait une erreur de potassium qui a entraîné le décès d'un patient et à l'époque où j'étais à l'école, c'était le jugement. Du coup, ça a été matraqué, matraqué dans notre esprit, pas diabolisé mais j'ai été sensibilisé au potassium depuis le début de mes études.

C : Aujourd'hui, vous êtes une infirmière expérimentée avec 5 ans de recul derrière vous, cette chose-là est-elle toujours aussi présente?

FL : Ça dépend de comment est faite la prescription, si c'est une prescription qui est faite dans l'urgence ou si je suis un peu plus fatiguée, je peux aller demander confirmation de la vitesse à mes collègues pour être sûre (FL-27-6-F).

Le contexte d'utilisation du médicament pour des pathologies traitées, soit de façon chirurgicale, soit de façon médicale va influencer sur la dangerosité ressentie. Par exemple pour l'héparine en réanimation chirurgicale avec le risque hémorragique comparé à la médecine intensive-réanimation ou pour la morphine, moins redouté en médecine intensive-réanimation avec des patients intubés et ventilés.

Par un tiers de l'échantillon, les médicaments injectables à risque manipulés en réanimation/soins intensifs sont qualifiés de médicaments dangereux tandis que pour les deux tiers, il y a une gradation de cette dangerosité. Les catécholamines (noradrénaline et dobutamine) ainsi que le chlorure de potassium sont considérés comme les plus dangereux, même si cela n'est pas de façon unanime : cinq fois sur neuf. Trois infirmières placent le chlorure de potassium en haut de la hiérarchie. Dans ce classement viennent ensuite l'héparine puis la morphine et l'insuline.

La justification de la dangerosité est exprimée par les précautions importantes prises pour l'administration des catécholamines (voie unique, sans robinet, étiquetage

spécifique) et par les effets cliniques immédiats constatés en cas de surdosage ou de sous-dosage de la noradrénaline particulièrement (hypotension ou hypertension).

Le chlorure de potassium est craint par rapport à une injection accidentelle, trop rapide entraînant une hyperkaliémie et des troubles du rythme et à l'extrême un arrêt cardiaque. Le fait d'avoir vécu une situation difficile avec un médicament conduit l'infirmière à un ressenti de dangerosité plus exacerbé. Elle est plus inquiète avec ce médicament spécifiquement et donc instaure une plus grande vigilance dans sa manipulation.

Ces résultats sont conformes à l'analyse des signalements des EIGS et les travaux sur la liste des médicaments à risque et la prévention mise en place par l'ANSM.

Nous avons utilisé une des fonctionnalités du logiciel NVivo® pour évaluer la fréquence de prononciation du mot dangereux. Le mot est cité 46 fois dans le thème « dangerosité des médicaments », 34 fois par les professionnels et 12 fois par le chercheur. Cinq fois seulement c'est le chercheur qui a avancé le terme au cours des quinze entretiens ; toutes les autres occurrences proviennent d'abord des professionnelles. Il est repris secondairement dans l'entretien pour approfondir le sujet.

5.8.2.2.1.2. Connaissances de la pathologie et des effets des médicaments

Cette section met en parallèle l'état clinique et l'utilisation des médicaments afin de rendre compte de la connaissance des effets des médicaments en lien avec la pathologie. Le contexte clinique et l'environnement de la prise en soins entraînent des utilisations différentes des médicaments.

Dobutamine

Autant que faire se peut, « expliquer l'intérêt du traitement au patient » (CD-46-24-F). Les règles d'utilisation sont particulières (voie spécifique, étiquetage particulier, relais de seringues) et signalent la dangerosité du produit.

Héparine

Le risque hémorragique évoqué en lien avec la chirurgie et notamment neuro-chirurgie (saignements intracérébraux) est mis en lien avec la préparation de l'héparine qui est dangereuse plus que l'administration pour MF-26-5-F. Les conséquences d'un choc hémorragique sont plus difficiles à traiter mais le produit est moins dangereux que les autres car il existe une surveillance biologique (activité de l'anti-Xa) « et en plus il est

antagonisable¹⁷⁰, mais méfiance pour bien l'arrêter avant une chirurgie » (CDA-29-8,5-F ; OS-38-17-H).

Le but poursuivi dans la situation de simulation est perçu : « démarrer rapidement le traitement pour être vite à la dose efficace pour traiter une pathologie grave (embolie pulmonaire) » (CDA-29-8,5-F).

Insuline

La surveillance de la glycémie horaire – ou par deux heures – pour prévenir toute hypoglycémie¹⁷¹ ainsi que les précautions liées au respect des intervalles de surveillance si le patient est « limite en glycémie » sont les points prioritaires évoqués par les infirmières (ici diabète déséquilibré ou par exemple une charge de travail importante – MF-26-5-F ; PB-27-5,5-H ; CW-25-4-F ; HB-27-3-H).

La notion de diabète déséquilibré évoquée dans le cas de la situation simulée engage les infirmières à adapter leur préparation (MM-23-1,5-F ; AB-30-7-F). Le diabète, mais plus précisément l'hyperglycémie, est un facteur de risque et un facteur d'aggravation du choc septique. Il est nécessaire de réguler la glycémie en augmentant la dose d'insuline administrée au patient et donc ici, les infirmières choisissent de préparer des seringues plus concentrées qu'à l'habitude (double concentration).

Morphine

La dose prescrite de morphine à 2 mg/heure est associée à l'accompagnement de fin de vie pour des douleurs rebelles et elle est estimée en fonction des besoins de la patiente (MF-26-5-F ; MM-23-1,5-F). L'anticipation d'une modification de la dose administrée, pour une patiente très douloureuse, est prise en compte dans la réflexion pour la préparation (éventuellement plus de produit pour une durée allongée) (LR-32-5-F ; AB-30-7-F ; BRB-30-6-F ; CDA-29-8,5-F ; OS-38-17-H ; HB-27-3-H).

L'intérêt d'une titration en morphine¹⁷², du monitoring et de la surveillance précise du patient sont évoqués face aux risques de ce traitement.

¹⁷⁰ Cela signifie que l'on peut diminuer ou supprimer l'effet du médicament par un autre médicament qui s'oppose à cet effet indésirable.

¹⁷¹ Diminution du taux de glucose dans le sang en dessous de la norme biologique.

¹⁷² La titration en morphine s'adresse à des patients très douloureux chez qui on injecte de la morphine par dose régulière toutes les 3 à 5 min jusqu'à cessation de la douleur, en conservant la ventilation et la protection réflexe des voies aériennes supérieures. Une fois atteint ce palier antalgique, on peut préparer

À risques ! Le risque avec la surveillance des effets indésirables à court terme soit la dépression respiratoire, soit des troubles de la vigilance, les problèmes de constipation et de rétention aiguë d'urine ce n'est pas à court terme donc je ne les surveille pas comme ça (PB-27-5,5-H).

Noradrénaline

La surveillance des effets immédiats sur la PAM (conséquences délétères à type d'hypertension ou d'hypotension) est le principal point abordé notamment au moment du branchement de la seringue ou lors des relais automatisés (PB-27-5,5-H ; CW-25-4-F ; CDA-29-8,5-F ; HB-27-3-H).

L'estimation de la dose à préparer est fonction des besoins du patient en noradrénaline et permet une adaptation de la dilution (de 1 mg/mL à 0,5 mg/mL ou à 0,25 mg/mL) au regard des besoins (OS-38-17-H ; MM-23-1,5-F).

Chlorure de potassium

La relation entre le produit et ses effets veino-toxiques qui brûlent les veines est prise en compte dans la préparation avec une attention particulière à la concentration et à la durée : « limiter la concentration et allonger la durée » (FL-27-6-F ; AB-30-7-F)

En lien avec cet effet veino-toxique et les effets secondaires néfastes (troubles du rythme), une majorité d'infirmières estime que la question de la voie veineuse disponible chez le patient est essentielle pour le choix de la dilution et pour celui de la stratégie d'administration.

Deux infirmières anticipent l'administration en vérifiant le bilan ionique du patient, taux de chlorure de potassium avant injection (AB-30-7-F ; NE-39-15-F).

Les infirmières de l'échantillon mettent en avant les données cliniques prises en considération dans la prise de décision pour la préparation et la dilution du médicament avec notamment les notions de « dose adaptable » et de « débiter rapidement un traitement ». L'analyse clinique de l'état initial du patient, la gravité et les effets connus et attendus des médicaments chez lui sont les deux éléments fondamentaux. Les besoins du patient en consommation de médicament (connus ou anticipés) sont estimés pour

et programmer une PCA (analgésie contrôlée par le patient) pour que le patient s'administre seul le traitement.

décider de la dilution surtout pour la morphine, l'insuline et la noradrénaline. Les paramètres cliniques et paracliniques constituent un facteur de décision, notamment pour la noradrénaline (sensibilité du patient au médicament).

Les médicaments sont passés sur un cathéter central, mais pour le chlorure de potassium la question de la « voie d'abord » revient de façon récurrente. La prise en compte fondamentale de l'état veineux du patient, en cas d'administration par voie veineuse périphérique, nécessite une stratégie de dilution adaptée (moins concentrée et durée d'administration allongée), mais cela demeure, d'après les discours, un sujet d'inquiétude. Les connaissances mobilisées par les infirmières entre la pathologie et le médicament qui est destiné à la traiter sont très pertinentes et renvoient à des connaissances à la fois prédictives et opératoires, dont l'acquisition a débuté en formation initiale, et qui s'est très largement approfondie grâce une pratique quotidienne qui les confrontent à de multiples situations liées aux différentes pathologies et aux réactions de chaque patient (Escrivá et al., 2018).

5.8.2.2.1.3 La connaissance de la préparation et de l'administration

Les préparations de seringues sont moins vues comme dangereuses que leur administration. Certains moments sont identifiés comme dangereux lors de l'administration : la mise en route du traitement avec des risques de bolus (noradrénaline, héparine, insuline) et la gestion des relais demeurent une source de risques pour le patient au niveau tensionnel (MM-23-1,5-F ; FC-26-4,5-F).

Les catécholamines (dobutamine et noradrénaline), pour leurs effets cardiaques et vasculaires très puissants et en conséquence pour leurs effets potentiellement délétères en cas de problème, sont envisagés un peu différemment des autres. Des précautions supplémentaires d'utilisation sont mobilisées (étiquetage, position au plus proche du patient sur la ligne de perfusion¹⁷³, relais manuels ou automatisés des seringues, etc.).

La dangerosité de deux médicaments, l'insuline et l'héparine, est pondérée par le fait que leur effet est surveillé par les paramètres biologiques de façon régulière¹⁷⁴ afin de vérifier

¹⁷³ Les montages de lignes de perfusion en réanimation/ soins intensifs sont très élaborés et répondent à des règles techniques et pharmacologiques pour assurer une administration sûre et efficace. Pour éviter les à-coups (bolus) dans l'administration des catécholamines, les prolongateurs sont branchés sur des robinets au plus proche de la voie d'entrée du patient, c'est-à-dire sur la voie dite proximale du cathéter. C'est par cette voie que la distance entre le produit et le patient est la plus courte donc l'administration risque d'être moins soumise à des fluctuations de débits liées à l'ensemble des fluides administrés au patient.

¹⁷⁴ Insuline : surveillance horaire ou toutes les deux heures.

la zone thérapeutique visée. Le contrôle biologique est un paramètre situé dans une fourchette et pas une valeur précise, aussi bien pour la glycémie que l'héparinémie. Ainsi, pour une infirmière, la modification d'une dose de 250 UI ne changera pas forcément ce résultat pour MF-27-5-F. Une autre infirmière précise cette marge de manœuvre dans la préparation : « Pour moi il n'y a pas d'utilité à faire 1 440 UI/heure, c'est une précision qui n'est pas nécessaire pour l'héparine » (CDA-29-8,5-F).

Les infirmières évoquent aussi les risques liés à des dosages multiples des ampoules utilisées pour la morphine (1 mg, 10 mg, 50 mg ou 100 mg) (CD-46-24-F) ou les risques liés à la confusion possible entre les ampoules de chlorure de potassium et chlorure de magnésium (OS-38-17-H).

Les pratiques de préparation et d'administration des infirmières de l'échantillon sont plutôt convergentes et rejoignent les « bonnes pratiques ». Quant à leur appréhension des risques, les infirmières évoquent l'expérience de l'utilisation de ces produits comme un facteur essentiel qui permet de moins craindre les erreurs de préparation et d'administration, et donc d'être plus sereines.

Dans un article sur le processus de réflexion pendant l'administration des médicaments, Eisenhauer, Hurley et Dolan (2007) ont trouvé 10 catégories descriptives relatives à l'activité, classées de la plus fréquente à la moins fréquente : la communication (surtout avec les médecins et les pharmaciens), les jugements sur les moments de prise du traitement, le contrôle de la validité et de la pertinence (avant, pendant et après l'administration), l'évaluation des signes et symptômes du patient et ses besoins en traitement, l'évaluation de l'atteinte des objectifs thérapeutiques, l'éducation thérapeutique du patient et de sa famille pour le traitement, la surveillance des effets secondaires, l'anticipation des problèmes dans le décours de son traitement et enfin, l'activité d'administration du traitement par elle-même. Les auteures, à partir de ce tableau descriptif, évoquent la complexité de l'administration sûre d'un traitement qui « est plus qu'un simple processus technique et mécanique » (p. 86). Elles reviennent sur la complexité du processus qui implique des connaissances élaborées sur les médicaments et un haut niveau de raisonnement clinique qui prend en compte le patient, son état, le contexte d'administration, qui mesure l'efficacité et les effets du traitement et

Héparine : surveillance après 4 à 6h lors d'une modification de dose.

l'inscription de cette prise en charge dans le parcours du patient. En conclusion, les auteures insistent sur l'extrême vigilance dans la prévention des risques et la protection du patient. En référence à cet article et aux résultats issus de l'analyse des discours des infirmières de notre enquête, on constate que les connaissances et les craintes au regard de la dangerosité, l'estimation de l'état clinique pour une pathologie associée sont autant de paramètres qui organisent l'activité. Ces paramètres ne sont pas indépendants, l'infirmière fait face à un ensemble complexe de déterminants de son activité pour prendre sa décision, qu'elle veuille la plus appropriée possible, quant à la préparation. Cela traduit une expérience professionnelle construite dans la durée et dans la confrontation aux multiples situations du quotidien. La section suivante développe des exemples issus de notre enquête qui soutiennent cette interprétation.

5.8.2.2.2 L'expérience professionnelle solide de l'échantillon

L'expérience professionnelle moyenne des infirmières de l'échantillon est de 7,5 ans (1,5-24). Leurs connaissances – présentées *supra* – témoignent d'expérience professionnelle déjà solide, nous complétons ce constat par d'autres indicateurs de cette expérience. Elles évoquent leur habitude de travail avec les différents matériels (flacons ou ampoules de médicament, présentations des différents dosages, seringues) et les protocoles de préparation ou habitudes de services. Un exemple avec la noradrénaline :

MF: Là par contre, je pourrais le faire en réa les yeux fermés, on en a tellement l'habitude !

C: ça correspond à un protocole ou c'est l'habitude de service entre collègues ? vous avez décidé de faire ou l'habitude s'est transmise ?

MF: c'est l'habitude du 0,25 mg par mL, du 0,5 mg par mL ou du 1 mg par mL. C'est l'habitude d'avoir du 8 mg dans 4 mL, même si les 4 mL on s'en fiche, mais de 8 mg et donc de travailler qu'avec des multiples de 8. Donc là je fais du 0,5 et je sais que la plus grosse seringue que je peux faire à 0,5 mg par mL c'est de prendre 24 mg dans 48 ça fait 0,5 par mL, c'est comme ça, c'est acté (MF-26-5-F).

Le développement d'habitudes dans l'organisation de son plan de travail et de sa gestuelle est garante de sécurité dans la préparation d'un médicament : « ça crée un confort de pratique qui est appréciable » (PB-27-8-H) ; pour FC-26-4,5-F cela renforce l'hygiène. En cas de perturbation par rapport à une routine de calcul sur un médicament (comme avec la PM d'héparine très précise), les infirmières recherchent des solutions en référence

à leurs habitudes de travail, des stratégies de préparation possibles en référence à leur expérience de différents types de dilutions (MB-26-2,5-H ; NE-39-15-F ; CD-46-24-F).

La bonne connaissance de la manipulation des produits conduit à des gestes qui pallient les contraintes générées par les caractéristiques des médicaments ; citons par exemple l'insuline qui mousse quand on l'aspire et qui nécessite des gestes spécifiques développés avec le temps pour prélever la bonne dose et limiter les difficultés liées à ce bullage (MF-26-5-F).

L'expérience permet aussi à l'infirmière de moduler ses choix en fonction de l'état basal du patient. Le patient qui est stable va se voir appliquer le protocole habituel, mais s'il est instable, une adaptation sera envisagée : diluer davantage le produit, diminuer le débit, etc. voire surseoir à l'injection et consulter le médecin. (LR-32-5-F ; AB-30-7-F ; NE-39-15-F ; OS-38-17-H).

Là, je vérifie mon calcul, pour la noradrénaline j'ai pas fait comme ça, je l'ai fait manuellement ... Ah si, j'ai utilisé la calculette, en fait dans ma tête là, les choses sont simples, c'est-à-dire mon objectif, ce que demande le médecin c'est de mettre de la noradrénaline pour un objectif de pression artérielle moyenne >70 donc je sais déjà pareil que pour des questions de débit et de sécurité par rapport au médicament et pour des questions d'adaptation des doses de façon plus fine, je pars sur du 0,5 mg par ml c'est aussi ce qu'on a, ce qu'on tend à avoir comme habitude de service. Après il faudra que je vérifie quand même que ce qu'elle avait avant puisque c'est un renouvellement de seringue, c'est à la même concentration sinon les conditions de relais un peu plus particulière et va falloir faire attention à ce qui peut y avoir plus de variations hémodynamiques (OS-38-17-H).

La bonne connaissance des matériels et des dispositifs gagnée avec l'expérience permet de prendre une décision quant à la faisabilité d'une préparation : précision de la dose que l'on peut prélever compte tenu des graduations des seringues, précision du débit que l'on peut programmer compte tenu des PSE (réglage au dixième ou au centième de mL en fonction des appareils). C'est ce qui est expliqué par les infirmières concernant notamment l'héparine (MB-26-2,5-H ; MM-23-1,5-F ; CW-25-4-F ; NE-39-15-F).

Le manque d'information d'un patient est repéré par expérience des cas rencontrés et alerte l'infirmière qui va (se) poser des questions pour mieux cerner la situation et engager une recherche d'informations complémentaires : consultation du dossier de soins, histoire médicale du patient (MF-26-5-F ; OS-38-17-H). La même chose se produit si le médicament est peu connu (recours au Vidal®) (MB-26-2,5-H).

Nous signalons ici une première fois un point essentiel qui sera repris ultérieurement. Notre enquête montre que si l'infirmière détecte quelque chose qui n'est pas comme

d'habitude, se déclenche une réaction de doute fondée en partie sur l'expérience. Face à ce doute, elle commence par refaire le calcul seule pour contrôler son raisonnement et son calcul puis, si besoin, elle recourt aux collègues pour vérifier sa procédure et le résultat du calcul, éventuellement encore, un questionnement est renvoyé au médecin : CW-25-4-F ; FC-26-4,5-F ; NE-39-15-F (demande de modification de la PM d'héparine par exemple) ; CD-46-24-F (modification de la PM).

L'expérience professionnelle ne couvre pas toutes les situations et l'infirmière, même expérimentée, peut être malgré tout perturbée par un médicament moins habituel ou nouveau qui va nécessiter une plus grande attention (BRB-30-6-F, ex : chimio) ou par un changement d'environnement professionnel avec des protocoles de dilution différents (stage pour un futur changement de poste aux urgences qui perturbe l'infirmière - BRB-30-6-F). Le fait, pour une infirmière, de ne pas suivre un protocole ou une habitude de service va potentiellement la perturber et risque de perturber aussi le travail des collègues (infirmières ou médecins). (MF-26-5-F ; PB-27-8-H).

Est revenue comme un *leitmotiv*, la référence aux habitudes forgées au fil du temps et de la confrontation à des situations très variées. Les infirmières s'appuient sur ces compétences que l'on pourrait qualifier d'incorporées au sens de Leplat (1997) fondées sur la connaissance de leur environnement professionnel, des protocoles utilisés dans les unités, des matériels à disposition et conduisant à des pratiques organisationnelles habituelles : plan de travail, connaissances des produits (préparation et effets secondaires : risques de bolus, circonstances risquées, etc.). En cas de doute, le contrôle est évoqué, de façon d'abord individuelle et, si celui-ci persiste, auprès des collègues afin de valider le résultat et la préparation. Cette attitude correspond à une « bonne pratique » de sécurité. Les recommandations de bonne pratique de la HAS (2013) mettent en avant la technique de la double vérification ou du double contrôle et l'ANSM (2017) cite cette mesure dans la prévention des risques liés au chlorure de potassium même si, comme nous l'avons précisé plutôt dans notre travail, dans un rapport très documenté de la Sécurité des patients, Suisse (Pfeiffer et al., 2018) pointe une efficacité qui n'a pas été prouvée scientifiquement ainsi que la difficulté de la mise en œuvre de ce type de contrôle à la fois en matière de faisabilité et de compréhension des différentes procédures étiquetées avec le même nom (double contrôle par une même personne, par deux personnes, à des temps différents, etc.).

« L'habitude » est donc une notion qui émerge fortement de l'analyse des discours des infirmières en lien avec la question de leur expérience professionnelle. Nous entendons par habitude(s) ce qui est dépeint par Nagels (2015) : « Le propre du professionnel expérimenté, c'est d'avoir développé des routines, des habitudes, autant de stratégies efficaces qui ne s'encombrent pas de la conscience, au moins jusqu'à un certain point » (p. 4). Dans son article, l'auteur revient sur la notion d'habitude en reprenant les quatre caractéristiques proposées par Dewey (1922) : « 1) l'habitude est acquise dans l'expérience et elle influence l'action, 2) l'habitude est une émergence, elle n'est pas statique mais dynamique, 3) elle est fonctionnelle et 4) elle propose un ordonnancement du monde » (Nagels, 2015, p. 4). Cette description, en lien avec l'action, s'adapte à ce que décrivent les professionnelles de leurs pratiques. Nous attribuons cette notion d'habitude(s) au sujet et nous la rapprochons du premier niveau des activités cognitives basé sur les automatismes (*skill-based level*) décrit par Rasmussen (1986) et explicité par Reason (1993/2013) comme « une activité humaine contrôlée par des configurations mémorisées d'instructions préprogrammées, représentées comme des structures analogiques dans l'espace-temps (par exemple comme le contrôle de la vitesse et de la direction d'un véhicule) » (p. 80). Les normes, ou plutôt dans le champ de la santé les recommandations de bonne pratique, sont définies comme « des propositions développées méthodiquement pour aider le praticien et le patient à rechercher les soins les plus appropriés dans des circonstances cliniques données ». Les recommandations sont un déterminant externe de la tâche, provenant des institutions et qui appellent à suivre un guide de procédures, de pratiques ou de comportements et d'attitudes pour assurer la qualité et la sécurité d'une activité.

En cas de situation inhabituelle, les infirmières parlent d'un retour vers des situations connues, habituelles. Dans leur article sur l'expérience professionnelle, Rogalski et Leplat (2011) reviennent sur ce qui constitue l'expérience et le poids de ce vécu habituel. Ils distinguent deux types d'expérience : la première nommée expérience sédimentée renvoie à « la répétition des tâches au cours de la pratique » et la seconde met l'accent sur « la singularité des situations rencontrées » (Rogalski et Leplat, 2011, p. 5-6). À partir de cette distinction, nous imaginons un différentiel probable entre les jeunes professionnelles, avec une expérience professionnelle parfois réduite à des habitudes locales (un exercice peu diversifié, dans un seul poste de travail) et des professionnelles expérimentées qui s'appuient sur des registres d'expériences sédimentées et épisodiques,

plus large et plus stable. C'est ce qui peut se déduire du groupe d'infirmières de notre recherche qui dégage, pour les plus expérimentées un discours serein, argumenté, en référence à des habitudes, à une expérience professionnelle solide. Nous lions cette expérience à la notion de réflexivité, d'analyse de leurs pratiques dont font montre les infirmières et qui se traduit notamment dans les métaconnaissances.

5.8.2.2.3 Les métaconnaissances

Les connaissances sur les procédures que les infirmières savent mobiliser émergent prioritairement de leur discours ; viennent ensuite les méthodes de travail et, dans une moindre mesure, les activités cognitives. Nous illustrons ces constats par des extraits des discours des infirmières enquêtées.

Une assurance en ses capacités à calculer est énoncée par MF-26-5-F. Elle se dit sûre du résultat, se dit bonne en maths, elle a suivi une filière S. Le même constat est fait par FC-26-4,5-F pour les calculs qu'elle mène de tête. Une infirmière se dit non perturbée par le calcul proposé (dobutamine) « parce que ce calcul-là, je sais le faire » (CDA-29-8,5-F). La même capacité réflexive à évoquer les raisonnements que l'on sait maîtriser est décrite par les infirmières. PB-27-5,5-H est conscient d'un même raisonnement qu'il utilise pour calculer, il rapporte la dose totale à la dose horaire de médicament de façon systématique. La confiance dans le produit en croix pour les calculs professionnels et de la vie courante est évoquée par MB-26-2,5-H. Une infirmière qui mobilise plusieurs stratégies de calculs différents qu'elle dit savoir gérer pour trouver une solution (FL-27-6-F). À l'inverse une infirmière va sécuriser sa pratique en utilisant systématiquement le produit en croix par défaut car elle dit ne pas avoir confiance en ses capacités mathématiques (BRB-30-6-F). NE- 39-15-F s'appuie sur sa capacité à identifier le meilleur compromis dans ses activités cognitives : « le plus simple pour moi » à propos du choix du nombre d'ampoules pour préparer la noradrénaline. Enfin, sur sa capacité à effectuer les calculs à la main, OS-38-17-H précise, par contraste avec l'utilisation systématique de la calculatrice par les étudiants : « Le truc, c'est que le fait de l'écrire, on a le raisonnement qui suit et ça ne tombe pas en panne le papier ! Après je me lance pas dans un calcul compliqué de tête ! ».

Un certain nombre de facteurs limitants ont été exprimés dont les infirmières sont finalement très conscientes. La fatigue qui va perturber l'assurance à calculer « Je me surveille dans ces moments-là, je vais prendre plus de temps » (MF-26-5-F ; FL-27-6-F)

ou une vigilance qui s'instaure avec le constat d'une assurance moindre avec un médicament peu utilisé qui augmente le risque de faire des erreurs en comparaison avec un produit fréquemment utilisé (MM-23-1,5-F). C'est le même raisonnement pour FL-27-6-F avec un produit moins utilisé, elle sécurise sa pratique avec la calculatrice. Une infirmière expérimentée décrit les conditions qu'elle sait nécessaires pour elle, en cas de calcul inhabituel : « alors ne pas être dérangé, pas être en fin de journée et prendre le temps pour ne pas se tromper » CD-46-24-F. Le calcul avec les gammas/kilo/min pour la dobutamine perturbe la tranquillité de préparation habituelle :

On sait que c'est un calcul qui est moins inné à faire justement dans sa tête parce qu'il faut une calculatrice pour avoir un débit donc on sait quand on a un médicament en gammas/kilo/minute, on va pas pouvoir dans la chambre sans calculatrice mettre le débit directement, il va falloir qu'on le pose (CDA-29-8,5-F).

Ces discours révèlent une capacité réflexive des infirmières sur leurs compétences. Nous développons quelques repères théoriques qui indiquent leurs particularités et l'importance de ces instances pour constituer une régulation des activités du sujet.

Le développement de son expertise permet à l'infirmière de construire des connaissances sur elle-même et les procédures qu'elle va pouvoir ou non mobiliser dans les différentes situations auxquelles elle est confrontée. Cette connaissance sur les connaissances et les compétences est souvent dénommée métacompétence. Pour Leplat (1997) cette notion appartient au domaine de la métacognition. Il cite Cartier et Lautrey (1992) qui en proposent une définition : « le terme de métacognition est généralement utilisé pour désigner la connaissance et le contrôle qu'un système cognitif peut avoir de lui-même et de son propre fonctionnement » (Leplat, 1997, p. 41). Les métacompétences, pour Leplat, englobent à la fois la métacognition et les métaconnaissances dans la mesure « où la cognition et les connaissances ont un caractère opératif (ou opérationnel), c'est-à-dire qu'elles sont directement impliquées dans l'activité mise en jeu pour l'exécution de la tâche » (p. 41).

Il emprunte à Valot, Grau et Amalberti (1993) les distinctions qu'ils font sur trois niveaux de métacompétences :

- les connaissances de ses propres activités cognitives, par exemple connaissance du nombre de paramètres que l'opérateur peut contrôler, du temps ou des conditions dans lesquelles il peut travailler sans erreur, etc. ;

- les connaissances de ses propres méthodes de travail (heuristiques, stratégies, etc.) et des critères qui font choisir l'une ou l'autre ;
- les connaissances des procédures qu'il est susceptible de mettre en œuvre: l'opérateur sait qu'il peut faire telle ou telle manœuvre dans telle circonstance.

Dans notre échantillon, les infirmières ont fait ressortir principalement leur repérage des méthodes de travail et des connaissances des procédures. Le repérage des activités cognitives est moins prégnant.

Dans son ouvrage sur « La conduite des systèmes à risques », Amalberti (2001b) a précisé le rôle que jouent les métacompétences et les mécanismes qu'elles induisent, qu'il définit comme la « protection contre ses propres erreurs » (p. 166). La notion de confiance en soi est mise en lien avec les métacompétences et la capacité à se réguler soi-même, en tant que sujet, dans une activité. Ce ne sont pas les connaissances de la gestion de la tâche ou de la conduite du système qui sont sollicitées dans cette activité cognitive. Il s'agit selon l'auteur :

De se surveiller soi-même dans la réalisation des raisonnements et des actions (contrôle égocentré) et de surveiller la qualité de fonctionnement et la fiabilité des intermédiaires graphiques qui servent à la conduite, sans quoi le risque de travailler sur des informations fausses pourrait être rapidement dramatique (contrôle exocentré) (Amalberti, 2001, p. 166).

Ce point important sera repris plus tard dans notre travail, notamment dans la section consacrée aux erreurs de calculs de doses. Nous nous attardons à présent sur les raisonnements mathématiques utilisés par les infirmières et les sources de difficultés rencontrées dans l'activité.

5.8.2.2.4 Aisance et raisonnements

Les raisonnements mathématiques sous-tendent les calculs que les infirmières déclarent faire de tête pour les doses standards alors que pour les autres, les calculs sont posés sur les tableaux blancs des chambres, sur une feuille de papier ou le plus souvent sur la calculatrice.

5.8.2.2.4.1 Comment se font les calculs ?

Nous citons plusieurs exemples qui illustrent les raisons pour lesquelles les calculs de doses habituels sont faits de tête en service.

Un infirmier dit faire les calculs de tête (PB-27-5,5-H) : « Souvent on est amené à faire du 1 dans 1 en réanimation donc ce sont des calculs extrêmement faciles qui ne sont pas posés. Ce sont des préparations très fréquentes ». Une autre infirmière donne des informations sur le type de raisonnements sous-jacents aux calculs qu'elle fait de tête : « Peu de médicaments pour lesquels il faut calculer car on fait une dilution 1 dans 1, 5 dans 5 ou 50 dans 50 donc ça se fait de tête, ce sont des multiples simples » (FC-26-4,5- F).

Des nuances sont introduites par une infirmière et un infirmier parmi les plus anciens de notre échantillon :

CD : (elle commente le film) je compte sur mes doigts (rire), je suis très scolaire.

C : d'habitude quand vous calculez, vous calculez de tête ?

CD : de tête ce qui est simple sinon sur le papier, j'évite la calculatrice pour essayer de faire travailler mon cerveau donc j'ai un tableau Velléda dans la chambre et donc je pose dessus (CD-46-24-F).

En cas de difficulté, la calculatrice est utilisée pour contrôler, mais sans nous dire si c'est le résultat et/ou le raisonnement qui le sont. L'infirmier a le même type de but personnel, il fait les calculs simples de tête et utilise la calculatrice pour les plus difficiles. Il essaie de faire du calcul mental car il aime cela (entraîné à l'IFSI sans calculatrice) : « ça m'arrive, en fait assez régulièrement je m'entraîne, je m'astreins à essayer de calculer des choses mentalement pour pouvoir garder la compétence à raisonner dans une situation d'urgence, en fait » (OS-38-17-H)

L'usage de la calculatrice est justifié par une infirmière, « parfois c'est pour confirmer mon calcul de tête, pour faire une vérification, un double calcul. D'autres fois, c'est pour poser d'emblée ». Elle poursuit sur ces motifs d'utilisation : « Je pose énormément quand même. Je suis quelqu'un de très visuel et j'ai besoin de voir noir sur blanc ce que je fais » (LR-32-5-F). Parfois c'est l'absence de protocole qui justifie le recours à la calculatrice (MB-26-2,5-H).

Ces propos confirment ce que nous avons constaté chez les infirmières interrogées dans notre recherche de master 1 (Benlahouès, 2011, non publié) : les infirmières de réanimation calculaient de tête et recouraient à la calculatrice uniquement pour les calculs complexes. Dans la poursuite de notre recherche en master 2 (Benlahouès, 2012, non publié) sur un échantillon de huit infirmières généralistes, six d'entre elles calculaient

également de tête, ou avec une calculatrice, comme le dit une des infirmières ci-dessus, lorsqu'il y a un doute. Cette capacité à calculer de tête est facilitée par la récurrence de certaines doses de médicaments, par des dosages qui peuvent rendre le calcul mental plus aisé (ampoule de morphine 10 mg/1 mL pour une PM de 20 mg/24 h). L'utilisation de la calculatrice permet d'effectuer des calculs peu aisés à effectuer mentalement, elle permet aussi de « poser son raisonnement ». Il s'agit dans ce cas de garder la main sur la situation et d'apporter de la sécurité dans la procédure grâce à la confiance placée dans cet outil.

Après avoir observé les façons d'effectuer les calculs, nous voyons maintenant les stratégies mises en œuvre par les infirmières dans ces calculs de proportionnalité.

5.8.2.2.4.2 Produit en croix : utilisation et apprentissage

La stratégie privilégiée est celle du produit en croix parmi les infirmières qui se sont exprimées sur ce sujet. Deux personnes plus particulièrement précisent qu'elles l'ont redécouverte en IFSI après une période où elles ne l'avaient plus utilisée dans leurs études (MB-26-2,5-H ; FL-27-6-F). La dernière infirmière explique qu'elle a réappris le produit en croix et les divisions à l'IFSI avec un professeur de mathématiques. Les autres signalent le produit en croix enseigné à l'école primaire puis au collège et utilisé à l'IFSI (CW- 25-4-F ; LR-32-5-F ; BRB-30-6-F ; NE-39-15-F ; CDA-29-8,5-F).

La prescription de cette procédure par les formatrices apparaît dans les commentaires de l'échantillon. MB-26-2,5-H mentionne que c'est le seul raisonnement qu'on lui a proposé à l'IFSI. Pour les autres, une plus grande liberté a existé pendant leur formation sur le choix du raisonnement proportionnel (CW-25-4-F). C'est la même chose pour FC-26-4,5-F qui précise que selon l'IFSI, c'était la façon la plus logique d'arriver à une réponse. Elle parle de raisonnement classique. Enfin des recommandations fortes d'y recourir sont évoquées : « il n'était pas exclu de faire autre chose, mais le produit en croix était fortement conseillé » (LR-32-5-F).

Les raisons de recourir au produit en croix sont multiples et les infirmières ont justifié leur point de vue. Les deux arguments majeurs sont sa simplicité d'usage et la sécurisation annoncée pour le calcul. « J'ai redécouvert en fait le produit en croix qu'on faisait en primaire, qu'on utilisait et qu'en fait, maintenant j'utilise beaucoup plus, même dans ma vie courante, parce que c'est quelque chose que je trouve simple, faisable rapidement et transposable » (MB-26-2,5-H). « C'est clair, c'est simple et ça me sécurise en fait » (BRB-

30-6-F). CW-25-4-F n'utilise que ce raisonnement qu'elle dit adaptable à tous les calculs. Une autre infirmière ne souhaite pas changer de stratégie car « c'est clair pour moi » (CDA-29-8,5-F) ou encore un infirmier qui utilise le produit en croix, en posant son calcul pour le contrôler » (HB-27-3-F).

Une infirmière seulement a expliqué en détail sa compréhension des valeurs et/ou des grandeurs en jeu dans sa façon d'utiliser le produit en croix :

Oui parce que j'ai toujours mes trois données qui sont fixes en fait. Ça c'est fixe, on ne peut pas me le changer, c'est comme ça et c'est pas autrement. La seule valeur qui va être modifiée, c'est celle que je vais trouver par mon produit en croix et qui va me permettre d'être sûre de ce que c'est. Ça va pas être bon bah je pense que si je fais ça et ça, ça va me donner un chiffre qui va être cohérent (CW-25-4-F).

Dans le discours, les infirmières ne différencient pas nécessairement les méthodes. À propos du produit en croix et de la règle de trois : « on peut appeler ça par différents noms » (LR-32-5-F). NE-39-15-F évoque les deux sans distinction et après explication avec le chercheur reconnaît la règle de trois qui a été enseignée à ses enfants. Enfin, une infirmière parle de produit en croix, mais son explication décrit plutôt un retour à l'unité ou une règle de trois (FC-26-4,5-F).

Huit infirmières de l'échantillon se sont exprimées sur la stratégie de calcul. La méthode du produit en croix a été apprise en primaire parfois remobilisée au collège. C'est essentiellement à l'IFSI que les infirmières l'ont retrouvée, proposée par les formateurs. L'utilisation du produit en croix a été fortement recommandée pour quatre professionnelles ; trois précisent qu'il y avait la possibilité d'utiliser la stratégie de son choix pendant la formation ; la dernière que le choix était libre mais le produit en croix était fortement recommandé.

Les calculs sont faits habituellement de tête mais en cas de doute, ils sont posés et résolus par l'intermédiaire du produit en croix.

On retrouve, dans les propos des infirmières, des données que l'on peut rapprocher de celles publiées par Roditi (2012) sur l'aspect prescripteur de la formation quant à l'utilisation du produit en croix comme méthode systématique. Roditi (2012) a pu montrer que :

- pendant la formation des méthodes variées de raisonnements proportionnels présentes en 1^{re} année disparaissaient progressivement au profit quasi-exclusif pour certaines du produit en croix en 3^e année ;

- cette utilisation n'améliorait pas les résultats aux évaluations des étudiants.

L'analyse didactique montre que les produits en croix donnent des résultats arithmétiques sans permettre au sujet de conserver le sens des calculs effectués. Par ailleurs, dans sa recherche sur les copies d'évaluation des étudiantes en soins infirmiers, Roditi (2012) signalait l'utilisation récurrente du produit en croix alors même qu'une simple multiplication ou division suffisait.

Certains IFSI font ou ont pu faire appel à des professeurs de mathématiques pour enseigner les calculs de doses ou pour des travaux préliminaires de remise à niveau des étudiantes en début de formation, avant de s'engager dans l'apprentissage des calculs de doses. Nous ne sommes pas en capacité d'en présenter de résultats car il n'existe pas de travaux sur l'efficacité de ces choix pédagogiques.

Des difficultés résiduelles sont rencontrées par les infirmières qui les ont exprimées dans les entretiens et que nous présentons ci-après.

5.8.2.2.4.3 – Les sources de difficulté dans le raisonnement

Les mathématiques sous-jacentes aux raisonnements ont été explicitées dans le cadre théorique, dans la section sur la didactique des mathématiques et dans la problématique, en distinguant les procédures (les produits en croix mais aussi les procédures analogiques et fonctionnelles) et les concepts (débit, concentration notamment en distinguant masse et volume). À partir de ces références, nous explorons dans le discours des praticiennes des sources et des causes de difficultés qu'elles évoquent dans l'exercice professionnel. Nous avons fait le choix d'exposer les situations sous formes de synthèses alimentées par des exemples pour illustrer le commentaire avant une discussion en fin de section.

L'anxiété ou la peur liée aux mathématiques

Une infirmière a obtenu un bac scientifique mais trouve les mathématiques anxiogènes. Elle se dit avoir été stressée par les calculs pendant toute sa formation, mais après un stage en réanimation elle change d'opinion car elle a trouvé un environnement sécurisant : outils de surveillance des patients, présence permanente des médecins et ressources des collègues « car jamais seule en réa ». Aujourd'hui, elle gère ce stress avec le soutien des collègues auprès de qui elle fait contrôler ses calculs. Après 6 années en réanimation, elle va changer pour prendre un poste aux Urgences (BRB-30-6-F).

CD-46-24-F est une infirmière expérimentée qui forme et encadre (rôle de tuteur en unité de soins) les nouvelles arrivantes, les collègues novices et les étudiantes en soins infirmiers.

La double concentration est vécue comme anxiogène par certains infirmiers de ce service parce que quand on fait de la double concentration, si on est à 10 cc heure et il va falloir expliquer que du coup, pour qu'il y ait moins de changements de seringues et moins d'augmentation de tension, on fait de la double concentration. Et je n'ai pas trouvé un autre mot à la place et pourtant il veut dire ce qu'il veut dire (CD-46-24-F).

Elle explique que cela est surtout vrai avec la noradrénaline, un médicament vécu comme dangereux pour beaucoup de soignantes de réanimation/soins intensifs. La présentation du médicament est un peu inhabituelle avec un dosage de 8 mg dans 4 mL qui conduit à d'autres rapports que ceux des dosages plus traditionnelles 1 mg dans 1 mL, 1 mg dans 10 mL ou 100 mg dans 10 mL par exemple.

La fatigue du travail de nuit comme facteur de risque d'erreur

Deux infirmières, qui se décrivent comme manquant de confiance en elle, exposent une difficulté de concentration en fin de nuit liée à la fatigue et une majoration du risque d'erreur. De ce fait, elles multiplient les vérifications quand elles ressentent cet état (lecture de la PM à plusieurs reprises, idem pour le dosage du flacon et organisation de la préparation rigoureuse en sortant et revérifiant tout le matériel avant de débiter la mise en œuvre) (MM-23-1,5-F ; FL-27-6-F).

Manque de confiance et culture de la sécurité

Un infirmier, jeune diplômé, précise qu'il va contrôler plus volontiers son calcul s'il a l'impression de faire les choses en mode automatique, afin de vérifier qu'il n'y a pas de problème. Il exprime l'idée que sa jeune expérience (manque d'assurance sur certaines préparations), mais une certaine culture de la sécurité (travaillée dans la formation) peut expliquer cela (MB-26-2,5-H).

Une infirmière, jeune diplômée également, exprime un manque de confiance lié à son peu d'expérience qui la conduit à contrôler régulièrement ses calculs de doses et ses préparations médicamenteuses notamment pour la dobutamine qui est un médicament qu'elle craint alors même qu'elle dispose d'outils dans son unité (échelle de dilution, calculatrice) pour la préparation (MM-23-1,5-F).

Une infirmière se dit de moins en moins craintive avec le chlorure de potassium mais reste vigilante notamment en cas de fatigue. Ce stress avec le chlorure de potassium date de sa formation initiale, pendant laquelle un étudiant a entraîné la mort accidentelle d'un patient à cause de ce médicament. À la suite de cet incident, les formatrices ont beaucoup insisté sur la dangerosité auprès des étudiantes, et elle est restée marquée par l'événement. Elle précise que de façon générale, en cas de fatigue pour éviter une erreur, elle va facilement voir ses collègues pour un double contrôle (FL-27-6-F).

Difficultés avec les pourcentages, certaines unités de mesure et les nombres décimaux

Une infirmière, tutrice, (CD-46-24-F) évoque la difficulté de certaines infirmières avec les pourcentages. Elle évoque la Xylocaïne^{®175} à 1% ou 2 %. Certaines infirmières de son unité rencontrent des difficultés pour gérer cette information et réfléchir à la préparation alors qu'elle n'est pas nécessairement utile puisque la concentration est également exprimée sur l'étiquette en mg/mL (ex. Xylocaïne[®] 1% - 10 mg/mL - flacon de 20 mL).

Pour MM-23-1,5-F, jeune diplômée, la dobutamine et les calculs en gamma/kilo/min¹⁷⁶ l'ont mise en difficulté au début de sa carrière. Elle avait du mal à appréhender l'unité, à bien faire le calcul. Aujourd'hui, elle gère cette préparation mais toujours avec une attention importante. Elle cite par contraste le chlorure de potassium qui s'exprime en grammes avec un ordre de grandeur plus facile à apprécier que les gammas/kilo/min.

Les UI pour l'héparine ou l'insuline sont vues comme une unité qu'elle n'essaie pas de convertir alors qu'elle essaie de le faire avec les gammas vers les milligrammes. Les UI sont une unité simple à « manipuler » pour FL-27-6-F.

CW-25-4-F n'est gênée par les UI, une unité qu'elle dit avoir apprise dès l'entrée à l'IFSI. Par contre, elle n'a aucune habitude des gammas/kilo/min. Elle pense que ça peut mettre en difficulté de prescrire en gammas/kilo/min. Elle utilise au quotidien un tableau de dilution pour la dobutamine, où apparaît cette unité, mais qui ne nécessite pas de l'utiliser. La noradrénaline dans son service est prescrite en mg. Elle précise que dans son

¹⁷⁵ La Xylocaïne[®] est le nom commercial de la lidocaïne, médicament utilisé notamment pour faire des anesthésies locales. Par voie intraveineuse il a été employé comme anti-arythmique mais il est aujourd'hui remplacé par d'autres moyens.

¹⁷⁶ Nous écrivons gammas/kilo/min comme l'unité est formulée par les infirmières.

environnement professionnel, les autres services de réanimations/soins intensifs avec lesquels son service travaille ainsi que le SAMU travaille avec les mg/h.

L'infirmière tutrice, CD-46-24-F dit qu'il est compliqué de comprendre ce qu'est un gamma et notamment pour les étudiantes. Elle poursuit en précisant que l'on parle de gammas au quotidien alors que l'unité s'écrit microgrammes/kilo/min donc c'est moins facile.

OS-38-17-H considère les gammas/kilo/min comme une source potentielle de problème. Selon lui, c'est peu enseigné en formation initiale et l'on est peu habitué à réfléchir dose par kilo par minute. « Pour la dobu, c'est toujours un calcul, dès que ce sont des $\mu\text{g}/\text{kilo}/\text{min}$, dans la tête ça fait houla !! ». L'explication est rapprochée au fait de ne pas l'utiliser au quotidien. Il existe une prescription informatisée dans le service qui prend en charge le calcul.

C'est une réaction assez proche pour HB-27-3-H, pour qui les gammas/kilo/min sont une unité avec laquelle il dit être moins habitué que les μg par mL ou les mg par mL donc il est amené à davantage vérifier son calcul.

Une troisième source de difficultés avec les mathématiques concerne les nombres décimaux qui conduit à éviter les décimales. « Les chiffres ronds c'est encore mieux, c'est encore plus simple » (MM-23-1,5-F). Une autre infirmière exprime la même idée, à propos de la morphine qu'elle a préparé de la façon suivante 20 mg dans 20 mL, elle précise : « c'est des dosages qui sont ronds, c'est facile la concentration que l'on a à la fin, on n'a pas de problème sur ça je trouve. Comme ça, on a un débit correct » (CW-25-4-F).

Une PM de chlorure de potassium de 1 g ou 2 g est adaptée au dosage des ampoules à 10 % (1 g pour 10 mL), mais des infirmières demandent qu'elle soit modifiée en une PM de 1,5 g ou 3 g si elles ne disposent que d'ampoules à 15 % (1,5 g pour 10 mL). Cela permet de ne pas avoir à gérer des décimales et de prélever le contenu total de l'ampoule. L'infirmière explique en supplément que « l'on n'est pas à 0,5 g près car les patients qui sont rechargés en potassium nécessitent le plus souvent des doses importantes » (MM-23-1,5-F).

Ces propos rapportés ou synthétisés concernent particulièrement les jeunes professionnelles entre 1,5 et 4 ans d'expérience. L'infirmière tutrice parle des difficultés

des jeunes diplômées ou des nouvelles arrivantes qui découvrent l'univers de la réanimation et des soins intensifs.

On retrouve dans ces propos des sources de difficultés variées et déjà identifiées dans la littérature. Le manque de confiance en soi et/ou en ses capacités en mathématiques se manifestent par :

- un stress lié aux calculs qui va générer le besoin de contrôler plus souvent sa préparation, son calcul voire de se faire contrôler par les collègues (Wright, 2012 ; Sécurité des patients - Suisse (Pfeiffer et al., 2018).

- un stress lié à l'utilisation d'un médicament (chlorure de potassium) relié à une histoire traumatisante dans son parcours de formation initiale pour une infirmière qui la conduit à être plus vigilante avec ce produit. Cela peut-être plus généralement la peur de l'erreur évoquée plus tôt par les infirmières lors de la manipulation de médicaments à risque.

La question de la confiance en soi est étroitement liée à celle des métaconnaissances et de la capacité à identifier ses compétences et, en même temps ses limites. Un manque de confiance en soi, qu'il soit lié à une personnalité moins assurée ou des connaissances mathématiques ressenties comme peu solides paraît inquiétant dans un domaine critique comme celui de la réanimation/soins intensifs. Rappelons que les propos évoqués ci-dessus concernent majoritairement les jeunes diplômées, celles pour lesquelles l'expérience professionnelle ne permet peut-être pas encore d'avoir une confiance en soi suffisamment solide. Toutefois, en contre-point de cette inquiétude, on constate une sursécurisation des pratiques qui entraîne des vérifications supplémentaires, qui finalement accroissent la sécurité. De façon presque contre-intuitive, le manque de confiance des professionnelles et la conscience qu'elles en ont les protègent de potentielles erreurs (Amalberti, 2001).

La métaconnaissance est encore plus importante que l'expérience dans la prise de risque acceptée, parce qu'elle protège le système en n'acceptant que les risques potentiellement maîtrisés. Mais elle est encore plus utile quand l'expérience est faible, car dans ce cas, il faut encore plus encadrer les risques pris et guider la situation pour maintenir les exigences de la situation conformes aux savoir-faire (limités) du débutant (p. 187).

Dans notre expérimentation, rappelons que les infirmières qualifiées de jeunes diplômées ne sont pas des débutantes, leurs expériences professionnelles vont de 1,5 an à 3 ou 4 ans.

La fatigue a été évoquée seulement par deux infirmières et à chaque fois en lien avec le travail de nuit qui provoque des problèmes de fixation de l'attention pour les calculs à effectuer, surtout en fin de nuit. Cela dérègle la sérénité d'une pratique habituelle et entraîne de ce fait plus de vérifications du calcul et de la préparation, voire un contrôle extérieur auprès des collègues. Le travail de nuit entraîne des risques sur la santé et une baisse des performances cognitives (mémoire, langage) (INRS¹⁷⁷, 2020). Les troubles de l'attention liés à la fatigue vont se manifester par des accès de sommeil (« coups de barre »), la difficulté à se concentrer et donc à effectuer des tâches nécessitant des ressources cognitives importantes à un moment où les solliciter est difficile. Les propos des infirmières nous ont conduit à chercher dans la littérature scientifique si un lien était établi entre la fatigue, le stress et l'erreur médicamenteuse. Un certain nombre de références citent le stress et la fatigue comme facteurs de risques et s'arrêtent au fait de mettre en place un management qui prenne en compte ces deux facteurs humains (Dufay et al., 2009). Une publication fournit quelques chiffres pour étayer notre interrogation. Bernheim, Schmitt et Dufay (2005) ont analysé 458 notifications sur les erreurs médicamenteuses pour identifier les conditions de survenue, les types d'erreurs médicamenteuses, les causes et les facteurs contributifs. Ils rapportent 10 erreurs médicamenteuses liées au calcul, 14 dues à la fatigue et 13 dues au stress, mais l'article n'a pas recherché de corrélation entre ces facteurs. Finalement, très peu d'éléments objectifs permettent de répondre à notre question, même si l'on ne peut pas exclure totalement l'impact de ces facteurs dans un risque d'erreur. Une piste intéressante malgré tout rejoint notre explication sur le manque de confiance : la conscience de ne pas avoir toutes ses ressources disponibles à un instant *t*, engage des vérifications plus importantes et prévient peut-être de ce fait certaines erreurs. Amalberti (2001) explique que le réglage du compromis cognitif va intervenir pour mettre en place des mécanismes de contrôle aussi bien pour le stress « le compromis se déplace vers un accroissement de la protection des risques externes avec une consommation intensive des ressources » (p. 190) que pour la fatigue, « ce sentiment amène l'opérateur à réduire au minimum le niveau de performance visé pour que le résultat soit acceptable » (p. 190).

¹⁷⁷ L'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS).

<http://www.inrs.fr/risques/travail-de-nuit-et-travail-poste/effets-sur-la-sante-et-accidents.html>

Des difficultés avec les notions mathématiques sont citées par les infirmières. La double concentration semble constituer une difficulté récurrente dans les déclarations de l'infirmière CD-46-24-F chargée de la formation dans son unité. Pour elle, les règles sur la proportionnalité ne sont pas sûres pour les étudiantes et certaines infirmières. Derrière une inquiétude qu'elle décrit, on semble deviner des infirmières peu expérimentées qui peinent à tenir un raisonnement du type : si je double la concentration de la solution, à débit constant, alors j'ai deux fois plus de médicament administré au patient ; en divisant le débit par deux, je récupère la dose prescrite et cela me permet de renouveler deux fois moins souvent les seringues quand un patient consomme des doses importantes d'un médicament donné.

Ce que décrit cette infirmière, plutôt qu'un manque de connaissances sur la proportionnalité nous évoque plutôt un manque de connaissance des concepts de concentration et de débit. Le lien avec la proportionnalité est toutefois qu'il s'agit là de deux grandeurs quotient.

En ce qui concerne les pourcentages, là encore, il existe une certaine inquiétude chez certaines infirmières. Dans le cas cité précédemment, une possible explication apparaît lorsqu'elle explicite la difficulté en précisant que les infirmières se questionnent avec le médicament dont le dosage est exprimé en %. Elle précise que la concentration est également exprimée en mg par mL, il y aurait donc davantage une difficulté de repérage des informations pertinentes pour résoudre le problème et donc une représentation inadéquate. Cette hypothèse étant émise, il ne faut pas négliger que les professionnelles cherchent sans doute à faire le lien entre l'indication 10 % et l'indication 1 g pour 10 mL (qui n'est pas exactement 10 g pour 100 mL). Dans un article consacré à l'analyse des pratiques pédagogiques sur l'application des prescriptions médicales en IFSI, Baranne et Lesecq (2009) reviennent sur la question de l'apparence du problème et les concepts de « structure profonde (plan logique, rationnel, opératoire) et structure de surface (plan de présentation du problème) » (p. 44). Dans l'exemple précédent, il s'agirait d'une difficulté liée à un problème de surface.

Une citation extraite du journal *Le Parisien* illustre cette difficulté. « Surdose fatale de morphine : prison avec sursis pour le médecin et l'infirmier » (28 janvier 2008).

L'infirmier, un intérimaire, a voulu administrer des cachets anti-douleur prescrits par l'anesthésiste, mais craignant que l'enfant nauséux ne vomisse le produit, il a

envisagé une injection et demandé conseil à l'anesthésiste par téléphone, qui a prescrit oralement et non par écrit l'administration de 5 milligrammes de morphine. Mais l'infirmier ne disposait que d'ampoules étiquetées en pourcentage, et après une conversion erronée, il a injecté dix fois la dose prescrite.

Dans un article intitulé « Quelle est votre définition de "pourcentage" ? Proposition pour l'enseignement », Fine (2013) débute sa publication en citant des exemples d'hommes politiques en difficultés avec la règle de trois, les pourcentages ou même les multiplications lors d'interviews. La principale explication que l'auteure y voit, en citant un article au titre évocateur « Mathématiques et économie : je t'aime moi non plus » de Bonneval (2003), est que cette notion est mal enseignée et que le vocabulaire employé entretient souvent des confusions à l'origine des difficultés dans l'enseignement avec des conséquences pour les enfants et pour les adultes également. Sans doute une telle question, qui sort du cadre de notre recherche, mériterait d'être approfondie : attribuer un défaut d'apprentissage à l'apprenant seul ou à l'enseignement seul est souvent réducteur de la complexité de la relation enseignement-apprentissage.

Les infirmières ont largement commenté l'unité $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ qui leur apparaît compliquée car elle intègre plusieurs grandeurs et une unité de mesure de masse peu habituelle. Dans les calculs, lorsque le poids intervient et que l'unité de mesure du temps est l'heure, les gammas deviennent des mg. Et c'est avec des doses en mg que les infirmières retrouvent leurs moyens de contrôle, ayant un ordre de grandeur plus habituel à considérer (MM-23-1,5-F). Sans doute le fait que l'unité *gamma* n'est pas enseignée contribue à la redouter, sans doute également le lien entre micro et milli n'est-il pas très assuré, ce qui correspond à un déficit de connaissances des conversions d'unités et donc, en référence à l'article de Baranne et Lesecq (2009), à une difficulté liée à la structure profonde du problème.

Les unités internationales¹⁷⁸ (UI) sont particulières également par leur rareté comme par leur notation symbolique, mais dans la mesure où elles sont travaillées dès le début de la formation, une familiarité importante se construit par les professionnelles qui précisent ne pas être gênées par cette unité dans leur exercice quotidien. Sur le plan conceptuel, il est aussi à noter que les UI peuvent être simplement pensées comme des unités.

¹⁷⁸ Les unités internationales sont une unité de mesure de la masse d'une substance pharmacologique.

Enfin, les infirmières indiquent leur recherche de « chiffres ronds », leur volonté de travailler avec des entiers plutôt qu'avec des décimaux pour calculer mentalement. En didactique des mathématiques, les difficultés des élèves dans l'apprentissage des décimaux a été beaucoup étudiée. Les propos des infirmières indiquent toutefois une difficulté spécifique, professionnelle, qui tient à l'aspect technique de prélèvement de faibles volumes. Le manque de connaissance des décimaux dans des activités de calcul mental apparaît également, et les études dans le champ de la santé qui rapportent des erreurs de calculs signalent souvent des problèmes de positionnement de virgule dans le calcul de doses d'une prescription pour des médecins (Gouyon et al., 2012) et pour des préparations médicamenteuses injectables pour des infirmières (NPSA, 2009 ; Wright, 2012).

Dans un premier temps de ce chapitre, nous nous sommes concentré sur la recherche d'invariants de l'activité que nous avons nommés déterminants à la suite de Rogalski (2003), et qui l'organisent. Nous avons présenté les déterminants de la situation relativement à la tâche d'une part et au contexte de sa réalisation d'autre part. Dans un deuxième temps, nous avons détaillé les déterminants liés au sujet. Nous parvenons maintenant à ce que Pastré (2007) décrit comme l'organisateur principal de l'activité, « le couplage entre un sujet et une situation. Le sujet retient de la situation les dimensions qui vont orienter son action : c'est en ce sens qu'il conceptualise la situation » (p. 82).

5.8.2.3 La préparation de l'activité : le couplage situation – sujet

Le couplage situation-sujet se caractérise par l'identification dans les situations des dimensions qui rendent l'action efficace. Nous faisons état dans les paragraphes suivants, de la nature de ces informations relativement à la situation puis relativement au sujet. Dans cette section, notre volonté de catégoriser conduit à quelques répétitions du fait de la complexité des couplages. Il nous est apparu difficile d'éviter cet inconvénient. De la même façon, pour rendre lisible les analyses, elles sont données à la suite des exemples présentés. Une synthèse est proposée en fin de paragraphe.

5.8.2.3.1 Le couplage et le raisonnement : prises d'informations pertinentes pour l'action

5.8.2.3.1.1 – Les informations relatives au contexte : matériel, service, patient

Le raisonnement conditionné par le nombre d'ampoules

Le matériel à disposition a déjà été évoqué comme un déterminant du contexte (cf. *supra*), nous revenons sur ce facteur à partir des activités réalisées dans les situations de simulation afin de mettre au jour les arguments qui expliquent leurs choix.

C'est principalement sur la préparation de la morphine que les infirmières ont évoqué le besoin de disposer de plus d'ampoules pour préparer la seringue. Deux ampoules (20 mg pour une PM de 2 mg/h) étaient disponibles sur la paillasse. À la question portant sur leurs choix, trois infirmières déclarent qu'elles auraient augmenté la quantité de morphine dans la seringue pour la faire durer plus longtemps ou pour anticiper une augmentation de la dose au regard de la situation clinique de la patiente très douloureuse (MF-26-5-F ; BRB-30-6-F ; NE-39-15-F ; CDA-29-8,5-F). Une jeune infirmière précise qu'elle a choisi les deux ampoules pour faire durer la seringue (CW-25-4-F).

Deux types de couplage émergent pour la préparation de la morphine : trois infirmières plus expérimentées optent d'emblée sur une seringue plus importante en anticipant une évolution de la situation. Les autres infirmières n'argumentent pas sur cette nécessité et préparent la seringue avec les ampoules disponibles.

Le raisonnement qui prend en compte la seringue précédente (dose et débit)

Pour la noradrénaline, le cas clinique précisait qu'il fallait renouveler la seringue. Pour deux infirmières, le choix de dilution de la nouvelle seringue est dépendant de la précédente. Elles souhaitent garder la même concentration et la même préparation de seringue pour éviter d'avoir des variations de débit. La justification s'appuie sur le fait que le prolongateur qui relie la seringue au dispositif de perfusion du patient contient une concentration de noradrénaline sur laquelle elles ne peuvent intervenir et qu'elles ne souhaitent par conséquent pas modifier le débit du PSE au risque de créer un éventuel bolus et une instabilité hémodynamique (LR-32-5-F ; FC-26-4,5-F).

Le raisonnement qui prend en compte le contexte clinique du patient

La prise en compte du contexte médical des patients a suscité davantage d'expression de la part des infirmières. Cinq situations cliniques ont été commentées et nous ont permis de caractériser des couplages situation-sujet.

Pour la préparation de la seringue d'insuline, une infirmière justifie le choix de sa dilution au regard du contexte médical de la patiente, elle décide d'observer ses besoins en insuline avant de prendre une éventuelle décision de modification. « On débute quelque chose de standard, après c'est un diabète de type 1 déséquilibré à cause d'un choc septique, donc on peut dire que ça peut être long et donc ça influe beaucoup sur la glycémie » (MM-23-1,5-F). Une autre infirmière préfère préparer une seringue qui va avoir une durée importante (AB-30-7-F). Dans ces deux situations, les infirmières préparent la même seringue de 50 UI dans 50 mL.

Au contraire, la possibilité de diminuer est évoquée par une autre infirmière qu'elle argumente comme suit : « Avec une PM à 2 UI/h on peut diminuer, donc je reste sur une seringue de 50 UI dans 50 mL pour ne pas avoir un débit trop faible, si j'avais choisi une l'option double concentration soit 100 UI/50 mL » (FC-26-4,5-F).

Pour l'insuline, l'argumentation oppose le regard clinique (décision de préparer une seringue standard et d'adapter ultérieurement si nécessaire) de deux infirmières sur les besoins en médicament d'une patiente qui présente un diabète déséquilibré, requérant de l'insuline, face à une considération d'abord technique d'une troisième infirmière qui justifie son choix : « si on double la concentration 100 UI/mL et la patiente a besoin de moins d'insuline, le débit programmé sera faible ». On constate l'écart entre ces deux couplages qui montrent comment chacune oriente son action pour une même situation.

Pour la noradrénaline, on retrouve cette même opposition de couplage situation-sujet fondée d'un côté sur les aspects techniques et de l'autre sur une analyse clinique poussée. Nous notons que c'est une jeune infirmière (CW-25-4-F) qui raisonne sur la durée plus ou moins adaptée de la seringue alors que c'est un infirmier expérimenté (OS-38-17-H) qui s'appuie sur une analyse élaborée au plan clinique de la situation.

Pour la morphine, trois infirmières précisent l'option qu'elles ont envisagée. Si c'est un début de traitement, la seringue débute sur une quantité de médicament qui couvre une durée suffisante pour observer l'évolution de la situation à savoir 10h puisqu'elles préparent 20 mg dans 20 mL à débit 2 mg/h (PM). Si la dose administrée à la patiente augmente avec une évaluation de la douleur qui ne diminue pas, alors une modification pourra être faite en fonction de ce paramètre (CW-25-4-F ; AB-30-7-F ; BRB-30-6-F).

L'analyse de la situation de la patiente en « fin de vie » entraîne une décision de modification de la durée de la seringue plutôt que de la concentration pour trois infirmières. La proposition est de préparer une seringue plus importante (au lieu des seuls 20 mg disponibles pour la simulation) (CDA-29-8,5-F ; OS-38-17-H ; HB-29-3-H).

Avec la morphine, deux couplages plus particuliers se distinguent au sein de notre échantillon. Une position d'attente est privilégiée par trois infirmières qui envisagent d'observer quelques heures avant une éventuelle modification de la concentration de la seringue. Au contraire, trois autres infirmières envisagent d'emblée une augmentation de la seringue de 20 mg/20 mL à 40 mg/40 mL ou 50 mg/50 mL. L'écart ici semble se concentrer sur un profil prudent face à un profil plus volontariste où l'on retrouve des infirmières expérimentées et un jeune diplômé. Cela peut correspondre également à des pratiques de services, où les doses habituellement préparées sont plus importantes comme pour une PCA (analgésie contrôlée par le patient) de 100 mg pour 100 mL.

Pour la noradrénaline, une infirmière prend en considération la stabilité du patient et le débit auquel la seringue était précédemment (1 mg/h) et donc envisage plutôt une future diminution du débit et fait le choix de préparer 16 mg/16 mL dans une seringue de 20 mL. Elle précise qu'une seringue de 50 mL aurait été en place beaucoup trop longtemps (les seringues ne dépassent pas une durée de 24h d'utilisation voire moins en fonction des médicaments) (CW-25-4-F).

Un infirmier analyse en détail la situation clinique du patient, imagine les scénarios qui ont conduit à cette mise sous noradrénaline et l'évolution possible par rapport au choc pour envisager la dilution (0,5 mg/mL ou 1 mg/mL) (OS-38-17-H).

On constate l'écart entre ces deux couplages qui montrent comment chacune oriente son action pour la situation avec la noradrénaline. On retrouve cette même opposition de couplage situation-sujet fondée d'un côté sur les aspects d'abord techniques, sans exclure une anticipation de stabilité du patient non évoquée, et de l'autre sur une analyse clinique poussée. Nous notons que c'est une jeune infirmière (CW-25-4-F) qui raisonne sur la durée plus ou moins adaptée de la seringue alors que c'est un infirmier expérimenté (OS-38-17-H) qui s'appuie sur une analyse élaborée au plan clinique de la situation.

La prise en compte de la voie d'abord périphérique ou centrale pour le choix de la dilution de la seringue de chlorure de potassium est envisagée en priorité (minimum 1g/h à passer sur cathéter central et 4 g par litre/4h minimum sur voie veineuse périphérique) (FL-27-6-F). Deux infirmières prennent en considération le choix de la voie d'abord, et si les veines du patient sont en mauvais état, elles revoient la PM avec le médecin. En plus, elles vérifient le ionogramme sanguin et plus particulièrement la kaliémie¹⁷⁹ avant l'administration du chlorure de potassium (NE-39-15-F ; AB-30-7-F).

Une infirmière précise à plusieurs reprises le fait de tenir compte du contexte de base du patient avant de choisir sa dilution. Elle illustre le propos lors de la préparation du chlorure de potassium, elle va considérer la situation cardiaque du patient comme par exemple des troubles du rythme. Elle pourrait décider de faire passer plus lentement la seringue (LR-32-5-F).

Le chlorure de potassium a généré de nombreuses argumentations au sujet de la voie d'abord veineux central ou périphérique. Ce point sur le contexte concerne le moyen technique utilisé pour administrer le produit au patient, les risques étant moindres sur un cathéter central (inséré dans un gros tronc veineux thoracique) que par voie veineuse périphérique (sur les membres supérieurs). Ce couplage particulier concerne six infirmières alors que trois autres considèrent plutôt le contexte cardiaque du patient avec un regard sur ces examens sanguins (deux infirmières) ou son électrocardiogramme (une infirmière).

Pour l'héparine, un infirmier fait le choix d'arrondir la dose à préparer, au dixième inférieur (de 3,46 à 3,40), en considérant l'embolie pulmonaire du patient pour être dans une situation qui n'expose pas le patient à une surdose.

Enfin, de façon générale, un infirmier s'appuie sur les transmissions à la prise de poste pour préparer les seringues (échanges d'informations entre l'infirmière de l'équipe précédente et celle qui prend le relais) (PB-27-5,5-H).

Discussion

¹⁷⁹ Le ionogramme sanguin est un examen biologique qui permet de mesurer les taux d'électrolytes dans le sang du patient (sodium, potassium, chlore, etc.)

De nombreux couplages émergent des discours des infirmières liés à une prise en compte plus ou moins conséquente du contexte médical du patient. Les couplages se structurent également sur des aspects techniques ou cliniques très spécialisés, leur inventaire est donc impossible à dresser et rendrait l'information qui peut en être retirée confuse. Nous avons plutôt choisi de caractériser les profils de couplage situation-sujet qui se dessinent sur une dialectique d'opposition des styles de l'action, au sens de Clot (1999/2015). Pour le choix du raisonnement, sur le nombre d'ampoules et sur chaque produit, les jeunes diplômées (entre 0 et 3-4 ans d'ancienneté) se différencient des plus expérimentées (8,5 à 15 ans dans les exemples cités) qui anticipent d'emblée une possible dégradation de l'état des patients.

Nous venons de présenter quelques couplages en lien avec le contexte, le paragraphe suivant développe les couplages situation-sujet liés à la tâche qui sont ici étudiés du point de vue du raisonnement sur la durée de la seringue préparée.

5.8.2.3.1.2 – Les informations relatives à la durée du traitement, de la seringue

Comme nous avons pu l'expliquer précédemment, la PM est généralement rédigée pour une journée de 24h, mais la dose – pour différentes raisons pratiques et techniques – peut être fractionnée sur la journée.

Le cadre temporel des 12h et des 24h formate le raisonnement

Le cas clinique de la situation de simulation avec l'héparine propose une PM très précise et inhabituelle qui a obligé les infirmières à changer leurs repères et leur stratégie de calcul habituels. La PM de 34 560 UI/24h d'héparine donne des doses impossibles à prélever ou à programmer sur le PSE à cause d'un résultat au centième ou au millième. Pour éviter ce résultat décimal, une stratégie est envisageable mathématiquement qui consiste à changer la référence temporelle habituelle des 12 et 24h et de passer la seringue sur 5h ou 10h.

Après plusieurs essais de calculs sur des durées différentes, l'infirmière arrive toujours à un résultat à 3 décimales et la proposition de travailler sur un raisonnement en 5h ou 10h

ne lui convient pas car elle a l'impression que la journée n'est ainsi pas couverte car $10 + 10 = 20$ et donc il lui manque 4h (MM-23-1,5-F).

LR-32-5-F trouve que la solution est plus compliquée que de rester dans le registre habituel qu'elle qualifie de sûr et permettant de gagner du temps, même si elle entend que mathématiquement la solution en 5h ou 10h solutionnerait le problème. Elle utilise au quotidien un protocole de dilution pour lequel le volume à prélever est un nombre entier, 10 000 UI (2 mL) ou 20 000 UI (4 mL). Seule la programmation du débit comprend un nombre décimal.

MF-26-5-F évoque le décalage temporel que cela crée par rapport à ses repères habituels. La notion de durée intervient dans la justification de ses difficultés à entrer dans ce schéma inhabituel des 5h ou 10h comme si elle ne pouvait plus compter le nombre de seringues nécessaires pour couvrir les 24h de la journée. Elle précise qu'il y a également une notion de nombres de seringues à préparer pour le coup en termes de charge de travail.

La solution de dilution en 5h ou 10h ne convient pas à l'infirmier qui la trouve délétère. Si une première seringue est faite en 10h puis une seconde par l'équipe suivante, il va rester 4h selon lui qui vont dérouter les collègues (PB-27-5,5-H).

Un infirmier envisage plusieurs stratégies sur des doubles dilutions, des durées différentes (6h, 12h), mais le résultat présente toujours trois décimales ce qui rend la préparation infaisable. Ce cadre temporel relatif à l'échelle des 24h de la journée et de ses divisions est le seul envisageable pour l'infirmier (MB-2,5-H).

L'infirmière a entendu la proposition de calculer sur 5h ou 10h, mais les résultats qu'elle présente indiquent qu'elle est restée dans le cadre temporel habituel et a fait des essais sur 6h ou 12h. Elle juge que sur 10h, ça n'est pas proportionnel. Elle est perturbée par une situation pour laquelle elle n'a pas d'ordre de grandeur auquel se référer et donc pas de possibilité de s'auto-évaluer et pour elle à risque de surdosage (FL-27-6-F).

Sur la durée de la seringue

Pour CD-46-24-F, la détermination de la durée de la seringue n'est pas un objectif prioritaire, mais elle permet d'estimer le moment où il faudra la renouveler. Si la durée est courte parce que le débit est important, alors elle décide de doubler la concentration. Elle anticipe cela avant de préparer la seringue.

PB-27-5,5-H explique que son choix de dilution est aussi lié à la durabilité de la seringue préparée. Le débit oriente la quantité à prendre : pour un petit débit, il prend une petite quantité de produit, et pour un débit élevé une quantité de produit plus importante, en ayant comme barrière les caractéristiques des médicaments qui le plus souvent ne sont plus aussi stables après 24h de mise en œuvre. FC-26-4,5-F évoque la même démarche d'optimisation du débit pour qu'il ne soit pas trop important pour ne pas avoir à renouveler les seringues trop souvent.

MM-23-1,5-F évoque la durée avec une réflexion relative à l'économie de matériel et de produit. Si le patient n'a pas besoin de grosses doses, on évite de faire des seringues avec des concentrations importantes. La notion n'est pas une donnée essentielle, c'est plutôt en fonction du patient précise-t-elle.

OS-38-17-H insiste, avec les étudiants, sur le fait que ce n'est pas tant le débit qu'il faut noter sur l'étiquette de la seringue donc sous-entendu la durée, mais plutôt la dose en mg/h. Une telle manière de dire les choses ne peut manquer de nous troubler : la dose n'est pas exprimée en mg/h. Les infirmières semblent manquer de mots pour désigner le débit volumique (mL/h) et le débit massique (mg/h). Sans doute la notion de débit n'est-elle enseignée et apprise que pour les volumes. Dans le langage professionnel, les infirmières utilisent aussi le terme de vitesse pour désigner le débit volumique, la section du cylindre de la seringue étant constante, le débit volumique correspond à une vitesse pour le piston, il correspond aussi à la vitesse du fluide dans la seringue puis dans la tubulure.

Discussion

En ce qui concerne le fractionnement des doses, les commentaires indiquent que le couplage situation-sujet sur cet aspect est variable car les sujets le sont, mais aussi les contextes (protocoles) et les tâches (PM). La proposition de sortir du cadre des 12h ou des 24h n'est pas « acceptable » pour les infirmières voire dangereux même pour certaines. Elles sont restées soit sur les protocoles en 12h ou 24h (10 000 UI ou 20 000 UI) ou des seringues de 25 000 UI/50 mL qui prennent en compte la PM en UI/h. Dans ce cas, il n'y a pas fractionnement à proprement parlé, la seringue est changée quand elle est vide. Ce point de vue nous interroge particulièrement puisque certains médicaments sont préparés sur 10 h. Ici, la contrainte du cadre temporel, dont les infirmières ne s'autorisent pas à sortir, les enferme dans leurs raisonnements habituels, réfutant une solution simple

qui pourtant leur apparaît comme insécurisante. Une partie de l'explication réside dans le fait que cette tâche est collective et que tout choix individuel sortant des habitudes engendre un risque d'erreur. Il semble que c'est cela qui est inacceptable et qui les empêche de se projeter dans un type de préparation qu'elles seules seraient à même de contrôler, et d'en suivre l'administration, même si mathématiquement la démarche proposée constitue une solution à la difficulté rencontrée.

Sur la préparation de la seringue pour une durée précise, on rencontre des couplages variés et des principes différents :

- certaines infirmières privilégient une réflexion sur la concentration de la seringue, du type : si la seringue passe vite (besoins en médicament importants du patient), je double la concentration ;
- d'autres réfléchissent à la durée au regard du débit d'administration et de son intensité : un débit lent est assimilé à l'administration d'une dose réduite et un débit fort à l'administration d'une dose conséquente ;
- d'autres encore relient la question de la durée à un aspect économique ;
- et enfin, un infirmier insiste sur l'idée que c'est le débit massique qu'il est important de noter plutôt que la durée qui n'est pas une priorité dans ce cas.

La durée, sauf pour les protocoles qui fragmentent la dose médicamenteuse en deux périodes de 12h par exemple, importe moins en réanimation/soins intensifs où les produits sont passés de manière continue. Il semble que ce soit l'acceptabilité du temps couvert par la seringue qui soit pris en compte davantage que sa durée réelle. Une seringue doit rester en place suffisamment longtemps pour ne pas avoir à être renouvelée trop fréquemment (économie de temps et de moyens), mais pas trop longtemps non plus pour respecter des règles concernant les propriétés pharmacologiques des médicaments, le plus souvent pas au-delà de 24h.

À l'issue de cette présentation du couplage entre le raisonnement et la prise d'informations pour l'action, des déterminants orientés sur la tâche et sur le contexte se dégagent des commentaires des infirmières. Nous listons ceux qui émergent de l'analyse :

- prise en compte du nombre d'ampoules ou de flacons pour décider de la dilution ;
- prise en compte de la seringue précédemment préparée qui est en cours au moment du renouvellement, et choix de garder une stabilité de concentration pour éviter les effets délétères pour le patient ;

- prise en compte de la situation clinique du patient qui guide les choix de préparation des seringues ;

- prise en compte de la durée de la seringue, même si elle n'est pas prioritaire pour les raisonnements centrés sur le débit et sur la concentration.

Deux options générales sont évaluées par les infirmières :

- soit le patient est stable et le protocole ou les choix habituels peuvent être mis en œuvre ;

- soit le patient est instable et elles se posent la question d'adapter le protocole en diluant davantage le médicament ou au contraire en augmentant la concentration, ou en adaptant le débit pour ajuster le traitement à l'état du patient.

Ces orientations semblent se décider à partir de l'expérience professionnelle des infirmières. Les plus jeunes privilégient une stratégie fondée prioritairement sur un temps d'observation plus long de l'état du patient, et en fonction de l'évolution, elles adaptent ou non les protocoles standardisés. Les plus expérimentées opèrent des choix même si les données contextuelles sont peu nombreuses, appuyant leurs décisions sur une expérience statistique des cas liée à leur ancienneté, avec des expériences épisodiques qui renvoient à « la singularité des situations rencontrées » probablement plus variées et des expériences sédimentées plus conséquentes reliées à « la répétition des tâches au cours de la pratique » (Rogalski et Leplat, 2011).

Une première conceptualisation d'ensemble se dégage pour l'organisation de l'activité analysée qui prend en compte les variables de la situation dont on a montré l'effet en identifiant différents couplages.

Dans les raisonnements majoritairement suivis par les infirmières, la durée émerge comme une notion dont l'estimation est importante, mais pas première en réanimation/soins intensifs. Un raisonnement composite entre mathématique et pratique porte sur la dose calculée, le volume de la dilution choisie ou appliquée (protocole) et la durée anticipée, grâce au débit envisagé, qui doit rester « acceptable » en fonction des caractéristiques pharmacologiques du médicament utilisé, des besoins en médicament du patient et de la fréquence à laquelle les seringues devront être renouvelées compte tenu du choix de dilution.

À la suite de l'analyse des couplages situation-sujet centrée sur la prise d'informations relative à la situation, nous analysons dorénavant les couplage situation-sujet en centrant l'analyse sur le sujet : ses intentions et ses attentes.

5.8.2.3.2 - Couplage situation-sujet : les intentions et les attentes du sujet

Le couplage situation-sujet sur les intentions tente de caractériser les intentions du sujet dans sa relation à la situation ; ce sont ses buts, sous-buts et ses anticipations que nous voulons appréhender. En premier lieu, s'impose la prévention de l'erreur. Ce principe se fonde sur la confiance en soi des infirmières, construite sur l'expérience professionnelle et les habitudes de travail, les routines qui peuvent s'enrayer en cas de changement de contexte.

Les risque d'erreur dans un contexte différent

Une infirmière décrit son activité en service de réanimation et en salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI). Dans son service existe une alternance de travail entre les deux unités. Elle se sent très à l'aise dans la prise en charge des adultes, or en SSPI elle doit également gérer le réveil des enfants. Ce changement d'environnement perturbe sa pratique et nécessite une plus grande vigilance afin de prévenir l'erreur. Dans le secteur pédiatrique, la surveillance du réveil n'est pas tellement différente que dans celui de l'adulte, mais la corpulence des enfants est à chaque fois différente et cela l'oblige à changer ses repères sur les ordres de grandeur correspondant aux personnes pour les doses et les volumes administrés, et ce d'autant plus, s'il s'agit d'un nouveau-né. Elle précise « les effets d'une erreur de dose minime (ex : écart de 500 UI d'héparine par rapport à la dose exacte) peuvent passer inaperçus chez un adulte et provoquer une hémorragie chez un enfant » (MF-26-5-F).

Le contexte d'urgence (instabilité de l'état du patient), signale un infirmier de l'échantillon, « déstabilise la routine et la sécurité peut être mise en cause si l'on se précipite. Il faut maintenir sa concentration et savoir perdre un peu de temps pour éviter une erreur » (à propos de la PM d'amines) (PB-27-8-H).

Le contexte d'urgence encore ou bien la fatigue obligent l'infirmière à être plus attentive et peuvent lui faire demander confirmation aux collègues sur une préparation de seringue (FL-27-6-F)

« Moi, y'a peu de médicaments qui m'impressionnent ! ». Ce sont les mots d'une infirmière expérimentée qui précise tout de même qu'elle aurait moins d'automatismes et y réfléchirait à deux fois avant de manipuler les médicaments injectables à risque, si elle devait travailler avec les enfants ou en chirurgie cardiaque (CDA-29-8,5-F).

Un infirmier relate une situation dans laquelle, en salle de déchocage (lieu d'accueil des urgences chirurgicales dans certains hôpitaux), il a été confronté à la prise en charge d'un enfant sous adrénaline. En situation d'urgence (préparation de la seringue dans la minute), il a rencontré des difficultés pour avoir une vision claire et sûre du raisonnement à utiliser pour préparer la seringue : l'ordre de grandeur habituel de la dose à administrer à un adulte est très différent pour un enfant et cela l'a déstabilisé alors qu'il effectuait l'administration de ce produit sans difficulté auprès des adultes (OS-38-17-H).

Les risques d'erreur par manque d'habitude avec un produit ou une dose

Une infirmière a été perturbée par la dose inhabituelle d'héparine du cas de la simulation, ce qui a généré une insécurité chez elle. Elle est étonnée par le volume à préparer sur la journée et cela l'inciterait à faire contrôler son résultat par une collègue (AB-30-7-F).

Une autre infirmière décrit une situation vécue lors d'un changement de service. Elle a fait un stage durant lequel elle a eu à réaliser une titration en morphine avec un protocole différent de sa pratique habituelle ; cela l'a obligée à « relire plusieurs fois le contenu et à faire un effort pour être certaine de ne pas passer à côté de quelque chose, avec la crainte en arrière-plan de se tromper » (BRB-30-6-F).

À propos du dosage de l'ampoule de noradrénaline, l'infirmière CD-46-24-F s'étonne de la présentation plutôt inhabituelle, 8 mg dans 4 mL, qu'elle ne trouve pas adaptée et qui peut perturber. Pour un médicament inhabituel, elle dit qu'elle n'est pas stressée, mais va bien prendre le temps de faire son calcul et valider son résultat par comparaison avec l'ordre de grandeur auquel elle se réfère en temps ordinaire. Au besoin, elle fait contrôler son calcul malgré sa grande expérience.

Suite à un changement de service, l'infirmière se retrouve à devoir travailler avec un nouveau dosage de noradrénaline. Elle explique alors sa démarche. Elle était habituée depuis plusieurs années à « faire du 1 mg dans 1 mL » et devait « passer à 0,5 mg dans 1 mL ». Pour assurer son calcul et sa préparation, elle dit : « les premières fois où j'ai refait du 0,5, je le faisais dans ma tête et je l'écrivais $3 \times 8 = 24$ et 24 dans 48 mL c'est 12 mL plus 36 mL ça fait bien 48 mL ». Elle a tenu ce raisonnement pour les 10 premières seringues qu'elle a préparées (CDA-29-8,5-F). Cette infirmière expérimentée décrit une situation dans laquelle la situation est suffisamment proche pour qu'elle soit en capacité de la conceptualiser, mais suffisamment différente pour lui demander de retrouver des repères dans sa pratique. Elle était habituée à préparer à faire du « faire du 1 mg dans 1

mL », c'est-à-dire diluer par exemple 3 ampoules soit 24 mg dans le volume correspondant à la dilution souhaitée donc 24 mg dans 24 mL pour obtenir la concentration visée. Elle se retrouve à devoir modifier son schéma de pensée, ancré, mémorisé depuis des années pour désormais préparer des seringues deux fois moins concentrée soit « passer à 0,5 mg dans 1 mL ». Cette adaptation qui ne présente pas de difficulté mathématique particulière l'oblige cependant à passer par une phase de décomposition mentale des opérations arithmétiques, une procédure de contrôle de son raisonnement pour garantir une seringue préparée sans erreur. Dans l'exemple décrit, cela correspond à prendre trois ampoules de 8 mg soit 24 mg dilués à 48 mL pour obtenir une concentration de 0,5 mg pour 1 mL.

Les risques d'erreur avec les petits volumes qui impliquent de multiples manipulations

Nous avons évoqué la question des risques d'erreur qu'engendrent le travail avec des petits volumes par ce qu'il nécessite de multiples manipulations ; c'est une source de difficulté signalée par les infirmières et par la littérature scientifique. Ici nous illustrons le couplage situation-sujet pour montrer la façon dont les infirmières anticipent cette difficulté technique et cognitive.

Une infirmière porte un regard critique sur le fait d'avoir à prélever des petits volumes lors de la préparation de l'héparine (34 560 UI/24 h) et pense que plus le volume est petit (3,45 mL), plus on augmente le risque d'erreur. Elle ajoute que même avec une seringue adaptée, prélever 0,05 mL reste techniquement difficile. En situation réelle, elle négocierait un ajustement de la PM pour ne pas avoir à effectuer une telle préparation (MF-26-5-F).

Pour la même préparation d'héparine, selon un infirmier, un résultat au centième est prélevable, mais cela nécessiterait trois seringues, ce qui selon lui entraînerait de multiples manipulations qui majoreraient le risque d'erreur. La sécurité de la préparation, dit-il, passe par un résultat dont la précision est exprimée au maximum au dixième (MB-26-2,5-H). La même idée est évoquée par MM-23-1,5-F.

Pour la dobutamine, l'infirmière NE-39-15-F évoque l'aspect peu pratique des préparations avec de multiples seringues, comme le prélèvement de 0,6 mL (le volume à prélever est 15,6 mL) qu'elle considère comme une source d'erreur. Elle précise que dans une situation d'urgence, cela risque en outre de faire perdre du temps.

Pour éviter de prélever 0,5 mL d'insuline, l'infirmière CD-46-24-F explique la pratique de son service qui s'écarte du protocole suivi par toutes les autres infirmières de notre échantillon (diluer les 50 UI dans 50 mL). Au lieu de prendre 49,5 mL de sérum physiologique (diluant) et de compléter avec les 50 UI d'insuline qui correspondent à un volume de 0,5 mL, elle prélève 50 mL de diluant et rajoute les 50 UI d'insuline dans les 50 mL de diluant modifiant ainsi la concentration de la solution obtenue. Elle modifie ainsi la concentration qui ne correspond plus exactement à la PM de 1 UI pour 1 mL. Elle précise que pour elle, cela ne change pas grand-chose.

Une pratique orientée sur une production efficace avant tout

Pour aider à la préparation de la seringue d'héparine, la proposition du chercheur était de préparer une seringue pour 5h ou 10h. MF-26-5-F précise qu'elle n'y a pas pensé et qu'elle n'aurait pas perdu de temps à y réfléchir.

NE-39-15-F n'est pas convaincue pas la proposition de calculer la dose à prélever de noradrénaline à partir de la PM en mg par heure qui est notée sur le cas clinique, et qui permet de préparer la seringue, malgré l'absence du tableau de préparation, ou la difficulté potentielle de calculer le débit massique avec l'unité en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Elle préfère la dilution habituelle de son tableau (0,1 mL \rightarrow 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$). Pour elle, même si mathématiquement c'est faisable, elle ne trouve pas cela pratique.

À propos des tableaux de préparation et de dilution des médicaments et de la perte de visibilité de la formule mathématique derrière le tableau de dilution, une infirmière indique son point de vue : « c'est malheureux, mais des fois il faut savoir faire, mais pas tout comprendre. Comprendre quand on fait pour la préparation, mais après pour le reste... voilà ! » (DC-46-24-F).

La recherche de résultats entiers pour diminuer le risque d'erreur

À propos des nombres décimaux, un infirmier déclare : « ce sont des chiffres plus stressants que des chiffres complets ». Il trouve plus simple de travailler avec les entiers auxquels on est selon lui bien plus habitué et cela dès les apprentissages scolaires. Il cite un exemple avec des pommes et précise qu'on ne parle pas de « pomme virgule cinq ». À propos de la préparation demandé, il indique : « Il y a moins de virgules dans la pratique courante, en tout cas, moi j'essaie de les éviter ! » (MB-26-2,5-H).

Habitée à un protocole d'héparine (10 000 ou 20 000 UI dans 24 mL pour 12h), l'infirmière FC-26-4,5-F réagit à la PM d'héparine très précise qui la dérange : « Je me dis, ouh, là, là, ma vitesse va être à virgule ! ».

Dans un de ses essais de préparation de l'héparine, l'infirmière MF-26-5-F obtient un résultat avec deux décimales dont elle n'est pas satisfaite. Elle dit éviter le plus possible les décimaux. Une décimale reste acceptable selon elle, mais pas davantage car il y a un risque d'erreur trop important lors du prélèvement.

AB-30-7-F cherche une dilution pour la noradrénaline à partir de la PM à 1 mg/h. Elle a fait deux essais dont le premier la conduit à un débit avec deux décimales (3,75 mL/h) et le second à 6 mL/h qui lui convient mieux. Elle argumente en précisant qu'elle ne veut pas s'encombrer la tête avec des chiffres à virgule considérant que « les chiffres ronds c'est plus simple et plus précis ! », notamment pour le transmettre aux collègues. Pour la dobutamine, la dilution par heure calculée est de 0,13 mL, un résultat qui la dérange car « il ne tombe pas du tout juste ».

Pour la préparation de la dobutamine, NE-39-15-F préfère la simplicité de son protocole qui lui ferait prélever un nombre entier de mL plutôt que la PM proposée qui conduit à une dose à prélever de 15,6 mL. Elle accepte plus volontiers la décimale si elle concerne la programmation du débit mais pas le prélèvement de la dose et sous-entendu le calcul. Pour BRB-30-6-F, le fait de travailler avec des volumes exprimés en nombres entiers de mL permet de ne pas perdre du produit, de préparer des seringues adaptables en débit et simples à préparer. Elle évoque les protocoles qu'elle utilise habituellement (20 000 ou 15 000 UI/12h dans 24 mL). « Le chiffre à virgule n'est pas mon ennemi, mais c'est plus simple avec des chiffres ronds ». À propos de la dobutamine et des 15,6 mL à prélever : « C'est pas super facile à prélever avec une seringue de 50 mL » (c'est même impossible, cela nécessite une deuxième seringue). Selon elle, les décimaux sont plus compliqués pour calculer et pour prélever, mais la programmation avec virgule ne pose pas de problème. Elle cite l'exemple du protocole d'héparine de son unité de soins (20 000 UI dans 48 mL, 2 mL par heure) qui conduit à des débits à virgule (au dixième).

Risque d'erreur diminué en respectant les habitudes de service

L'infirmière CDA-29-8,5-F se dit habituée, pour la noradrénaline, à une concentration de 0,5 mg/mL et tout changement peut perturber le contrôle s'il est fait par un collègue qui n'a pas l'ordre de grandeur en tête pour ce changement.

« C'est trop dangereux de changer une dilution » ; l'infirmier OS-38-17-H cite l'exemple d'une double dilution pour une préparation d'insuline (100 UI au lieu de 50 UI) qui serait dangereuse selon lui car la concentration ne serait pas corrélée à la concentration habituelle à savoir 1 UI/mL.

Pour la noradrénaline, une infirmière cherche à faire une préparation simple et à ne pas s'écarter de ses habitudes de service. Elle sait que d'autres dilutions que celles utilisées dans son service existent dans une autre réanimation de l'hôpital, mais ne veut pas changer car elle pense que c'est source d'erreur (CW-25-4-F).

Pour l'infirmier PB-27-5,5-H, les habitudes de service créent un confort de pratique qui est appréciable. Sortir de ce confort peut se révéler déroutant. Le calcul va prendre plus de temps et retarder la mise en route pour le patient. Il ne valide pas la solution de calcul de doses d'héparine sur 5h ou 10h qui modifierait les habitudes de l'équipe. Pour lui, les changements ne peuvent être envisagés sans concertation de l'équipe.

Une infirmière pense que le changement de pratique de dilution est source d'erreur, notamment au regard des ordres de grandeurs habituels qui lui font traiter des doses en gammas importantes par opposition à la dose en mg/h qui donne de plus faibles débits (en considérant des raisonnements différents pour les calculs). Perturbée pour la préparation de la dobutamine par l'unité écrite en μg alors qu'elle dit être habituée aux gammas (ce qui *a priori* ne change rien au raisonnement), elle n'apprécie pas non plus le fait de devoir faire plusieurs calculs pour trouver la quantité de médicament à prélever, notamment en fonction du poids qui peut varier fréquemment en réanimation. Elle pense que c'est source d'erreur (NE-39-15-F).

Pour la noradrénaline, la PM ne permet pas à l'infirmière CD-4-24-F d'utiliser son tableau de dilution habituel, cela ne lui convient pas et elle trouve cela dangereux. La référence du service est liée au gammas et les ordres de grandeurs sont différents et cela peut entraîner des incompréhensions entre les différentes professionnelles en charge du patient.

Ces propos ont déjà été analysés sous l'angle des habitudes et nous retenons l'importance que jouent pour les infirmières, la notion d'habitude dans la construction de leur

expérience professionnelle. Ici, le point de vue est porté sur l'habitude comme outil de prévention du risque d'erreur et conduit à tirer les conclusions suivantes : un changement d'unité déstabilise les repères des infirmières notamment en matière d'ordres de grandeur qui seraient perturbés, créant ainsi de la confusion dans une pratique à laquelle les infirmières sont rodées. Cette situation est jugée dangereuse au regard d'incompréhensions issues de cette modification. Les habitudes apparaissent dans le discours comme sécurisante, en limitant les sources de confusion ou d'incompréhension.

Les risques d'erreur avec les médicaments aux étiquetages similaires

Les médicaments ayant des étiquetages similaires sont signalés : une vigilance accrue est nécessaire, PB-27-5,5-H indique que dans son unité, la noradrénaline est conditionnée dans un flacon avec un étiquetage très ressemblant à celui des dérivés nitrés. Cette ressemblance peut conduire à une erreur dramatique : la noradrénaline est prescrite pour augmenter la pression artérielle et les dérivés nitrés pour la faire baisser.

Après un changement d'étiquetage récent des catécholamines utilisées dans son service, l'infirmière insiste sur le fait de d'être plus vigilante et devoir vérifier davantage les étiquetages qui sont assez proches (CW-25-4-F).

Risque d'erreur atténué grâce à la surveillance biologique

Pour différents produits, la surveillance biologique est évoquée comme un facteur d'accroissement de l'évitement des risques d'erreur.

Cas de l'insuline

Le cas clinique proposé dans la simulation de préparation de l'insuline conduit à une administration régulée par la surveillance de la glycémie capillaire. Une goutte de sang est prélevée au bout d'un doigt pour mesurer le taux de glucose sanguin du patient et adapter le traitement par l'insuline en fonction d'un objectif. En règle générale, on recherche la normalité glycémique entre 3,5 mmol/L et 6,1 mmol/L. Le traitement vise à ramener l'hyperglycémie vers cette fourchette.

Ce médicament est vécu comme dangereux au regard des effets redoutés d'hypoglycémie sévère mais plusieurs éléments viennent moduler ce sentiment de dangerosité. Le point essentiel concerne la surveillance biologique régulière qui cadre l'administration (FL-27-6-F ; CDA-29-8,5-F ; MF-26-5-F). Les infirmières évoquent ensuite la possibilité de mettre

en place des contre-mesures en cas d'hypoglycémie (PB-27-5,5-F) et enfin, la préparation du produit qui est jugée simple (FL-27-6-F ; MB-26-2,5-H).

Héparine

Le cas clinique de la situation de simulation portant sur l'héparine propose un traitement surveillé par un examen biologique sanguin prélevé par l'infirmière, mais analysé au laboratoire, l'activité de l'anti-Xa (capacité à inhiber un facteur de coagulation, le facteur X activé) et qui propose un résultat avec un objectif thérapeutique qui doit s'inscrire dans un intervalle.

Le sentiment de dangerosité lié à l'héparine qui peut causer des hémorragies graves en cas de surdosage est pondéré d'une part, par la surveillance biologique qui donne des repères pour la surveillance du traitement et d'autre part, par l'objectif thérapeutique qui s'inscrit dans une fenêtre qui donne une marge de sécurité aux infirmières. Cette analyse est partagée par FL-27-6-F ; FC-26-4,5-F ; MB-26-2,5-H, CW-25-4-F. Un décalage minime entre PM et administration (par erreur) n'entraîne pas de conséquences visibles, ni même thérapeutiques le plus souvent, « On n'est pas à 500 UI près *a priori* chez l'adulte » (MF-26-5-F). Toutefois ce qui prime c'est le respect rigoureux de la PM rappelle PB-27-5,5-H ; AB-30-7-F ; CD-46-24-F ; CDA-29-8,5-F ; MF-26-5-F.

Discussion

L'analyse du couplage situation-sujet centré sur le raisonnement du point de vue du sujet fait apparaître de nouveaux déterminants pris en compte par les professionnelles et conduit à en retrouver d'autres évoqués précédemment. L'analyse du couplage qui cible les intentions et les attentes des professionnelles pointe un principe premier : prévenir et anticiper tout risque d'erreur. Les dimensions qui orientent l'action des infirmières sont guidées par ce principe et sont renforcées par une recherche de facilité et d'efficacité du raisonnement.

Des niveaux de couplages variés se distinguent, mais certains semblent moins sensibles aux individualités et montrent des invariants centrés sur la sécurité des pratiques. Les risques liés à la manipulation de petits volumes, la difficulté de raisonner et de calculer avec des décimaux ainsi que la recherche du respect des habitudes indiquent une tendance partagée par la quasi-unanimité des personnes interrogées. Cependant, des couplages très fins entre les infirmières et les situations permettent de distinguer les nuances qui se manifestent entre les professionnelles. Les infirmières plus expérimentées

sont plus sensibles au changement de contexte comme facteur de risque avec le maintien d'un cadre habituel qui est vu comme sécurisant et dénote une prise en compte de l'environnement probablement plus large que celle des plus jeunes. Une différence assez marquée également sur l'appréciation de la sécurité relative liée à la surveillance biologique de l'insuline et de l'héparine qui procure une marge de sécurité plus large. Ce sont essentiellement les plus expérimentées qui objectent par un « oui ... mais » sur la nécessité d'un respect strict de la PM malgré tout.

Cette analyse indique chez les infirmières la volonté de limiter la charge mentale dans la manipulation des raisonnements du quotidien. Une solution mathématique hors des cadres de réflexion habituels des pratiques est récusée en n'apparaissant pas assez fonctionnelle ou pas assez simple. Les tableaux de valeurs éliminent cette notion de difficulté de calcul face à une PM inhabituelle ou trop précise qui serait requise pour assurer un résultat de calcul de doses sûr. Par ailleurs, la création d'automatismes qui rendent fluides la pratique et permettent un fonctionnement sans puiser dans les ressources mentales complètent ces attentes des infirmières.

Ces résultats sont à rapprocher du modèle *SRK* de Rasmussen (1986) qui montre que les niveaux supérieurs d'activité nécessitent des ressources cognitives plus importantes pour résoudre un problème qui ne relève pas d'une pratique habituelle. En nous appuyant sur ce modèle, nous trouvons des arguments pour expliquer le point de vue des infirmières qui affirment que ces changements augmentent le risque d'erreur et que cela les incitent à opter pour des décisions visant une simplicité d'action avec une aisance et une assurance dans les raisonnements (calculer avec des nombres entiers par exemple).

Le respect des habitudes assurerait une sécurité des actions à destination du patient par le respect des protocoles qui garantit également une sécurité collective en permettant à chacun d'avoir des repères lors des contrôles des médicaments perfusés au PSE (mêmes ordres de grandeurs).

Cette volonté de ne pas modifier les pratiques habituelles – lorsque le traitement ne le justifie pas – correspond à une volonté de maintenir un haut niveau de confiance en soi pour assurer son activité en toute sérénité. Cette volonté rappelle le travail de Leplat (1997) qui, dans le chapitre sur l'analyse psychologique de l'activité centrée sur l'agent,

reprend les travaux d'Amalberti (1996)¹⁸⁰ sur la confiance en soi : « Il s'agit d'une variable intermédiaire cruciale de la gestion du compromis cognitif car elle permet d'accepter un certain niveau de risque externe et interne (p. 174) ». Plus loin, il écrit : « la confiance en soi règle l'utilisation des savoirs et des savoir-faire de l'opérateur (p. 178), [...] Cette confiance qualitative autorise ponctuellement l'opérateur à accepter plus de risques parce qu'il sait qu'il pourra plus aisément les contrôler (p. 180) » (Leplat, 1997, p. 43). Ce propos est à rapprocher du modèle de gestion des risques développé par Amalberti qu'il a nommé modèle de compromis cognitif et « qui vise une performance acceptable tout en protégeant au mieux les intérêts du système biologique immédiat (sécurité – survie) et à long terme (éviter l'épuisement et les séquelles) » (Amalberti, 2001b p. 190). Il s'agit de pouvoir gérer de façon équilibrée les exigences de la tâche (efficacité et sécurité du calcul de dose) et le fonctionnement cognitif (en termes d'économie des ressources cognitives). Ce modèle est très dépendant de la métacognition issue de l'expérience professionnelle et c'est ce qu'Amalberti, 2001a rappelle :

La métacognition est une autre variable déterminante d'une maîtrise réussie de la situation. Les critères que le sujet s'impose sur l'objectif (le contrat initial passé avec lui-même et l'entreprise) influencent toutes les stratégies et tactiques de supervision et sont la première source de réglage de risque qui va être accepté pendant l'exécution ; or ce contrat de réglage est largement dépendant de la métacognition (Amalberti, 2001a, p. 115).

La section suivante est la dernière relative au couplage situation-sujet ; elle est consacrée à l'adaptation provoquée chez les infirmières pour répondre aux situations de simulation.

5.8.2.4. Écarts aux pratiques habituelles : PM et raisonnements des infirmières.

5.8.2.4.1 – Écarts à la tâche : PM de la situation de la simulation et conformité aux habitudes

Le dispositif expérimental a proposé six simulations de préparation médicamenteuse dont trois avaient pour objectif de perturber les pratiques habituelles afin d'analyser les écarts à la pratique habituelle et notamment les inférences qui rendent compte des opérations cognitives mises en œuvre dans l'ordinaire de la pratique.

¹⁸⁰ Leplat se réfère à la 1^{re} édition de l'ouvrage d'Amalberti sur « La conduite des systèmes à risques » qui a eu une seconde édition en 2001, à laquelle nous faisons régulièrement référence dans ce manuscrit.

La PM de dobutamine sans artéfacts

Neuf infirmières sur les quinze déclarent avoir été déstabilisées par la PM de dobutamine. Deux raisons sont évoquées : la PM comporte des unités peu fréquentes ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) bien que classiques pour ce produit, elle n'est pas accompagnée d'un tableau pour la préparation indiquant la dilution et le débit.

Les infirmières gênées par l'absence de leur outil de préparation habituel réagissent de la façon suivante : « Là, je me suis vraiment sentie en difficulté !" [...] en fait, je me suis rendue compte que je ne savais pas la calculer », l'infirmière parlant ici de la manière de calculer la dose de dobutamine à prélever dans le flacon (CW-25-4-F).

L'infirmière FC-26-4,5-F a été, elle aussi, perturbée par l'absence de son tableau habituel pour préparer le médicament. Elle a réalisé le calcul sur papier, mais a dû prendre son temps pour la conversion des μg en mg. Même après avoir fait son calcul, elle a un doute et précise qu'elle l'aurait fait vérifier en service par une collègue. Elle justifie sa gêne par le fait de ne jamais avoir à faire le calcul.

Perturbée par la préparation de la dobutamine qu'elle prépare à partir d'un tableau, l'infirmière AB-30-7-F a malgré tout réalisé le calcul mais en commettant une erreur. Son raisonnement était correct, mais elle a oublié une opération de multiplication en calculant la dose, rendant son application impossible (elle a calculé la dose pour 1 min au lieu de 60 min puisque l'unité est en gammas/kilo/min et il faut rapporter cette dose en heure pour obtenir une dose en mg/h) . Elle a abandonné le calcul ensuite.

L'infirmière NE-39-15-F est perturbée, à la fois par l'absence de son tableau et par l'unité en μg alors qu'elle est habituée à travailler avec des gammas. Il s'agit bien sûr de la même unité mais d'une écriture symbolique différente. Elle a ensuite fait le calcul sur papier.

« Il y avait déjà une colle sur le premier sujet ! », l'infirmière CD-46-24-F est perturbée par l'absence de son tableau pour calculer. Sans solution, la proposition de la règle du poids $\times 3$ lui a permis de faire le calcul sans erreur. Elle précise qu'elle a oublié la règle et que sans son tableau, elle ne saurait pas le faire car elle travaille depuis 20 ans avec un tableau de dilution.

Sans le tableau habituel de dilution sur lequel est noté la formule de calcul, l'infirmier MB-26-2,5-H s'est senti en difficulté. C'est le rappel de la formule qui lui a permis de calculer la dose ; malgré cela il commettra une erreur de raisonnement.

L'infirmière CDA-29-8,5-F a eu besoin de temps pour adopter le bon raisonnement et calculer la dose à prélever à partir de la PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Visiblement ennuyée, elle dit

avoir été obligée de poser son calcul, ce qui n'est jamais le cas en temps ordinaire. Elle le reprend en détail. Elle a choisi une double dilution 500 mg dans 50 mL et se trompe dans l'explication de son retour à l'unité, elle dit 5 mg/mL au lieu de 10 mg/mL. Sur le papier, ce qu'elle a fait figurer comme résultat est correct. Cette préparation est prise en charge par la PM informatisée et elle n'a donc jamais à faire ce calcul mais simplement à appliquer un débit.

L'infirmier OS-38-17-H est perturbé par l'absence de tableau. Il a réalisé le calcul sans problème et il a été capable de mémoire de comparer avec des données dont il se souvient pour un patient de 70 kg, ce qui lui a permis de valider l'ordre de grandeur du débit trouvé.

Une seule infirmière, MF-26-5-F, est gênée par la PM alors qu'elle n'utilise pas de tableau de préparation habituellement, mais elle ne se rappelle pas de la formule de calcul. Elle réalise le calcul à partir des données du cas. Son raisonnement est adapté, mais elle fait une erreur de conversion des μg vers les mg, elle a écrit $1 \mu\text{g} = 1000 \text{ mg}$.

Déstabilisé ou perturbé par la PM de noradrénaline

Six infirmières sur les quinze se déclarent déstabilisées par la PM de noradrénaline de la situation de simulation. Deux raisons sont évoquées : les unités de mesure figurant dans la PM ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et en mg/h) et l'absence d'outil de dilution et de préparation.

Pour l'infirmière FC-26-4,5-F, c'est l'approche sans tableau de dilution qui l'a gênée, « ça m'a obligée à cogiter sur ce que j'ai à faire (rire) alors que normalement la noradré, c'est tout simple ». Elle a été en capacité de faire le calcul malgré la déstabilisation initiale.

L'infirmière LR-32-5-F est perturbée par l'absence de tableau de dilution, mais elle a conduit un raisonnement adapté malgré cela. Elle reproche à cette façon de faire de nombreux calculs qu'elle décrit comme fastidieux alors que les protocoles habituels sont tous bien clairs et procurent une homogénéité de préparation pour elle.

Sans tableau de dilution, l'infirmière BRB-30-6-F imagine facilement une préparation de produit en mg/h mais ne parvient pas à envisager sa préparation de manière à rendre la dose modulable pour suivre l'évolution de l'état du patient si nécessaire. Elle ne voit pas de solution qui lui permette d'avoir une dilution comme celle qu'elle manipule d'habitude 0,1 gamma pour x mL.

La référence de AB-30-7-F pour la dilution est toujours la même : 0,1 gamma/kilo/min qui figure dans le tableau de dilution qu'elle utilise dans son service. La PM à 0,3

gamma/kilo/min n'est pas conforme à sa pratique habituelle. Elle s'est appuyée sur les données du cas pour reconstruire un raisonnement en prenant en compte le poids du patient, et après deux essais a trouvé un débit répondant à la prescription. Le nombre de calculs est un obstacle pour elle, notamment en cas d'urgence.

L'infirmière CD-46-24-F, sans le tableau de dilution qu'elle utilise habituellement est gênée d'avoir à calculer des doses pour lesquelles les résultats calculés possèdent plusieurs décimales. Elle trouve cela dangereux, « Rien ne me plaît là-dedans, il n'y a que du négatif ! ». Elle a malgré tout été capable de proposer une dilution adaptée.

Enfin, l'infirmière NE-39-15-F est également ennuyée par l'absence de son tableau de dilution habituel alors que ce dernier conduit à effectuer quelques calculs. Passé ce premier temps de gêne ressentie, elle déclare avoir dû « se recentrer » pour résoudre le problème de calcul. Elle dit avoir cherché des repères connus dans la situation clinique, notamment la PM qui était formulée en gammas/kilo/min, mais également en mg/h, et le dosage de l'ampoule de noradrénaline de 8 mg. Elle a pu établir une relation avec une unité dans un même espace de mesure. Elle se dit sécurisée par le fait de ne pas avoir, dans l'exercice professionnel habituel, à calculer les doses, mais seulement à s'adapter aux données du tableau dans lequel elle a entièrement confiance.

Déstabilisé ou perturbé par la PM d'héparine

Neuf infirmières sur les quinze se déclarent également déstabilisées par la PM d'héparine. La raison principale est qu'elle est plus précise qu'en temps ordinaire (34 560 UI/24h), les médecins n'ayant jamais à prescrire des doses précises à la dizaine d'UI mais plutôt à 500 ou 1000 UI.

« Le cas m'a posé un peu de souci » déclare l'infirmier PB-27-5,5-H en évoquant la précision inhabituelle de la PM. Il a réussi à calculer une dose qui lui convient en ramenant le nombre d'unités totales de la PM sur une heure, soit 1440 UI/h puis en rapportant ce résultat sur 12h, il obtient un volume à prélever de 3,456 mL arrondi à 3,4 mL.

L'héparine a posé un problème à l'infirmière MM-23-1,5-F qui a dû faire de nombreux calculs. Elle a été perturbée par la dose qu'elle dit ne pas être « exacte » car elle n'est pas prélevable. Elle relie sa difficulté au fait que la dose d'héparine est toujours ajustée à l'examen biologique de l'anti-Xa et que cela ne nécessite jamais une dose de départ en unités aussi précise.

L'infirmière MF-26-5F a été déstabilisée par le fait de devoir réaliser des calculs pour obtenir la dose alors qu'elle n'en a plus l'habitude et bien qu'elle dise apprécier cela. La dose précise d'héparine donne un résultat au millième qui ne lui convient pas. Elle essaie plusieurs raisonnements sur des durées différentes. La proposition en 5 ou 10h la surprend mais elle essaie de faire le calcul et commet une erreur de raisonnement en réduisant la dose pour 10h en 1h. Elle écrit 2,88 mL pour 10h donc 28,8 mL pour une heure. Cette solution traduit le trouble provoqué par la proposition de changer sa référence d'empan temporel pour ce produit (habituellement de 12h ou 24h). Elle aurait dû diluer dans 10 mL et régler le PSE à 1mL/h, mais cette solution simple n'est pas envisagée alors même que cette infirmière se décrit comme appréciant les mathématiques et aimant faire des calculs.

L'infirmière BRB-30-6-F explique que la PM lui a créé des difficultés car la dose ne tombe pas juste et qu'avec son protocole habituel « 15 000 ou 20 000 UI dans 24 mL ça fait toujours des seringues nettes ». Elle va finalement choisir d'arrondir le résultat.

Une autre infirmière, CW-25-4-F, a été gênée par la dose précise d'unités qu'elle n'a jamais en PM d'habitude et qu'elle dit n'être « presque pas faisable sauf en arrondissant la dose de 6,912 à 6,9 mL pour 24h ». Elle finit par arrondir à 7 mL pour simplifier le prélèvement de la dose.

L'infirmière FL-27-6-F sourit au vu de la PM : « Ah, ah, ah, la fameuse héparine ! ». Elle a aussi été dérangée par la précision car en appliquant son protocole habituel 20 000 UI dans 24 mL pour 12h, elle n'aboutit pas au résultat escompté. Le résultat ne tombe pas juste. Elle finit par tester plusieurs stratégies et commettre une erreur sur le calcul de la dose pour 1h. Elle cherche à contourner l'obstacle du résultat décimal en passant par le calcul d'une dose horaire en imaginant ensuite remultiplier cela pour obtenir un nombre plus conforme à ses attentes (moins de décimales).

L'infirmière FC-26-4,5-F juge la PM proposée « drôle, particulière ». Elle est habituée à des nombres en milliers ou en cinq centaines d'unités, mais pas en deçà. Elle est perturbée car elle se rend compte qu'elle va obtenir un résultat à virgule. Elle a ensuite utilisé le protocole de son service, mais parvient à un résultat avec des millièmes ce qui l'embête toujours. Elle va finir par proposer d'arrondir le débit sur avis médical, mais elle reste malgré tout circonspecte face à ce débit pour lequel elle n'a pas trouvé de solution mathématique afin qu'il corresponde, pour sa valeur exacte, à la précision habituelle.

L'infirmière CDA-29-8,5-F pointe le fait que dans la réalité, elle n'a jamais de chiffres aussi précis et qu'elle n'aurait pas eu à préparer cette dose. Elle a réalisé ensuite un calcul qu'elle finit par arrondir afin de pouvoir le programmer sur le PSE.

Un infirmier, MB-26-2,5-H, se déclare dérouté par une PM aussi précise et a cherché des solutions en modifiant la durée de seringues, en mobilisant des techniques de double dilution. Le millième de mL n'est pas prélevable et cela l'ennuie également de prélever au centième car il y a trop de manipulations qui sont pour lui sources d'erreurs. La solution en 5h ou 10h le dérange également car trop éloignée de son habitude. Il propose d'arrondir la dose, ce qu'il aurait fait en service avec l'aval du médecin.

Une seule infirmière NE-39-15-F a été perturbée par un protocole différent du sien en matière de raisonnement. Elle est gênée par la PM en 12h alors que l'infirmière utilise un protocole de dilution en mL/h facilement modifiable. Sur la précision, elle dit : « quand j'ai vu les chiffres, ouh, là, là ! je pense que ça va se gêner ! ». Elle n'a pas l'habitude de ce niveau de précision qu'elle aurait fait modifier par le médecin. Elle va finir par arrondir le débit à 3,5 au lieu de 3,456.

Discussion

Le dispositif expérimental a été élaboré sur un principe de déstabilisation des sujets pour étudier la manière avec laquelle chacune s'y prend habituellement et s'adapte. Trois médicaments présentaient des particularités et les niveaux de perturbations ont été variés : l'héparine, la noradrénaline et la dobutamine. Certaines infirmières ont évoqué une perturbation à la phase initiale de résolution de problème puis ont trouvé des solutions. Pour d'autres, la déstabilisation est allée jusqu'à les empêcher de calculer. Nous différencions les termes de perturbation et de déstabilisation par le degré de trouble créé. La perturbation est comprise comme un trouble dans les habitudes avec un maintien d'un certain nombre de repères (pour faciliter la lecture et éviter les répétitions, nous avons utilisé le terme de gêne qui dans la recherche est considéré comme synonyme). La déstabilisation rend la situation instable au point de faire perdre ses repères à la personne et de l'empêcher de répondre efficacement à la tâche.

L'héparine comportait une PM précise qui débouchait sur un calcul avec un résultat au millième. Deux solutions s'offraient aux infirmières : la première, à orientation professionnelle, consiste à demander au médecin l'autorisation d'arrondir la dose finale

ou de réajuster la prescription initiale pour trouver un nombre d'UI plus simple à prélever. La seconde est arithmétique, en changeant de durée de seringue sur 5h ou 10h la dose devient prélevable. Ce qui nous intéressait ici était d'analyser les capacités d'adaptation des professionnelles à cette situation.

Sept infirmières se sont dites perturbées, mais elles ont réussi à calculer une dose et un débit adapté en arrondissant le résultat de la dose.

Deux infirmières ont été déstabilisées et ont multiplié les tentatives de résolution, mais ont commis des erreurs de calculs.

La noradrénaline était prescrite en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et en mg/h , ce qui offrait une solution aux infirmières non coutumières du calcul de la dose de noradrénaline avec les gammas.

Les cinq infirmières qui se déclarent perturbées, ont réussi à produire un résultat juste après avoir passé un premier temps de trouble et de recherche d'une solution. Cela se manifeste par des commentaires comme il a fallu « se recentrer », « cogiter ».

Une infirmière est suffisamment déstabilisée pour perdre ses repères face à la proposition. Elle a été capable de calculer une dose, mais ensuite impossible pour elle de trouver une solution pour préparer la seringue avec un débit modulable comme elle souhaite le faire. Elle a abandonné la préparation.

La dobutamine était la situation la plus complexe qui impliquait une PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et l'absence des outils habituels de préparation. C'est avec ce médicament que les difficultés les plus importantes ont été constatées.

Deux infirmières ont abandonné le calcul et un infirmier s'est retrouvé en échec après une erreur de raisonnement. Les six autres infirmières ont calculé la dose, mais trois infirmières ont commis des erreurs de calculs.

À la suite de cette analyse, nous constatons que seule une infirmière a abandonné le calcul à deux reprises. Cette infirmière, BRB-30-6-F, s'était signalée comme craignant les mathématiques. Les erreurs feront l'objet d'une analyse spécifique dans notre travail (cf. *Infra*).

L'argumentaire développé par les infirmières nous fournit des repères intéressants sur les raisons qui justifient leurs choix. Leurs difficultés nous apportent des pistes de compréhension sur les raisonnements et les calculs empêchés.

Le premier principe invoqué par les infirmières est corrélé aux situations d'urgence : il conduit à la nécessité d'avoir des outils cognitifs (raisonnements qu'elles savent gérer) ou d'aides à la cognition (tableaux de préparation et de dilution) rapidement mobilisables et de façon sûre, y compris justement dans l'urgence. La méthode doit donc être simple et mobiliser peu de calculs pour maintenir la confiance qu'elles ont dans leurs capacités, dans les outils et surtout dans les résultats qu'elles obtiendront.

Il existe un écart entre les trois médicaments présentés quant à la difficulté introduite. Pour les 15 infirmières de l'échantillon, nous constatons un assez haut niveau de compétence et d'adaptabilité car, même dans les situations perturbantes ou déstabilisantes, la très grande majorité a été capable de résoudre les problèmes et de préparer l'administration médicamenteuse par la mise en œuvre de stratégies variées. Elles ont précisé dans ces moments faire appel à leurs ressources cognitives pour résoudre les problèmes. Dans l'exercice quotidien, la forte sollicitation des ressources cognitives n'est pas requise puisque, soit la PM, soit les protocoles permettent une mise en œuvre moins complexe.

Des limites apparaissent toutefois qui relèvent d'un plus faible niveau de compétence en calculs de doses lié principalement à un manque de pratique. Nous identifions là une perte de capacités à calculer lorsque l'exercice professionnel ne confronte plus les infirmières à certaines pratiques.

Les calculs de doses en réanimation/soins intensifs ne doivent donc pas être envisagés indépendamment du contexte professionnel et du cadre de travail qui structurent les raisonnements des infirmières : les calculs de doses sont à envisager avec les contraintes qui sont les leurs (la journée de 24h, la division du travail, les spécificités des matériels disponibles, les artefacts et protocoles, etc.); les compétences des infirmières s'apprécient donc en tenant compte de cette globalité des situations professionnelles qui sont les leurs. Hoyles, Noss et Pozzi (2001) expliquent l'importance de la prise en compte des contextes : « Comme toutes les situations de travail, la pratique des infirmières est une pratique dans laquelle une fraction considérable du savoir est enveloppée dans les artefacts et les relations sociales qui y sont inhérentes » (p. 23, notre traduction). Ils précisent que les « routines de procédures de calcul » sont structurées par la présentation des médicaments, les pratiques sociales d'administration et les effets des médicaments. Nous regardons à présent le couplage du sujet pour apprécier les écarts aux pratiques habituelles des infirmières dans l'adaptation aux situations proposées.

5.8.2.4.2 - Écarts aux pratiques professionnelles dans l'adaptation à la situation

Le maître-mot, nous pourrions presque dire le *mantra*, des infirmières enquêtées pour qualifier leur attente vis-à-vis d'une PM pourrait s'écrire comme suit : « Une dilution simple, pensée pour une adaptation facile de la dose » et nous rajoutons grâce aux relations numériques masse-volume ou dose-débit.

Il nous paraît ici difficile de parler de « couplage sujet-situation » tant le point de vue est partagé par les quinze infirmières de l'échantillon, relevant donc davantage d'un critère de la situation professionnelle que du couplage de la situation à un(des) sujet(s) particulier(s). Malgré la répétition, nous avons souhaité rendre compte de la convergence des points de vue en indiquant les propos de toutes les infirmières à ce sujet.

« Pour l'insuline plus c'est simple, plus c'est facile à moduler en termes de débit. On augmente ou on diminue facilement les unités grâce à la dilution d'une unité par mL » indique l'infirmière MF-26-5-F. Il y a dans ce cas, selon elle, beaucoup moins d'erreurs de programmation du PSE. Elle ajoute que la simplicité est une qualité intéressante dans les périodes de charge de travail. Pour l'administration de la noradrénaline, elle a des schèmes de raisonnements immédiatement disponibles pour chaque dilution avec des limites maximales et minimales pour la préparation des seringues. Par exemple, elle cite la dilution à 0,5 mg et précise qu'elle sait que la plus grosse seringue qu'elle peut faire, c'est de prendre 24 mg dans 48 mL donc 0,5 mg par mL. Cette infirmière ne travaille pas habituellement avec des tableaux de préparation des médicaments.

L'infirmier PB-27-5,5-H précise que souvent, en soins intensifs, la dilution choisie correspond à 1 (mg) dans 1 (mL) avec en conséquence un calcul simple qui n'a pas besoin d'être posé. Son but pour une préparation, c'est d'être assez rapide avec un calcul sûr. La répétition des mêmes doses permet de reproduire facilement les préparations. Des médicaments moins fréquents vont selon lui nécessiter de poser les calculs. Il trouve que les dilutions ont été simplifiées pour faciliter le raisonnement des infirmiers et limiter ainsi les erreurs.

Pour la noradrénaline, l'infirmier MB-26-2,5-H a reproduit le raisonnement habituel de son service 1 mg pour 1 mL, qu'il trouve être le plus familier. Son objectif est que la dilution soit la plus simple possible et la plus modifiable en direct avec une surveillance du patient sous scope. « C'est la concentration la plus simple, j'ai pas fait de calcul écrit

parce que l'on peut le faire de tête, ça me paraît plus simple que les produits en croix ou que les décimales ». Pour la dobutamine il développe la même idée en choisissant le calcul avec une correspondance 1 mL/h « égal » 1 gamma/kilo/min pour anticiper les modifications qu'il dit systématiques. L'objectif est donc d'avoir une concentration facile à « manipuler », c'est-à-dire qui permet des adaptations simples du débit pour suivre les évolutions du la PM. Pour la morphine, il annonce le même principe « 20 mg dans 20 mL » pour ajuster facilement la dose en fonction de l'évolution de la douleur de la patiente.

Pour l'insuline, l'infirmière MM-23-1,5-F cherche une concentration qui va pouvoir être adaptée heure par heure en lien avec la surveillance horaire de la glycémie capillaire. Le choix se porte sur une dilution de 1 unité dans 1 mL. La PM étant à 2 UI/h, ce choix lui semble judicieux. Pour la noradrénaline, elle choisit une dilution à 1 mg dans 2 mL qui correspond à une habitude et qui permet d'adapter facilement le débit, heure par heure. Pour l'héparine, elle choisit une préparation sur 10 h avec 20 mL de produit au débit de 2 mL/h ce qui lui semble facile à utiliser dans des calculs à effectuer mentalement.

Pour la noradrénaline, l'objectif de l'infirmière CW-25-4-F est que la préparation soit la plus simple possible. « Nous, on fait toujours 1 mg par mL. » Elle respecte en cela la simplicité et les habitudes du service dit-elle.

Selon l'infirmière FL-27-6-F, pour la morphine, l'objectif est de pouvoir modifier facilement la « vitesse » du PSE en fonction de la prescription. Il en est de même pour l'héparine pour laquelle la dilution fixée par un protocole permet d'avoir des repères pour apprécier les ordres de grandeurs de ce qui est administré, « par exemple 23 000 UI correspondent à un débit de 2,3 mL sur 12h ». Elle précise que ces choix de débits facilement modifiables procurent une sécurité au moment du tour de sécurité effectué lors du changement de service. Elle s'appuie sur des repères de débits spécifiques qu'elle a mémorisés pour chaque produit. Elle dit pouvoir ainsi plus facilement le contrôler au cas où quelque chose éveillerait un doute ou si une erreur était constatée sur une concentration.

Pour la noradrénaline, sans son tableau habituel, l'infirmière FC-264,5-F recherche le débit adaptable le plus simple. Avec l'unité en mg/h qu'elle a préférée au

gamma/kilo/min, elle prépare une seringue de 24 mg dans 48 mL soit 2 mL/h. Pour la morphine, elle envisage d'emblée une concentration de 1 mg dans 1 mL qui est « simple avec une vitesse adaptable », ainsi elle n'a pas besoin de réfléchir pour être sûre d'elle. Pour la dobutamine, elle cherche « une vitesse pile ! ».

Pour la morphine, l'objectif de l'infirmière LR-32-5-F est de pouvoir adapter la dose facilement et rapidement en fonction de l'évaluation de la douleur de la patiente. Elle a décidé de diluer 1 mg dans 1 mL. Selon elle, pour « tous les produits où l'on sait que l'on va avoir une variation de débit rapide et fréquente, on essaie de faire des dilutions simples, des concentrations simples ».

L'infirmière AB-30-7-F précise, pour la noradrénaline, qu'elle a cherché une solution facile « ça a un côté rassurant de savoir ce que je manipule ; je sais comment je l'ai préparé et je sais quelle quantité j'administre ». La dilution qu'elle a choisie est simple et elle ne veut pas avoir de virgule dans les calculs impliqués dans son raisonnement. Cela entraînerait des complications et nécessiterait d'utiliser la calculatrice. Elle privilégie la sécurité de la gestion de la seringue grâce à son choix de dilution. Il faut que le débit puisse être modifié instantanément sans aucun doute.

Pour l'insuline, l'infirmière BRB-30-6-F choisit 50 UI dans 50 mL pour que ce soit simple à appliquer et éviter les erreurs. Le protocole permet pour une PM de 3 UI/h d'avoir ainsi un débit du PSE réglé à 3 mL/h. Elle ne veut pas changer de dilution car cette façon de faire est très adaptée à tous les traitements dont le débit est modulé en fonction de résultats (biologiques ou cliniques). La simplicité que l'on retrouve dans le tableau de dilution de la noradrénaline lui permet de faire des doubles concentrations ou doubles dilutions.

Pour la noradrénaline, le plus simple pour l'infirmière NE-39-15-F est de prendre les trois ampoules de 8 mg soit 24 mg dilués dans 24 mL ce qui correspond à une concentration de 1 mg par mL. C'est ce qui lui est apparu d'emblée comme la solution « la plus simple pour être sûre de ne pas faire d'erreur ». Pour la morphine, elle trouve qu'il y a moins de risques parce que le raisonnement est simple (1 mg dans 1 mL). Elle réfute l'intérêt de préparer l'héparine sur 5h ou 10h au regard du risque d'erreur possible sur l'arrondi (chacun peut

avoir envie d'arrondir différemment), mais aussi à cause de l'absence de modulation possible avec ce type de raisonnement (fondé sur la dose et produisant donc un débit médicamenteux non adaptable facilement en cas de modification de la PM). C'est un raisonnement pour elle qui est à l'opposé des objectifs de préparation adaptés à la réanimation.

Pour la dobutamine, l'infirmière CD-46-24-F explique la dilution de son tableau qui donne une dilution finale de 1 mL pour 1 gamma. « Nous, on fait la règle du plus simple, du 1 pour 1 ». Pour la noradrénaline, elle explique que cette simplicité du 1 dans 1 permet de moduler facilement la quantité de médicament correspondant au débit.

Pour la dobutamine, l'infirmière CDA-29-8,5-F choisit une dilution simple en lien avec ses habitudes 500 mg dans 50 mL. Pour l'insuline, elle sait tout de suite, qu'elle va mettre 50 unités dans 50 mL, pour une dilution très simple, dit-elle, d'une unité par mL qui est très facile à adapter à la hausse ou à la baisse. Pour la morphine c'est le même raisonnement 1 mg par mL et donc correspondance entre dose/h et débit en mL/h.

Pour la morphine, l'infirmier OS-38-17-H déclare : « le premier objectif c'est le même raisonnement 1 mg par mL dilution simple qui va facilement être adaptée à la PM de 2 mg/h. Le deuxième objectif c'est d'ajuster le débit en fonction de l'intensité des douleurs de la patiente ». Pour la dobutamine, l'infirmier souhaite sécuriser sa préparation avec un médicament qu'il utilise un peu moins, dans le doute il va préparer une seringue d'1 mg par mL. Pour la noradrénaline il envisage 0,5 mg par mL, la dilution habituelle du service, donc trois ampoules soit 24 mg dans 48 mL. Il dit faire cette dilution plusieurs fois par jour. L'adaptation du débit en fonction de la PAM peut ainsi se faire facilement.

Pour la morphine l'infirmier HB-27-3-H a également préparé une seringue avec une concentration de 1 mg dans 1 mL ce qui lui semble plus facilement modulable. Cela limite les erreurs d'administration et de préparation. Pour l'insuline, il effectue le même raisonnement conduisant à une concentration de 1UI par mL qui aboutit à un débit facile à déterminer en fonction de la PM et donc facile à adapter en cas de modification.

Discussion

Les mots « simple » et « facile » sont ceux qui sont revenus le plus fréquemment pour qualifier le raisonnement aboutissant au lien entre prescription, préparation et administration. Cette économie de la pensée et de la gestuelle permet de garantir une sécurité selon les praticiennes. Il doit n'y avoir aucun doute à chacun des différents temps de l'utilisation des médicaments, en outre, une fois l'administration commencée, le contrôle doit pouvoir se faire facilement et efficacement.

Le raisonnement conduit à organiser l'aspect mathématique de la préparation de manière à la sécuriser par une démarche qui s'effectue et se contrôle mentalement et facilement dans son intégralité, cela conduit à exclure la difficulté calculatoire générée par des décimaux, par exemple, ou l'usage de la calculatrice en cas de manque de simplicité du calcul. Le but de l'action est également que le traitement soit adaptable en fonction des besoins du patient mesurés par les signes cliniques ou les examens biologiques.

Cette triple attente est satisfaite par une dilution conduisant à un lien clair entre le débit massique horaire et le débit volumique horaire, la concentration recherchée est exprimée comme suit par les infirmières : 1 dans 1 ou 2 dans 1 ou 5 dans 1, etc. Elles envisagent également des adaptations correspondant à doubler la concentration ou la dilution, à condition que cela soit assez rare.

Cette régularité dans la pratique procure aux infirmières des ordres de grandeurs précis des doses administrées lors des tours de sécurité, des demandes des médecins lors des visites ou quand il s'agit de modifier l'administration pour l'adapter à la prescription. Ces attentes de simplicité et de facilité sont essentielles en réanimation/soins intensifs où la charge mentale est souvent conséquente et où sont attendues des réactions rapides et efficaces, surtout en cas d'urgence.

Les attentes, en termes de buts et d'effets des actions entreprises, reposent sur une exigence de simplicité et de facilité par l'anticipation des difficultés potentielles et qui se traduit dans les choix de raisonnements personnels (habituels) ou collectifs (tableaux de dilutions). L'intention du sujet étant de ne pas avoir de doute dans la préparation des produits injectables à risque et de prévenir ainsi toute erreur d'administration.

Ces résultats peuvent être référés aux concepts de régulation et de métarégulation utilisés par Leplat (2011) pour envisager les erreurs et leur régulation dans l'activité globale. Ces activités de surveillance et de contrôle de sa propre action permettent, non pas de supprimer les erreurs, mais d'en limiter l'éventuelle survenue c'est-à-dire de les repérer,

d'en compenser les effets ou de les atténuer. Comme nous l'avons expliqué dans une recherche précédente (Benlahouès, 2012), le doute rend perméable aux dissonances dans l'activité et conduit à la détection de l'erreur. Leplat (2011) explique que le contrôle de l'activité « représente un coût, un effort, une charge pour l'opérateur » (p. 26).

Le repérage des déterminants externes et internes, et l'analyse approfondie du couplage situation-sujet, nous ont conduit à identifier une organisation de l'activité liée à la structure conceptuelle de la situation. La section suivante est consacrée à la présentation et l'explicitation détaillée de la structure conceptuelle de la situation de calcul de doses.

5.8.3. Élaboration de la structure conceptuelle de la situation

La conceptualisation que nous présentons repose sur un repérage quasi-exhaustif des déterminants l'activité (externes et internes et des couplages situation-sujet. La didactique professionnelle distingue les registres épistémique et pragmatique : le premier a pour but de comprendre un système alors que le second a pour but la réussite de l'action. Il s'agit d'établir dans ce cadre « une sémantique de l'action ».

Dans le registre pragmatique, du point de vue de la tâche et pour une situation donnée, on parlera de "structure conceptuelle de la situation" (Pastré, 1999). Il s'agit de l'ensemble des concepts organisant l'action et servant à la guider (origine pragmatique ou scientifique) (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 159).

Nous avons modélisé la conceptualisation à l'œuvre à partir de la logique de l'action qui émerge des actions, des prises d'informations et des raisonnements de l'ensemble des professionnelles observées dans une même tâche. Nous avons identifié quatre variables : le médicament injectable et la prescription médicale ; le raisonnement (simple ou non, sachant que la simplicité est recherchée) et le débit (fixe ou adaptable, sachant que le débit adaptable est celui qui est recherché). Une variable est évaluée par plusieurs indicateurs dont certains informent plusieurs variables. Par exemple, le respect des habitudes renseigne les variables raisonnement et débit. La situation est ainsi interprétée dans sa singularité par la construction d'un réseau de signification (Caens-Martin, 2005). L'architecture qui relie les indicateurs qui ont permis de construire les variables et les concepts qui leur donnent du sens s'est organisée à partir des raisonnements des professionnelles. La modélisation est construite sur deux concepts centraux qui sont, la sécurité d'une part, recherchée systématiquement, parce que fondamentale, pour assurer la qualité du soin due au patient, et d'autre part l'efficacité dont la recherche peut être

qualifiée de régulatrice dans la quête d'économie de ressources cognitives mobilisées pour l'activité.

La construction de la structure conceptuelle de la situation s'appuie sur le cadre proposé par Pastré, Mayen et Vergnaud (2006, p. 164). La présentation des auteurs s'appuie sur des exemples issus des recherches de Pastré (1994) en plasturgie.

1 - des concepts organisateurs qui permettent le diagnostic, concepts pragmatiques en l'occurrence (ex : conduite de presse à injecter) ;

2 - des indicateurs qui sont des observables, qui permettent de donner une valeur actuelle aux concepts et dont la signification a été construite de telle sorte qu'elle relie observables et concepts ;

3 - des classes de situations, (ici des régimes de fonctionnement de la machine), qu'on peut analyser à partir de la valeur donnée aux concepts organisateurs et qui vont spécifier le répertoire de procédures (ou de règles d'action) à utiliser ;

4 - des stratégies attendues, en fonction du niveau de conceptualisation auquel a accès un opérateur : (certains ont construit le concept [pragmatique] de bourrage, d'autres pas). L'énoncé de ces stratégies attendues n'épuise pas les stratégies effectivement mobilisées par les acteurs, mais cela permet de mettre de l'ordre en fournissant une grille d'analyse.

En suivant cette présentation de la construction méthodologique de la structure conceptuelle, nous détaillons étape par étape, celle que nous avons construite pour le calcul de doses (Figure 42).

1 - des concepts organisateurs qui permettent le diagnostic : sécurité et efficacité

Les deux concepts « sécurité » et « efficacité » organisent les explicitations fournies par les infirmières, tout d'abord sur la hiérarchie des buts à atteindre (produire un soin sûr et soigner le patient) et sur les inférences qu'elles font en situation, puis sur le diagnostic de l'état du patient et la faisabilité de la préparation et de l'administration du traitement médical, et enfin sur la hiérarchisation des règles d'actions et d'anticipations des évolutions possibles.

Le « concept de sécurité » dans la situation est défini par la capacité de l'infirmière à réaliser la préparation de la seringue médicamenteuse en utilisant un raisonnement simple de calcul proportionnel, fondé sur des procédures faciles à mettre en œuvre cognitivement ainsi que sur la mobilisation d'un raisonnement aboutissant à un débit fixe ou adaptable, ce raisonnement mobilisant les concepts de dose, de durée, de débit et de concentration. Ce concept organisateur est centré sur le sujet ; la professionnelle qui conduit individuellement son raisonnement (connaissances du matériel et des techniques

de dilution), mais qui s'appuie sur un construit social reposant également sur des règles communes à l'équipe, garantissant la sécurité collective par le respect des habitudes. Le « concept d'efficacité » dans la situation, que l'on peut définir comme la réalisation optimale du soin, repose sur les règles d'action qui prennent en compte le patient ainsi que l'adaptation du traitement au contexte clinique et à la spécificité du service hospitalier (la réanimation/soins intensifs). Un équilibre est recherché pour administrer un médicament injectable à risque, jugé souvent dangereux par les professionnelles, à un patient jugé fragile, afin de l'adapter à son état et de respecter strictement la prescription médicale qui peut présenter des formes variées (manuelle, informatisée, protocolée).

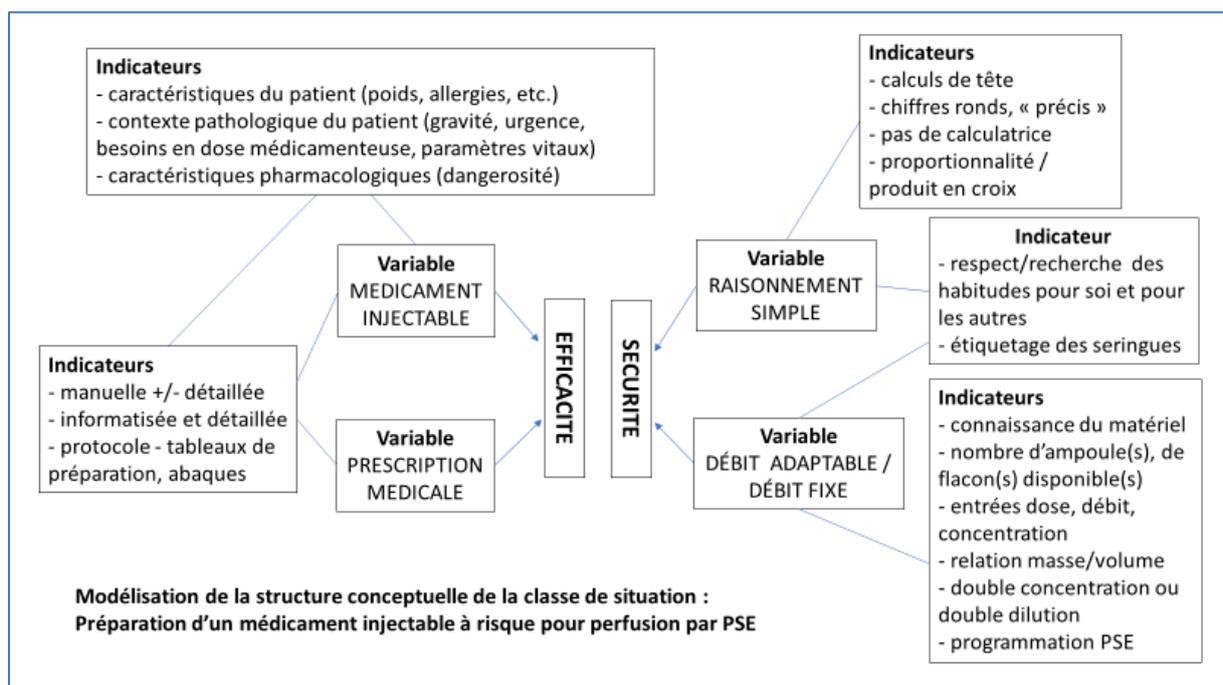


Figure 42 : Modélisation de la structure conceptuelle de situation : préparation d'un médicament injectable à risque pour perfusion par PSE

2 - des indicateurs qui sont des observables, qui permettent de donner une valeur actuelle aux concepts et dont la signification a été construite de telle sorte qu'elle relie observables et concepts ;

Le « concept de sécurité » pour le raisonnement proportionnel s'est formé sur les variables de « raisonnement simple » et de « débit adaptable ou débit fixe ». Les indicateurs, pour la variable « raisonnement simple », ont été exprimés par les 15 professionnelles : « Il faut que ce soit simple à préparer pour être simple à injecter ». La

recherche de la simplicité gage de sécurité se traduit par la possibilité de faire les calculs de tête, avec des chiffres ronds qui sont pensés « précis » par les infirmières. Cette simplicité se manifeste aussi par la possibilité de faire les calculs sans calculatrice et en cas de doute une vérification par le produit en croix comme méthode privilégiée de raisonnement proportionnel.

La variable « débit fixe ou débit adaptable » est relativement spécifique de la réanimation/soins intensifs puisqu'elle répond à des impératifs de modularité inhérents à la prise en soins de patients très fragiles et aux médicaments injectables utilisés. Les indicateurs sont à la fois techniques et cognitifs. Les indicateurs techniques concernent la connaissance des matériels et leur disponibilité, ainsi que le nombre de flacons et d'ampoules à disposition pour préparer la seringue. Ceux d'ordre cognitif reposent sur des choix de raisonnements orientés dose, concentration ou débit et de doubles concentration ou dilution, en fonction de l'évaluation de la situation du patient par les infirmières.

Un troisième indicateur influence les deux variables du concept organisateur sécurité, essentiel à sa structuration. C'est celui de respect des habitudes qui constitue un moyen d'assurer la maîtrise, de garantir à la fois la sérénité de la préparation d'un médicament et la sécurité individuelle et collective par le respect des règles de préparation concertées, même si elles ne sont pas toujours formalisées.

Pour le « concept d'efficacité », ce sont les variables de « médicament injectable » et de « prescription médicale » qui ont émergé des dimensions de l'action prises en compte. Les indicateurs de la variable « médicament injectable » sont centrés sur deux buts qui considèrent l'aspect critique de la situation, au sens anglo-saxon de *critical care*. Il s'agit d'une part d'évaluer la situation clinique du patient (pathologie, gravité, paramètres vitaux) et ses caractéristiques en fonction de la pathologie, pour prendre les meilleures décisions et d'autre part, de prendre en compte la dangerosité du produit dans un contexte précis d'administration, compte tenu de ses caractéristiques pharmacologiques. L'objectif étant de trouver le meilleur compromis possible au moment où le patient est traité.

Les indicateurs de la variable « prescription médicale » vont orienter la préparation et le calcul de doses, plus ou moins fortement en fonction de la forme qu'elle prend, laissant des marges de manœuvre variables aux infirmières. La précision de la formulation de la

PM, qu'elle soit manuelle, informatisée ou protocolée assure une efficacité, en guidant la pratique de préparation et d'administration pas à pas, dont les effets attendus seront vérifiés par les réactions du patient à ce traitement. Cela sera d'autant plus vrai avec des professionnelles débutantes ou peu expérimentées. Les infirmières expérimentées, habituées à des PM plus sommaires, sont en capacité d'assurer cette efficacité qui se fonde sur une expérience professionnelle plus conséquente.

3 - des classes de situations qu'on peut analyser à partir de la valeur donnée aux concepts organisateurs et qui vont spécifier le répertoire de procédures (ou de règles d'action) à utiliser ;

Pastré (2011a) précise que « les praticiens ont l'habitude de catégoriser empiriquement les situations qu'ils rencontrent, ce qui leur permet d'ajuster leur action à la situation ainsi identifiée » (p. 89). Il considère que la structure conceptuelle va faciliter une catégorisation rationnelle des classes de situations par le tableau des valeurs prises par les variables. L'analyse montre que les décisions de préparation médicamenteuses des infirmières s'appuient sur des procédures routinières relatives à des situations stables, impliquant de manière équilibrée les concepts d'efficacité et de sécurité. Nous pourrions dire que la situation est alors relativement simple. Les variations de la situation ont pour origine la modification des conditions d'effectuation de la tâche et l'évolution du contexte clinique du patient. Des difficultés d'adaptation du patient à son traitement (mauvaise réponse, effets secondaires, etc.) et/ou la dégradation de son état vont faire évoluer la situation qui va devenir plus complexe, nécessitant des prises de décisions ayant pour conséquence des écarts avec les pratiques habituelles. En cas de dégradation importante, des gestes et des traitements sont entrepris de façon urgente, et c'est avant tout le concept d'efficacité qui va primer, reléguant quelque peu celui de sécurité au second plan, et ce d'autant plus si le pronostic vital du patient est engagé.

La variable « médicament injectable » sera également modifiée si l'infirmière doit administrer un médicament qu'elle connaît peu, l'obligeant à solliciter des ressources cognitives supplémentaires pour prendre les décisions de préparation et de calculs. De même, une PM inhabituelle va modifier l'équilibre entre les deux concepts « sécurité » et « efficacité » créant des conditions particulières. Les différentes formes de PM proposent des classes de situations à même de modifier les valeurs données au concept d'efficacité. Il existe un écart important entre une PM manuelle non détaillée pour une seringue de

dobutamine (avec les difficultés inhérentes à sa préparation) et un protocole de préparation et/ou un tableau de dilution pour préparer ce même médicament et programmer le débit par exemple. Entre les multiples situations, des plus simples et normales aux plus complexes et/ou inhabituelles, il existe un certain nombre de situations qui s'intercalent. Caens-martin (2005) postule que c'est l'expertise du tailleur, dans son cas pour la taille de la vigne, qui s'exprime dans « sa capacité à mobiliser ces deux concepts [équilibre et charge] et son corollaire : sa capacité à inverser les buts » (p. 91). Nous reprenons ce postulat pour la pratique du calcul de doses et l'expertise qui en émerge.

4 - des stratégies attendues, en fonction du niveau de conceptualisation auquel a accès un opérateur : (certains ont construit le concept de bourrage, d'autres pas). L'énoncé de ces stratégies attendues n'épuise pas les stratégies effectivement mobilisées par les acteurs, mais cela permet de mettre de l'ordre en fournissant une grille d'analyse.

Les stratégies constatées s'appuient sur l'analyse des connaissances des infirmières en ce qui concerne la gestion de la dangerosité, des effets des médicaments et la gestion de la préparation en vue de l'administration. Toutes les participantes à l'enquête peuvent être qualifiées d'expérimentées, mais avec quelques nuances qui nous aident à repérer des écarts entre les professionnelles. Benner (1995) a proposé cinq niveaux qui caractérisent les paliers de développement professionnel (novice, débutant, compétent, performant, expert) qui concrétisent différents types de changement dans le processus d'acquisition de la compétence (utilisation effective d'une expérience passée, un changement de perception sur la situation, et l'endossement du rôle d'acteur impliqué, et non plus observateur). Elle s'est appuyée sur le modèle Dreyfus d'acquisition des compétences qu'elle a appliqué aux soins infirmiers (Dreyfus & Dreyfus, 1980). Appriou-Lédesma (2018) précise dans sa thèse sur la construction identitaire des débutants infirmiers que le modèle sert aujourd'hui partiellement de référence dans le domaine des soins infirmiers au regard des critiques qui ont été formulées à son encontre. On reproche au modèle son approche trop linéaire pour passer d'un stade à l'autre, faisant fi de la place de l'individualité et des interactions dans la construction de la professionnalité (Appriou-Lédesma, 2018). Des travaux plus récents en sciences de l'éducation ont apporté un regard différent sur la professionnalité des débutants (Ria, 2009 ; Ria et al, 2001, 2003, 2004). Malgré tout, par sa caractérisation des stades et de profils « typiques » de professionnelles, le modèle de Benner permet une lecture des écarts entre les

professionnelles. Les quatre infirmières les moins expérimentées de notre échantillon (1,5 à 4 années d'expérience) évoquent des stratégies adaptées à la situation, mais moins riches que celles des plus expérimentées dont la vision est plus globale et plus synthétique, s'appuyant sur une plus grande richesse des cas de référence.

Chez les infirmières moins expérimentées, le registre opératif semble solide alors que le registre épistémique laisse apparaître des manques. Elles ont tendance à cibler davantage le concept de sécurité. Cela les conduit à dire ne pas avoir besoin de réfléchir pour préparer certains médicaments habituels (insuline, morphine) pour lesquels les calculs de dose sont plus simples alors que cette sécurité n'est pas aussi affirmée pour les préparations de médicaments comme la dobutamine pour lesquels sont exprimés des besoins de contrôle ou des attentions portées plus fréquemment à des particularités techniques (MB-26-2,5-H ; MM-23-1,5-F ; CW-25-4-F ; HB-26-3-H). Dans l'analyse de la dynamique des rapports entre agents, tâche et activité, Leplat (1997) livre un regard précis sur les transformations mutuelles opérées sur les éléments du triplet sujet-situation-activité. Il cite un exemple pour illustrer son propos : « Ainsi, il serait difficile de dire qu'un novice et un expérimenté exécutent la même tâche. Ils poursuivent sans doute le même but général, mais par des voies différentes : les conditions qu'ils prennent en compte ne sont pas identiques » (p. 15).

L'analyse didactique (croisant didactique des mathématiques et didactique professionnelle) des raisonnements formulés par les infirmières ainsi que de leurs éprouvés dans les différentes situations de simulation, nous a conduit à dresser la structure conceptuelle de la situation de calcul de doses. Nous avançons dans la compréhension en produisant les résultats de l'activité à partir des raisonnements formulés par les infirmières et analysés avec les outils de la didactique des mathématiques et des règles d'actions qui accompagnent l'activité et ainsi montrer la part d'adaptation que Vergnaud nomme « les inférences en situation ».

5.8.4 Des questions sur les pratiques et leurs variabilités : Les catégorisations à l'épreuve des résultats de l'étude par simulation

Précédemment, l'analyse des résultats centrés sur la tâche et le sujet a permis de construire une compréhension du calcul de doses. Dorénavant, nous détaillons l'analyse

de l'exécution de l'activité à la recherche des connaissances-en-acte et des règles d'action qui permettent de saisir la manière dont, au fur et à mesure, l'activité est générée.

5.8.4.1 Règles d'actions - La préparation des seringues médicamenteuses et les connaissances-en-acte

5.8.4.1.1 Les gestes de métier et les pratiques de préparations médicamenteuses

L'analyse des entretiens d'auto-confrontation simple et des traces vidéos de l'activité fournit des données sur les règles d'actions des infirmières pour le guidage de leurs actions. Nous avons identifié trois grandes catégories qui organisent l'activité de préparation : la gestion de la dilution (orientée sécurité ou efficacité), un geste professionnel (la purge des seringues) et les caractéristiques de la fluidité de l'exécution.

5.8.4.1.1.1 Gestion du diluant - sécurité ou efficacité !

Deux pratiques de gestion de la dilution des médicaments s'opposent chez les professionnelles. Si nous prenons une seringue de 50 mL, l'une consiste à prélever en premier le volume de diluant puis à compléter avec la dose de médicament et l'autre consiste à faire l'inverse, le médicament est prélevé en premier puis ensuite le diluant. Ces deux techniques ont pu être observées dans la simulation avec des arguments pour privilégier l'une ou l'autre des techniques.

Prélever le diluant avant le médicament

CDA-29-8,5-F prélève toujours le diluant en premier dans des poches de soluté commun à la préparation de plusieurs seringues. Cette technique lui permet de ne pas contaminer le soluté avec les médicaments contenus dans les seringues. LR-32-5-F et HB-27-3-H appliquent la même technique pour les mêmes raisons.

AB-30-7-F prépare systématiquement la seringue en prélevant d'abord le diluant. Le risque pour elle serait de mettre accidentellement du médicament dans la poche de soluté sauf quand on utilise des pipettes de soluté ce qui est rare dans son service.

Prélever le médicament avant le diluant

FL-27-6-F prélève le médicament et aspire de l'air immédiatement après pour récupérer la totalité de la dose et ne rien laisser dans l'aiguille et ensuite elle complète avec le

diluant. Elle recherche de la précision maximale pour avoir la bonne concentration. FC-26-4,5-F ; BRB-30-6-F ; NE-39-15-F ; CD-46-24-F réalisent la préparation de cette façon. Nous notons que CD-46-24-F demande aux étudiantes de faire l'inverse pour assurer le bon remplissage car elle estime qu'elles n'ont pas encore la dextérité nécessaire pour suivre sa technique.

PB-27-5,5-H préfère commencer par pomper le médicament en premier et le diluant ensuite en précisant qu'il lui semble qu'il existe de la littérature sur ce point. Il dit qu'il peut y avoir un souci en faisant l'inverse.

OS-38-17-H prélève également le médicament d'abord et le diluant ensuite. Il évoque une étude sur la préparation des seringues qui ne lui a pas fait changer de pratique, l'important étant de bien mélanger.

Discussion

La question de l'ordre est étroitement reliée à la nature du matériel à disposition. La préparation des seringues en réanimation/soins intensifs adulte se fait sur des volumes assez importants qui nécessitent l'utilisation de seringues de 50 mL. Pour diluer les médicaments, les solutés de diluant (NaCl 0,9 % ou EPPI) se présentent en dosettes (unidoses) de 10 mL, ou en poches de solutés (NaCl 0,9 % ou G5 %) de taille variable (50, 100 ou 250 mL).

Le principal argument du prélèvement initial du diluant réside dans la volonté de ne pas "contaminer" le soluté avec le médicament qui serait déjà présent dans la seringue, si l'on commençait par le pomper en premier dans la seringue avant de compléter avec le diluant. À l'inverse, le risque est de dépasser éventuellement la graduation de référence pour l'atteinte du volume désiré et de se retrouver avec une concentration modifiée sans pouvoir purger l'excédent, sauf à perdre éventuellement du médicament mélangé au soluté.

En prenant d'abord le diluant, on peut garantir plus facilement le respect des bons volumes de diluant et de médicament. Cette technique est préconisée pour les étudiantes qui n'ont pas toujours une dextérité suffisante dans le maniement et le remplissage des seringues.

Comme nous le montrons ci-après sur des exemples, il y a une recherche de compromis ou d'équilibre à trouver entre le prélèvement de la dose le plus justement possible (sécurité) et le nombre de gestes à réaliser (efficacité). Cela est vrai pour les six

médicaments, mais d'autant plus pour l'héparine et l'insuline qui nécessitent de prélever de faibles volumes avec une possible décimale. C'est la notion de risque pris qui peut rendre compte de cette décision.

Exemple avec l'insuline et les quatre options possibles de gestion de la préparation :

- le principe actif (0,5 mL) est pris d'abord avec une seringue de 1 mL, injecté dans une seringue de 50 mL qui est complétée avec le diluant (49,5 mL). Il y a trois manipulations et une prise de risque car si trop de diluant est pompé, on ne peut plus l'évacuer sans perdre potentiellement également du médicament ;

- le diluant est pris d'abord puis le médicament ensuite ce qui donne aussi trois manipulations. Cette solution est également à risque car impossible de pomper 49,5 mL, donc soit l'infirmière prélève à l'œil (imprécis), soit elle prend 50 mL et ne respecte pas parfaitement la dilution 1 UI dans 1 mL. Elle ne respecte donc pas les règles de bonne pratique de préparation et de respect de la PM ;

- le diluant est pris d'abord mais en partie seulement, puis ensuite le principe actif, puis complément du diluant ce qui donne quatre manipulations. Cette solution semble apportée une sécurité supplémentaire au regard de l'option 2 car elle permet de respecter parfaitement les volumes de principe actif et de diluant ;

- le diluant est pris d'abord (49 mL) puis le principe actif est pompé avec une seringue de 1 mL soit 0,5 mL qui est complétée avec 0,5 mL de diluant et enfin réinjecté dans la seringue de diluant initial. C'est la solution la moins risquée au regard du strict respect des doses et des volumes, mais qui nécessite une manipulation supplémentaire.

Cette dernière option n'a été choisie par aucune des infirmières de l'échantillon. C'est une méthode recommandée en IFSI pour garantir la qualité et l'efficacité de la préparation. L'échantillon est composé d'infirmières expérimentées qui vont évaluer cette prise de risque et leur faire choisir une méthode de travail un peu plus risquée qui présente comme caractéristique une économie de gestes pour une préparation jugée efficace en lien avec la pression temporelle de la réanimation, qui suscite ce type de prise de décision. Nous comprenons comment se dessinent les choix des professionnelles et ce qui les caractérisent. Bien souvent, nous ne disposons pas à l'heure actuelle de données probantes pour valider un choix plutôt qu'un autre. Deux infirmiers ont fait référence au travail de recherche d'un infirmier (Garrigue et al., 2016) qui s'est intéressé à la question de l'homogénéité de la solution préparée pour les médicaments injectables administrés par PSE. Cette étude a conclu avant tout sur l'importance de bien mélanger la solution

préparée (au moins cinq mouvements de basculement avant – arrière de la seringue) en laissant une bulle d'air pour cette étape. La qualité de la solution n'est pas influencée par le choix de la technique de prélèvement du diluant qui devient plutôt, comme nous l'avons discuté, une affaire de prise de risque limitée, nous en convenons, et un juste équilibre pour chaque professionnelle entre sécurité et efficacité.

5.8.4.1.1.2 Un geste professionnel : la purge des seringues

Chasser les bulles de la seringue pour respecter la bonne dose

Il s'agit d'une question technique qui est essentielle puisque la présence de bulles empêche de respecter précisément la dose à prélever et/ou la concentration finale de la solution après dilution. La présence de l'air dans la seringue remplace le volume potentiel de diluant qui est à pomper et conduit à une préparation erronée au regard de la PM. Nous reprenons les commentaires des infirmières pour expliquer cet aspect spécifique.

Concernant l'insuline qui est un produit qui mousse, MF-27-6-F a adapté sa technique en laissant de l'air dans sa seringue de 50 mL après le transfert de la dose de médicament de la petite seringue de 1 mL (qui contient 0,50 mL d'insuline soit 50 UI) dans la grande, afin de laisser le temps et la possibilité à la mousse créée par l'injection dans le diluant de se dissiper.

Pour l'ensemble de ses préparations, MB-26-2,5-H pompe une partie du volume de diluant, injecte ensuite dans ce volume le contenu de la petite seringue contenant l'insuline puis complète avec le volume de diluant pour obtenir le volume total envisagé pour la dilution (ici 50 mL). Cela lui garantit la justesse des volumes d'insuline et de soluté dans la seringue. Enfin, il garde une bulle d'air pour bien mélanger la solution avant de purger. Il précise qu'il travaille sur des données probantes et qu'il a lu l'étude de Garrigue (2016).

Pour chasser complètement le produit de sa seringue, PB-27-5,5-H injecte le médicament puis réaspire de l'air dans la seringue avant de le réinjecter dans la seconde seringue. Ainsi, il va chasser tout le médicament qui est à l'intérieur de l'aiguille au moment du transfert de celui-ci.

CW-25-4-F manipule les seringues une fois remplies en les inclinant et les tournant sur elles-mêmes dans le but de faire remonter les bulles d'air à l'extrémité du cône des seringues et faciliter la purge de celles-ci. Elle explique que plus la dose à prélever est faible et plus il faut prendre de précaution car la présence de bulles dans la seringue ne

permet pas de respecter le prélèvement de la bonne dose. De plus, elle ajoute qu'il faut « éviter d'injecter de l'air dans le patient [dans sa circulation sanguine] ». Elle a appris cette technique lors d'un stage en réanimation lorsqu'elle était étudiante et depuis se tient à cette façon de faire qui lui semble efficace.

FL-27-6-F applique la technique de mobilisation de la seringue pour rassembler les bulles et les purger pour être certaine de prélever le plus précisément possible la dose prescrite. FC-26-4,5-F patiente pour que la mousse de l'insuline disparaisse, purger tout l'air et ainsi prélever la dose prévue par la PM.

Discussion

Ce geste professionnel nous intéresse car il met en lien un aspect technique, la purge de bulles d'air hors de la seringue et son impact sur la concentration de la solution préparée pour le patient. Nous nous concentrons sur les calculs de doses, mais nous rappelons dans ce paragraphe comment les contraintes de la pratique peuvent influencer sur l'obtention de la bonne dose pour traiter le patient. Nous citons à nouveau un écrit de Roditi (2014) pour qui le calcul de doses est à double facette :

Le calcul de doses médicamenteuses ressemble de prime abord à une activité mathématique au cours de laquelle l'infirmier résout des problèmes de proportionnalité [...], mais une forte imbrication avec des contraintes et des habitudes professionnelles apparaît dès les premières analyses (Roditi, 2014, p. 106).

Ce geste essentiel de la purge de l'air n'est pas la seule action qui participe à la qualité de la préparation, d'autres facteurs à forte composante gestuelle y contribuent.

5.8.4.1.1.3 Quelques caractéristiques de la fluidité de l'exécution

PB-27-5,5-H explique qu'il suit toujours les mêmes étapes : disposition ordonnée des matériels à utiliser pour chaque étape à savoir, ampoules ou flacons du médicament, poche ou dosette de diluant, seringues nécessaires, aiguilles et matériel pour décontaminer les ampoules ou les flacons. Ensuite, il y a une vérification du dosage et ouverture puis montage de la seringue et enfin préparation du médicament.

Pour MB-26-2,5-H c'est une routine proche :

Je prends mon matériel ensuite mon médicament, ensuite je vérifie que c'est bien le bon médicament, date de péremption etc. et après en général, je sors le matériel sur la paillasse, je mets mon médicament, mes pompeuses, mes seringues et je prends la petite étiquette pour pouvoir noter ce que c'est et pouvoir coller tout de suite dessus.

L'organisation de FC-26-4,5-F lui permet de tout disposer de la même façon afin de pouvoir tout avoir sous la main. Il lui semble que cela permet de mieux respecter l'hygiène et de ne pas perdre de temps.

MM-23-1,5-H s'organise toujours de la même façon en amont, à savoir sortie des ampoules ou des flacons, de la seringue et de tout le matériel avant de commencer. Elle a établi un ordre, une organisation dans sa préparation qui est systématique.

Les vérifications sont faites au moment d'organiser le plan de travail. C'est le flacon de médicament sur lequel l'attention des infirmières est le plus portée afin de vérifier la concordance entre la PM et le dosage du médicament. Une insistance est marquée sur la ressemblance entre les ampoules et/ou les flacons à l'hôpital.

Les vérifications de péremption des matériels sont également importantes, y compris des seringues et des aiguilles dont la rotation est très élevée dans un service de réanimation. La préparation du matériel est quelque chose de relativement ritualisé qui suit un ordre presque immuable chez les infirmières depuis la lecture du dosage du flacon jusqu'à l'étiquetage de la seringue une fois préparée. Le matériel est à disposition sur un chariot ou la paillasse de travail et chacune choisit le matériel nécessaire pour la préparation. Ce choix est orienté par l'utilisation, mais surtout par la nature et le volume du médicament à préparer. La connaissance des médicaments et de leur conditionnement est un préalable à la préparation et au calcul de doses qui se font concomitamment. De même, la fluidité de l'exécution repose sur une très bonne connaissance du matériel, en particulier des intervalles de graduation des seringues.

À partir des traces de l'activité filmée, la dextérité dont font montre les professionnelles dénote une expertise dans la gestuelle : très peu de gestes parasites ; des gestes très précis conduisant à des prélèvements du contenu des ampoules qui ne montrent pas de perte de produits par exemple. Il se dégage une sûreté importante de ces gestes reproduits des milliers de fois par ces professionnelles, des schèmes opératoires, une compétence incorporée, ne laissant voir qu'un enchaînement de gestes automatisés, fluides, sans temps morts. Dans le même temps, on constate lors des préparations, lorsque les infirmières prélèvent les contenus des ampoules, le regard qui balaye le plan de travail ou le cas clinique à la recherche d'informations, soit sur la suite de la préparation (matériel disponible), soit dans la situation pour vérifier ou valider une information.

Discussion

Ces observations sur la qualité et la fluidité des manipulations de seringues sont à rapprocher de la notion d'automatisme construit dans le temps par la répétition des gestes et la fréquence d'exposition aux situations (Leplat et Rogalski, 2011) qui vont bâtir l'expérience professionnelle et que ces auteurs qualifient d'expériences sédimentées. Celle-ci va renforcer la confiance des professionnelles dans cette activité et garantir la sécurité et l'efficacité de la préparation. On entrevoit, au travers de leurs attitudes qui mêlent le geste à la prise d'information en continu (balayage du regard sur le plan de travail), des indicateurs d'une activité cognitive à l'œuvre, s'appuyant sur des règles d'action, sur des connaissances-en-acte et des inférences qui guident l'action des infirmières. On retrouve les marqueurs du compromis cognitif décrit par Amalberti (2001b) qui procurent une économie de ressources cognitives en utilisant des savoirs et des savoir-faire gérés par une automatisation de l'action, par la constitution de schèmes, et qui permettent de se centrer sur la qualité de la préparation.

Les observations des pratiques nous ont fourni de fructueuses données sur les règles d'actions qui pilotent l'aspect gestuel. Nous poursuivons l'exploration des préparations médicamenteuses dans leur aspect cognitif par l'analyse des observations des pratiques filmées et commentées par les infirmières en nous intéressant aux adaptations aux situations.

5.8.4.2 Une première catégorisation des raisonnements de calculs : calculs simples et calculs complexes

Au-delà de l'aspect technique et plus particulièrement gestuel que nous venons d'exposer, nous postulons que la durée de traitement de la situation de simulation pour chaque infirmière indique le degré de difficulté calculatoire pour chaque médicament. À cette fin, nous avons : 1°) calculé la durée moyenne de préparation de chaque médicament correspondant à la lecture du cas, plus le temps de calcul et celui ensuite de la mise en œuvre (Tableau 11) ; 2°) calculé la durée moyenne de calcul avec ou sans l'étayage qui a pu être proposé à certaines infirmières en difficulté pendant la simulation (Tableau 12) ; et enfin, 3°) mesuré et analysé les impacts des étayages sur les durées de calculs (Tableau 13) dans le but de catégoriser les difficultés calculatoires pour chaque médicament.

5.8.4.2.1 Les durées de préparation des médicaments

Médicaments	Durée	Manipulations	Médicaments	Durée	Manipulations
Morphine	3'22 (2' - 6')	1 seringue	Noradrénaline	5'22 (2'45 - 9'50)	1 seringue
Chlorure de Potassium	4'35 (2'45 - 7'05)	1 seringue	Dobutamine	8'05 (4'30 - 12'45)	1 ou 2 seringues
Insuline	4'54 (2'35 - 6'35)	2 seringues	Héparine	10'45 (2'55 - 32'40)	1 ou 2 seringues

Tableau 11 : Durées moyennes de préparation des médicaments (lecture du cas, calculs et mise en œuvre)

Nous remarquons sur ces durées moyennes de préparation que deux groupes de médicaments se dégagent :

Le premier groupe est constitué de la morphine, du chlorure de potassium et de l'insuline. La morphine est le médicament préparé le plus rapidement, le raisonnement n'a posé aucun problème aux professionnelles et la préparation consiste à diluer deux ampoules de 20 mg dans une seule seringue de 50 ou 20 mL. L'insuline et le chlorure de potassium ont pris en moyenne une minute supplémentaire. Les calculs ont également été fluides, mais les préparations demandent plus de manipulations. Deux infirmières ont préparé le chlorure de potassium sur deux seringues. Pour l'insuline, il faut obligatoirement prélever un petit volume (0,5 mL) avec une seringue de 1 mL, puis le transférer dans une plus grande pour réaliser ensuite la dilution, ce qui prend plus de temps, d'où le léger décalage avec le chlorure de potassium (4'54 pour 4'35).

Le second groupe est constitué par la noradrénaline, la dobutamine et l'héparine. Ces trois produits ont demandé aux infirmières des temps de calculs plus conséquents. Le temps est environ une fois et demie à deux fois plus long pour la dobutamine et l'héparine que pour les médicaments du premier groupe. Cela témoigne des obstacles rencontrés face à des calculs mathématiquement accessibles pour ces infirmières familières de ces produits, mais dont la PM marquait une forme de rupture avec le contexte inhabituel où des outils cognitifs (protocoles) sont à disposition simplifiant les raisonnements en les soulageant de la part de calculs (Van den Bemt et al., 2002 ; Tissot et al., 2003). Les trois situations cliniques avec ces médicaments ont nécessité une régulation de la part du chercheur, sous la forme d'un étayage très variable allant de la simple réponse à une

question pour soutenir le raisonnement, à un guidage vers une solution pour quelques situations que nous avons analysées (cf. *infra*), dans le but de permettre aux infirmières de résoudre les problèmes auxquels elles étaient confrontées.

La noradrénaline a principalement posé des problèmes de calculs à cinq infirmières habituées à travailler avec des tableaux de préparation qui n'étaient pas mis à disposition pour la simulation. Une piste de solution était présente dans le cas clinique sous la forme d'une prescription médicale notée en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, mais surtout en mg/h . C'est cette dernière donnée qui offrait une possibilité supplémentaire de calculer la dose autrement qu'avec l'unité de prescription en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. L'augmentation du temps de préparation s'explique donc par l'augmentation de la durée de calcul. Cette préparation a fait l'objet d'étayages pour les cinq professionnelles.

Nous observons que la même situation s'est reproduite pour la dobutamine, mais avec un temps de résolution plus long du problème. Le cas clinique ne présentait pas de piste de solution pour calculer la dose autre que la prescription en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, ce qui a constitué un obstacle à résoudre avec des étayages fréquents pour huit infirmières.

L'héparine présentait une contrainte particulière sous la forme d'une prescription médicale plus précise qu'habituellement pour ce médicament ; le calcul de la dose conduisant à un résultat au millième, cela impliquait que les professionnelles changent leurs habitudes de calculs, en modifiant soit la stratégie de raisonnement proportionnel (durée ramenée à 5h ou 10h), soit la stratégie mathématique en arrondissant la dose initiale en masse (UI) ou en volume (mL) après leur calcul. Cet obstacle s'est révélé important pour plusieurs infirmières qui n'ont pas trouvé de solution sur la durée de la simulation et n'ont pas voulu arrondir la dose d'elles-mêmes, cela étant de la prérogative du médecin. Elles avaient cependant la possibilité de proposer cette démarche au chercheur sans décider d'arrondir directement.

Les étayages nécessaires pour accompagner les participantes ont été assez fréquents pour l'arrondi de la dose (8 fois). Il y a eu quatre temps de régulation pour soutenir les raisonnements en cours et éviter les échecs. La préparation ne posait pas de problème particulier, mais nécessitait l'utilisation de deux ou trois seringues donc des manipulations plus longues. Un infirmier a pris 32'40 pour la préparation car il a consacré 20'26 au calcul pour tenter de trouver une solution acceptable pour lui. C'est le cadre de la simulation qui l'a incité à persévérer dans cette voie car dans la réalité, il aurait arrondi la dose initiale avec l'aval du médecin.

5.8.4.2.2 Les durées de calcul de doses des médicaments

Pour compléter le premier point de vue, nous détaillons plus précisément les durées moyennes de calculs de doses. Les durées avec étayage apparaissent quand un étayage a été apporté.

Médicaments	Durée	Représentation du calcul	Médicaments	Durée	Avec étayage	Représentation du calcul
Morphine	25''	Simple	Noradrénaline	1'	5'	Complexe
Insuline	30''	Simple	Dobutamine	4'	6'	Complexe
Chlorure de Potassium	35''	Simple	Héparine	3'30	10'	Complexe

Tableau 12 : Durée moyenne de calculs par médicament

Dans ce tableau, les résultats sont présentés arrondis et sans intervalle afin de catégoriser clairement les écarts entre les différents médicaments. Dans un second tableau ci-dessous, nous détaillons plus précisément les durées et intervalles pour les trois médicaments nécessitant un étayage. Les temps mesurés comprennent la lecture du cas et les calculs. Ils débutent au moment où le regard des infirmières se pose sur la feuille présentant le cas clinique et celle reproduisant la feuille de prescription médicale et ils s'arrêtent dès que les participants lèvent le regard pour commencer à réunir le matériel pour la préparation de la seringue. Les temps mesurés pour les trois produits considérés comme simples à calculer, ils vont de 25'' pour la morphine, à 30'' pour l'insuline et 35'' pour le chlorure de potassium. Ces durées très courtes comprennent les activités indissociables de lecture et de calcul, les deux s'effectuant concomitamment.

Lors de l'observation des vidéos, les infirmières lisent le cas clinique et la PM et débutent immédiatement la préparation. Les calculs sont tous faits de tête pour ces trois produits. Cependant, une limite doit être signalée au regard de consignes données en début de simulation de faire apparaître le raisonnement sur la feuille du cas clinique, afin dans un second temps, lors de l'entretien d'auto-confrontation, de travailler sur cette trace de leur activité. Certaines infirmières en effet, ont noté leur raisonnement immédiatement après

la lecture et nous ne pouvons donc pas affirmer que ce temps, en aucune façon, n'a joué un rôle dans leur raisonnement.

Lors de cette phase de lecture-compréhension du problème, nous les voyons vérifier parfois le dosage de l'ampoule ou du flacon. Il n'y a pas de caractéristiques visibles des opérations cognitives lors de cette résolution de problème qui ne pose pas de difficulté, aux infirmières de l'échantillon.

Une seule question est posée par les participantes à l'étude concernant le chlorure de potassium au regard de la durée de perfusion qui était absente de la PM. Cette contrainte volontaire a permis au chercheur de vérifier l'état des connaissances concernant les recommandations pour la durée de perfusion du chlorure de potassium, qui est un médicament appartenant à la liste des médicaments injectables à risque. Aucun étayage, au sens de la relance ou du soutien au calcul, n'a été effectué pour ces trois médicaments. Les trois produits considérés comme complexes à calculer présentaient une PM inhabituelle pour certaines infirmières, ce qui a engendré une perturbation dans les pratiques habituelles de calculs. Ce niveau de perturbation, commenté plus en détail dans la section qui abordait le couplage situation-sujet, a été relativement homogène pour onze infirmières qui se sont dites perturbées, mais qui ont pu poursuivre les raisonnements. Quatre infirmières ont été déstabilisées de façon plus importante commettant des erreurs de calculs, de raisonnements et parmi elles, trois ont abandonné la situation de simulation qui posait problème pour enchaîner sur la suivante. Ces situations seront exploitées plus tard dans la recherche.

Pour les calculs complexes, la calculatrice est utilisée ou le calcul est posé sur le papier. Nous identifions sur les films, les attitudes des professionnelles qui sont en réflexion profonde (concentration importante, se penchent sur le papier, se grattent la tête). Nous les voyons faire des allers-retours entre les flacons, le texte, la calculatrice et /ou le papier. L'ensemble des régulations a concerné ces trois médicaments.

5.8.4.2.3 Les durées de calculs des médicaments avec la prise en compte des étayages

Pour rendre compte du type d'étayage et de l'impact sur la durée et la réussite des calculs, nous présentons une analyse de ces situations.

Les délais de régulation sont intervenus après 1' en moyenne pour la noradrénaline, après 3' en moyenne pour la dobutamine et après 6' en moyenne pour l'héparine. Malgré ces régulations, pour la dobutamine, quatre infirmières sont sans solution et après étayage,

deux abandonnent. Pour la noradrénaline deux sont sans solution : une réussie et une seule abandonne. Pour l'héparine, de nombreux étayages sont effectués et un seul abandon est constaté.

Dans le but d'évaluer les écarts constatés entre les différentes professionnelles, les durées de calcul ont été mesurées pour ces trois produits afin de comparer les situations pour lesquelles les infirmières ont effectué le calcul sans étayage et les situations dans lesquelles un étayage a eu lieu.

Médicaments	Durée sans étayage	Durée avec étayage	Nature de l'étayage
Noradrénaline	41" à 63"	4'50 (3'20 - 6'30)	Orientation du raisonnement sur les mg/h
Dobutamine	4'06 (30" - 6'55)	6'03 (3' - 7'30)	Proposition de la règle du Poids x 3 (entrée débit)
Héparine	3'23 (1'40 - 6'30)	9'59 (2'30 - 20'26)	Proposition de calculer sur 5h ou 10h ou d'arrondir en cas de blocage complet

Tableau 13 : Durées moyennes de calculs de doses pour les médicaments avec ou sans étayage

Ces mesures indiquent plusieurs éléments notables qui pourraient signifier des difficultés calculatoires liées à ces médicaments. Lorsque le raisonnement est autonome (sans étayage) :

- la noradrénaline est calculée en deux fois plus de temps que les médicaments du premier groupe (insuline, morphine, chlorure de potassium) dont les calculs étaient effectués en 30" ;
- la dobutamine est calculée en huit fois plus de temps ;
- l'héparine est calculée en six fois et demie plus de temps.

Sans les tableaux de préparation de ces médicaments, le calcul est beaucoup plus long que pour le premier groupe de médicaments. Ce constat tend à indiquer que ces produits proposent un problème plus complexe, dans la mesure où la préparation ne prend pas plus de temps que pour le premier groupe de médicaments.

Lorsque le raisonnement a été bloqué ou a nécessité une relance ou un soutien, la durée est sensiblement allongée avec des durées moyennes très variables d'une infirmière à l'autre : pour la noradrénaline, 4'50 au lieu de 63", pour la dobutamine 6'03 au lieu de 4'06 et pour l'héparine 9'59 au lieu de 3'23.

C'est pour ce dernier médicament dont le calcul comprenait le plus de contraintes que les temps de calcul sont les plus longs avec des professionnelles qui ont tenté d'aller au bout de leurs ressources pour solutionner le problème auquel elles faisaient face. Quatre d'entre elles cumulent les durées les plus longues (9', 12', 15'05 et 20'26) témoignant d'une ténacité extraordinaire. Cela traduit toute la portée de cette expérience de simulation qui a permis de pousser ces professionnelles, probablement, le plus loin possible dans leurs ressources cognitives, afin de trouver une solution et de laisser une trace de leurs raisonnements sur lesquelles il nous a été possible de revenir. Nous signalons que dans la réalité, cette situation est peu observable car si une prescription médicale pose question pour sa préparation, les infirmières vont demander des précisions au médecin qui, pour ce type de produit, va réajuster sa prescription afin que celle-ci soit facilement prélevable.

Nous avons pu observer que les calculs pour ces trois médicaments sont déjà envisagés pendant la lecture du cas puis sont posés ou rentrés directement dans la calculatrice. Le plus souvent le calcul du débit se fait à la calculatrice (2 ou 3 infirmières calculent à la main, mais au moins une fois pour le débit de l'héparine sortent une calculatrice).

Ce sont, très majoritairement, ces trois médicaments qui ont engendré des réactions émotionnelles observables, par des grimaces ou des sourires (pour la dose précise d'héparine ou l'unité de PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) ou par d'autres attitudes spécifiques : l'infirmière se gratte la tête ou se met la main sur le front pour réfléchir, ou encore se penche sur le problème, au sens propre du terme. Nous percevons un niveau d'attention plus élevé que pour le premier groupe de médicaments avec une centration sur la feuille du cas clinique. L'écriture est un outil dans ces situations qui est au service du raisonnement pour la majorité des participantes. Un faible nombre (2 infirmières) utilisent uniquement la calculatrice sans poser le raisonnement sur le papier, et encore, pas de façon systématique pour tous les produits. Les infirmières, dans ces moments-là, attrapent souvent le flacon ou les ampoules pour relire le dosage ou plus simplement pour les avoir dans la main comme une sorte d'aide « instrumentée » à la résolution du problème.

Certaines infirmières, pendant la simulation, se déclarent réellement perturbées et ont sollicité le chercheur en affirmant leur impuissance à résoudre le problème « je n'y arrive pas » ou « là, je suis bloquée ! » ou parfois encore en expliquant leur raisonnement et le point de blocage. L'étayage du chercheur a enclenché la relance d'une dynamique de raisonnement et permis aux infirmières d'aller au bout du calcul sauf à quatre reprises qui ont conduit à des abandons du calcul (deux pour la dobutamine, un pour l'héparine et un pour le noradrénaline).

Les raisons de ces perturbations (abandons et étayages) sont analysées par ailleurs (cf. *infra*). Nous examinons à présent les délais d'intervention de ses étayages, leur nature et leurs effets.

Délai moyen d'intervention de l'étayage par produit

Les délais mesurés indiquent des différences substantielles pour les trois médicaments et ce que l'on constate est à mettre en lien avec les niveaux de contraintes croissants imposés pour ces trois calculs de doses.

Le cas de simulation avec la noradrénaline présente une difficulté calculatoire car le tableau de préparation n'est pas disponible, mais une solution existe dans ce cas. Les participantes perturbées se sentant en difficulté réclament leur tableau de dilution habituel. L'étayage qui arrive après 1'02 (30" - 3') en moyenne, centré sur la prescription qui est formulé également en mg/h, relance rapidement les infirmières pour leur permettre d'aller au bout du calcul de doses. De façon assez claire, l'absence du tableau de dilution habituelle a déstabilisé certaines professionnelles :

Je suis embêtée, nous on prépare nos seringues en fonction du poids du patient. On a un tableau avec le poids pour que ça fasse 1 cc égal 0,1 gamma. Là du coup, je ne sais pas comment faire (BRB - 30 - 6 - F).

Pour quatre d'entre elles, une tentative de reproduction du raisonnement de leur tableau est entreprise mais sans succès. Un soutien a été réclamé assez rapidement, nous leur avons fait remarquer que la PM était également formulée en mg/h, ce qui leur a permis de calculer la dose : « Sauf que je ne sais faire qu'avec le tableau » ; « Effectivement, on a l'indice 0,3 µg/kg/min (1 mg/h) donc je vais pouvoir faire comme d'habitude ».

Le cas de simulation avec la dobutamine élève le niveau de difficulté puisque les infirmières doivent calculer à partir de la prescription en µg/kg/min qui est une unité jugée compliquée par les professionnelles qui recourent à des aides cognitives (tableaux

de valeurs). La régulation apparaît plus tardivement qu'avec la noradrénaline, 3'04 (20" - 5'30), avec de multiples tentatives qui ne débouchent pas. L'étayage proposé pointera l'utilisation des données de la prescription médicale et du poids du patient, ce qui, pour quatre d'entre elles suffira à leur permettre de calculer la dose à prélever puis de débit de la seringue. Pour quatre autres, les difficultés n'ont pas été surmontées. Deux infirmières après proposition d'utiliser la « règle du poids $\times 3$ » ont effectué les calculs, mais deux autres ont abandonné. La « règle du poids $\times 3$ » est une technique relativement répandue, sans être la seule référence en France.

La prescription de ce médicament en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ sans aide cognitive semble fournir des données caractéristiques sur les difficultés calculatoires que peuvent rencontrer les infirmières. Le discours évoque très rapidement la perturbation de ne pas avoir le tableau de préparation habituel. « En fait dans notre service, on a un tableau avec la concentration de dobutamine en fonction du poids » (CW - 25 - 4 - F). Ce calcul, à l'exception d'une infirmière, n'est pas habituellement fait par les participantes à notre étude, mais il peut avoir été appris en IFSI. La formule de calcul est également présente au-dessus du tableau de préparation utilisé quotidiennement pour certaines (six infirmières). L'étayage leur a parfois permis de relancer leur raisonnement.

Cette situation a fait apparaître des difficultés liées aux conversions. Une infirmière, par exemple, a déclaré ne plus se rappeler comment faire : « le microgramme et le milligramme, je ne sais plus » (AB - 30 - 7 - F). Elle trouve une solution, mais se trompe dans le calcul : « ça fait des petites quantités, des petites vitesses ! » (AB - 30 - 7 - F). Une autre déclare : « si je n'ai pas le tableau, je ne sais pas le calculer. J'avoue que je suis incapable de la préparer » (CD - 46 - 24 - F).

Finalement, on ressent dans leurs verbalisations à la fois une déstabilisation importante liée à l'absence du tableau et une insécurité dans leurs calculs (conversion, unité en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) pouvant aboutir à l'erreur ou à l'impossibilité de parvenir à une préparation.

Le cas de la simulation avec l'héparine représentait un niveau de difficulté encore plus important. Deux solutions permettait de résoudre le problème. La première impliquait de prendre une décision d'arrondi de la dose, décision qui ne relève pas de la responsabilité de l'infirmière mais du médecin. La seconde consistait à changer de durée : calculer pour préparer une seringue à passer en 5h ou 10h alors que les seringues sont ordinairement préparée pour 24h ou une fraction simple de 24h (12h, 8h, 6h ou 4h).

Les professionnelles sont toutes habituées à calculer les doses d'héparine avec des protocoles simples (orientés dose, concentration ou débit) qui facilitent les préparations et le calcul des débits à régler sur les PSE. Les régulations sont intervenues beaucoup plus tardivement que pour les deux autres médicaments après 6'16 (4' - 10') en moyenne. Cela peut traduire la volonté des infirmières de trouver de façon autonome des solutions pour le calcul d'un produit très familier pour elles.

La grande précision de la PM a généré deux types de comportements. Une partie des infirmières a choisi d'arrondir la dose à administrer. C'est souvent à ce moment qu'intervenait une régulation, elles expliquaient leur intention pour obtenir une validation du chercheur-prescripteur comme solution possible. Une seconde partie des infirmières a essayé de nombreuses stratégies de résolution de problème sans se résoudre à arrondir le résultat trouvé. Une autre régulation plus tardive a été proposée, à leur demande, avec la suggestion de modifier la durée de perfusion, la réduisant de 12h à 5h ou 10h. Cette proposition a suscité beaucoup d'incrédulité car très inhabituelle. Même une fois préparée selon cette suggestion, les visages et les attitudes montraient une réelle insatisfaction. Nous citons les propos d'une infirmière à la fin de la préparation : « l'héparine m'a embêtée, il faut que j'y réfléchisse ! » (FL - 27 - 6 - F).

De ces commentaires émergent la notion de précision de la dose dont la définition reste douteuse : la dose prescrite peut être qualifiée de « trop précise » et le volume à prélever « d'imprécis » : « Je suis surpris par la précision de la PM, on est habitué à des comptes ronds » (MB - 26 - 2,5 - H) ; « ça va pas être précis ! » (MF - 26 - 5 - F).

Nous comprenons que les infirmières attendent préférentiellement des valeurs et des résultats entiers qui facilitent les calculs et les manipulations. Dans le cas contraire, les prélèvements sont qualifiés soit d'infaisables ou soit de très peu pratiques à effectuer avec une seringue. Les étayages ont relancé les raisonnements pour aboutir le plus souvent à une décision d'arrondir la dose calculée :

Je ne tombe pas sur un compte rond avec la dose d'héparine, en tout cas, pas avec notre dilution. Là, ça me fait 2,88 cc donc là, je vais voir le médecin et je lui dis que c'est bien de mettre à 2,9 pour une dose à 1450 unités heure et avoir un débit plus juste (CDA - 29 - 8,5 - F).

Les connaissances que traduisent ces notions de précision et d'arrondi se sont développées dans l'action et nous les qualifions de connaissances-en-acte. Nous avons cherché à leur donner un statut plus précis qui est présenté au paragraphe suivant.

5.8.4.2.4 La question de la précision : Un concept-en-acte ?

Les résultats des calculs de doses à virgules pensés comme « non précis »

À propos des doses à prélever d'héparine, les résultats présentent des résultats avec des centièmes ou des millièmes et les infirmières ont exprimé le même constat par rapport à ces chiffres ou ces nombres à virgule.

MF-26-5-F explique que « 0,056 mL ce n'est pas précis et ni prélevable ». MB-26-2,5-H ne veut pas de centième pour une question de précision. Il explique que c'est pour limiter le nombre de seringues à utiliser pour préparer ce type de dose (2 ou 3 seringues pour l'héparine par ex.). AB-30-7-F exprime la même idée dans la recherche d'une dilution de la noradrénaline qu'elle veut simple donc dans une quantité précise pour ne pas se retrouver avec un débit à virgule, « une dose pas précise quoi ! ». Cette expression de la précision signifie pour elle, une absence de virgule dans son débit et encore moins au centième afin de pouvoir vérifier instantanément la dose qui coule en mg. Pour cela, elle dit avoir besoin de nombres entiers pour vérifier et faire cette opération de tête.

FC-26-4,5-F trouve 1,728 mL à prélever comme dose d'héparine et explique qu'elle ne savait pas comment faire pour être plus précise.

NE-39-15-F exprime la même idée sur l'héparine avec une dose à 3,5 mL qui ne lui semble pas précise. À propos de sa crainte de gérer un résultat décimal, elle dit :

NE : non pas me tromper, là mon calcul il est bon mais c'est pas du précis, on est sur de l'héparine !

C : ce n'est pas du précis, ça veut dire que vous voulez des nombres entiers, parce que 3,5 pour moi c'est précis comme chiffre, c'est même plus précis que trois ?

NE : oui mais l'héparine c'est trop sensible, je ne sais pas comment dire, ça interfère trop, c'est comme la noradrénaline à 0,5 près, ça change tout.

Une précision essentielle pour le respect rigoureux de la PM

Le second aspect de cette question de la précision concerne la volonté de respecter la dose précise pour ne pas interférer avec la situation de vulnérabilité du patient. L'idée du respect rigoureux de la dose permet d'administrer ce qui a été exactement prescrit et de fournir au médecin des indications pertinentes sur la conduite à tenir en matière de suivi thérapeutique du patient.

La précision au service de la rigueur de préparation est essentielle pour FC-26-4,5-F :

C : mais ce souci de la précision, le vôtre pourquoi est-ce qu'il est là ?

FC : c'est pas évident de répondre. Je crois que c'est l'habitude d'avoir déjà des médicaments pas anodins à utiliser avec des patients peut-être plus fragiles, plus complexes peut-être que dans d'autres services ou en tout cas des patients qui peuvent basculer facilement ou se compliquer facilement. Donc je ne veux pas jouer avec la précision et ce qui est dit à telle dose, c'est telle dose parce que ça peut changer des choses.

Elle complète son explication en évoquant l'importance qu'elle attache personnellement « au respect de la prescription à la lettre » et à la formation qu'elle a reçu en arrivant dans ce service où cette rigueur était de mise « 50 mL ce n'est pas 49,... mL ni 51 mL ». Ces principes lui conviennent parfaitement.

PB-27-5,5-H recherche la précision de son prélèvement de médicament en cas de problème, refait la seringue. La précision dépend de la bonne connaissance du matériel et particulièrement de la graduation des seringues. Il se rend compte pendant la simulation que les seringues de 20 mL sont suffisamment précises pour prélever 3 mL et donc pourrait limiter le nombre de seringues à utiliser pour prélever un volume avec des centièmes (3,45).

Pour MF-26-5-F, il est important de ne pas laisser de produit dans l'ampoule pour ne pas perdre de produit et perdre en précision qui génère une mauvaise concentration du médicament. Sur une dose faible, on ne peut pas se permettre de perdre 0,1 mL dit-elle. Elle s'appuie sur une expérience en SSPI avec les enfants pour expliquer son souci de la précision et du choix d'une seringue adaptée. Pour elle, il est préférable de prélever 1 mL avec une seringue de 1 ou 2 mL plutôt qu'avec une seringue de 50 mL.

Des infirmières qui affirment (dans l'entretien) la nécessité d'être le plus précis possible mais qui prélèvent le volume de diluant à l'œil (donc perdant la précision)

Deux calculs de doses conduisaient à des doses décimales : l'insuline nécessitait l'utilisation d'une seringues de 1 mL graduée au centième de mL et la dobutamine, requérait une seringue graduée en dixième de mL (seringues possibles 1, 2 ou 5 mL). Cela permet un prélèvement très précis de la dose prescrite.

Pour l'insuline, HB-27-3-H a travaillé directement avec la seringue de 50 mL pour prélever les 49,5 mL de diluant et précise que le 0,5 mL d'insuline est estimé (la seringue de 50 mL est gradué de 1 mL par 1 mL)..

CW-25-4-F prépare la seringue pour l'insuline en prélevant 49,5 mL avec une seringue de 50 mL. Elle explique qu'elle a rempli la seringue à 49,5 mL à l'œil et que c'est son habitude.

Elle refait la même chose pour la dobutamine avec les 15,6 mL. Elle a prélevé le 0,6 mL à l'œil.

Enfin, CDA-29-8,5-F précise qu'elle a pris « 49 et des brouettes » parce que « cela ne change rien en réa adulte » d'avoir 45,6 ou 7 ou 8 mL, fait une « infime différence ».

Discussion

Des points essentiels se dégagent sur des règles suivies par les infirmières au regard de la préparation des seringues médicamenteuses.

- une première règle concerne la rigueur appliquée à la précision du prélèvement des doses. Les enjeux sont à la fois personnels et professionnels. Cette rigueur dans la précision fait partie des bonnes pratiques que souhaitent respecter les professionnelles. Cela garantit une sécurité pour la délivrance au patient de la bonne dose médicamenteuse, ce qui est un respect de la règle des 5B. Cela permet au médecin d'estimer de façon précise la réaction du patient à un traitement donné, dans le but d'ajuster le plus efficacement possible la thérapeutique. Nous pouvons rattacher cette rigueur au Code de déontologie des infirmiers qui met en avant la qualité des gestes et à l'intention de ne pas nuire au patient (Art R. 4312-10, 38, 42 et 43).

Toutefois, trois infirmières ne respectent pas ce principe qu'elles énoncent pourtant comme essentiel : elles estiment à l'œil la dose de médicament ou de diluant prélevé au lieu de réaliser ce prélèvement de façon rigoureuse alors que les moyens matériels étaient disponibles (nombre et taille de seringues adaptés pour une bonne mesure du volume). L'approximation faite est probablement de l'ordre de 0,1 - 0,2 mL à 0,3 mL - 0,4 mL environ, ce qui est plutôt modéré, mais modifie malgré tout la concentration. Elles précisent que cette façon de faire est habituelle pour elles, ce qui contrevient aux règles de bonne pratique énoncées ci-dessus et à celles du code de déontologie infirmière.

- la seconde règle concerne la recherche d'une dose précise pour préparer simplement la seringue et l'administrer facilement. Le fait que les doses calculées qui présentent des résultats décimaux ne soient pas considérés comme précises, et encore moins quand elles sont au centième ou au millième, est particulièrement intéressant et révélateur.

La précision arithmétique s'apprécie formellement au nombre de chiffres de la partie décimale : la mesure écrite 3,50 g est supposée précise au centigramme alors que 3,500 g l'est au milligramme. Les discours des infirmières semblent indiquer l'inverse, plus le nombre comporte de décimales, moins la dose serait précise. Ce qui est finalement sous-

entendu, c'est que si des nombres décimaux à deux ou trois décimales apparaissent, la préparation va nécessiter de multiples manipulations très minutieuses (seringue graduée au centième) pour prélever de petits volumes et que cela va être une source de complication et de désorganisation : une source de complication car il est impossible de manipuler ces nombres à virgule de tête et difficile à surveiller une fois en place auprès du patient pour estimer la dose précise administrée ; une source de désorganisation car ce type de dose va nécessiter plus de calculs, voire une calculatrice ,pour obtenir un résultat, donc une perte de temps à calculer et de multiples manipulations avec plusieurs seringues, donc une longue préparation.

Pour la plupart des résultats, des calculs sont habituellement des nombres entiers considérés comme exacts par les infirmières, même si en réalité ils sont souvent des valeurs approchées, comme dans les tableaux de valeurs proposés pour les préparations médicamenteuses. Les infirmières qui gèrent les calculs de l'héparine se retrouvent confrontées à des décimaux qui les conduisent à traiter la partie entière, à laquelle elles attachent le plus d'importance, puis la partie décimale qui est « relativement petite » de l'ordre du dixième ou centième de mL, et l'on risque d'avoir de ce fait des approximations. La recherche de précision dont nous partageons le bien-fondé, consiste à travailler avec des nombres exacts considérés donc comme précis.

Pour la pratique, on peut comprendre cela comme une recherche de sécurité fondée sur une sollicitation moindre des ressources cognitives du sujet dans la réalisation de la tâche, tout en garantissant une sécurité de la réalisation des calculs de doses. Nous retrouvons à nouveau le modèle de compromis cognitif (Amalberti, 2001) énoncé dans l'argumentation du couplage situation-sujet.

Du point de vue de la conceptualisation de l'activité infirmière, cette manière spécifique de penser la précision pour l'action fait de la précision un concept-en-acte (Vergnaud, 1996/2011) ; rappelons que « c'est dans les schèmes qu'il faut rechercher les connaissances-en-acte du sujet, c'est-à-dire les éléments cognitifs qui permettent à l'action d'être opératoire » (Vergnaud, 1991, p. 199), connaissances-en-acte qui comprennent, selon l'auteur, les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte.

5.8.4.2.5 La décision d'arrondir ou non la dose ou le débit

Le calcul de dose de l'héparine produit un résultat avec une précision au millième ou au centième en fonction du raisonnement utilisé : 3,456 mL ou 2,88 mL. La question s'est

posée pour les infirmières de prendre ou non la décision d'arrondir ces valeurs. Quelques exemples présentent les décisions prises ou les dilemmes posés par la situation.

Choix d'arrondir le résultat du calcul de l'héparine pour être proche de la pratique et des habitudes de service

HB-27-3-H fait le calcul de la dose journalière en mL et par heure et il arrondit deux fois les résultats : 69,12 en 69 mL/24h et 2,88 en 2,9 mL/h. Il aurait pris cette décision seul en service estimant que le changement n'est quasiment pas perceptible. Il s'est appuyé sur la technique de l'arrondi mathématique réalisé par le logiciel de prescription de son service (cinq et au-dessus par excès et en dessous de cinq par défaut).

CD-46-24-F cherche à adapter son raisonnement à la dose de son protocole habituel et elle arrondit à 3,45 puis comme elle n'a plus de seringue de 1 mL arrondit à 3,4 mL/h. Elle dit préférer sous-doser avec l'héparine. En service, elle aurait demandé au médecin car elle souhaite au maximum respecter la dose prescrite. Elle ne le ferait pas spontanément pour être sûre de ne pas se tromper mais surtout pour être sûre qu'il n'y ait pas d'impact sur les patients.

OS-38-17-H choisit d'arrondir par défaut le 2,88 en 2,8 mL/h. Avant de décider, il a estimé la dose d'héparine pour 2,9 mL et pour 2,8 mL et fait le choix de légèrement sous-doser le patient. Il aurait fait valider sa décision par le médecin.

MF-26-5-F arrondit au dixième car même au centième le résultat ne lui convient pas. Malgré tout, elle éprouve des réticences à le faire car elle a le sentiment de ne pas respecter la PM, même pour la modification minimale effectuée ici : passer de 2,88 à 2,9 mL/h.

PB-27-5,5-H arrondit toujours par défaut, préfère sous-doser. Là, en l'occurrence, il préfère arrondir la dose prescrite soit à 34 000 UI (sa préférence) soit à 34 600 UI/24 h.

MB-26-2,5-H choisit d'arrondir comme il l'aurait fait en service par excès à 35 000 UI (après avis médical). C'est ce type de nombres exprimés en milliers qu'il rencontre habituellement. En situation réelle, il vise la précision pour être le plus proche de la PM car ne pas prendre la dose précise, c'est partir sur des données erronées qui vont perturber l'adaptation du traitement.

NE-39-15-F arrondit son résultat de 3,456 à 3,5 avec l'aval du médecin. Elle explique que ce n'est pas gênant de manipuler un nombre décimal pour le débit car il concerne la

programmation du PSE. Par contre, elle ne veut pas manipuler de décimaux par le calcul de doses d'autant plus qu'elle ne pourra pas les prélever.

La recherche du respect rigoureux de la prescription médicale – Le regard infirmier

MM-23-1,5-F ne prend pas la décision d'arrondir même si elle sait que le médecin aurait pris cette décision. La PM doit rester prélevable ce qui est le cas avec le protocole de son service qui a pris en charge en amont cet éventuel problème.

FC-26-4,5-F est ennuyée avec le résultat à 1,728 qu'elle ne souhaite pas arrondir car pour elle, la PM faite de cette façon a un sens et donc demanderait une explication au médecin. Elle ne souhaite pas prendre la décision de modifier la PM au regard des conséquences pour le patient et en raison d'un second élément : « Oui c'est sûr, il y a ça aussi [les conséquences], après le rôle de l'infirmière, c'est d'appliquer la prescription médicale c'est pas de penser toute seule que c'est stupide de penser comme ça ou que ce n'est pas adapté. Je peux le penser mais en tout cas, il faut que j'aille en discuter avec le médecin. Ce n'est pas mon rôle à moi de décider toute seule et de modifier quelque chose qui a été prescrit par le médecin. »

Enfin, elle évoque un risque au niveau collectif si chacun commence à arrondir les doses pour l'ensemble des médicaments.

CDA-29-8,5-F précise que ce sont des doses qu'elle ne rencontre jamais. Pour les 2,88 mL, elle aurait arrondi à 2,9 par excès, ce qu'elle a fini par faire dans la situation de simulation, mais avec réticence. Elle explique que ça ne lui aurait pas convenu et donc aurait fait changer la PM au médecin. Elle ne peut pas régler ce débit au centième sur le PSE et donc estime ne pas respecter la PM même si elle précise que 10 UI/h d'écart ne changent pas vraiment les choses.

Sécurité de l'arrondi mathématique pour l'héparine grâce à la surveillance biologique

La surveillance biologique évoquée précédemment comme une source de sécurité au regard de la dangerosité est repris dans les commentaires de cinq infirmières qui justifient leur choix d'arrondir soutenu par le contrôle biologique à distance (entre 4 et 6 h après le début de l'administration ou après un changement de dose) (FL-27-6-F ; MF-26-5-F ; PB-27-5,5-H ; AB-30-7-F ; MB-26-2,5-H).

Discussion

Le cas clinique avec la PM d'héparine proposé dans la simulation a obligé les infirmières à se positionner sur la décision d'arrondir une dose qui n'est pas complètement programmable. Elle nécessite d'être arrondie pour être administrée.

Les partisans d'un arrondi de la dose prescrite ou du volume à prélever calculé précisent que le changement est infime et qu'il n'influe pas sur la santé du patient, les répercussions de cette modification étant quasiment imperceptibles chez les patients adultes (la posologie est calculée par rapport au poids du patient qui peut varier).

Ce sentiment est renforcé par l'idée qu'en temps ordinaire, la pratique exige un contrôle biologique par mesure de l'activité de l'anti-Xa après chaque modification de dose et que donc ce contrôle procure une sécurité de façon générale, et ici en particulier. Pour la majorité, cet arrondi se ferait après validation de cette décision par le médecin. Seules, deux infirmières optent pour un arrondi sans validation médicale estimant la prise de risque minime.

Cette décision d'arrondir qui simplifie le prélèvement d'une dose correcte semble malgré tout déranger les professionnelles qui ont le sentiment de ne pas respecter la PM et donc de ne pas respecter la sécurité du patient, le respect de bonne pratique et enfin, les règles déontologiques du métier. Cet aspect de la déontologie est mis en avant dans le discours par des expressions comme « c'est mon boulot de suivre la PM » ou encore « je n'ai pas à discuter du bien-fondé d'une PM » tout en évoquant la possibilité de poser des questions pour en comprendre sa nature si besoin.

Cette réflexion sur l'arrondi de la dose rejoint celle menée précédemment : les infirmières préfèrent manipuler des doses exprimées en nombre entiers de mL pour plus de sécurité, ici s'exprime en outre le fait que l'arrondi d'une valeur constitue une approximation d'autant plus légitime que la différence entre la valeur exacte et la valeur arrondie est infime au regard de la valeur exacte : arrondir 6,912 mL à 7 mL représente une augmentation de seulement 1,3 %. Il existe une sorte de rupture de contrat dans la décision à prendre entre le respect du résultat trouvé découlant de la prescription et le fait d'arrondir une dose afin qu'elle soit prélevable et injectable. Le fait de décider d'arrondir ou de demander un ajustement de la dose autorise une marge de manœuvre dans la pratique que la manipulation des nombres issus d'un calcul arithmétique, pensé comme un résultat absolu, ne permet pas d'envisager. Tout se passe comme si un théorème-en-acte devait ne pas être mobilisé sans avis médical : quand l'arrondi d'une

dose ou d'un débit constitue une variation infime de la valeur impliquant une absence de conséquence sur le traitement, l'arrondi doit être préféré à la valeur exacte pour garantir la sécurité de l'administration. L'attente de l'infirmière étant que le médecin lui-même anticipe l'application de ce théorème-en-acte et adapte la PM en conséquence.

On retrouve dans cet ajustement nécessaire l'équilibre entre les deux concepts organisateurs, la sécurité et l'efficacité, au profit de la recherche d'une plus grande sécurité du calcul et de la préparation du médicament injectable.

Nous avons souligné dans quelles mesures les règles d'action, les prises d'information, de contrôles et les actions elles-mêmes organisent l'activité sur son versant opératoire. Il faut également regarder les raisonnements constitutifs des schèmes mobilisés par les infirmières pour la préparation des médicaments injectables.

5.8.4.3 Les raisonnements sur les calculs par produit médicamenteux

Le dispositif expérimental de la situation de simulation élaborée à partir de la situation de référence a requis de chaque infirmière qu'elle mette en œuvre une préparation médicamenteuse injectable en s'appuyant sur une situation clinique et sur une PM médicale proposée par le chercheur. Dans ce protocole, le chercheur a joué le rôle du prescripteur afin de répondre aux éventuelles sollicitations des infirmières pendant la durée des six préparations médicamenteuses. Ce point a été rappelé aux infirmières lors du *briefing* avant le début de la simulation.

Notre intention, dans cette deuxième phase de production de résultats, est de mettre à l'épreuve le schéma initial. La méthodologie rappelée brièvement ci-dessus a pour but d'apporter une profondeur aux entrées spécifiquement identifiées et d'en repérer de nouvelles, à partir de l'échantillon observé en situation simulée de préparation des médicaments injectables à risque.

Pour chaque médicament et pour chaque infirmière, nous indiquons dans les tableaux suivants (Tableaux 14 à 19) :

- le type de PM proposé habituellement dans le service d'exercice de l'infirmière (PM, PMI pour PM informatisée, habitudes de services, protocoles, tableaux) ;
- la distribution des raisonnements mobilisés pour chaque produit, c'est-à-dire la manière dont l'infirmière débute son raisonnement (amorce) ;

- les éventuelles régulations intervenues ou pas et leur nature (étayage). Trois options sont possibles : pas de régulation ; étayage sans changement de raisonnement et étayage avec changement de raisonnement. Le but de ces interventions étant de permettre aux infirmières en difficulté de poursuivre leur raisonnement et produire un résultat ;

- le niveau de performance et la présence éventuelle d'erreurs à l'issue de la préparation (réussite, échec, abandon). Nous spécifions également la nature de l'erreur quand elle intervient, ce dernier élément faisant l'objet d'une analyse particulière dans un second temps (cf. *Infra*). Chaque infirmière est identifiée par le même code alpha-numérique que précédemment. La durée de calcul, déjà évoquée précédemment, n'est reprise ici que pour les trois médicaments qualifiés de calculs complexes (dobutamine, héparine et noradrénaline).

Au début de chaque paragraphe, nous rappelons le cas de la situation de simulation qui sert de support à la mise en œuvre de la préparation médicamenteuse respective par les infirmières. Afin de rendre explicite notre méthodologie, nous détaillons avant chaque tableau de synthèse et la discussion qui en découle, la façon dont nous avons attribué les cas à une catégorie de raisonnement pour les quinze infirmières. Nous reprenons à titre d'explicitation, un exemple par type d'entrée pour les raisonnements identifiés avec l'analyse de chaque entrée conduisant à la catégorisation. Pour quelques cas peu fréquents, nous n'avons pas pu attribuer une entrée au raisonnement exposé par l'infirmière. Ces situations sont signalées dans les tableaux par un point d'interrogation.

5.8.4.3.1 L'insuline

Cas Clinique Insuline

Vous vous occupez ce jour de Mme Canta, 82 ans. Un choc septique diagnostiqué quelques jours auparavant a déséquilibré son diabète de type 1. Vous devez renouveler son traitement d'insuline standard par pousse-seringue électrique en fonction du protocole de dilution habituel. La dose est à ajuster selon les résultats de glycémie capillaire de la patiente en référence au protocole de glycémie du service.

Pour préparer la seringue, vous disposez d'un flacon d'insuline de 10 mL dosés à 100 UI/ mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur
Insuline MM-23-1,5-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline MB-26-2,5-H	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline HB-27-3-H	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline CW-25-4-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline FC-26-4,5-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline MF-26-5-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline LR-32-5-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline PB-27-5,5-H	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline FL-27-6-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline BRB-30-6-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline AB-30-7-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline CDA-29-8,5-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline NE-39-15-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline OS-38-17-H	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Insuline CD-46-24-F	Protocole	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur

Tableau 14 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour l'insuline

Catégorisations des entrées

C'est un produit et un protocole que l'on fait régulièrement dans le service, de 1 unité par ml. Je prélève 0,5 ml d'insuline pour avoir 50 unités diluées dans la seringue de 50, je complète jusqu'à 50, c'est toujours de cette façon-là que je prépare l'insuline (MB-26-2,5-H).

On y réfléchit pas, là je me suis déjà dit que j'allais faire 1 unité dans 1 ml. C : d'emblée, vous vous êtes dits que c'était ce type de concentration que vous alliez préparer ? MM: oui c'est ce que je me suis dit car c'était 2 UI par heure en seringue électrique. Il me manquait le protocole de glycémie pour ajuster les doses et c'est donc pour ça que je regarde à nouveau le cas. Là, j'ai pris 0,5 ml ce qui correspond à 50 UI (MM-23-1,5-F).

Pour l'insuline, les verbalisations des infirmières commencent soit par « j'ai 50 UI dans 50 mL », soit elles citent directement la concentration qu'elles recherchent, c'est à dire « 1 UI pour 1 mL » ou encore « je prends 50 UI soit 0,5 mL que je dilue dans 50 mL pour avoir du 1 dans 1 » soit 1 UI dans 1 mL. Cela nous permet de retirer les informations nécessaires à l'identification de l'entrée par la concentration.

On constate 15 entrées par la concentration et cette préparation n'a donné lieu à aucune régulation. La préparation de l'insuline fait partie des médicaments dont le calcul de la dose est considéré comme simple par les infirmières.

Discussion

Il existe très peu d'écarts entre la pratique protocolée des services (formalisée ou non) et les pratiques constatées pendant la simulation. La PM est très « prescriptive » au sens de Leplat (1997) et l'activité effectivement réalisée est proche de la tâche à effectuer. L'entrée par la concentration est l'entrée privilégiée en raison peut-être de ses « qualités » à répondre aux attentes exprimées par les infirmières et organisées dans la structure conceptuelle : simple, sûre et adaptative. La concentration permet de manipuler aisément le rapport des grandeurs et de leurs mesures soit 1 UI/mL. Ces résultats sont à rapprocher des travaux de Hoyles et al. (2001) sur la relation invariante entre masse¹⁸¹ et volume. Il existe une facilité pour la manipulation de chiffres dans deux espaces de mesures en lien UI/mL (fonctionnel) qui procure une sécurité dans les raisonnements. Hoyles et al. (2001) pointe cette agilité de calcul et de stratégie mentale quand les quantités sont faciles à manipuler.

Ce calcul de doses apparaît comme très incorporé et certaines opérations (de calcul) simples n'apparaissent pas dans le raisonnement proportionnel explicité notamment la façon d'arriver à 50 UI pour la dilution à partir du dosage initial du flacon de 100 UI/mL. Une attention est malgré tout portée à la PM et donc aux besoins en insuline de la patiente. Certaines infirmières envisagent dans un deuxième temps de doubler la concentration de la seringue en fonction de ce critère.

5.8.4.3.2 La morphine

Cas Clinique Morphine

Une patiente de 79 ans, Mme Reinhard, est hospitalisée dans votre unité de réanimation. Elle est en fin de vie et présente des douleurs rebelles, évaluées à 8/10, qui nécessitent une administration continue de morphine. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de morphine prescrit à la dose de 2 mg/h. Vous disposez de flacons de morphine dosée à 10 mg pour 1 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

¹⁸¹ Les UI sont une unité de masse . 1 UI d'insuline : l'équivalent biologique d'environ 0,0347 mg d'insuline humaine.

« http://www.who.int/biologicals/expert_committee/BS_2143_Human_Recombinant_Insulin_final.pdf »

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur
Morphine MM-23-1,5-F	Habitudes ou PM	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine MB-26-2,5-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine HB-27-3-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine CW-25-4-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine FC-26-4,5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine MF-26-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine LR-32-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine PB-27-5,5-H	Habitudes ou PM	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine FL-27-6-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine BRB-30-6-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine AB-30-7-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine CDA-29-8,5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine NE-39-15-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine OS-38-17-H	Habitudes ou PM	Débit	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Morphine CD-46-24-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur

Tableau 15 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la morphine

Catégorisations des entrées:

Pour la morphine, je fais du 1 dans 1, toujours. En fait, on précise bien que c'est en fin de vie donc de base, je la mettrai, en connaissant la patiente et si j'avais une fin de vie que j'estimais trop longue, j'aurais fait du 50 dans 50 ou du 40 dans 40 avec une seringue à verrou. Après, on nous disait bien que c'étaient des douleurs aiguës, je ne vais pas faire du 10 dans 10 avec un robinet comme pour une titration donc il fallait mettre en seringue électrique (BRB-30-6-F), entrée concentration.

Je suis parti sur une seringue de 20 parce que de façon très pratique, j'avais deux ampoules à disposition de morphine. C'est une patiente qui est hospitalisée en fin de vie, avec des douleurs rebelles évaluées à 8/10, avec une administration continue au pousse-seringue à 2 mg heure [...] oui, classiquement je fais pour avoir une dilution simple d'un milligramme par ml. L'idée c'est d'avoir d'emblée, comme on a une prescription de 2 mg par heure, d'avoir un débit de 2 ml/heure (OS-38-17-H), entrée débit.

Là, on en a une vitesse qui est prescrite à 2 mg heure, sachant qu'une seringue de 10 pourrait me faire cinq heures et je préfère être à l'aise et je me dis que je veux 10 heures donc j'ai deux ampoules à ma disposition, je les utilisais de toute façon. Ce sont des médicaments qui sont tracés et qui sont dans les stupéfiants, ce qui fait que ce qu'on sort des stupéfiants va être utilisé immédiatement. Donc je vais utiliser une seringue de 20 ml donc j'ai 20 mg et je complète avec 18 millilitres de sérum physiologique pour avoir 20 mg dans 20 ml (PB-27-5,5-H), entrée dose.

La PM laisse une grande liberté de choix d'entrée de raisonnement sauf pour trois infirmières qui travaillent avec une PM informatisée très détaillée qui va jusqu'à proposer le débit en mg/h. La concentration est l'entrée de choix pour 10 infirmières, deux choisissent l'entrée par la dose et une par le débit (un doute pour un raisonnement). Le dosage de l'ampoule semble prégnant dans l'orientation du choix de raisonnement présentant une relation masse – volume facilitante de morphine 10 mg/1 mL. Aucune régulation n'est intervenue dans cette préparation.

Discussion

Dix infirmières proposent la même dilution, elles précisent leur façon de raisonner : « je suis partie sur du 1 dans 1 et là, c'est pareil j'ai décidé de faire les deux ampoules » (AB-30-7-F) ou encore « 10 mg dans 1 ml, il y avait deux ampoules, ça fait 20 mg ça tombe bien, j'ai des seringues de 20, j'ai fait du 1 dans 1 » (MB-26-2,5-H). La priorité est centrée sur le passage de la masse au volume, nous en déduisons que le raisonnement mobilisé appartient à la catégorie de l'entrée par la concentration. Nous notons que ce raisonnement majoritaire est celui qui est utilisé traditionnellement pour la morphine, quelle que soit le type d'administration en PSE, en titration ou en PCA (analgésie contrôlée par le patient). La méthode de résolution utilisée est une méthode fonctionnelle par procédure externe (analytique). Elle repose sur la recherche du coefficient de la fonction linéaire, c'est à dire d'un coefficient de proportionnalité.

Deux infirmières commencent leur raisonnement en indiquant qu'elles vont faire une seringue pour 10h et nous attribuons leur raisonnement à la catégorie de l'entrée par la dose où l'infirmière commence par calculer la dose avant de préparer la seringue et fixer le débit.

Une infirmière indique qu'elle a cherché une relation facile entre le débit de la PM (2 mg/h) et le débit de la seringue (2 mL/h). La priorité est donnée par l'infirmière au

débit à partir de la PM et nous attribuons son raisonnement à la catégorie de l'entrée par le débit.

La plupart des infirmières ont utilisé les seringues de 50 mL pour préparer ce médicament. Quatre d'entre elles ont préféré les seringues de 20 mL les trouvant plus adaptées au prélèvement des 20 mL de la dilution.

L'argumentaire est peu concluant quant à ce choix : « C'est plus pratique pour prélever des doses plus petites » (MM-23-1,5-F) ou bien « c'est plus adapté qu'une seringue de 50 qui pourrait tout à fait convenir » (CW-25-4-F) mais elle précise que pour les petits débits une seringue de 20 mL est préférable. Enfin, pour OS-38-17-H cela ne change pas grand-chose, si ce n'est un élément de sécurité en cas de surdosage accidentel (la seringue contient moins de produit que dans 50).

Un seul infirmier apporte un regard particulier sur le choix de la seringue de 20 mL que nous rapprochons de son raisonnement, quand il précise : « ça fait 20 mg ça tombe bien, j'ai des seringues de 20 ». On devine une association possible d'idée entre la dose qu'il a pensée préparer (20 mg) et le calibre de la seringue de 20 mL. Noss et al. (2002) dans leur étude auprès des infirmières ont montré que certaines utilisaient l'image mentale du matériel dans l'explicitation de leurs raisonnements qui, de ce fait, n'étaient pas totalement décontextualisés.

En synthèse, nous notons que la PM de la morphine, qui est rédigée en débit massique horaire (mg/h), laisse aux infirmières plus de liberté pour préparer la seringue, ce qu'indiquent les résultats. Seule la PM informatisée va dicter la préparation de A à Z car les protocoles de préparation sont intégrés au logiciel de prescription. Le choix des raisonnements pour la morphine est peut-être révélateur d'un processus de raisonnement plus individuel et peut-être moins ancré dans les artéfacts (protocoles) que pour l'insuline par exemple, mais il reste très guidé par la présentation du médicament de 10 mg pour 1 mL, ce qui pourrait favoriser un choix majoritairement orienté vers une entrée par la concentration.

5.8.4.3.3 Le chlorure de potassium

Cas Clinique chlorure de potassium

Vous vous occupez ce jour de Mme Hamid, 78 ans. Hospitalisée dans votre unité de réanimation, elle présente un déséquilibre hydro-électrolytique très difficile à contrôler. Une hypokaliémie importante ce matin, nécessite un rééquilibrage par chlorure de potassium intraveineux. Vous devez préparer le pousse-seringue électrique de chlorure

de potassium, à débiter immédiatement pour une prescription de 2 g en parentérale sur le cathéter central.

Vous disposez d'ampoules de chlorure de potassium de 10 mL dosé à 10 % soit 1 g/10 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur
Potassium MM-23-1,5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium MB-26-2,5-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium HB-27-3-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium CW-25-4-F	Habitudes ou PM	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium FC-26-4,5-F	Habitudes ou PM	Débit	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium MF-26-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium LR-32-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium PB-27-5,5-H	Habitudes ou PM	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium FL-27-6-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium BRB-30-6-F	Habitudes ou PM	Débit	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium AB-30-7-F	Habitudes ou PM	Débit	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium CDA-29-8,5-F	Habitudes ou PM	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium NE-39-15-F	Protocole	?	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium OS-38-17-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur
Potassium CD-46-24-F	Protocole	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur

Tableau 16 : Dynamique de raisonnement par infirmière pour le chlorure de potassium

Commentaires :

Mon option c'était pour 2 g, j'ai pris l'option de la recharge, donc ça ne me paraissait pas énorme. Donc que nous les recharges, on les fait sur trois heures, donc j'ai dit 2 g sur trois heures. Donc là, ce sont des ampoules de 1 g chacune, donc j'ai pris deux ampoules auxquelles j'ai rajouté 10 cc d'eau PPI pour avoir 30 et pouvoir mettre vitesse 10 sur trois heures.

C : vitesse 10, c'est une référence personnelle ?

FC : non, c'est souvent ce qu'on fait. On met dans 30 cc sur trois heures, en général on met 3 g sur trois heures parce que nos ampoules sont dosées à 1,5 g (FC-26-4,5-F), entrée débit.

Donc on a une prescription de 2 g de potassium à passer en parentérale, nous ce qu'on fait dans le service c'est qu'on passe pur sur voie centrale, donc on a des ampoules de 1 g pour 10 ml, donc que pour 2 g ça fait 20 ml, donc je prélève les deux ampoules. Donc je le passe sur deux heures parce que dans le service, on passe 1 g par heure (HB-27-3-H), entrée concentration.

Sur un KT central, des fois j'ai pas envie de m'embêter comme j'ai beaucoup de boulot alors je vais faire une seringue avec 2 g. Mais c'est le maximum et si j'ai 3 g, je le ferai jamais même sur le KT central. Moi, j'ai appris comme ça [...] les médecins sont sympas dans le service, ils nous laissent faire donc sur KTC, on ne va pas nécessairement diluer à 60 (CW-25-4-F), entrée dose.

Discussion

L'ensemble des infirmières a suivi ses habitudes de dilution pour le chlorure de potassium. Les raisonnements mobilisés se répartissent majoritairement entre entrée par le débit et entrée par la concentration, seules trois infirmières ont raisonné avec une entrée par la dose. Dans deux situations, il n'a pas été possible de déterminer clairement le type d'entrée.

Trois infirmières ont utilisé un raisonnement que nous catégorisons d'entrée par le débit au travers de précisions relevées dans leur discours comme « pouvoir mettre vitesse 10 sur trois heures » (FC-26-4,5-F) ou bien « là je l'ai préparée sur trois heures donc j'ai fait 2 g dans 30 ml. C'est ce qu'on aurait fait probablement dans le service. Un débit juste, ça signifierait que je ne sois pas dans du 8,57 ou quelque chose comme ça » qui indiquent le lien entre la PM et le débit en volume qu'elles recherchent pour préparer la seringue. Dans le dernier exemple, on retrouve cette volonté de manipuler des nombres entiers pour faciliter le raisonnement, l'infirmière parle de débit juste.

« J'ai 1 g/10 mL donc 2 g/20 mL à passer en 2h donc 10 mL/h ». Sept infirmières évoquent d'emblée simultanément la concentration et la dose à administrer. Nous en déduisons que ce raisonnement appartient à la catégorie de l'entrée par la concentration où l'infirmière pense d'abord la concentration puis la met en relation avec la PM et règle le débit de la seringue en mL/h. Le même raisonnement se retrouve quand les infirmières précisent qu'elles diluent plus pour limiter la brûlure veineuse par voie veineuse périphérique, ce qui n'est pas le cas ici.

Deux infirmières débutent leur raisonnement en indiquant qu'elles vont administrer 2 g de chlorure de potassium ce qui correspond à la masse d'électrolytes prescrite. La durée est établie au regard des recommandations soit 1 g/h. À partir de ces informations, nous en déduisons que leur raisonnement appartient à la catégorie de l'entrée par la dose où l'infirmière commence par calculer la dose avant de préparer la seringue et fixer le débit.

Pour ce médicament, très peu ont évoqué la notion de protocole pour la préparation. Ce sont essentiellement les habitudes de services ou plus souvent la PM qui guident l'utilisation du potassium. Les recommandations d'administration sont respectées par les infirmières de façon systématique, soit en respectant la PM qui prend en compte la recommandation d'1 g maximum par heure donc 10 mL/h sur cathéter central, soit en suivant les habitudes du service.

Les dilutions qui diffèrent quelque peu des principes appliqués par la majorité peuvent s'expliquer de deux façons :

- pour la simulation, les ampoules proposées étaient dosées à 1 g dans 10 mL (10%). Les infirmières qui sont habituées à utiliser des ampoules à 15% ont transféré directement leur raisonnement en diluant les 2 g dans 30 mL qui est le volume habituel qu'elles utilisent. Nous pensons ici à la mobilisation d'automatismes qui ont été reproduits. Pour une cela, une infirmière précise que ça s'est fait « sans réfléchir » et pour les autres, elles ont suivi leurs habitudes ;

- la deuxième explication est reliée à la nature même du chlorure de potassium qui provoque des effets secondaires (troubles du rythme voire à l'extrême en cas de bolus important arrêt cardiaque) redoutés par les infirmières et malgré les recommandations existantes de l'ANSM sur l'utilisation du potassium au PSE, elles préfèrent diluer de façon plus importante le produit afin de réduire au maximum les risques de survenue d'effets indésirables.

En synthèse, il apparaît un peu plus difficile de catégoriser le raisonnement des professionnelles pour ce médicament. Nous sommes parfois hésitant quant à la nature du discours sur la priorité donnée la PM en g/h donc à un débit massique horaire ou plutôt pensé comme une masse indépendamment de la durée, qui est fixée par la PM (recommandation) et qui permet d'engendrer ensuite le raisonnement. Il n'a pas été possible d'attribuer une entrée de raisonnement pour une infirmière qui n'a pas

développé son explication. Les recommandations de l'ANSM, de ne pas aller au-delà du débit de 1g/h, pour prévenir toute administration iatrogène, organisent et sécurisent la préparation de la seringue.

5.8.4.3.4 La dobutamine

Cas clinique Dobutamine

M. Petit, un patient de 62 ans, hospitalisé dans votre unité de réanimation, présente un état de choc qui a nécessité la mise sous catécholamines. Il pèse 65 kg. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de dobutamine prescrit à la dose de 10 µg/kg/min.

Vous disposez de flacons de dobutamine dosés à 250 mg pour 20 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur	Durée
Dobu MM-23-1,5-F	Tableau Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	2'45
Dobu MB-26-2,5-H	Tableau Débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Échec	Erreur raisonnement	6'30
Dobu HB-27-3-H	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Erreur calcul	4'10
Dobu CW-25-4-F	Tableau Débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	7'
Dobu FC-26-4,5-F	Tableau Débit	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	2'15
Dobu MF-26-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Erreur calcul	7'
Dobu LR-32-5-F	Tableau Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	6'55
Dobu PB-27-5,5-H	Tableau Débit	Concentration	Étayage Sans Chgt	Réussite	Abs d'erreur	3'
Dobu FL-27-6-F	Tableau Débit	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	6'45
Dobu BRB-30-6-F	Tableau Débit	Pas amorce autonome	Étayage Avec Chgt	Abandon	Abs d'erreur	2' abandon
Dobu AB-30-7-F	Tableau Concentration	Concentration	Régulation autonome	Abandon	Erreur raisonnement	7'
Dobu CDA-29-8,5-F	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Erreur calcul oral	30"
Dobu NE-39-15-F	Tableau débit	Pas amorce autonome	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	7'30
Dobu OS-38-17-H	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	5'10
Dobu CD-46-24-F	Tableau débit	Pas amorce autonome	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	4'20

Tableau 17 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la dobutamine

Commentaires :

Je sais que ma dilution c'est 5000 gammas par ml, ça je me le mets de côté, c'est ma dilution. Ensuite, je suis partie sur ma prescription, le médecin veut du 10 gammas/kilo/minute, le patient pèse 65 kg donc on veut du 600 gammas par minute. Nous, on a des débits en millilitres/heure sur le pousse-seringue donc je multiplie par 60, les 650 gammas ça fait du 39 000 gammas/heure et à partir de là, en le divisant par les 5000 gammas par ml je tombe sur 7,8 mL mon débit en mL/heure. Le produit en croix n'est pas joliment posé ! (CDA-29-8,5-F), pas de régulation.

C : pour la dobutamine vous avez un tableau également

NE : le but du tableau est d'avoir 1cc égal à 1 gamma et là, j'étais perturbé par le fait de parler en gammas, même pas en microgrammes parce que nous on est en gammas.

C : ce n'est pas pareil ?

NE : Ben si parce que sur la noradré on le fait. Oui, il faudrait vraiment calculer 65 multipliés par 10 multipliés par 60 pour avoir sur une heure, c'est vrai que je ne l'ai pas fait.

C : alors pour une heure et ensuite pour 24 heures mais c'est un mode de préparation qui est un petit peu différent.

NE : moi je trouve que c'est source d'erreur parce que s'il faut recalculer à chaque fois puisque le poids est différent, c'est source d'erreur.

C : comment la prescription est écrite ?

NE : bah débiter à 5 ou 10 gammas et on se repère directement sur le tableau. Alors que là, c'est 195 mg pour moi c'était pas un chiffre rond et là, la dilution est fixe alors que sur notre tableau le produit est fixe et c'est la dilution qui va varier en fonction du poids. On a des tranches de poids et en fonction de la colonne on prend 5, 10 ou 15 cc de dobu et à côté de chaque poids, il y a la dilution que l'on va ramener dans tant pour avoir 1 cc égal 1 gamma. (NE-39-15-F), Étayage avec changement de raisonnement.

CD : il y avait déjà une colle sur le premier sujet

C : et comment l'avez-vous pris ? cela vous a posé question ?

CD : et bien oui, si j'ai pas le tableau je ne sais pas, mais après quand vous m'avez dit le poids fois trois, ça m'est revenu. Moi j'ai des copains qui sont pompiers et qui l'utilise mais moi, ça fait 20 ans que j'utilise ce tableau et je l'avoue, je ne connais pas par cœur. J'avoue que si on me met ailleurs et que je n'ai pas le tableau, je ne saurais pas le faire.

C : donc si là, je ne vous avais pas aidé avec la formule, vous n'auriez pas su le faire ?

CD : j'aurais été très embêtée parce que je n'aurais pas su le faire !

C : parce que vous ne le pratiquez plus depuis très, très longtemps ?

CD : parce que je suis mon tableau, 65 kg, ça doit faire 250 je m'en souviens, c'est la colonne du milieu, ça doit faire 250 mg donc une ampoule ramenée à combien de millilitres, ça je ne sais pas.

C : alors là, il y a cette formule du poids fois trois qui est une simplification de (elle coupe la parole)

CD : c'est une simplification mais c'est bien plus compliqué parce que ça nous fait faire des calculs à la « *one again* » alors que nous, on a simplifié pour qu'il n'y ait pas d'erreur.

C : quand je dis simplification c'est de la formule qui fait que normalement, on multiplie le poids par 60 minutes et par 50 heures et comme l'on veut le résultat en

milligramme, on divise par 1000. Et en simplifiant cette écriture, on arrive au poids fois trois. Et donc 15,6, ça ne vous plaît pas ?

CD : non 15,6 c'est une dose que je n'ai jamais ! C'est pas super facile à préparer avec une seringue graduée à 50. Sur mon tableau, je vais forcément avoir soit 20, soit 10, soit 40 donc du coup c'est beaucoup plus simple. Étayage avec changement de raisonnement

Le tableau récapitulatif indique que 12 infirmières sur les 15 de l'échantillon ont choisi l'entrée par la concentration, même quand ce n'est pas l'entrée de raisonnement habituelle qu'elles mobilisent. C'est l'absence de leurs tableaux de préparation habituels (Figures 43 et 44 ci-dessous) qui les a perturbées et obligées à solliciter une nouvelle stratégie de calcul. La première lecture indique que :

- les six infirmières qui raisonnent en temps ordinaire avec une entrée par la concentration sont restées sur leur méthode ;
- les six infirmières qui raisonnent habituellement avec un tableau construit sur une entrée par le débit ont adopté une entrée par la concentration ;
- trois infirmières n'ont pas réussi à enclencher un raisonnement et ont donc reçu un étayage de la part du chercheur pour progresser vers une solution. C'est pour ce médicament que les étayages ont été les plus fréquents avec changement ou non de raisonnement en fonction de l'intégration de l'aide reçue. Nous précisons que, malgré le soutien apporté dans la résolution de problème, deux abandons se sont produits. Cinq erreurs de calcul ou de raisonnement ont été commises, entraînant trois échecs et deux réussites malgré ces erreurs (cf. *infra* pour l'analyse détaillée des erreurs).

Les durées de calcul fournissent des indications très importantes sur le niveau de difficulté rencontré par certaines professionnelles dans la résolution de ce problème. Pour une performance réussie, les temps de calcul vont de 30'' pour effectuer ce calcul à 7'. Le temps de 30'' apparaît exceptionnel au regard des autres temps constatés, le temps moyen était de 4'06. CDA-29-8,5-F est l'infirmière qui a été la plus rapide dans les calculs et les préparations de l'ensemble de l'échantillon (19'13 pour un temps moyen de préparation de 35'). Pour les échecs ou abandons, les durées sont environ de 6'30 - 7' de calcul.

DOBUTREX							
125 mg				250 mg			
P	V	P	V	P	V	P	V
kg	ml	kg	ml	kg	ml	kg	ml
38	55	62	34	86	48	110	38
39	53	63	33	87	48	111	38
40	52	64	33	88	47	112	38
41	51	65	32	89	47	113	37
42	50	66	32	90	46	114	37
43	48	67	31	91	46	115	36
44	47	68	31	92	45	116	36
45	46	69	30	93	45	117	36
46	45	70	30	94	44	118	35
47	44	71	29	95	44	119	35
48	43	72	29	96	43	120	35
49	43	73	29	97	43	121	34
50	42	74	28	98	43	122	34
51	41	75	28	99	42	123	34
52	40	76	28	100	42	124	34
53	39	77	27	101	41	125	33
54	39	78	27	102	41	126	33
55	38	79	26	103	40	127	33
56	37	80	26	104	40	128	33
57	37	81	26	105	40	129	32
58	36	82	25	106	39	130	32
59	35	83	25	107	39	131	32
60	35	84	25	108	39	132	32
61	34	85	25	109	38	133	31

DOBUTREX	
1 Ampoules de 250 mg /50 ml	
5,0 mg/ml	
Poids	54,0
Etiquette patient	
09/02/2017	
γ/kg/min	débit ml/h
1	0,6
2	1,3
3	1,9
4	2,6
5	3,2
6	3,9
7	4,5
8	5,2
9	5,8
10	6,5
11	7,1
12	7,8
13	8,4
14	9,1
15	9,7
16	10,4
17	11,0
18	11,7
19	12,3
20	13,0
21	13,6
22	14,3
23	14,9
24	15,6
25	16,2
26	16,8
27	17,5
28	18,1
29	18,8
30	19,4

Figure 43 : Tableaux de dilution de la dobutamine : entrée débit à gauche et entrée concentration à droite

TABLEAU DES DOSES DE DOBUTAMINE																				
en fonction du poids																				
FLACON DE DOBUTAMINE 250 mg dans 20 ml																				
Pour préparer les seringues de DOBUTAMINE, compléter la dose indiquée dans le tableau jusqu'à 50cc avec du sérum physiologique ou du G 5%.																				
Calcul dose de Dobutamine : Poids du patient x 3 = dose en mg X 20cc : 250 mg = dose en ml à ramener à 50ml avec serum physiologique ou du G5%.																				
POIDS	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
DOSE	8,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,6	9,8	10,1	10,3	10,6	10,8	11,0	11,3	11,5	11,8	12,0	12,2	12,5	12,7	13,0
POIDS	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
DOSE	13,2	13,4	13,7	13,9	14,2	14,4	14,6	14,9	15,1	15,4	15,6	15,8	16,1	16,3	16,6	16,8	17,0	17,3	17,5	17,8
POIDS	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
DOSE	18,0	18,2	18,5	18,7	19,0	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2	20,4	20,6	20,9	21,1	21,4	21,6	21,8	22,1	22,3	22,6
POIDS	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
DOSE	22,8	23,0	23,3	23,5	23,8	24,0	24,2	24,5	24,7	25,0	25,2	25,4	25,7	25,9	26,2	26,4	26,6	26,9	27,1	27,4
POIDS	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
DOSE	27,6	27,8	28,1	28,3	28,6	28,8	29,0	29,3	29,5	29,8	30,0	30,2	30,5	30,7	31,0	31,2	31,4	31,7	31,9	32,2
POIDS	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154
DOSE	32,4	32,6	32,9	33,1	33,4	33,6	33,8	34,1	34,3	34,6	34,8	35,0	35,3	35,5	35,8	36,0	36,2	36,5	36,7	37,0

Figure 44 : Tableau de préparation de la dobutamine avec la règle du Poids x 3

Discussion

La dobutamine pour plusieurs des professionnelles est préparée à partir d'un tableau de préparation ou de dilution (11 infirmières sur les 15 de l'échantillon). La formule de calcul de la dose peut apparaître sur le document (3/11). En perturbant la pratique ordinaire, nous rappelons que notre objectif avec ce calcul, était de déstabiliser les infirmières dans leurs pratiques habituelles afin d'évaluer les adaptations mises en place et travailler sur les écarts constatés et les ressources déployées pour résoudre le problème de la situation simulée. Il s'agissait de se confronter à un calcul accessible, mais qui nécessitait de gérer une unité en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ jugée inconfortable. La préparation de la dobutamine sans le tableau de dilution a souvent été jugée perturbante par les sujets.

Cette situation a été à l'origine de plusieurs erreurs liées à de mauvaises conversions de μg en mg et surtout à des résolutions erronées avec, soit une mauvaise utilisation des données à disposition, soit l'oubli d'une opération indispensable dans l'enchaînement pour transformer la PM en dose à prélever.

Ce constat est bien sûr à mettre en lien avec l'absence de l'outil habituel de préparation sous forme d'un tableau de dilution qui évite tout calcul pour préparer la dobutamine, mais il confirme également la complication introduite par un calcul qui nécessite de raisonner avec une unité peu commode. Il s'agit de gérer des données numériques d'espaces de mesures différents (masses et temps) avec des grandeurs moins habituelles. Les infirmières posent d'emblée la concentration à administrer « 5000 gammas par mL » ou le plus souvent 5 mg par mL comme priorité de leur raisonnement. Les infirmières pensent d'abord la concentration (mg/mL) puis la mettent en relation avec la PM et règlent le débit de la seringue en mL/h . Nous attribuons ce raisonnement à la catégorie de l'entrée par la concentration.

Au final, quatre infirmières utilisant un tableau orienté par le débit dans leur pratique quotidienne ont eu besoin d'un étayage pour produire un résultat. Un infirmier (MB-26-2,5-H) a débuté un raisonnement centré sur la concentration, mais il a commis une erreur de raisonnement qui l'a bloqué. L'étayage du chercheur a permis de le réorienter, mais sur un raisonnement orienté débit (formule du Poids \times 3) qui lui a permis d'aboutir au résultat (il signale pendant la simulation qu'il se rappelle cette formule notée en haut de son tableau). Cependant, il ne reconnaît pas ce raisonnement pour lequel, dans sa pratique ordinaire, il n'a pas à effectuer de calculs mais une simple lecture des données. Les trois autres infirmières ont reçu un étayage direct du chercheur car sans le tableau,

une ne savait pas comment s'y prendre et pour les autres, habituées à leur outil, elles ne voyaient pas comment démarrer le calcul et ont sollicité le chercheur. Leurs raisonnements suivent la consigne du Poids \times 3 et ne reflètent donc pas un raisonnement et une mise en œuvre autonomes. Nous avons proposé la formule du Poids \times 3 avec un double objectif. Le premier permettait aux infirmières d'éviter des calculs complexes et de laisser une place importante à la manipulation et le second, comme en témoigne MB-26-2,5-H, de leur donner une piste qui peut leur rappeler la formule présente éventuellement en haut de leur tableau ou une formule travaillée à l'IFSI. Nous pointons ici une des limites déjà signalée des artéfacts de la pratique professionnelle dont les infirmières s'emparent, qui devient un outil d'application dont la partie mathématique s'efface, faisant perdre des possibilités de contrôle de la validité du raisonnement par les professionnelles. Les artéfacts ainsi à disposition posent la question de leur élaboration, travail collectif ou initiative personnelle d'un médecin, et de leur compréhension ou plus exactement de l'intérêt didactique et pratique de leur mise en place. Une piste intéressante, à notre sens, se dégage de cette réflexion concernant une approche pédagogique pour l'enseignement, qui permettrait de lier une part de mathématiques formelles à leur utilisation dans la pratique professionnelle.

Huit infirmières ont conduit un raisonnement autonome avec une entrée par la concentration, quel que soit l'outil qu'elles utilisent quotidiennement (tableau de préparation orienté débit ou PM informatisée orientée concentration). Il semble que ce type de raisonnement soit mobilisé de façon automatique parce que totalement incorporé, dans des situations reconnues comme habituelles et peut-être même dans des situations plus inhabituelles dans une forme d'utilisation par défaut.

Une infirmière a conduit un raisonnement par la dose interrompu par une erreur de conversion qui l'a perdue et qui a nécessité un étayage du chercheur qu'elle n'a finalement pas suivi pour revenir sur un raisonnement avec une entrée par la dose.

Deux infirmières ont abandonné le calcul malgré un étayage du chercheur : pour l'une (AB-30-7-F) c'est une erreur qui l'a arrêtée dans son raisonnement et pour l'autre (BRB-30-6-F), c'est l'idée de ne pas être convaincue par la proposition de raisonnement présentée par le chercheur qui l'incite à abandonner la situation.

En synthèse, nous mettons en exergue plusieurs points pour la préparation de la dobutamine. La PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ pour la moitié de l'échantillon a perturbé la représentation initiale du problème à résoudre, mais très vite ces infirmières, de façon

autonome ont retrouvé leurs repères en décomposant les trois grandeurs de l'unité pour construire leur raisonnement avec une entrée par la concentration privilégiant la relation débit massique et débit volumique. L'absence du tableau est l'élément déstabilisant pour les autres professionnelles, mais toutes n'ont pas été en échec. L'étayage leur demandant de bien prendre en compte l'unité a suffi à enclencher le raisonnement pour deux infirmières quand les autres ont dû être soutenues par une proposition de solution (Poids \times 3). Si l'on cumule le manque de pratique de ce type de calcul et de raisonnement, à l'utilisation plus compliquée à gérer pour les infirmières, nous obtenons une image contrastée de notre échantillon, avec une moitié environ qui n'a pas ou plus les ressources pour faire face à une PM qui s'écarte du cadre de la pratique ordinaire. Nous imaginons que, pour partie, la source de ces difficultés est générée par un enseignement initial défaillant, ne répondant pas à la transmission des savoirs professionnels qui procurent une capacité à mieux utiliser les outils de la pratique. L'autre part est attribuable aux infirmières avec une perte de certaines capacités à calculer, non entretenues dans la pratique professionnelle et pour certaines, minoritaires dans notre échantillon, à une insuffisance de connaissances et de capacités en mathématiques.

5.8.4.3.5 La noradrénaline

Cas clinique Noradrénaline

À la suite d'un choc anaphylactique, Mme N'Guyen, une patiente de 57 ans, est hospitalisée dans votre unité de réanimation. Cette patiente pèse 63 kg. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de noradrénaline prescrit avec un objectif de PAM > 70 mmHg. La dose en cours est de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ (soit 1 mg/h). Vous disposez d'ampoules de noradrénaline dosées à 8 mg pour 4 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur	Durée calcul
NAD MM-23-1,5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	30"
NAD MB-26-2,5-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	50"
NAD HB-27-3-H	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	1'
NAD CW-25-4-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	40"
NAD FC-26-4,5-F	Tableau Débit	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	4'20
NAD MF-26-5-F	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	réussite	Abs d'erreur	25"

NAD LR-32-5-F	Tableau Débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	5'50
NAD PB-27-5,5-H	Habitudes ou PM	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	40"
NAD FL-27-6-F	Tableau Débit	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	35"
NAD BRB-30-6-F	Tableau Débit	Débit ?	Étayage Avec Chgt	Abandon	Abs d'erreur	2'20
NAD AB-30-7-F	Tableau Débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	6'30
NAD CDA-29-8,5-F	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	30"
NAD NE-39-15-F	Tableau débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	3'40
NAD OS-38-17-H	PMI Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	1'
NAD CD-46-24-F	Tableau débit	Concentration	Étayage Avec Chgt	Réussite	Abs d'erreur	3'20

Tableau 18 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la noradrénaline (NAD)

Commentaires :

PB : Là, ce qui est perturbant dans la noradrénaline, la dilution fait que c'est du 2 mg pour 1 ml, c'est un produit qui peut se passer pur, donc soit ma dilution finale fera que j'aurais 16 mg pour 8 ml et donc du coup, il faut que j'adapte ma vitesse, soit je cherche à le rediluer et obtenir une solution de 1 mg par ml. C'est ce que j'ai choisi donc 16 mg dans 16 ml. (PB-27-5,5-H), entrée concentration

C : On voit que vous n'êtes pas du tout dans votre cadre de référence habituel et du coup, ça vous a perturbé. J'aimerais bien que vous puissiez m'expliquer, quel a été votre processus de pensée pour essayer de trouver une porte de sortie ?

LR : en fait, la prescription était en gammas/kilo/minute et on sait que c'est un changement de seringue. Dans la mesure où c'est un changement de seringue, moi ce qui m'a questionnée d'emblée c'est autant garder la même concentration, la même préparation de seringue pour justement ne pas avoir de variations de débit.

C : (proposition de travailler sur le mg/h)

LR : Ensuite, c'est vrai que sur la noradré, on a nos protocoles qui sont tous bien clairs, justement pour éviter les nombreux calculs qui peuvent être assez fastidieux avec la noradrénaline comme avec la dobu, pour avoir une homogénéité de préparation.

C : quelle a été votre option ?

LR : du coup, j'ai fait hyper simple, finalement j'ai une prescription qui est de 1 mg/heure, bah je vais faire une préparation à 0,5 mg par cc pour essayer de coller à cette même concentration initiale (LR-32-5-7), étayage avec changement de raisonnement.

C : pouvez-vous me dire comment vous avez procédé ?

CD : dans une ampoule j'ai 2 mg par ml et je fais du 1 dans 1. Donc j'ai pris 24 mg donc trois ampoules que j'ai ramenées à 24 ml et donc on a bien 1 mg par ml.

C : donc là d'emblée, quand vous avez vu 1 mg par heure, vous avez su ce que vous alliez préparer et pourquoi ce choix de 1 dans 1 ?

CD : parce que c'est plus simple. Déjà ça me choque que ce soit en milligramme et pas en gammas donc je me suis dit, on voulait 1 mg/heure, si j'avais laissé la dilution comme elle était, ça va être 0,5 ml, ça va être encore plus compliqué pour le baisser

parce que je ne vais pas pouvoir descendre en dessous de 0,5. Je peux faire 0,1 mais ça va être encore plus compliqué. Du coup, je me suis dit, on va quand même simplifier pour faire du 1 dans 1 parce que là au moins, je peux faire du 0,1 mg et c'est la politique du 1 dans 1 qui simplifie pour tout, midazolam et d'autres et c'est une facilité de compréhension (CD-46-24-F), étayage avec changement de raisonnement.

Catégorisation des raisonnements

Pour la noradrénaline, 14 infirmières ont choisi un raisonnement avec une entrée par la concentration et une seule une entrée par le débit avec un doute sur ses intentions.

Précisons que :

- huit professionnelles réalisent quotidiennement une préparation avec un raisonnement orienté concentration et ont conservé naturellement leur raisonnement habituel ;
- sept professionnelles utilisent ordinairement un tableau de dilution orienté débit (Figure 43). Six ont choisi un raisonnement avec une entrée par la concentration et une est restée sur l'entrée débit.

NORADRENALINE					
8 mg		16 mg		24 mg	
P	V	P	V	P	V
kg	ml	kg	ml	kg	ml
22	60	51	52	95	42
24	56	54	49	100	40
26	52	58	46	105	38
27	49	61	44	111	36
29	46	63	42	114	35
30	44	67	40	121	33
32	42	70	38	129	31
33	40	74	36	138	29
35	38	76	35	148	27
37	36	81	33	154	26
38	35	83	32	167	24
40	33	86	31		
42	32	86	31		
43	31	89	30		
44	30	89	30		
46	29	92	29		
48	28	92	29		
49	27				

P = Poids
V = Volume Total
 $1 \text{ ml/h} = 0,1 \mu\text{g /kg/min}$

Figure 45 : Tableau de dilution de la noradrénaline

Nous rappelons que cette situation, comme pour la dobutamine comportait une difficulté qui résidait dans une PM en $\mu\text{g/kg/min}$ ($0,3 \mu\text{g/kg/min}$). Une possibilité de solution était

inscrite dans la situation puisque le cas précisait également la PM en mg/h. L'objectif était de confronter les infirmières, dans un contexte différent, à un produit prescrit en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, mais avec un ordre de grandeur 10 fois moindre que pour la dobutamine et observer l'adaptation des professionnelles. La PM en mg/h était présente puisque c'est également une seconde façon de prescrire la noradrénaline dans les services, qui sont ceux qui n'utilisent pas de tableaux de préparation qui lient le débit volumique au débit massique.

Ce sont les infirmières qui travaillent avec les tableaux avec une entrée par le débit qu'il a été nécessaire de soutenir dans la démarche de résolution de problème avec un étayage qui les a conduites à changer de raisonnement. Une des infirmières de ce groupe n'a pas trouvé de solution et a abandonné le calcul.

Nous notons la corrélation entre la durée de préparation et la familiarité avec la PM. Lorsque cette dernière est conforme à la pratique ordinaire (PM en mg/h), la durée de préparation est courte entre 30'' et 1'. En cas d'étayage, les durées s'allongent avec une durée d'environ 4' - 4'30 signifiant les difficultés de résolution de ce problème. Six infirmières sur sept ont été dans ce cas. Une infirmière (FL-27-6-F) qui travaille habituellement avec un tableau de dilution orienté sur le débit ($1 \text{ mL}/\text{h} \rightarrow 0,1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) a un temps de calcul très court, comme celui des infirmières du premier groupe, familières de la PM en mg/h.

Discussion

Deux groupes se dégagent de l'analyse des méthodes de raisonnement pour la noradrénaline:

- le groupe des infirmières qui mobilisent au quotidien une dilution dont l'objectif est d'obtenir une concentration simple (1 mg dans 1 mL) quant au passage d'un débit massique à un débit volumique. Ce sont elles qui déterminent ensuite le débit horaire de masse (mg/h) et règlent sur le PSE le débit volumique (mL/h). La PM correspond dans ces services, soit à un protocole formalisé soit à une PM informatisée qui détaille tous les éléments de la préparation médicamenteuse, soit à des habitudes de service qui souvent harmonisent également les pratiques, mais avec des marges de liberté parfois constatées. On peut identifier cette entrée dans le raisonnement par la concentration quand les infirmières évoquent la préparation : « on prend 24 mg dans 48 mL, on prend les trois ampoules de 8 mg qu'on ramène jusqu'à 48 mL » (CDA-29-8,5-F) ou encore « on fait du 1

mg par mL, du coup, j'ai pris deux ampoules de noradré, ça fait 16 mg avec les deux ampoules que j'ai ramenées à 16 mL pour avoir du 1 mg par mL (CW-25-4-F). La concentration et le volume de dilution sont adaptés à l'obtention d'une dilution à 1 mg dans 1 mL ou 0,5 mg dans 1 mL.

Les huit infirmières de ce groupe se sont adaptées à la situation clinique et n'ont pas changé leur méthode habituelle de raisonnement avec une entrée par la concentration.

- Le second groupe de sept utilise habituellement un tableau de dilution avec une entrée catégorisée débit ($1 \text{ mL/h} \rightarrow 0,1 \text{ } \mu\text{g/kg/min}$) dont l'objectif est centré sur la recherche d'un lien facile entre la PM et le débit en volume. Elles se sont déclarées perturbées par l'absence de leur tableau habituel de dilution et l'étayage les incite à travailler à partir de l'unité de PM en mg/h. Elles ont donc cherché des repères mathématiques dans la situation clinique pour résoudre le problème. Les solutions se répartissent en deux sous-groupes.

Cinq infirmières ont développé un raisonnement centré sur une concentration à partir de la PM en mg/h. Nous pouvons repérer clairement leur raisonnement et le catégoriser car elles expriment l'idée de répartir des mg/h et de faire le lien avec l'unité de dosage en mg des ampoules de noradrénaline soit 8 mg dans 4 mL (CD-4624-F ou NE-30-15-F). Ce lien est ensuite explicité par l'idée que l'infirmière recherche une concentration de 1 mg dans 1 mL ou de 0,5 mg dans 1 mL puis ensuite décide de la dilution qu'elle souhaite préparer. Celles (2 infirmières) qui ont gardé à l'esprit l'unité de prescription habituelle de leur tableau à $0,1 \text{ } \mu\text{g/kg/min}$.

Une infirmière (AB-30-7-F) est partie de la PM à $0,3 \text{ } \mu\text{g/kg/min}$ pour raisonner avec le poids du patient qui est une donnée mobilisée habituellement dans le tableau. Elle a calculé la dose au regard du poids puis l'a converti en mg. À partir de ce repère en mg, elle s'est appuyée sur l'unité de dilution de l'ampoule (mg/mL) et a proposé une dilution à 1 mg dans 6 mL cherchant un débit avec un résultat entier. Elle a dilué une ampoule de 8 mg dans 48 mL au débit de 6 mL/h. La dilution est tout à fait correcte mais pas très facile à moduler. Les verbalisations de son raisonnement nous permettent d'en déduire qu'elle a calculé la dose en mg avec ensuite pour objectif une concentration simple pour elle (chiffre rond) afin de passer d'un débit massique à un débit en volume.

Enfin, une seule infirmière a été trop déstabilisée par la proposition de travailler sans tableau de dilution et n'a pas réussi à trouver de solution qui lui convienne, c'est à dire

proche de la dilution qu'elle manipule au quotidien, l'équivalence entre les mL/h et les $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. La donnée du poids lui permet habituellement d'identifier le volume de soluté pour diluer le médicament et là, le calcul qu'elle pourrait faire ne prend pas directement en charge cette donnée.

Ici, elle ne semble pas pouvoir s'appuyer sur un repère qui lui permette de valider son résultat alors qu' en utilisant la PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, elle aurait pu calculer une dose en mg/h.

La technique calculatoire pour l'entrée par la concentration s'appuie sur le dosage de l'ampoule de 8 mg dans 4 mL et donc sollicite la table des huit pour établir le meilleur compromis possible entre la dose et le volume total une fois le médicament dilué. Les volumes possibles sont 16, 24, 32 ou 48 mL.

En synthèse, comme nous venons de le montrer dans l'analyse des raisonnements mobilisés pour calculer et préparer la noradrénaline, nous constatons que les professionnelles vont reproduire le même raisonnement que celui de leur quotidien, pour une moitié, et qu'elles sont donc dans une continuité qui semble à la fois facile et logique pour elles. La forme médicamenteuse sous laquelle la noradrénaline, des mg dans des mL, se présente peut également constituer une piste d'explication dans la mesure où les infirmières vont manipuler des grandeurs, les mg, dans deux espaces de mesure de présentation du médicament avec lesquels elles sont familières.

Pour le second groupe, l'analyse indique clairement qu'après avoir été perturbées par l'absence de leur outil habituel, les infirmières se sont appuyées sur des repères plus faciles *a priori* à manipuler que les $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Ces repères sont le débit en mg/h et le lien avec, là encore, la présentation du médicament en mg par mL. Nous nous rendons également compte que la formule mathématique qui conduit au calcul de la correspondance 1 mL/h pour 1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, n'étant pas visible dans les tableaux, n'est pas reconstruite par les infirmières. (ce qui nous semble *a priori* compliqué dans une situation simulée qui reproduit une activité proche du réel de celle-ci).

Wright (2013a) insiste sur la plus grande difficulté de construire une représentation juste de problème à résoudre face à des situations inhabituelles, engendrées ici par l'absence du tableau. Ce résultat de recherche est conforme à ceux de Hoyles et al. (2001) et Lesh et al. (2003) sur l'importance de la représentation du problème. Elle met cet aspect en avant dans les probables difficultés rencontrées par les étudiantes et incitent les formatrices à développer ce point dans leur enseignement.

Nous avons montré le raisonnement avec une entrée par le débit pour la noradrénaline dans la section 4.3 qui a proposé une analyse didactique *a priori* des raisonnements pour les six médicaments de l'étude, et nous nous appuyons dessus pour expliciter les raisons qui rendent plus compliquées la construction d'une représentation adaptée du problème. Cela demande effectivement, comme nous le pensons, d'avoir une bonne représentation du problème car on ne peut pas le résoudre par étape, il faut tout penser d'un coup. Avec l'entrée par la concentration, on résout un problème, le passage de l'unité de prescription mg/h à l'unité d'administration mL/h puis dans une deuxième étape le calcul de la PM en mg/h. Avec l'entrée par le débit, il faut partir de 0,1 gamma/kg/min qui doit correspondre à 1mL/h pour ce patient de 63 kg. On arrive à : $0,1 \times 63 \times 60 = 380 \mu\text{g/h}$ et pour obtenir la correspondance, on se reporte au tableau qui propose 16 mg à diluer dans 42 mL soit une concentration de $16/42 \text{ mg/mL} = 0,380 \text{ mg/mL}$. On obtient : si la PM = 0,1 $\mu\text{g/kg/min}$ alors le débit = 1 mL/h.

En diluant 2 ampoules dans 42 mL, nous obtenons la correspondance 0,1 gamma/kg/min pour 1 mL/h.

Finalement, nous comprenons que l'entrée par la concentration procure une sécurité calculatoire qui découle de la PM (en mg/h), de la présentation du produit (en mg/mL) et d'une plus grande familiarité des infirmières avec des grandeurs qu'elles manipulent régulièrement (les mg et les mL) et pour lesquelles elles ont probablement développé une sécurité interne dans leur utilisation. Cela semble confirmé par le délaissement presque total de la PM en $\mu\text{g/kg/min}$ vue comme plus compliquée à manipuler dans les calculs alors qu'elle est, pour les professionnelles qui travaillent avec les tableaux ou la PM informatisée, l'unité de référence.

5.8.4.3.6 L'héparine

Cas clinique Héparine

Vous vous occupez ce jour de M. Bertrand, 68 ans, à qui le médecin vient de diagnostiquer une embolie pulmonaire probablement due à son alitement prolongé en réanimation. Il pèse 72 kg. Suite à l'administration d'une dose de charge pour obtenir une héparinémie efficace, vous devez préparer et débiter immédiatement, au pousse-seringue électrique, l'héparine sodique prescrite par le médecin à la dose suivante :

Héparine sodique : 34 560 UI/24h

Vous disposez de flacons d'héparine de 25 000 UI/5 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9 %.

La dose d'héparine sera ajustée en fonction des résultats du contrôle biologique.

Infirmier	Service	Amorce	Régulation	Performance	Erreur	Durée calcul
Héparine MM-23-1,5-F	Protocole Dose	Dose	Étayage Sans Chgt	Réussite	Abs d'erreur	9'
Héparine MB-26-2,5-H	Habitudes ou PM Dose	Dose	Étayage Sans Chgt	Réussite	Abs d'erreur	20'26
Héparine HB-27-3-H	Protocole Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	1'35
Héparine CW-25-4-F	Habitudes ou PM Dose	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	4'35
Héparine FC-26-4,5-F	Protocole Débit	Débit ?	Abs de régulation	Abandon	Abs d'erreur	4'10
Héparine MF-26-5-F	Habitudes ou PM Dose	Dose	Étayage Sans Chgt	Échec	Erreur calcul	12'
Héparine LR-32-5-F	Protocole Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	3'50
Héparine PB-27-5,5-H	Habitudes ou PM Dose	Dose	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	3'30
Héparine FL-27-6-F	Protocole Débit	Débit	Étayage Avec Chgt	Abandon	Erreur raisonnement	15'05
Héparine BRB-30-6-F	Protocole Débit	Débit ?	Régulation autonome	Réussite	Abs d'erreur	2'05
Héparine AB-30-7-F	Protocole Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	1'40
Héparine CDA-29-8,5-F	Protocole Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	2'30
Héparine NE-39-15-F	Protocole Débit	Dose	Régulation autonome	Réussite	Abs d'erreur	8'10
Héparine OS-38-17-H	Protocole Concentration	Concentration	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	2'40
Héparine CD-46-24-F	Protocole Débit	Débit	Abs de régulation	Réussite	Abs d'erreur	6'30

Tableau 19 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour l'héparine

Catégorisation des raisonnements :

Par réflexe, j'ai fait par 12 heures, j'ai essayé de voir combien ça allait me faire prélever d'héparine, la première chose à poser même si on le fait de tête quand c'est pas des calculs comme ça, ben voilà 5000 unités par ml, ça fait 1000 unités dans 0,2 ml, c'est comme ça que j'ai posé. Donc après dans ma tête, je fais 15000, je fais un compte rond, 15000 ça me fait 3 ml, j'ai dû l'écrire là. Ben voilà, 15000, 3ml, 2000 ça me fait 0,4ml, donc là j'arrive à 17000. Après, il faut que je fasse 280, c'est pour ça que j'ai fait 500 unités ça fait 0,1, 250, 0,05ml. Pour avoir 250 unités, ça aurait été possible puisque j'avais 0,05 ml qui était à prendre, ça m'aurait fait 3,45ml, sauf que là si je voulais être vraiment précise pour faire 280, il me fallait 0,056 ml, donc là ça devenait un peu compliqué (MF-26-5-F), entrée dose.

Alors, je suis partie de mes pratiques habituelles. C'est-à-dire soit on met 10 000 unités dans 24 ml ou 20 000 unités dans 24 ml et on a des prescriptions sur 12 heures. Je crois que j'ai essayé de faire ça, mais avec mon produit en croix ça ne tombait pas

du tout juste. Ça me faisait 17 280 unités sur 12 heures mais du coup, ça ne tombait pas du tout juste, 1,728 mL/H. (FL-27-6-F), entrée débit.

Donc je suis partie la prescription sois 34 560 unités et ensuite je suis partie de notre protocole comme on dilue dans notre service c'est-à-dire 25 000 UI dans 50 ml. Ensuite, j'ai voulu chercher la quantité en millilitres par jour, ce qui m'a fait 69,12 par jour et ensuite j'ai divisé pour avoir une quantité par heure, ça me fait 2,88 ml donc en gros vitesse 3 et je recontrôle 6h après donc là, 4 h du coup (AB-30-7-F), entrée concentration.

Les infirmières ont presque toutes suivi le raisonnement mobilisé au quotidien dans leur unité. La PM médicale proposée dans la situation de simulation leur laissait tout loisir pour choisir le raisonnement souhaité. Trois groupes ont été repérés : un groupe de six infirmières dont le raisonnement est centré sur un raisonnement avec une entrée par la dose, un deuxième de cinq infirmières dont le raisonnement est centré sur l'entrée par la concentration et un troisième de quatre infirmières dont le raisonnement est centré sur l'entrée par le débit. Dans ce dernier groupe un doute subsiste sur le raisonnement mobilisé par deux infirmières.

Le cas de simulation avec l'héparine représentait un niveau de difficulté avec des problèmes de nature différente par rapport aux deux médicaments précédents (dobutamine et noradrénaline). Nous ne les reprenons pas, ils ont été plusieurs fois présentés et commentés. La régulation n'intervient pas pour les raisonnements guidés par la concentration, mais essentiellement pour ceux guidés par la dose (3 fois) et un guidé par le débit. Nous remarquons que deux infirmières ont opéré une régulation autonome (sans intervention du chercheur) dans le cours de leur résolution de problème et nous notons également deux erreurs dont une a conduit à un abandon.

Les durées moyennes de calculs sont de 3'30 sans étayage et montrent à 10' avec étayage. Les soutiens au raisonnement sont intervenus auprès d'infirmières qui ont absolument voulu trouver une solution et les durées de calculs se sont excessivement allongées de 9' à plus de 20'. Parmi ces infirmières, deux ont abandonné, une suite à une erreur de raisonnement et la troisième ne trouvant pas de solution au problème. Un échec est lié à une erreur de calcul.

Discussion

Trois groupes ressortent de cette analyse des pratiques de préparation de l'héparine constitués autour des trois entrées identifiées pour les raisonnements.

Nous remarquons d'emblée que quatorze professionnelles sur quinze ont opté pour le raisonnement qu'elles ont l'habitude de manipuler au quotidien et qui découle soit de la PM, soit du protocole présent dans le service, recherchant ainsi la sécurité et la facilité de raisonnement qu'elles savent gérer conformément à la structure conceptuelle de la situation.

Le premier groupe de six professionnelles travaille habituellement à partir d'une PM orientée sur la dose. Les infirmières commencent leur raisonnement en indiquant qu'elles vont faire une seringue pour une durée de 12h (ou 24h pour une infirmière). Il est possible d'illustrer cette option par une citation représentative de MF-26-5-F : « par réflexe, j'ai fait par 12 heures, j'ai essayé de voir combien ça allait me faire prélever d'héparine, la première chose à poser même si on le fait de tête quand c'est pas des calculs comme ça, ben voilà 5000 unités par ml, ça fait 1000 unités dans 0,2 ml, c'est comme ça que j'ai posé ». La durée est fixée d'emblée. L'infirmière explique ensuite comment elle s'y est prise pour calculer la dose. Ces propos qui fixent la durée puis calculent la dose à prélever en référence à celui-ci indique une orientation du raisonnement avec une entrée par la dose.

Le deuxième groupe, qui prépare à partir de leur protocole de service orienté sur le débit, (10 000 UI (2 mL) ou 20 000 UI (4 mL) dans 24 mL pour 12h au débit de 2,4 mL/h soit 1000 ou 2000 UI/h ou bien 20 000 UI dans 48 mL pour 12 h à 2 mL/h) a opté pour ce même raisonnement. Les infirmières de ce groupe précisent d'emblée qu'elles ont mobilisé le protocole habituel de dilution en expliquant que l'objectif est d'obtenir un débit facile à utiliser. Nous reconnaissons clairement ce raisonnement dans leurs verbalisations lorsqu'elles disent que la dose standard choisie est diluée de façon à obtenir un débit spécifique. Ces deux citations rendent bien compte de ces choix : « déjà, j'ai un protocole, c'est 20 000 unités dans 48 ml de façon à ce que si je veux 20 000 unités, c'est 2 cc heure » (CD-46-24-F) ou encore :

Je me dis, ouh, là, là ma vitesse elle va être à virgule ! (rire) et en plus c'est une prescription qui est sur 24 heures et nous, on fonctionne en 12 heures. Donc j'ai divisé ma dose en deux pour faire comme je fais d'habitude, ça fait 17 280 unités par 12 heures, on prépare toujours dans des seringues de 24 cc vitesse 2 pour avoir sur 12 heures (FC-26-4,5-F).

La priorité est donnée au débit (2 mL/h) en relation avec la PM. La dose est calculée dans un second temps.

Le troisième groupe qui prépare à partir d'un protocole ou d'une PM informatisée orientés sur la concentration (25 000 UI dans 50 mL soit 500 UI/mL) a opté pour ce choix. Nous identifions dans leurs propos le raisonnement ancré dans leurs pratiques lorsqu'elles débutent la préparation en disant qu'elles ont suivi leur protocole (l'explication de leur raisonnement précise que l'on veut obtenir 500 UI/mL). Les verbalisations suivantes permettent de retirer les informations nécessaires à cette catégorisation : « là c'est pareil, on fait une dilution propre à ce service parce que je sais que dans des services de cardio, on fait une autre dilution. On met un flacon de 25 000 unités dans 50 et ça fait 500 unités par ml » (CDA-29-8,5-F) ou encore :

Oui c'est à dire qu'on part, pareil pour des questions d'adaptation de posologie future, sur des seringues standardisées à 500 unités par ml, 25 000 dans 50 ml classique et ensuite, on adapte le débit en fonction de l'activité anti-Xa au bout de quatre heures (OS-38-17-H).

L'héparine présentait une contrainte spécifique et cet obstacle cognitif s'est révélé compliqué à franchir pour certaines infirmières qui n'ont pas trouvé de solution sur la durée et n'ont pas voulu arrondir la dose d'elles-mêmes cela étant de la prérogative du médecin. Elles avaient cependant la possibilité de proposer cette démarche, dans le cadre de la simulation, sans décider d'arrondir directement.

Face à cette situation, deux attitudes ont prévalu. Soit l'infirmière arrondit la dose totale en UI ou en volume en mL après l'avoir calculée, ce qui a été le cas majoritaire, rendant ainsi le prélèvement plus facile, soit certaines professionnelles ne se sont pas « résignées » à arrondir et ont poursuivi un raisonnement jusqu'au point de blocage. Sans solution, l'étayage a finalement permis de calculer la dose sauf dans deux situations pour lesquelles les infirmières ont abandonné le calcul ne trouvant pas de solution. Au travers de deux situations suivantes, on peut comprendre le dilemme qui les a empêchées d'aller au bout du calcul :

Donc là par rapport à 17 280 j'ai préparé une 20 000 dans 24 cc mais là, ce n'était pas la vitesse 2 mais ça ne me faisait plus que 1,728 qui n'est pas précis. Là, je me dis, ça m'embête ! Mais je ne savais pas comment faire autrement ou mieux pour être plus précise." (FC-26-4,5-F)

ou encore la citation de FL-27-6-F reprise en préambule de l'analyse. Cette dernière infirmière après plusieurs étayages va finir par abandonner le calcul suite à un dernier essai mais qui comporte une erreur de calcul.

L'héparine possède une caractéristique un peu différente des autres médicaments de l'étude. Elle est prescrite sous une forme (PM ou protocole) qui permet de reproduire les différents raisonnements utilisés en service, alors qu'avec les médicaments comme la noradrénaline et dobutamine, pour lesquels une formule a conduit à la création d'un tableau, les infirmières n'étaient pas en capacité de le reconstruire et étaient pour certaines obligées de sortir de leur logique habituelle de raisonnement.

L'héparine subit des variations de dose par 4h ou 6h après un contrôle biologique par mesure de l'activité de l'anti-Xa (surtout à la mise en route du traitement), mais de façon moins fréquente que la noradrénaline et la dobutamine pour lesquelles les modulations de doses via le débit sont très fréquentes (de l'ordre de quelques minutes parfois). Pour cette raison, il est possible d'imaginer qu'elle répond à des critères d'organisation de sa prescription quelque peu différents.

Le besoin d'adapter la dose va passer par deux protocoles qui répondent à cette exigence, celui centré sur une entrée par le débit et celui centré sur une entrée par la concentration.

Dans ce cadre, la seringue va être préparée en utilisant des doses correspondant à des volumes exprimés par des nombres entiers (le flacon est dosé à 25 000 UI pour 5 mL):

- protocole 10 000 ou 20 000 UI dans 24 ou 48 mL pour 12h, on va prélever 2 mL ou 4 mL ;
- protocole 25 000 UI dans 50 mL, on va prélever 5 mL.

Ces deux techniques de dilution de l'héparine éliminent deux des principaux risques liés à la manipulation de ce médicament au regard de la dose à prélever, à savoir les très petits volumes et le résultat décimal. Le double objectif exprimé de façon récurrente par les infirmières en matière de préparation de seringues de médicaments injectables à risque est que ce soit simple (calcul et manipulation) et sûr à préparer. L'association de ses règles d'action, notamment dans le cas de l'héparine avec le calcul d'une dose au résultat « rond », fait écho à la structure conceptuelle construite sur les concepts d'efficacité et de sécurité. Les propos des infirmières signifient que la cause de l'insécurité n'est pas pour elles, dans les erreurs de manipulation ou le non-respect des protocoles, mais bien dans l'erreur de calcul de doses.

Cette conduite de l'activité peut expliquer, en partie, le choix des infirmières d'avoir presque toutes décidé de mobiliser un artéfact (l'outil protocole) au service d'une situation prescrite (au sens médical et au sens de la psychologie ergonomique) reconnue comme habituelle, et que chaque infirmière va pouvoir appliquer dans le cadre d'une

genèse instrumentale (Rabardel, 1995), l'instrument qu'elle s'est appropriée dans les situations de la pratique ordinaire. En passant par ces procédures qu'elles maîtrisent, la sécurité de la préparation de la seringue et la modularité de la dose administrée sont assurées.

Une catégorie supplémentaire émerge de l'analyse de ces pratiques de dilution. La notion d'instrument développée par Rabardel (1995) apparaît utile pour interpréter les données dans la mesure où l'on constate, pour chaque groupe, des choix de raisonnements qui ne sont pas indépendants des artefacts utilisés habituellement. Les travaux de Rabardel sont inspirés de l'idée fondamentale de Vygotski (1934) sur le rôle essentiel que jouent les instruments (matériels et psychologiques) pour tout apprentissage dans un monde de culture (Trouche, 2005). Le cadre théorique de Rabardel s'inscrit dans les théories de l'activité et particulièrement la notion d'activité médiatisée développée par Vygotski. Rabardel (2005) pense « que l'activité médiatisée est une bonne candidate comme unité pour penser et guider l'action et l'intervention lorsque la conception, l'appropriation ou l'usage humain des artefacts y occupent une place centrale » (p. 253).

La distinction essentielle faite par Rabardel met en évidence que les artefacts sont associés à des schèmes pour devenir des instruments, que la genèse instrumentale est un processus qui permet le développement des schèmes, dans l'interaction entre l'activité du sujet et son contexte et enfin, qu'un instrument est constitué d'une composante matérielle (part de l'artefact sollicitée au cours de l'activité) et d'une composante psychologique (c'est l'organisation de l'activité, dans un but donné ; les schèmes pour Vergnaud) (Trouche, 2005). Nous présentons une représentation schématique de ce modèle. À la figure 46 ci-dessous.

Nous précisons que les schèmes correspondent à ceux construits par le sujet même, mais également ceux qui sont le résultat d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation.

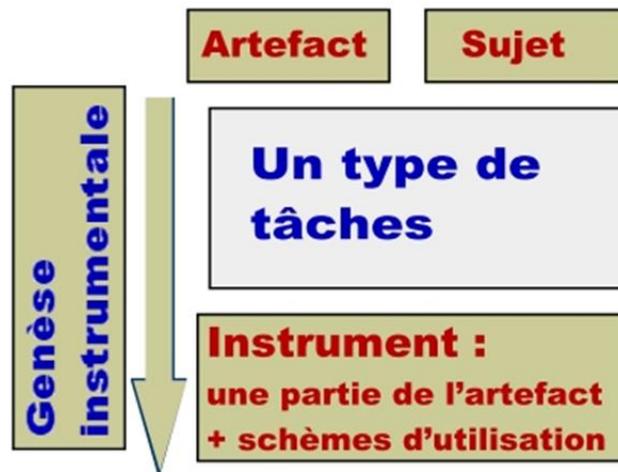


Figure 46 : La construction d'un instrument, par un sujet donné, à partir d'un artéfact donné (Repris de Trouche, 2005)

Rabardel (2005) repositionne la question des instruments au regard du sujet et de son pouvoir d'agir. L'analyse des outils et de leurs effets doit prendre en compte ce que les instruments proposent pour le sujet individuel ou collectif. C'est le sujet pragmatique plus que le sujet épistémique, le sujet capable qui est priorisé dans cette approche sans que les deux notions ne s'opposent. « C'est un sujet qui dit « "je peux" avant de dire "je sais" » (p. 253). Pour notre réflexion, cette référence à l'action apporte des arguments de compréhension dans la façon d'utiliser les outils de la pratique de préparation des doses qui répondent d'abord à une fonction d'efficacité. Les infirmières doivent préférentiellement produire des soins, ce sujet engagé dans des activités orientées vers la réalisation, accomplit des « activités productives » et simultanément engagé dans des « activités constructives » (élaboration de ressources) (Rabardel, 2005). Cette activité constructive de transformation évoquée par Rabardel est centrée sur le sujet qui développe ces schèmes d'utilisation et qu'il nomme « instrumentation », mais elle est aussi tournée vers l'artéfact. Ce processus de personnalisation des artéfacts est décrit comme « l'instrumentalisation », mais ce second aspect n'apparaît pas dans la description de leur appropriation des instruments divers (protocoles, tableaux) décrite par les infirmières. Parmi leurs artéfacts, la calculatrice et le papier-crayon occupent une place

importante puisque lorsque le calcul s'est révélé trop compliqué à réaliser de tête, soit il était posé sur le papier, soit la calculatrice était utilisée. Ces outils mobilisés en éducation scolaire depuis l'école primaire illustrent cette part d'activité constructive à partir d'instruments appropriés et adaptés comme ressources pour les calculs de doses médicamenteuses.

Les calculs de doses et le rôle des ressources disponibles ont été étudié par Pozzi et al. (1998), une équipe de didacticiens des mathématiques anglais (Hoyles, Noss et Pozzi, 2001 ; Noss, Hoyles et Pozzi, 2002) dont nous avons déjà cité les études réalisées auprès des infirmières. Les auteurs expliquent que même si les outils ont fait l'objet d'une longue négociation entre membres de l'équipe, pour ceux qui l'utilisent, « le tableau ne devient qu'une simple expression des protocoles de travail - quelque chose qui doit être mémorisé plutôt que négocié » (p. 115, notre traduction). Ils précisent que les modèles mathématiques qui ont conduit à l'élaboration de ces outils pour leur opérationnalisation dans les services, sont invisibles pour les infirmières et que « cette perte de visibilité mathématique n'est pas remise en question et peut même être délibérée, afin de réaliser des gains d'efficacité dans la pratique des soins infirmiers » (Pozzi et al., 1998, p. 117, notre traduction).

Nous retirons de l'ensemble de notre analyse un enseignement important sur l'utilisation de ces artéfacts au service d'une pratique professionnelle instrumentée et de l'importance d'identifier l'intérêt et la portée de ces outils. Pozzi et al. (1998) suggère d'identifier pour la formation les « ressources mathématisées » du milieu professionnel « car ce sont elles qui jouent le rôle crucial de médiatisation entre les connaissances mathématiques et professionnelles » (p. 119, notre traduction).

Dès lors, pouvons-nous vraiment évoquer une nouvelle entrée pour le raisonnement à partir d'un artéfact ou n'est-ce pas plutôt un raisonnement instrumenté avec une liberté calculatoire liée à l'outil ? Nous proposons un éclairage sur ce point dans la section suivante consacrée à la variabilité ou à la régularité des raisonnements des praticiennes pour la réalisation des calculs de doses.

5.8.5 De la variabilité et de la régularité des praticiennes dans la réalisation des calculs de doses

5.8.5.1 Modèles opératifs

Dans le but de repérer des tendances dans la conduite de l'activité de praticiennes, au-delà des analyses précédentes, nous avons croisé les résultats avec un certain nombre de variables concernant les sujets participants à l'étude ou certains de nos choix méthodologiques.

5.8.5.1.1 L'influence de l'ordre des cas sur l'adaptation aux situations simulées

Pour ne pas créer d'effet spécifique sur les sujets lors du déroulement de la simulation, les cas numérotés de 1 à 6 ont été tirés au sort par chaque participante à l'étude. Après coup, il n'a pas été constaté d'effet. La distribution aléatoire des cas cliniques montre une répartition très variée des cas, et notamment des plus complexes, excluant ainsi l'hypothèse d'une déstabilisation initiale des professionnelles par ces cas spécifiques. La dynamique de déroulement de la simulation n'a pas été perturbée par ce point méthodologique. Nous indiquons dans le tableau 20 ci-dessous, la façon dont les cas sont distribués par participante.

Infirmier	Dobutamine	Héparine	Insuline	Morphine	Noradrénaline	Chlorure de potassium
MM-23-1,5-F	3	6	1	2	5	4
MB-26-2,5-H	4	1	3	6	2	5
HB-27-3-H	4	5	6	2	3	1
CW-25-4-F	2	3	1	5	6	4
FC-26-4,5-F	5	2	6	4	3	1
MF-26-5-F	5	2	1	3	6	2
LR-32-5-F	4	2	3	1	6	5
PB-27-5,5-H	1	6	5	3	4	2
FL-27-6-F	6	3	4	1	5	2
BRB-30-6-F	5	2	1	6	3	4
AB-30-7-F	6	1	4	5	3	2
CDA-29-8,5-F	1	4	5	6	3	2
NE-39-15-F	2	6	4	3	5	1
OS-38-17-H	3	4	6	1	5	2
CD-46-24-F	1	4	6	3	2	5

Tableau 20 : Répartition de l'ordre des cas par infirmière

5.8.5.1.2 Influence du genre, du parcours scolaire et de l'expérience professionnelle sur les capacités à résoudre les problèmes de calculs de doses

Il n'a pas été constaté de différence notable au regard des différents profils des participantes. Huit participantes ont un baccalauréat de filière S (scientifique), quatre ont un baccalauréat de filière technologique STSS (ou SMS et STLL) et cinq en ont un de filière ES. Si on réfère les diplômes aux réussites et échecs ou aux erreurs, il existe une répartition entre les participantes qui indique pour les échecs ou abandons quatre bacheliers S ou STLL. Pour les erreurs retrouvées pendant la simulation, elles concernent cinq bacheliers S, une bachelière STLL et une bachelière ES.

Les parcours professionnels des participantes qui ont pu abandonner ou commettre des erreurs montrent un exercice exclusif en réanimation/soins intensifs depuis leur prise de poste.

Il est difficile de mesurer l'influence du sexe sur les résultats. Notre échantillon était composé de 11 femmes et de 4 hommes. Deux hommes font partie du groupe des professionnelles qui ont commis une erreur. Le reste des erreurs (4) ou abandons (4) a concerné cinq femmes. Le détail des erreurs et leur analyse sont présentés au paragraphe 5.8.6.1.3.

5.8.5.1.3 Repérage des tendances

Il existe une constante en matière de raisonnement, chez les praticiennes observées qui consiste à reproduire les raisonnements avec lesquels elles sont familières pour rester au plus proche de leurs habitudes, synonymes de sécurité. Les PM pour trois médicaments (dobutamine, héparine et noradrénaline) les ont gênées. Ce choix méthodologique intentionnel qui s'inscrit dans la tradition de la didactique professionnelle (Pastré, 2005), a créé une perturbation et nous a permis d'observer des manières de faire, peut-être différentes, et de cerner les variabilités de raisonnement qu'elles soient intra-personnelles ou inter-personnelles ou inter-produits. En fournissant les tableaux de préparations, nous n'aurions rien observé de particulier puisque les infirmières n'auraient pas eu à calculer pour répondre à la PM. Elles auraient appliqué la procédure sans que nous ayons la possibilité d'apercevoir des indices de leur raisonnement.

Pour finaliser le repérage des tendances à partir de l'étude par simulation, nous présentons certaines caractéristiques à partir de la grille de lecture des différents choix

et conduites de raisonnements pour les six produits, organisée produit/produit au chapitre précédent.

Les questions qui se sont posées dans cette analyse concernent la dynamique de raisonnement suivie par les praticiennes. Elle peut se formuler simplement : avec quelle catégorie de raisonnement, la résolution de problème est-elle conduite et comment se poursuit-elle en cas d'obstacle ? Les résultats obtenus quant à la réussite se répartissent comme suit : la réussite autonome, la réussite avec étayage, l'abandon, la bifurcation spontanée.

La réussite autonome signifie que les praticiennes peuvent conduire un raisonnement de façon complètement autonome avec une réussite sur le calcul (79 % ; N = 90). Dans ces situations de réussite autonome c'est l'entrée par la concentration qui est majoritairement utilisée pour arriver à la solution (68 % ; N = 90). Deux médicaments sont préparés à 100 % ou presque avec l'entrée par la concentration (insuline et noradrénaline). La morphine est préparée à 80 % avec cette entrée. Les trois médicaments restants, dans cette catégorie utilisent le raisonnement avec entrée par la concentration à hauteur de 46 % pour le chlorure de potassium, de 40 % pour la dobutamine et 33 % pour l'héparine. Les écarts constatés se font soit pour certains médicaments qui guident une catégorie plus particulière de raisonnement (héparine), soit la PM impose une catégorie différente comme pour le chlorure de potassium.

L'abandon s'est fait majoritairement suite à la volonté des praticiennes de suivre la catégorie de raisonnement de leur outil de PM habituel (protocole ou tableau de préparation) : pour l'héparine, c'est le protocole avec une entrée débit que l'infirmière reprend, mais le résultat au millième la déstabilise et elle repart dans d'autres calculs et finit par commettre une erreur (FL-27-6-F). C'est la même situation pour FC-26-4,5-F. Pour la dobutamine, AB-30-7-F essaie de suivre la logique de son tableau de préparation qui a une entrée par la concentration et elle commet une erreur de raisonnement et abandonne. Enfin, BRB-30-6-F sans le tableau orienté par le débit de la dobutamine ne voit pas comment faire, elle essaie de reproduire le raisonnement par le débit de son tableau et rapidement abandonne.

La réussite avec étayage avec deux niveaux possibles de bifurcations de raisonnement. Cela signifie que l'amorce du raisonnement se fait à l'initiative de la praticienne puis face à une difficulté, l'étayage intervient et relance l'infirmière dans un raisonnement avec la même entrée que pour l'amorce ou le modifie :

- *étayage sans changement de raisonnement* : les infirmières n'arrivent pas à résoudre le problème par manque de conceptualisation de celui-ci. La représentation de la situation ne se fait pas ou de façon inappropriée et le soutien du chercheur, qui met en avant une information, propose par exemple de passer du calcul avec les $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ au mg/h pour la noradrénaline ou répond à une question comme arrondir le résultat pour l'héparine, permettant de lever l'obstacle cognitif, de relancer le processus de raisonnement et de réussir le calcul. Cette dynamique de raisonnement est intervenue à quatre reprises, une fois avec la dobutamine et trois fois avec l'héparine.

- *étayage avec changement de raisonnement* : le raisonnement n'est pas confortable et les praticiennes ne trouvent pas de solution au problème ou bien il n'y a pas d'amorce de raisonnement. Elles sollicitent de l'aide auprès du chercheur qui leur propose un chemin différent, ce qui les fait changer de catégorie de raisonnement, mais elles réussissent le calcul en raisonnant à partir de la proposition. Cette possibilité est intervenue dans la conduite de la préparation des trois médicaments considérés comme calculs complexes avec par exemple deux infirmières expérimentées, habituées à leurs outils pour la dobutamine qui ne savent comment débiter le calcul (NE-39-15-F et CD-46-24-F).

- **L'artéfact** : certaines praticiennes sont bloquées sans le tableau de préparation habituel et amorcent le raisonnement en reprenant l'entrée de leur tableau, mais sans trouver de solution. Dès que le chercheur leur a donné un indice, concentration ou débit ou dose, elles ont démarré un raisonnement et réussissent le calcul comme par exemple LR-32-5-7 avec la noradrénaline (cf. *supra* p. 418) ou FL-27-6-F avec l'héparine (cf. *supra* p. 424-425).

- **La bifurcation spontanée** : les praticiennes sont ennuyées par la résolution de problème et ne trouvent pas de solution acceptable, mais elles vont modifier spontanément leur stratégie de raisonnement plusieurs fois pour cheminer vers la résolution du problème. C'est le cas pour l'héparine avec FL-27-6-F et pour AB-30-7-F avec la dobutamine, mais elles échouent suite à des erreurs de raisonnements. On retrouve cette même dynamique pour l'héparine avec NE-39-15-F qui va réussir les calculs. Cette tendance, chez ces infirmières, dénote une certaine agilité mentale pour les calculs mathématiques, même si l'on constate des erreurs qui peuvent finir par en bloquer certaines. On note également que l'infirmière BRB-30-6-F concernée par deux abandons démontre ici des capacités qui contredisent quelque peu son discours sur ses difficultés

en mathématiques qui, selon nous, illustre plutôt un manque de confiance en elle qui soit la fait renoncer très vite, soit commettre des erreurs.

BRB : ben l'héparine déjà, c'est prescrit chez nous pour 12 heures et donc ce sont des seringues que l'on va faire pour 12h dans 24 cc. Sur la prescription, c'est écrit que c'est à débiter et qu'ensuite on fera des contrôles biologiques. Donc c'est une dose qui va bouger et nous, on a pour habitude de mettre soit 15 000, soit 20 000 unités dans 24 cc donc ça fait toujours une seringue nette. Enfin, ça tombe juste. Là, vous m'avez créé des difficultés avec vos 17 280 unités pour 12 heures, enfin les 34 560 unités par 24 heures.

C : et alors, qu'en avez-vous fait ?

BRB : j'ai quand même divisé pour avoir sur 12 heures donc ça fait 17 280 unités. Au début, je suis partie sur une seringue de 20 000 et ça ne tombait pas juste du tout, mais sur une seringue de 15 000 ça me fait une vitesse à 2,3001 donc j'ai pris le parti d'arrondir à 2,3, parce que du coup, ça m'allait mieux parce que 20 000 ça faisait quelque chose comme 1,876.

C : et ça, c'est un nombre qui ne vous plaît pas ?

BRB : non pas vraiment, ça me plaît moins.

C : et pour quelle raison, ça vous plaît moins ?

BRB : je ne sais pas, je trouve que c'est moins précis. Avec l'arrondi, est-ce que j'arrondis au-dessus est-ce que j'arrondis en dessous alors que la 2,3001, j'arrondis à 2,3.

Plusieurs points saillants émergent de cette catégorisation sur les raisonnements mobilisés pour les six médicaments injectables de l'étude.

Nous rencontrons des tendances qui reprennent les raisonnements catégorisés dans l'étude pour les entrées par la dose, le débit et la concentration. Une seconde catégorisation se dégage de l'analyse avec une tendance liée à l'artéfact habituel qui guide les raisonnements mobilisés par les infirmières pour la préparation des médicaments. Nous identifions, plutôt qu'une nouvelle catégorisation, une utilisation outillée des raisonnements avec x raisonnement associés, x étant dépendant des outils. Si nous regardons le reste à charge calculatoire suivant les outils, cela nous fournit des indications sur le type et le nombre de raisonnements de cette catégorie. Quels que soient les tableaux de préparation pour la dobutamine, l'héparine et la noradrénaline, qu'ils soient construits avec une entrée par le débit ou par la concentration, il n'y a aucun reste à charge calculatoire donc $x = 1$. La seule variation est liée à l'héparine qui propose des préparations protocolisées qui fixent la concentration et pour lesquelles les infirmières calculent le débit, ce qui rajoute un raisonnement avec outil. Au total, nous identifions deux raisonnements avec outil, complémentaires de notre première catégorisation. En fondant notre réflexion sur l'approche instrumentale, nous rappelons que le travail n'a pas pour but de résoudre des problèmes, mais bien d'effectuer une activité productive

(Samurçay et Rabardel, 2004) de manière à économiser des ressources. Cependant, l'opérateur soumis à une situation qui lui résiste de prime abord va solliciter des ressources pour répondre à cette difficulté et développer la dimension constructive de son activité (Samurçay et Rabardel, 2004). C'est ce que Rabardel (1995) nomme « genèse instrumentale » et ce que nous montrons dans l'intégration des outils au service du calcul de doses. Les tableaux de préparations font partie intégrante de la conduite du raisonnement pour les infirmières habituées à leur utilisation dans la préparation plus particulièrement de la dobutamine et de la noradrénaline. Pour l'héparine, l'outil est un protocole qui s'impose cependant dans l'intention première mobilisée pour la réalisation de la seringue. Ces instruments intégrés aux schèmes des infirmières, au service de l'efficacité de la pratique ordinaire vont présenter paradoxalement un frein dans la simulation, les empêchant de transposer ces instruments à la situation-problème à laquelle elles étaient confrontées. À nouveau, l'invisibilité de la formule mathématique, qui a conduit à l'élaboration de ces tableaux, ou son manque de mobilisation, puisque pour certaines infirmières la formule est notée sur le tableau, explique la difficulté pour les praticiennes de résoudre les situations de l'étude par simulation. Ce constat n'est pas uniforme et certaines professionnelles ont réussi à trouver des solutions. Chaque acteur a une compréhension différente de la structure conceptuelle de la situation (Pastré, 2005) comme celle mise au jour pour les calculs de dose, à l'issue de l'analyse des déterminants de l'activité et du couplage situation-sujet. Certains vont en avoir une compréhension complète et fidèle alors que d'autres ne font que s'en approcher. Pastré (1999, 2005, 2011a, 2011b) a nommé « modèle opératif » la capacité d'un acteur, pris individuellement, à s'approprier la structure conceptuelle de la situation. « Au fond, le modèle opératif d'un acteur exprime son niveau de compétence » (Pastré, 2011b, p. 89). Cette approche théorique nous permet d'analyser les tendances dégagées à partir des résultats des calculs de doses et des préparations médicamenteuses. Selon Pastré, les experts du domaine ont construit un modèle opératif complet et fidèle alors que les novices ont généralement un modèle opératif « qui peut être juste mais incomplet, ou alors incomplet et partiellement inexact » (Pastré, 2011, p. 89). Les modèles opératifs constatés dans notre travail indiquent des niveaux de compétence élevés avec un haut niveau de réussite des calculs de doses dans les situations proposées lors de la simulation. Nous n'avons pas retrouvé dans notre échantillon la distinction proposée par Pastré, (2011) entre novices et experts de manière très claire, la différence se situant sur d'autres

facteurs. Ainsi, nous identifions des variables qui influencent cette expertise en modifiant le contexte, de telle sorte qu'il déstabilise de façon importante les professionnelles, comme l'absence d'un instrument habituel incorporé à la pratique ordinaire (MB-26-2,5-H ; NE-39-15-F ; CD-46-24-F ; BRB-30-6-F) ou bien un changement d'unité de PM qui perturbe les repères des infirmières qui vont s'adapter après un temps de trouble (FC-26-4,5-F ; LR-32-5-F ; CDA-29-8,5-F) ou bien abandonner suite à des erreurs (BRB-30-6-F ; AB-30-7-F).

À la suite de l'évolution de la didactique professionnelle, Pastré explique que le concept de modèle opératif s'est complété avec deux éléments importants que sont les « genres professionnels » (Clot, 2008 cité par Pastré, 2011a) attachés aux manières de faire des groupes professionnels et la dimension personnelle liée à l'expérience passée « qui donne une coloration spécifique à sa manière de procéder » (p. 90). Afin de préciser un peu plus notre analyse, nous cherchons dans le paragraphe suivant à identifier les caractéristiques individuelles des participantes quant à leur choix de raisonnement, pour là encore en dégager les tendances.

5.8.5.2 Raisonnements sur les calculs par infirmière

5.8.5.2.1 La fréquence des raisonnements par entrée

Pour chaque médicament choisi pour notre étude, il existe la possibilité de les préparer en mobilisant les trois entrées dans le raisonnement identifiées pour le calcul de la dose et la préparation. Si l'on considère les six médicaments pour les 15 participantes, cela nous donne 90 occurrences de calculs et de préparations. Nous avons comptabilisé la fréquence de choix des entrées par type d'entrée dans les tableaux suivants (Tableaux 21 à 23) :

Nombre d'infirmières	Fréquence d'utilisation	Nombre d'entrées par la concentration
1 infirmière	2 fois	2
3 infirmières	3 fois	9
3 infirmières	4 fois	12
7 infirmières	5 fois	35
1 infirmière	6 fois	6
Total		64

Tableau 21 : Fréquence d'utilisation du raisonnement avec entrée par la concentration

Au total, les entrées par la concentration représentent 64 choix sur les 90 occurrences soit 71 % des occurrences de calculs. Tous les médicaments sont concernés par cette entrée avec une fréquence exclusive pour l'insuline et quasi-exclusive pour la noradrénaline (1 doute). La dobutamine et la morphine mobilisent cette entrée dans plus de 75 % des cas et enfin, ce sont le chlorure de potassium (environ 50 %) et l'héparine (33 %) qui font apparaître la moins grande fréquence d'utilisation de ce raisonnement.

Entrées par la dose

Nombre d'infirmières	Fréquence d'utilisation	Nombre d'entrées par la dose
5 infirmières	1 fois	5
2 infirmières	2 fois	4
1 infirmière	3 fois	3
Total		12

Tableau 22 : Fréquence d'utilisation des raisonnements avec entrée par la dose

Huit infirmières utilisent de 1 à 3 fois l'entrée par la dose, soit un total de 12 fois sur 90 soit 13 % des occurrences de calculs. C'est pour l'héparine que ce raisonnement est le plus utilisé (6 fois sur 15) et pour le chlorure de potassium et la morphine ensuite.

Entrées par le débit

Nombre d'infirmières	Fréquence d'utilisation	Nombre d'entrées par le débit
5 infirmières	1 fois	7 (dont 1 doute)
1 infirmière	2 fois	2 (dont 1 doute)
Total		9 (dont 2 doutes)

Tableau 23 : Fréquence d'utilisation du raisonnement avec entrée par le débit

L'entrée par le débit est utilisée 1 fois par 5 infirmières et 2 fois par une seule infirmière. Deux situations présentent un doute pour lequel il nous est impossible de catégoriser le raisonnement. Cela donne un total de 9 occurrences en tout. Ce raisonnement qui n'est utilisé pratiquement que pour le chlorure de potassium (3 fois) et l'héparine (4 fois dont 2 doutes).

Nous devons ajouter trois situations sans amorce de raisonnement pour la dobutamine et deux situations où nous ne pouvons pas nous prononcer, fautes d'éléments suffisamment explicites pour catégoriser.

Les tendances dans le choix des entrées pour le raisonnement se sont dessinées très clairement. Le raisonnement avec l'entrée par la concentration est le plus fréquemment mobilisé pour calculer les doses. Nous pourrions le qualifier de **raisonnement par défaut**, de façon plus formelle, car même quand les infirmières utilisent des raisonnements avec une entrée dose ou débit dans la pratique ordinaire, face aux six situations proposées, le raisonnement avec une entrée par la concentration a été choisi majoritairement. Mathématiquement, cette entrée apparaît plus facile à manipuler comme nous l'avons montré pour l'analyse des raisonnements mobilisés pour la noradrénaline (cf. p. 422-423). Le raisonnement avec une entrée par le débit propose un

niveau de difficulté plus important. Cela demande d'avoir une bonne représentation du problème à résoudre. L'entrée par la concentration procure une sécurité calculatoire qui découle de la PM (en mg/h), de la présentation du produit (en mg/mL) et d'une plus grande familiarité des infirmières avec des grandeurs qu'elles manipulent régulièrement (les mg et les mL) et pour lesquelles elles ont probablement développé une sécurité interne dans leur utilisation.

5.8.5.2.2 Les choix de raisonnements par infirmière

La fréquence d'utilisation d'un raisonnement systématique détaillé fait émerger l'utilisation majeure de l'entrée par la concentration pour plus de deux tiers des participantes à l'étude, quels que soient les médicaments, avec cependant quelques nuances. Nous avons cherché à caractériser ces tendances pour chaque infirmière à partir des données individuelles afin d'identifier de nouveaux facteurs conduisant à l'utilisation d'un raisonnement plutôt qu'un autre.

Infirmière MF-26-5-F	Service	Amorce
Dobutamine	Habitudes ou PM	Concentration
Héparine	Habitudes ou PM Dose	Dose
NAD	Habitudes ou PM	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration
Bilan	Dose	1
	Concentration	5
	Débit	0

Cette infirmière utilise peu de protocoles formalisés dans sa pratique quotidienne et aucun tableau de préparation. Elle mobilise l'entrée par la concentration de façon prioritaire. Elle utilise l'entrée par la dose pour l'héparine en suivant sa pratique de service.

Infirmier PB 27-5,5-H	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Débit	Concentration
Héparine	Habitudes ou PM Dose	Dose
NAD	Habitudes ou PM	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Dose
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Dose

Bilan	Dose	3
	Concentration	3
	Débit	0

Cet infirmier utilise l'entrée par la dose pour trois médicaments. Ce sont ceux pour lesquels le débit est le moins susceptible de changer pendant leur administration. Les trois médicaments dont le débit doit s'adapter en permanence à l'état du patient sont préparés avec l'entrée par la concentration, y compris la dobutamine habituellement préparée dans son service à partir d'un tableau avec une entrée débit.

Infirmier MB-26-2,5-H	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Débit	Concentration
Héparine	Habitudes ou PM Dose	Dose
NAD	Habitudes ou PM	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration
Bilan	Dose	1
	Concentration	5
	Débit	0

L'infirmier utilise préférentiellement l'entrée par la concentration hormis pour l'héparine qui peut être programmée sur une durée précise, qui favorise donc le choix de l'entrée par la dose. Malgré un tableau avec une entrée débit, c'est le raisonnement par concentration qui est choisi.

Infirmière MM-23-1,5-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Dose	Dose
NAD	Habitudes ou PM	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Dose
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration
Bilan	Dose	2
	Concentration	4
	Débit	0

Cette infirmière priorise l'entrée par la concentration pour les médicaments dont le débit est à moduler régulièrement et choisit l'entrée par la dose pour l'héparine et la morphine dont la dose prescrite est pensée pour une durée fixe.

Infirmière CW-25-4-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Débit	Concentration
Héparine	Habitudes ou PM Dose	Dose
NAD	Habitudes ou PM	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Dose
Bilan	Dose	2
	Concentration	4
	Débit	0

Les raisonnements de cette infirmière sont proches des précédents avec une priorisation de la concentration et l'utilisation de l'entrée par la dose pour l'héparine et le chlorure de potassium qui se prête à cette approche sur une durée fixe.

Infirmière FL-27-6-F	Service	Amorce
Dobu	Tableau Débit	Concentration
Héparine	Protocole Débit	Débit
NAD	Tableau Débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration
Bilan	Dose	0
	Concentration	5
	Débit	1

Cette infirmière privilégie l'entrée par la concentration avec cinq produits et utilise l'entrée par le débit pour l'héparine en référence à sa pratique de service. Les catécholamines sont préparées avec une entrée par la concentration car pour les tableaux avec une entrée par le débit utilisés habituellement dans le service, l'infirmière n'est pas en capacité de reproduire ces raisonnements.

Infirmière FC-26-4,5-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Débit	Concentration
Héparine	Protocole Débit	Débit ?
NAD	Tableau Débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Débit
Bilan	Dose	0
	Concentration	4

	Débit	1 ou 2
--	-------	--------

La situation de cette infirmière est assez proche de la précédente. Elle priorise la concentration et l'entrée par le débit est utilisée avec l'héparine en reproduisant le protocole du service et pour le chlorure de potassium de façon autonome.

Infirmière LR-32-5-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Concentration	Concentration
NAD	Tableau Débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	?
Bilan	Dose	?
	Concentration	5
	Débit	?

Hormis pour le chlorure de potassium pour lequel la catégorisation n'a pas été possible, l'infirmière utilise exclusivement l'entrée par la concentration respectant notamment des protocoles de sa pratique habituelle.

Infirmière AB-30-7-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Concentration	Concentration
NAD	Tableau Débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Débit
Bilan	Dose	0
	Concentration	5
	Débit	1

La situation de cette infirmière est identique à la précédente avec une variation simplement sur l'entrée par le débit pour le chlorure de potassium.

Infirmière BRB-30-6-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau Débit	Pas amorce autonome
Héparine	Protocole Débit	Débit ?
NAD	Tableau Débit	Débit

Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Débit
Bilan	Dose	0
	Concentration	2
	Débit	2 ou 3
	Pas d'amorce	1

L'infirmière partage ses raisonnements entre les entrées débit et concentration. Dans sa pratique, trois médicaments utilisent l'entrée par le débit qu'elle a tenté de reproduire dans les trois cas mais avec des difficultés : par d'amorce de raisonnement sans le tableau de préparation pour la dobutamine puis abandon ; même situation pour la noradrénaline et réussite pour l'héparine.

Infirmière NE-39-15-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau débit	Pas amorce autonome
Héparine	Protocole Débit	Dose
NAD	Tableau débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Protocole	?
Bilan	Dose	1
	Concentration	3
	Débit	0
	Pas d'amorce	1
	Non catégorisable	1

L'entrée par la concentration représente la moitié des raisonnements de cette infirmière qui s'est trouvée en difficulté sur la dobutamine sans son tableau et sans pouvoir le reproduire dans son raisonnement. Elle choisit l'entrée par la dose pour l'héparine ce qui s'adapte bien à ce médicament dont le débit varie surtout à la mise en route du traitement mais reste plus stable ensuite, une fois la dose efficace trouvée. Le raisonnement pour le chlorure de potassium n'a pu être catégorisé.

Infirmière CD-46-24-F	Service	Amorce
Dobutamine	Tableau débit	Pas amorce autonome
Héparine	Protocole Débit	Débit
NAD	Tableau débit	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Protocole	Dose
	Dose	1
	Concentration	3
	Débit	1
Bilan	Pas d'amorce	1

Cette infirmière mobilise les trois entrées différentes avec une tendance à l'utilisation du raisonnement par concentration. Sans le tableau de préparation, elle n'a pas d'amorce de raisonnement. Pour l'héparine, elle suit sa pratique de service et privilégie l'entrée par la dose avec le chlorure de potassium qui est prescrit en g/h donc qui s'adapte à ce raisonnement.

Infirmière CDA-29-8,5-F	Service	Amorce
Dobutamine	PMI Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Concentration	Concentration
NAD	PMI Concentration	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Dose
	Dose	1
Bilan	Concentration	5
	Débit	0

C'est l'entrée par la concentration qui est priorisée par cette infirmière pour cinq médicaments sur six. Elle choisit l'entrée dose pour le chlorure de potassium comme l'infirmière précédente.

Infirmier OS-38-17-H	Service	Amorce
Dobutamine	PMI Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Concentration	Concentration
NAD	PMI Concentration	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Débit
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration

Bilan	Dose	0
	Concentration	5
	Débit	1

Les raisonnements pour cet infirmier sont assez proches des précédents avec une priorité donnée à l'entrée par la concentration. La morphine est préparée avec une entrée par le débit anticipant une modification de la dose si la douleur de la patiente augmente.

Infirmier HB-27-3-H	Service	Amorce
Dobutamine	PMI Concentration	Concentration
Héparine	Protocole Concentration	Concentration
NAD	PMI Concentration	Concentration
Morphine	Habitudes ou PM	Concentration
Insuline	Protocole	Concentration
Potassium	Habitudes ou PM	Concentration
Bilan	Dose	0
	Concentration	6
	Débit	0

Cet infirmier est le seul à utilisé uniquement l'entrée par la concentration pour l'ensemble des médicaments. Nous notons que sa PM informatisée propose souvent ce type de raisonnement.

Pour la morphine et l'insuline, nous observons que les infirmières utilisent pendant la simulation, plus spécifiquement le raisonnement de leur quotidien. Pour le chlorure de potassium, l'identification a été moins aisée avec une plus grande confusion dans les analyses liée aux proximités très fortes entre raisonnements, du fait de l'omniprésence mentale de la durée. Une distinction plus importante s'opère avec les calculs complexes pour la dobutamine, et la noradrénaline mais avec une tendance, là encore, à reproduire en première intention celui qui est mobilisé au quotidien. Ceci s'explique en grande partie par l'impossibilité la plupart du temps de reproduire la formule de calcul qui n'est pas notée sur le tableau de la dobutamine et de la noradrénaline avec une entrée débit. Nous remarquons que la même situation se reproduit avec le tableau orienté par le débit de trois infirmières d'un même service alors que la formule est écrite en haut du tableau de préparation. Pour l'héparine, les entrées des raisonnements suivent la pratique de service. Nous sommes ici dans le contexte décrit précédemment et justifié par la nécessité

dans une situation de production de soins de viser l'efficacité et l'économie de ressources mentales, ainsi que l'effet du tableau qui devient un outil d'application.

5.8.5.2.3 Les techniques de calcul des quatrièmes proportionnelles utilisées

Pour les trois calculs simples concernant l'insuline, la morphine et le chlorure de potassium, les infirmières ont laissé peu de traces pour identifier les techniques mobilisées, car les calculs sont souvent directs et le recours à la proportionnalité peu visible, puisque les chiffres à mobiliser étaient simples pour les calculs. Pour l'insuline, nous avons pu analyser l'utilisation du coefficient de proportionnalité par deux fois ainsi qu'un produit en croix. Pour la noradrénaline deux fois sur 15, nous avons repéré l'utilisation du produit en croix.

Le calcul de l'héparine est résolu 13 fois sur 15 par la mobilisation du produit en croix. Deux infirmières utilisent le retour à l'unité et une infirmière divise directement les données sans montrer de technique de proportionnalité. Deux exemples de raisonnement formalisés sur les feuilles de cas cliniques montrent la mobilisation de la technique du produit en croix.

The image shows a handwritten calculation for insulin dosage. It starts with 'Dose / j = 34 560 ui'. Below this, there is a calculation: $\frac{25000}{34560} \times 50 \text{ ml} \rightarrow \text{Se } 5 \text{ ml} + \left(\frac{1}{2} \text{ dose } 25 \text{ ml} \right)$. A curved arrow points from the '25000' to the '50 ml'. Below that, it says '34 560' with a curved arrow pointing to '69,12 ml.'. The final calculation is $69,12 / 26 = 2,875 = 2,9 \text{ ml/4}$.

Figure 47 : Image de la technique du produit en croix utilisé par un infirmier

Nous distinguons la flèche qui dessine une boucle et qui désigne le sens d'utilisation des données pour la mise en œuvre du calcul avec la technique du produit en croix. L'infirmier ne sait pas trop expliquer sa technique de calcul et il reproduit le même raisonnement pour la dobutamine en expliquant le produit en croix par un geste.

C : vous dites que c'est un produit en croix, mais ça n'est pas ce que je vois écrit ?

HB : donc 250 dans 50 donc si je veux 39.

C : ah oui c'était ça le petit geste ! (il fait le geste caractéristique du produit en croix, une boucle qui prend en compte les trois données pour arriver au résultat). Et ce

produit en croix, c'est quelque chose d'habituel ou là, vous l'avez fait parce que vous n'aviez pas vos outils et l'abaque habituels ?

HB : on le vérifie en général quand on se sert du logiciel du service, qui adapte le débit en fonction de la prescription donc si on a 10 gammas/kilo/minute, ça va nous dire qu'il faut le mettre à 7,8 ml (HB-27-3-H).

Il rappelle son utilisation du produit en croix pour contrôler ou vérifier un résultat.

Handwritten mathematical work showing the use of the cross-product method. The top part shows a calculation: $20000 \text{ u.i.} / 12h$ is crossed out, and $15000 \text{ u.i.} / 12h$ is written above it. Below this, 17280 u.i. and $\sqrt{2.3}$ are written. The bottom part shows a similar calculation: $15000 \text{ u.i.} / 12h$ is crossed out, and 17280 is written below it. To the right, there are two square root symbols: the first is $\sqrt{2}$ and the second is $\sqrt{2.3}$. A double-headed arrow connects the 17280 in the bottom part to the $\sqrt{2.3}$ in the top part, and a single-headed arrow points from the $\sqrt{2.3}$ in the bottom part to the 17280 in the top part.

Figure 48 : Image de la technique du produit en croix utilisée par une infirmière

Cette infirmière indique clairement la façon dont les données chiffrées sont mobilisées avec des flèches qui indiquent les opérations à suivre. Elle utilise une double flèche pour le premier calcul et une flèche simple pour calculer la quatrième proportionnelle. Notons un détournement du signe de la racine carrée, très fréquent chez les infirmières qui signifie vitesse (à la place de débit volumique) et qui fait partie du vocabulaire courant des professionnelles pour l'administration du produit. Ce symbole mathématique utilisé à mauvais escient au plan des mathématiques formelles pourrait induire en erreur le lecteur non familier de cette écriture erronée mais usuelle dans le milieu professionnel.

La même tendance se dégage de la résolution du calcul de la dobutamine avec une fréquence un peu moins importante pour le produit en croix qui apparaît dans 10 cas sur 15. Le retour à l'unité est utilisé 4 fois et une infirmière n'a pas terminé le calcul. Nous illustrons avec un exemple la mobilisation de la technique du produit en croix pour une infirmière de l'échantillon :

C : Pour ce calcul, le produit en croix était-il indispensable ?

CW : en fait, là moi c'est ma logique et je suis obligée d'avoir : « j'ai trois chiffres, je veux trouver le quatrième ». C'est comme ça que ça marche.

C : vous êtes bien d'accord que là, le 1 on peut s'en passer.

CW : oui tout à fait.

C : est-ce que vous pourriez me montrer comment vous procédez ?

CW : 250 mg dans 50 mL, dans 1 mL combien je vais avoir de mg et donc là, je vais faire le produit en croix pour avoir le nombre de milligramme dans 1 mL donc là, c'était 12,5. Donc là, j'ai besoin de 195 mg donc combien je vais avoir besoin de mL, je marche toujours comme ça.

C : et vous trouvez que c'est sécurisant ?

CW : oui parce que j'ai toujours mes trois données qui sont fixes en fait. Ça c'est fixe, on ne peut pas me le changer, c'est comme ça et c'est pas autrement. La seule valeur qui va être modifiée, c'est celle que je vais trouver par mon produit en croix et qui va me permettre d'être sûre de ce que c'est. Ça va pas être bon bah je pense que si je fais ça et ça, ça va me donner un chiffre qui va être cohérent.

C : vous avez tellement l'habitude d'utiliser ce raisonnement que vous êtes certaine en le posant que vous trouverez le bon résultat, et du coup vous n'avez pas de doute sur le résultat que vous trouvez, sauf éventuellement à faire une erreur de calcul ?

CW : oui voilà l'erreur de calcul. Bah oui parce que c'est des choses que j'ai pris d'un énoncé, d'un flacon ou de la prescription médicale. Ça ce n'est pas moi qui l'ai inventé.

C : vous pourriez dire ça, que c'est quelque chose qui vous permet de sécuriser votre pratique ?

CW : ouais. Quand j'ai des doutes, je pose mon calcul et je le fais en général comme ça (CW-25-4-F).

Cette infirmière explique l'intérêt pour elle de manipuler cette technique qui la sécurise et qu'elle sait gérer pour les calculs. Elle s'en sert en cas de doute, c'est sa technique de contrôle. Nous notons qu'elle en fait un usage excessif là où la division de 250 mg par 50 mL permet d'obtenir le résultat recherché.

De façon tout à fait corrélée au travail de Roditi (2012, 2014) sur les calculs de doses médicamenteuses, nous constatons l'utilisation massive du produit en croix (24 fois sur 36 identifications) comme technique privilégiée de calcul proportionnel par l'ensemble de l'échantillon et son utilisation parfois abusive comme décrit dans ces publications. À huit reprises le retour à l'unité est mobilisé et le coefficient de proportionnalité est utilisé à quatre reprises.

Les modèles opératifs variés, constatés et développés au paragraphe précédent, se complètent avec l'approche plus individuelle pour laquelle, nous notons l'impact de la formation au calcul de doses qui se retrouvent dans l'utilisation majoritaire du produit en croix dans les techniques proportionnelles mobilisées. Cette méthode est utilisée pour effectuer certains calculs plus compliqués et comme moyen de vérification. Cet élément pointe l'importance, pour les infirmières, avant tout de la recherche de l'efficacité de

l'activité productive, dans un but d'économie de ressource tel que nous l'avons déjà évoqué au travers de l'approche de compromis cognitif. Une dialectique importante paraît organiser les styles des professionnels avec la présence ou non d'instruments qui vont modifier les pratiques, en facilitant les calculs et la préparation des médicaments injectables à risque, mais au prix d'une perte de capacités à opérer certains raisonnements. Des cultures de service colorent également les différentes approches des professionnelles au-delà des tableaux qui ne sont pas systématiquement présents au moyen des protocoles ou de ce que nous avons nommé pratiques ou habitudes de service. Nous constatons cela dans les approches individuelles des raisonnements où les infirmières tentent dans un premier temps de suivre la procédure habituelle du service avant de dériver sur une compétence plus individuelle dans un second temps face aux obstacles proposés dans la simulation. C'est à partir de ce moment, que nous distinguons des modèles opératifs plus individualisés où les préférences personnelles et aptitudes à calculer se définissent plus aisément, et pour lesquels la confiance en soi et en ses capacités à calculer marque une différence importante entre les infirmières. Cela se traduit par exemple par les manières de faire de CDA-29-8,5-F qui réalise l'ensemble des calculs et des préparations dans un temps extrêmement court (19') alors que la moyenne s'établit environ à 35' avec une aisance cognitive et gestuelle remarquables, que l'on peut opposer aux difficultés de BRB-30-6-F qui abandonne deux fois les calculs avec un manque de confiance caractérisé dans son attitude et son discours, alors même qu'elle montre par ailleurs des capacités réelles pour trouver des solutions pour l'héparine. Des modèles intermédiaires émergent comme avec MB-26-2,5-H et FL-27-6-F qui ont commis des erreurs pour l'héparine, mais qui ont mis leurs ressources de façon très conséquente au service des calculs et ont montré des stratégies variées pour tenter de résoudre les problèmes.

Après avoir observé et analysé les règles d'action pour les calculs et la préparation, mis au jour des modèles opératifs variés, la dernière partie des résultats de l'enquête par simulation présente les données concernant, à la fois les résultats et les effets sur la situation et sur le sujet.

5.8.6 Les résultats de l'activité des infirmières et les effets en retour sur le sujet et la situation

Dans cette troisième phase de déroulement de l'activité, nous regardons d'une part les résultats de l'activité de préparation médicamenteuse des infirmières et d'autre part, les effets à la fois sur le sujet et sur la situation en référence au modèle de la double régulation de l'activité du sujet. Le couplage sujet-situation conditionne l'activité du sujet, mais en retour le sujet et la situation vont être transformés en réaction à la manière dont l'activité a été conduite et dont elle s'est déroulée. Nous regardons d'abord les résultats de la préparation avant d'envisager les effets sur la situation et sur le sujet.

5.8.6.1 La seringue préparée

5.8.6.1.1 Évaluation de la qualité de la préparation

L'héparine

La préparation habituelle de ce produit a été perturbée par une PM plus précise qu'à l'ordinaire et implique une dose à prélever au millième. Un des moyens de solutionner ce point est de modifier la durée de programmation de la seringue sur 5h ou 10h en lieu et place des 6h, 12h ou 24h habituels.

Les principales raisons invoquées concernent avant tout la sécurité de préparation de la seringue pour soi et pour les autres. Une préparation inhabituelle risque d'être plus déstabilisante pour le collectif par l'effet de surprise et d'incompréhension qu'une préparation sortant de l'ordinaire pourrait provoquer (MF-26-5-F ; PB-27-5,5-H ; CDA-29-8,5-F). Parmi les autres professionnelles, la seconde idée forte qui ressort concerne le besoin de sécuriser sa pratique par une procédure qui va nécessiter plus d'attention par peur de l'erreur (BRB-30-6-F ; OS-38-17-H).

La dobutamine

La perturbation générale provoquée par la PM en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ sans les outils habituels de préparation a généré pour presque la moitié des infirmières un étayage, mais leur sûreté de calcul et de préparation leur permet d'assurer la qualité de leur mise en œuvre. Les infirmières n'émettent pas de doute sur le résultat, mais plus sur la procédure incertaine qui demande de multiplier les opérations et donc vécue comme moins sûre et surtout

moins opérationnelle en cas d'urgence (PB-27-5,5-H ; MB-26-2,5-H ; CW-25-4-F ; FC-26-4,5-F ; AB-30-7-F ; CDA-29-8,5-H ; OS-38-17-H).

La noradrénaline

Les professionnelles expliquent vouloir chercher la simplicité de leur préparation sans leurs tableaux habituels afin de pouvoir contrôler le calcul et la préparation. C'est la qualité et la sécurité qui sont mis en avant dans leur discours en augmentant le niveau de vigilance (MB-26-2,5-H ; LR-32-5-F ; NE-39-15-F ; CD-46-24-F).

L'insuline

Trois infirmières (CW-25-4-F ; LR-32-5-F ; NE-39-15-F) insistent sur la précision à apporter dans le prélèvement du volume d'insuline (0,5 mL) pour assurer la qualité de la préparation.

Discussion

L'objectif poursuivi avant tout est celui de la qualité de la préparation ; les infirmières cherchent donc à éviter toutes les complications de mises en œuvre. Dans cette perspective, elles évoquent leur capacité à suivre les différentes opérations de préparation pendant l'ensemble de la procédure et à les gérer selon les produits avec ou sans aide de la calculatrice.

Les facteurs identifiés comme source d'incidents et/ou d'erreurs :

- le nombre de flacons ou d'ampoules disponibles pour la mise en œuvre ;
- la PM inhabituelle car plus précise pour l'héparine ;
- les conversions des μg en mg ;
- le choix de seringues adaptées en type et en taille (seringue à insuline par exemple et seringues variées 1, 2, 5, 10, 20 et 50 mL afin d'assurer un prélèvement précis gage de qualité et de sécurité) ;

L'évaluation de la qualité se fait en continu pour la plupart des infirmières. Ce sont les caractéristiques de la dimension collective de la fiabilité qui sont mises en jeu dans la régulation de l'activité à la fois individuelle, mais aussi collective comme Leplat (1997) le précise :

« À l'intérieur de l'équipe, cette organisation de l'activité exige la synchronisation des activités individuelles qui entraîne une mise en forme temporelle. L'organisation des éléments et de leurs relations peut être décrite temporellement. Toute désynchronisation des activités et de leurs conditions de régulation peut réduire l'efficacité du groupe (erreurs, défaillances, etc.) » (p. 189).

Les exigences de qualité maintenues à un niveau élevé par les infirmières répondent à la conscience de manipuler des produits dangereux et de prévenir les risques d'erreur.

5.8.6.1.2 Principes et stratégies de contrôle du calcul de dose et de la préparation

Les attitudes constatées pendant la simulation sont tout à fait congruentes avec ce que les professionnelles ont déclaré sur leurs pratiques.

Ce qu'elles ont fait pendant la simulation

Les infirmières ont été amenées à poser les calculs pendant la simulation essentiellement pour la dobutamine et l'héparine. L'ensemble des professionnelles fait les calculs de tête pour la morphine, l'insuline et le chlorure de potassium. Les infirmières moins expérimentées ou moins confiantes (MB-26-2,5-H ; MM-23-1,5-F ; FL-27-5-F ; LR-32-5-F ; BRB-30-6-F) font les calculs de tête, mais elles vont vérifier leurs calculs en les posant par écrit et en utilisant la calculatrice plus souvent que les plus expérimentées. Elles prennent plus de temps également à effectuer les calculs.

Pour ne pas perdre la compétence à calculer mentalement un infirmier (OS-38-17-H) et une infirmière (46-24-F), parmi les plus expérimentés du groupe s'astreignent à calculer de tête. Ils luttent tous les deux contre l'obsolescence par non-utilisation de cette capacité.

Contrôle par ordre de grandeur

Le deuxième élément essentiel de sécurité concerne les moyens mathématiques de vérification de la justesse des résultats. Le sujet a été abordé par l'ensemble des participantes à l'étude, mais les références diffèrent d'une infirmière à l'autre, qui s'appuient sur les outils habituels de préparation et la récurrence des doses préparées qu'elles ont mémorisées en fonction du poids des patients, mais aussi souvent du volume de dilution, par exemple pour la dobutamine et la noradrénaline, quand le tableau est avec une entrée par le débit (la dose prélevée est fixe et le volume de diluant variable en fonction du poids). Quand il n'y a pas d'outil, c'est le volume de médicament à prélever qui est un indicateur de référence, souvent inscrit dans une fourchette minimum et

maximum, avec des exemples précis en tête. L'autre indicateur est le débit et là encore, c'est la sortie de la norme de référence mémorisée qui met les infirmières en alerte.

Les ordres de grandeurs enregistrés en mémoire à long terme font écho à la dose, au volume et au débit pour un médicament précis et permettent une évaluation en continu de la préparation avec une mesure des valeurs acceptables ou non.

Influence des tableaux de préparation sur le contrôle

Deux infirmières affirment simplement suivre le tableau sans réfléchir et une infirmière affirme même qu'il est parfois nécessaire de ne pas tout comprendre et d'appliquer sans réfléchir et que cela permet de bien préparer les produits.

La plupart des autres infirmières mettent malgré tout en œuvre une activité de contrôle.

Il existe plusieurs niveaux de contrôle :

- vérification avant-après de la bonne dose, du bon poids et du bon volume de diluant , soit de tête par relecture attentive, soit en verbalisant les éléments à voix haute.

Il s'agit dès lors d'un mode de contrôle de l'attention par des moyens conscients alors même que la préparation est parfois totalement automatisée ;

- vérification en refaisant le calcul pour valider la mise en œuvre. En cas de doute, le contrôle individuel peut être renforcé par un contrôle collectif entre collègues. Certains facteurs sont générateurs de doute et vont impliquer un contrôle : des éléments de contexte clinique insuffisants, une PM inhabituelle, des débits particuliers ou des temps d'administration inhabituels souvent produits par l'utilisation de médicaments peu habituels dans l'unité, voire nouveaux. Comme décrit plus tôt, ce contrôle est effectué en reprenant le calcul sur le papier, le tableau blanc présent dans les chambres des patients et/ou la calculatrice.

Discussion

Il y a une nécessité en service d'être sûr de son calcul et cela assez rapidement face à la pression des soins à réaliser qui ne laisse que peu de place au doute. En respectant les procédures, les professionnelles garantissent la qualité de la préparation des médicaments injectables. Le contrôle de cette effectuation a lieu sur tous les temps du déroulement de l'activité, avant, pendant et après sa réalisation. Dans un article de 2006 sur la régulation de l'activité, en reprenant le schéma de la double régulation de l'activité, Leplat cite les nombreuses boucles existantes pour réguler l'action. Il existe un système

de boucles centré sur la régulation par le résultat et la procédure qui vise principalement la tâche et l'efficacité de l'action. Un second système centré sur le sujet qu'il nomme boucles internes et externes. La catégorie externe est souvent exprimée par la charge de travail qui n'est pas prise en compte ici dans le cadre de notre simulation. Par contre, dans la seconde catégorie, il existe plusieurs boucles centrées sur les différentes finalités personnelles des opérateurs. Les buts et les motifs du sujet pour l'action étant multiples, la régulation résulte obligatoirement d'un compromis. C'est une métarégulation générale qui va s'opérer à partir des conditions internes pour modifier le sujet lui-même, et en même temps les conditions externes pour modifier la tâche (Leplat, 2006).

Nous retrouvons dans l'analyse du contrôle fait par les infirmières les deux types de régulation énoncés par Leplat (1997). La régulation externe sur la situation, par l'intermédiaire de tableaux de préparations, et la régulation interne sur le sujet qui se surveille lui-même dans ses activités de conduite de l'activité par rapport aux ordres de grandeurs qui infirment ou confirment la justesse d'un résultat. Ce processus est favorisé par les métaconnaissances qui permettent d'évaluer les situations simples et complexes par l'utilisation d'artéfacts (le papier ou la calculatrice) pour contrôler les résultats et les raisonnements.

Amalberti (2001b), sur la sécurisation de l'activité et le doute, cite Rizzo, Bagnara et Visciola (1987) qui ont élaboré une grille sur les catégories de dissonance : « ce sont les erreurs de routine que redoutent le plus l'expert et pour lesquelles il se prémunit de la façon la plus efficace par des contrôles en série de différentes natures » (Amalberti, 2001b, p. 170)

Cet outil renforce l'idée de contrôle contextuel sur les processus de résolution de problème par :

- la rétroaction interne : l'opérateur juge *a posteriori* les traces de la façon dont il a conçu la solution dans sa tête ;
- la rétroaction externe à partir de l'action : l'opérateur juge *a posteriori* curieuse sa propre exécution motrice des calculs et des actions ;
- la rétroaction par le résultat : l'opérateur juge le résultat obtenu bizarre ;
- les fonctions contraintes : l'opérateur rencontre des blocages ou des résistances dans l'environnement qui ne devraient pas se produire ;
- l'incertitude sur l'intention : l'opérateur ne sait plus quoi faire à un moment donné de la résolution, ne sait plus progresser vers la solution ;

- la vérification standard ou vérification de routine.

Une recherche précédente (Benlahouès, 2012, non publié) avait validé cette proximité conceptuelle entre le doute qu'évoquent les professionnelles et la notion de dissonance. Cette enquête nous avait permis sur un très faible échantillon (N = 8) de corrélérer les doutes observés dans l'étude de l'activité de calcul de doses médicamenteuses des infirmières avec la grille de dissonance présentée ci-dessus et de considérer le doute comme un potentiel précurseur de la survenue d'une erreur. Nous avons retrouvé cette volonté de contrôle systématique en cas de doute dans notre échantillon avec des vérifications par l'infirmière tout d'abord, puis par une seconde vérification auprès d'une collègue, si le doute persiste. Malgré cette intention, inscrite dans les buts énoncés par les infirmières, des erreurs surviennent et nous avons pu en repérer un certain nombre pendant la simulation. Nous les exposons avec une analyse pour chacune afin d'en éclairer les mécanismes de survenue.

5.8.6.1.3 Erreurs de calculs et de raisonnements repérés pendant l'auto-confrontation

En préambule de cette analyse, nous précisons explicitement que les erreurs commises pendant cette étude par simulation ne relèvent pas de l'activité réelle et qu'elles découlent de la spécificité de notre protocole de recherche. Elles concernent toutes les situations pour lesquelles nous avons introduit des complications spécifiques, qui s'écartent de la pratique ordinaire. Il nous semble utile de répreciser succinctement le cadre théorique de l'erreur détaillé dans le préambule du manuscrit afin d'éclairer les types d'erreurs commises par les infirmières lors de la simulation ou pendant l'entretien d'auto-confrontation. Reason (1993, 2013) a élaboré le modèle *GEMS* pour caractériser les erreurs selon les niveaux cognitifs auxquels elles surviennent :

- les erreurs liées aux actions routinières dans des activités automatiques (environ 80% des erreurs distinguées en ratés et lapsus) ;
- des erreurs d'activation de connaissances qui mobilisent la résolution de problèmes habituel avec facilité, les règles stockées (environ 15 % des erreurs d'activation de la mauvaise règle, soit de la bonne règle mais pas au bon moment) ;
- les erreurs de possession de connaissances qui sollicitent la résolution de problèmes consciente (environ 5% des erreurs par manque de connaissances).

Ce modèle organise une lecture et une compréhension à deux niveaux des erreurs que Larouée (2015) présente ainsi :

Les erreurs qui précèdent la détection d'un problème (les ratés et les lapsus qui surviennent au niveau des automatismes) de celles qui suivent la détection du problème (les méprises basées sur les règles ou sur les connaissances). Se dessine dès lors une distinction fondamentale entre les erreurs d'exécution d'une action et les erreurs de planification de cette action (niveau de contrôle plus élevé) (p. 6).

À la suite de ce bref rappel, nous détaillons les huit erreurs commises par six infirmières. Pour chaque situation, nous reprenons l'erreur réalisée et l'analyse systématique avant une discussion globale. Nous proposons pour chaque erreur une hypothèse interprétative en termes de défaillance cognitive, avec toute la prudence qu'il convient de garder pour de telles propositions.

L'infirmière MF-26-5-F

MF-26-5-F a commis deux erreurs, une avec la dobutamine et la seconde avec l'héparine. L'erreur sur la dobutamine est commise lors de la conversion : au lieu d'écrire $1 \mu\text{g} = 0,001 \text{ mg}$, l'infirmière a inversé le sens et a écrit $1 \mu\text{g} = 1000 \text{ mg}$. Elle explique, pendant l'entretien, qu'à ce moment du calcul, elle était perturbée. Elle n'a pas sous les yeux la formule habituelle du service pour calculer et se retrouve en difficulté : $\text{Poids} \times 3 = \text{dose (mg)}$. La dose étant diluée dans 50 mL, la concentration obtenue permet d'avoir la correspondance entre PM ($1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) et débit du PSE ($1 \text{ mL}/\text{h}$).

Après-coup, lors de l'entretien, elle ne trouve pas son raisonnement logique, se rendant compte ainsi de l'erreur de conversion. Elle sait que cette conversion est facile et qu'elle l'utilise par ailleurs avec d'autres médicaments. Ensuite, elle poursuit son raisonnement en précisant que dès qu'elle a retrouvé les mg, elle avait quelque chose qu'elle connaissait des mg par des heures.

En synthèse, nous savons d'après son explication que la formule utilisée habituellement ne fait pas apparaître la conversion des μg en mg car elle est prise en charge par la forme réduite de la « formule du $\text{Poids} \times 3$ ». Elle a eu à convertir des unités lors de la simulation alors qu'elle ne le fait probablement pas dans sa pratique quotidienne, soit parce qu'elle utilise la formule pour la dobutamine, soit parce que les médicaments sont prescrits et utilisés directement avec les μg . Nous imaginons enfin un certain stress lié à cet exercice de simulation quand elle précise qu'elle était perturbée à ce moment de la résolution du cas.

Selon le modèle de Reason (1993/2013), l'attribution de cette erreur peut se faire au niveau d'un raté par une défaillance attentionnelle, provoquant une inversion ou bien se situer au niveau des erreurs basées sur les règles par la mauvaise application d'une bonne règle. La situation de perturbation qu'elle décrit étant susceptible de provoquer cette erreur. Pour convertir des μg en mg , le sens de l'écriture n'est pas le plus simple, il semble plus aisé d'aller des mg vers les μg , l'inverse apparaissant comme moins intuitif car il oblige à manipuler des décimaux.

Pour la simulation d'administration d'héparine, l'infirmière est déstabilisée par le fait de devoir réaliser des calculs pour obtenir la dose, alors qu'elle n'en a plus l'habitude, bien qu'elle dise apprécier les mathématiques. La dose précise d'héparine donne un résultat au millième qui ne lui convient pas. Elle essaie plusieurs raisonnements sur des durées différentes. La proposition en 5 ou 10 h la surprend, mais elle essaie de faire le calcul et commet une erreur en réduisant la dose pour 10 h à 1h. Elle écrit 2,88 mL pour 10 h donc 28,8 mL pour une heure. Elle a multipliée par 10 au lieu de diviser.

Nous retrouvons un schéma d'erreur qui paraît proche du précédent à un moment où l'infirmière a mobilisé ses ressources pour trouver une solution proposée par le chercheur, mais non habituelle dans son cadre professionnel. La proposition de passer sur 5 h ou 10 h la seringue la perturbe, ce qui a pu générer l'erreur que nous attribuons aux mêmes causes que la première (défaillance attentionnelle avec un stress qui prend le pas sur son raisonnement ou erreur basée sur la mauvaise application d'une règle).

L'infirmier MB-26-2,5-H

Cet infirmier utilise habituellement un tableau de préparation de dobutamine qui permet de connaître directement la dose de dobutamine à prélever dans le flacon sans avoir à faire de calcul. Il ne se rappelle plus la formule qui est présente en haut du tableau qu'il utilise habituellement. Il débute son calcul en calculant la concentration pour 1 mL du flacon dosé à 250 mg dans 20 mL et il trouve 12,5 mg ce qui est un résultat juste. Il se sert ensuite de cette concentration pour effectuer son calcul de doses, utilisant ainsi une donnée qui ne correspond pas au calcul à effectuer. Il trouve 812 500 μg soit 812,5 mg à prélever. Chaque flacon de dobutamine ne faisant que 250 mg, il se rend immédiatement compte que, par rapport à ses ordres de grandeurs mémorisés, son résultat est beaucoup trop élevé. Il dit : « Sans le tableau, j'étais perdu, je l'avoue » (MB-26-2,5-H).

En synthèse, nous pensons qu'il a oublié le fonctionnement de la formule et qu'il s'est appuyé sur des repères habituels de calculs, à savoir la concentration (masse/volume) du médicament (mg/mL). Si l'on connaît ensuite la dose prescrite en mg, il n'y a plus qu'à diviser cette dose par la concentration en mg/mL et on obtient le volume à prélever en mL.

Ici son raisonnement est perturbé car la dose est prescrite en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ et elle doit donc être préalablement calculée par rapport au poids du patient, alors que dans son service, il n'a plus à effectuer ce raisonnement qui est pris en charge par l'abaque.

Nous nous rendons compte qu'il a confondu ces deux étapes et qu'il a utilisé les données de concentration du médicament en mg/mL pour calculer la dose à prélever dans le flacon. Il aurait dû normalement multiplier le poids de son patient par la prescription de 10 μg pour obtenir la donnée qu'il cherchait.

Selon le modèle de Reason, nous attribuons cette erreur au niveau cognitif de l'activation des règles en sollicitant une bonne règle mais utilisée à mauvais escient. Le passage par l'unité, qu'il utilise pour la concentration, est une stratégie de calcul adaptée au plan de la proportionnalité pour calculer une dose qui est déjà formulée dans la bonne unité, mais nous faisons l'hypothèse que les unités, les espaces de mesures avec lesquels il n'est pas familier pour calculer, ont généré le processus d'erreur.

L'infirmière FL-27-6-F

Pour la préparation d'héparine, l'infirmière débute son raisonnement en mobilisant la pratique habituelle du service, c'est à dire 10 000 UI dans 24 mL ou 20 000 UI dans 24 mL sur 12h. Elle a donc fractionné la dose totale à administrer au patient soit 34 560 UI/24h, ce qui donne 17 280 UI sur 12h. Cette façon de calculer le débit lui donne un résultat de 1,728 mL/h. Ce résultat n'est pas programmable sur un PSE (la plupart du temps, le dispositif est programmable au dixième et plus rarement au centième). Comme elle recherche un résultat facile à manipuler et donc à programmer, elle change de stratégie et calcule ensuite une concentration pour 1 mL de la façon suivante : si 25 000 UI sont dilués dans 25 mL alors on obtient une concentration de 1 000 UI dans 1 mL.

Cependant, elle précise que ça ne tombe pas juste et qu'elle a utilisé un produit en croix pour trouver le nombre de mL que représente 34 560 UI en divisant 34 560/1000 ce qui

lui donne 34,56 mL. Elle se trompe dans son raisonnement en considérant ce résultat juste mathématiquement parlant pour une heure, alors qu'elle a calculé le volume pour la dose de 24h. Cela lui fait dire qu'effectivement ce volume n'est pas adapté et renonce à cette stratégie sans avoir vu son erreur.

Elle essaie la proposition du chercheur de travailler sur 5 h ou 10 h mais elle se trompe à nouveau dans son raisonnement. Elle écrit 34 560 UI/24 h donc 3 456 UI/10 h donc 1 728 UI/5 h.

Dans les deux erreurs commises, le changement de temporalité au regard de sa préparation habituelle paraît jouer un rôle important.

Enfin, on peut supposer que son raisonnement est imprégné par sa pratique habituelle qui lui fait manipuler des mL/h qu'elle programme directement sur le PSE. Ici, perturbée par la précision plus importante de la dose qu'elle a calculée et qu'elle ne peut pas programmer, elle a changé de stratégie de calcul en considérant la dose totale transformée en mL/h, reprenant ainsi la référence qu'elle utilise tous les jours. Elle est passée d'un raisonnement habituel par une entrée avec le débit puis a relancé un raisonnement orienté sur la concentration qui est tout à fait fondé, mais inhabituel.

Selon le modèle de Reason, nous attribuons l'erreur commise à une erreur d'activation de connaissance, dans laquelle l'infirmière active une bonne règle, mais au mauvais moment.

L'infirmière AB-30-7-F

Cette infirmière utilise au quotidien un tableau pour préparer la dobutamine. Elle débute en utilisant les bonnes données pour le calcul de la dose en mg à préparer et à diluer dans 50 mL. Elle multiplie les 10 μ g de la PM par les 65 kg, ce qui lui donne 650 μ g/min et donc 0,65 mg par minute. Mais elle ne cherche pas à transformer la durée. Elle cherche à prélever cette dose pour la diluer dans la seringue jusqu'à 50 mL, elle cherche à quel volume en mL correspondent les 0,65 mg. Elle trouve 0,13 mL, un nombre qui ne lui plaît pas beaucoup « ça tombe pas du tout juste (rire) ! ».

Ce résultat la met en alerte car, comparé à ces ordres de grandeurs habituels, elle s'étonne de cette très faible dose. Dans sa pratique ordinaire, elle prélève un flacon de 250 mg/20 mL pour préparer la seringue et là, ce très petit volume pour un adulte la questionne. Elle reprend son raisonnement et se rend compte immédiatement de l'erreur qu'elle a

commise, la dose n'a pas été convertie en heure pour ensuite calculer le volume à prélever dans le flacon.

En synthèse, on peut imaginer qu'elle a perdu l'habitude de faire ce calcul car la formule n'est pas notée sur l'outil qu'elle utilise au quotidien. Ici son raisonnement est perturbé car la dose est prescrite en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, mais elle n'est pas déjà calculée comme c'est le cas grâce au tableau et elle doit donc préalablement à son prélèvement, être calculée, en prenant en compte le poids du patient. Dans l'entretien, elle précise qu'elle a fini par oublier cette façon de faire et qu'elle n'a pas su retrouver le bon raisonnement.

Selon le modèle de Reason, on peut rapprocher cette difficulté aux erreurs par possession de connaissances. L'infirmière a tenté de résoudre le problème auquel elle était confrontée par une stratégie qu'elle ne mobilise plus au quotidien et dont elle en a perdu la logique. Elle reconnaît dans l'entretien que c'est une connaissance qu'elle ne possède plus.

L'infirmière CDA-29-8,5-F

Pour la préparation de dobutamine, l'infirmière explique qu'elle cherche une dilution simple, celle pratiquée dans le service et qui n'est pas compliquée selon elle. Elle précise que l'on prend 500 mg de dobutamine dans 50 mL et elle précise : « et je sais que j'ai 5 mg par mL donc 5 000 gammas par mL ». En fait, elle fait référence à une double concentration qui est présente dans son service 500 mg dans 50 mL sans se rendre compte que sa simplification (et sa prise de note le prouve) indique qu'elle réfléchit à une concentration simple, sinon elle aurait évoqué 10 mg par mL et non 5 mg par mL.

Elle a commis une seconde erreur du même type pour détailler le calcul de la dose à prélever dans le flacon à partir des $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ de la PM. Le patient pèse 65 kg et elle dit : « donc on veut 600 gammas par minute ». Ensuite, elle poursuit son explication en évoquant bien 650 gammas.

En synthèse, on doit préciser que ces deux erreurs se sont produites lors de l'entretien d'auto-confrontation sur l'explication du raisonnement conduit pendant la simulation. La prise de note et la préparation indiquent que l'infirmière ne s'est pas trompée en pratique, mais à l'oral. On peut rajouter que cette infirmière a été la plus rapide de tout l'échantillon dans la préparation des six produits (19' contre 35' en moyenne).

Ce dernier élément sur cette rapidité d'exécution, et peut-être aussi de pensée, est une piste intéressante et nous rapprochons l'explication à des erreurs, qui selon le modèle de

Reason, sont liées aux activités routinières, aux automatismes et notamment ici au lapsus. Ces erreurs sont commises de façon très nombreuses par les experts mais ces derniers ont la capacité d'en récupérer la majeure partie et c'est ce qui, selon Amalberti (2001), semble distinguer les sujets entre eux.

L'infirmier HB-27-3-H

Une erreur a été repérée lors de l'explication du raisonnement effectué pour la préparation de dobutamine. L'infirmier se trompe dans la conversion. Il évoque un résultat de 39 000 µg qu'il convertit en 390 mg. L'analyse à partir de son discours fait d'abord penser à un probable lapsus, mais l'analyse attentive de sa prise de note indique quelque chose de plus compliqué.

La feuille, sur laquelle son calcul est noté, indique une réelle difficulté avec les conversions. Il écrit : « en mg $39\ 000 / 1000 = 3,9$ mg ». Ensuite, il utilise cette donnée pour calculer le débit à partir de la concentration de sa seringue et écrit « 250 mg/50 » et ne trouve pas de résultat correct. La division pour calculer le débit indique un résultat qui débute par un 0 et qui n'a pas été poursuivie.

Il s'est rendu compte que son raisonnement ne fonctionnait pas et il reprend finalement un raisonnement à partir de la PM et du poids, il écrit $10 \times 65 \times 0,012$ et trouve 7,8 mL. Le 0,012 provient de la conversion erronée de la concentration du flacon de dobutamine des mg en µg à savoir $250\text{ mg} / 20\text{ mL} = 12,5\text{ mg/mL}$ qu'il convertit en 0,012 µg/mL.

Il n'a pas utilisé de calculatrice, a effectué tous les calculs à la main alors qu'il ne le fait probablement pas dans sa pratique quotidienne car la PM informatisée de son service prend en charge le calcul pour la dobutamine. Cet infirmier n'était apparemment pas stressé, juste un peu ennuyé par ce calcul inhabituel.

Selon le modèle de Reason (1993/2013), l'attribution de cette erreur a une activation de connaissances basées sur les règles, en utilisant la bonne règle, mais de façon erronée puisqu'il ne tient pas compte de la durée et qu'il utilise la concentration de façon incorrecte en commettant de surcroît une erreur de conversion.

Discussion

Le principe du protocole de simulation résidait dans la création d'une situation expérimentale, suffisamment proche de la pratique réelle, mais proposant des contraintes

appliquées à leurs habitudes, susceptibles de provoquer un déséquilibre et permettant de repérer la conformité des pratiques qui en découlent ou au contraire les adaptations nécessaires, qui donnent corps à la notion de couplage développée dans l'analyse de l'activité.

Ces situations ont chez certaines infirmières provoqué la production d'erreurs qui ont été analysées aux fins de cerner les points critiques. Nous constatons que l'essentiel des erreurs a été commis avec la dobutamine (6) et l'héparine (2).

La dobutamine pour plusieurs des professionnelles est mise en œuvre à partir d'un tableau de préparation. La simulation a obligé les infirmières à solliciter leurs ressources calculatoires en les confrontant à un calcul simple, mais qui nécessite de se confronter à une unité en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ jugée plus compliquée à mobiliser. La préparation de la dobutamine sans le tableau a souvent été jugée perturbante par les participantes à l'étude. La formule du Poids $\times 3$ a un statut probablement assez proche du tableau comme quelque chose qui n'est pas interrogé, pas vraiment contrôlé.

Les principales erreurs retrouvées concernent : les conversions ; la proportionnalité ; la mauvaise utilisation des données dans le calcul de la dose à partir du poids pour la dobutamine ; le calcul.

Ces résultats, sur un faible échantillon, traduisent bien la difficulté évoquée par Wright (2013) et Hoyles et al. (2001) sur la nécessité de construire une représentation juste du problème à résoudre et la difficulté avec les unités telles que les μg et nécessitant des conversions (Wright et Shepherd, 2017).

La contrainte pour l'héparine est venue de la précision plus importante qu'à l'habitude de la dose prescrite. Les infirmières travaillent avec des doses prescrites à 500 UI ou 1000 UI près et cela a généré notamment des erreurs de calcul.

Nous constatons également qu'il existe une perte de capacités à calculer et à mobiliser des méthodes de résolution de problèmes chez des infirmières qui ont les compétences nécessaires à un exercice efficace de leurs pratiques, mais qui se retrouvent pour un petit nombre (6/15) en plus ou moins grande difficulté dans un contexte qui les sort d'un exercice sûr au regard de leurs outils quotidiens, que les professionnelles manipulent en toute sécurité. Certaines erreurs sont rattachables à des oublis par manque de pratique de ce type d'exercice mathématique (conversions) et d'autres plus liées probablement à des problèmes de confiance en soi. Parmi les six infirmières qui se sont trompées, deux se disent peu confiantes sur leurs capacités en mathématiques (FL-26-5-F et AB-30-7-F), un

infirmier est encore peu expérimenté (MB-26-2,5-H) et trois autres affichent une confiance (trop) importante (MF-26-5-F ; CDA-29-8,5-F et HB-27-3-H).

Ces erreurs questionnent quant à celles qui pourraient être effectuées dans la pratique professionnelle, notre ambition étant aussi d'avancer dans la recherche de facteurs susceptibles de générer des erreurs. À partir des manières de faire, avec les variabilités intra-personnelles, les erreurs que certaines ont commises, nous sommes enclin à considérer que de très nombreuses variables influencent les calculs de doses médicamenteuses qui constituent chacune des sources d'erreurs. Nous ne pouvons pas nous satisfaire de l'hypothèse selon laquelle, s'il y a des erreurs de calculs de doses, c'est parce que les infirmières ne savent pas bien calculer ou présentent des capacités limitées en mathématiques. Ces erreurs que nous avons constatées ne tiennent pas à la qualité de la formation mathématique des infirmières, telles que les études sur leurs capacités tentent de le démontrer, établissant une corrélation entre des tests papier-crayon et la compétence en situation. Cette hypothèse est d'ailleurs réfutée par Wright (2010) qui, dans une revue systématique sur les capacités en mathématiques des infirmières, n'a pas retrouvé de preuves qui relient les erreurs de calculs de doses médicamenteuses à des conséquences iatrogènes pour les patients. Cela est également conforté par les travaux de Fitzsimons (2014) concernant les mathématiques professionnelles ou les mathématiques du travail.

L'analyse des erreurs constitue une piste intéressante dans la compréhension des mécanismes de leur survenue. Elle constitue une approche essentielle et représente une partie de la solution. Les autres pistes concernent la prévention de la survenue des erreurs telles que celles détaillées dans la section sur le couplage situation-sujet et les risques d'erreurs anticipés par les infirmières. Un point clé peu évoqué, à ce moment-là, concerne l'étiquetage des seringues préparées qui joue un rôle fondamental dans la sécurité de l'administration des médicaments injectables et le contrôle qu'il permet.

5.8.6.1.4 La seringue étiquetée

La réalisation de l'étiquetage est considérée à la fois comme une sécurité individuelle et une sécurité collective. Les objectifs énoncés par les infirmières visent une précision d'écriture et une traçabilité des préparations pour assurer une sécurité individuelle. La concentration de la seringue est un repère important pour la surveillance de la bonne

administration du produit par prise d'information sur l'étiquette, et contrôle avec le débit affiché sur le PSE. Des étiquettes standardisées sont de plus en plus utilisées au quotidien pour codifier les informations notées dessus (cf. *supra* photos dans le préambule du manuscrit).

La couleur rouge est souvent utilisée pour signaler une dangerosité. Pour certaines infirmières, le rouge est réservé au chlorure de potassium, alors que pour d'autres les catécholamines sont notées en rouge (dobutamine et noradrénaline).

La sécurité collective est également assurée grâce à un étiquetage de qualité qui permet alors à l'infirmière qui prend le relais, soit sur un temps cours (le repas par exemple), soit au moment du changement d'équipe, de préparer une nouvelle seringue et de la changer en toute sécurité, si toutes les informations requises se trouvent sur l'étiquette.

Discussion

On retrouve, dans le discours des professionnelles portant sur ce qui figure sur les étiquettes, un certain nombre de données fixes pour l'ensemble des médicaments et des données variables qui émanent, soit de décisions individuelles, soit de l'organisation du service ou qui sont liées au type de dilution du médicament.

Données fixes

Le nom du médicament, la dose, la concentration et le volume de dilution.

Données variables

La date et l'heure (6 fois) ; la durée et débit sur les seringues pour les dose fixes ; la signature avec les initiales (2 fois) ; la couleur rouge fréquemment utilisée pour le potassium et plus rarement pour les anticoagulants et les catécholamines (3 fois) ; les étiquettes dédiées pour chaque patient et complétées avec les données sur le médicament (2 fois) ; l'étiquette avec le poids du patient pour la dobutamine (1 fois).

On peut constater une variabilité importante dans l'échantillon, sur l'inscription des étiquettes, mais qui correspond toutefois aux normes attendues en matière de sécurité d'administration d'un médicament à risque. Le guide de sécurisation du médicament de la HAS (2013) liste les mentions attendues pour l'étiquetage ; pour celui des préparations injectables, les étiquettes doivent comporter :

- les nom et prénom du patient ;
- la dénomination de la spécialité et le cas échéant la DCI ;
- le dosage exprimé en concentration ou en quantité ;
- la voie d'administration IM, IV, SC ;
- l'heure de préparation ;
- la durée et le débit si nécessaire ;
- le nom de l'IDE qui a préparé.

La rigueur de l'écriture est à mettre en lien avec la culture de la sécurité développée en gestion des risques et en formation initiale des infirmières. La notion de « culture juste » développée par Reason (1993/2013) est reprise dans les préconisations de la HAS (2018) « Il s'agit d'une culture qui reconnaît que les soignants, du fait du caractère non intentionnel de l'accident, sont souvent affectés par les événements survenus aux patients » (p. 53). Cette notion de seconde victime repose sur l'implication du soignant dans le traumatisme provoqué par l'événement indésirable grave. L'étiquetage, apporte un niveau de sécurité complémentaire aux mesures évoquées à différents moments de notre recherche et constitue un des indicateurs des variables du concept de sécurité de la structure conceptuelle de la situation. Dans le respect des habitudes pour soi et pour les autres, il renforce, comme nous l'avons écrit en début de paragraphe, la sécurité individuelle, mais peut-être plus encore la sécurité du collectif de travail.

5.8.6.2 Les effets sur le sujet

Ils sont principalement liés à la déstabilisation provoquée par notre dispositif expérimental tel que nous l'avons argumenté. Nous avons présenté les principales réactions des professionnelles qui se sont engagées dans les situations de simulation. La prise de risques leur a permis de se confronter à des situations inconfortables qu'elles ont dans la grande majorité réussies à gérer, malgré le signalement ou l'observation de perturbations. Peu d'infirmières sont totalement déstabilisées au point de ne pas faire face aux situations. Cette étude indique clairement l'intérêt d'un tel dispositif dans le but de provoquer des observables, qui ne peuvent être rencontrés dans la réalité du travail et qui donnent lieu à des analyses multiples. Les infirmières en difficulté, à l'exception d'une qui a abandonné dans deux situations, ont persévéré pour trouver des solutions, mobilisant leurs ressources et donnant à voir les raisonnements, les calculs, les logiques

calculatoires et bien sûr les émotions associées à ces perturbations. L'étayage proposé par le chercheur a permis d'aboutir à des solutions ne laissant pas les infirmières désemparées face à des situations compliquées.

L'analyse des résultats guidée par le modèle de la double régulation de l'activité du sujet nous a permis de mettre en lumière les organisateurs de l'activité, de construire la structure conceptuelle de la tâche, de faire émerger des modèles opératifs, une explicitation des erreurs, mais une limite est apparue lors du traitement des effets. La situation de simulation a reproduit la situation de référence dans sa partie calcul et préparation d'un médicament injectable. Dans le réel de l'activité, cette première étape se conclut par la mise en place de la seringue sur le dispositif d'administration, le PSE qui aura été peu évoqué dans notre travail. Le dispositif expérimental ne prenait pas cette dimension en charge, notre objet de recherche étant prioritairement centré sur l'activité de calcul de doses médicamenteuses. Cela explique en grande partie, notre difficulté à développer plus avant les effets sur le sujet.

Dans la seconde partie de la thèse, notre travail propose une première tentative de construction d'un champ conceptuel à partir de l'analyse de l'activité d'un champ professionnel. En référence au travail de Vergnaud (1990) sur la théorie des champs conceptuels, Pastré (2005) précise que l'identification d'un problème isolé dans une classe de situation n'est pas suffisant pour construire un apprentissage. Il y a nécessité, à partir du repérage de la variété des situations caractéristiques du champ professionnel (par exemple pour nous, l'adaptation d'une préparation médicamenteuse à l'état du patient, le choix d'un débit modulable ou fixe, etc.) de construire une « variation ordonnée » de problèmes construits à partir de valeurs données à quelques variables.

Il cite l'exemple du champ conceptuel additif comme étant à la fois l'association d'opérations à un ensemble de situations (les calculs proportionnels dans notre cas), mais aussi un ensemble de concepts et théorèmes (raisonnements catégorisés et les concepts-en-acte identifiés), souvent implicites pour les acteurs, qui permettent d'assurer l'intelligibilité des situations. C'est la transformation de la variété des situations rencontrées dans l'exercice professionnel en une variation rationnelle, selon la valeur prise par certaines variables de la pratique professionnelle, qui aboutit à la construction d'un champ conceptuel.

« Mon hypothèse est qu'on peut considérer la construction d'un problème comme la tentative de transformer un champ professionnel, caractérisé par une grande variété de situations, en un champ conceptuel, qui met en ordre un ensemble de problèmes en fonction de leurs difficultés » (Pastré, 2005, p. 24).

Les enquêtes, les entretiens et observations ainsi que les analyses auxquels ils ont conduit, nous donne la possibilité d'une première tentative pour passer de la dimension empirique du champ, celui de l'activité de calculs de doses médicamenteuses des infirmières en service de réanimation/soins intensifs et sur les produits repérés comme étant à risque, à la dimension conceptuelle, soutenue par les classifications et modélisations effectuées à partir de l'ensemble des problèmes identifiés. Ces dernières mettent au jour les variables en jeu et leur relation, permettant de faire le lien entre les valeurs de ces variables et l'activité de calcul de doses médicamenteuses, y compris de mettre au jour la variabilité cognitive de cette activité, comme cela a été illustré par la difficulté croissante des situations avec la noradrénaline, la dobutamine et l'héparine.

Nous avons identifié une classe de situations correspondant à une série de variables (pathologie, caractéristiques du patient, produit, prescription, matériels, etc.) qui s'est

traduite par la construction de la structure conceptuelle de la situation. Les situations ne posent pas de problèmes quand les valeurs des variables appartiennent à un certain domaine, car les infirmières ont l'habitude de les traiter (domaine qui peut varier suivant les infirmières et notamment suivant les services dans lesquels elles exercent). C'est le cas lorsque l'état du patient est stable et que l'infirmière « pilote devant son action » (Amalberti, 1996, cité par Pastré, 1999, p. 23). Cela est rendu possible par la bonne connaissance des procédures et des situations que gèrent l'infirmière, en anticipation plutôt qu'en rétroaction (Pastré, 1999). Pour ces situations, toutes les professionnelles ne s'y prennent pas de la même manière, la variabilité des procédures pour répondre à la même tâche est grande, la procédure adoptée dépend essentiellement des contextes de travail et pour une part des infirmières elles-mêmes. Cela pose parfois difficulté quand une professionnelle change de service par exemple, une adaptation est nécessaire. En outre, la structure conceptuelle fait apparaître de manière cohérente avec les situations précédentes, celles où les valeurs des variables sont en dehors du domaine correspondant aux habitudes des infirmières (domaine qui, répétons-le, peut varier d'un service à l'autre). Ainsi, il y a des situations délicates qu'elles ne peuvent pas traiter sans avoir identifié le lien avec celles qui ne posent pas de problèmes, c'est-à-dire sans avoir identifié la structure commune qui fait que ces situations appartiennent bien à la même classe de situations. C'est d'ailleurs l'appartenance à cette même classe qui fait que l'infirmière qui change de service peut adapter sa pratique, changer de procédure pour se conformer aux protocoles adoptés par son nouveau collectif de travail. Les situations proposées en simulation, lorsque des conditions inhabituelles étaient imposées (des PM différentes de celles produites dans certains services, des artéfacts absents alors qu'ils sont utilisés dans certains services, ou des flacons en nombre limité), n'étaient pas des situations hors de la classe des situations de calcul de doses auxquelles les infirmières sont confrontées dans leur travail. Ces situations appartenaient à la classe de situations, mais les valeurs des variables ont été fixées en dehors des domaines habituels pour certains services, voire pour la plupart des services. Les valeurs des variables de la classe de situations ont été ainsi choisies pour conduire les infirmières à traiter la situation inhabituelle en référence aux outils possibles pour la traiter (raisonnements, calculs, manipulations matérielles, etc.).

CONCLUSION

Nous consacrons cette conclusion à une mise en lumière des résultats et un retour sur le travail réalisé dans le but d'en élaborer des perspectives pour des recherches à venir et des pistes éventuelles pour l'enseignement du calcul de doses médicamenteuses en formation initiale. Trois sections organisent classiquement ce propos en développant les apports de la recherche, les limites de la thèse et les perspectives.

6.1 LES APPORTS

Notre recherche porte sur les procédures et raisonnements qui fondent une activité très spécifique du travail infirmier : le calcul de doses médicamenteuses en service de réanimation adulte. Elle vise à les mettre au jour, dans leur diversité, mais aussi et avant tout à les comprendre, c'est-à-dire à en identifier les objectifs, les contraintes et les moyens aussi bien thérapeutiques que techniques, matériels et bien sûr cognitifs. Cette activité complexe restait encore peu étudiée et l'objectif premier de la thèse était d'en saisir la complexité, d'identifier les règles d'action qui sous-tendent l'activité, avec une perspective d'améliorer son enseignement au bénéfice de l'apprentissage des étudiantes en soins infirmiers et bien sûr, *in fine*, des patients dont elles auront la charge.

La question générale qui a été posée pour identifier la complexité est celle de la régularité et de la variabilité des pratiques de calculs de doses médicamenteuses des infirmières, qu'elles soient inter-individuelles ou intra-individuelles. Identifier les convergences et différences et leurs causes aide à mettre en lumière les variables déterminantes de l'activité et contribuent à atteindre la conceptualisation de cette activité qui était la nôtre, et d'émettre des hypothèses quant à la transmission de ce travail professionnel en formation. Les régularités conduisent à identifier les savoirs de références partagés, qu'ils soient issus de la pratique ou des mathématiques, qu'ils répondent à des objectifs ou à des moyens, et qui sont engagés dans cette activité. La variabilité des pratiques de calcul éclaire les marges de manœuvre et les jeux de tensions et d'équilibres entre les différentes variables qui vont conduire à tel raisonnement plutôt qu'à tel autre, pour concevoir et réaliser avec l'efficacité et la sécurité optimales, l'administration du produit prescrit au patient, dans ce service plutôt que dans le service voisin, avec ce médicament mais pas pour un autre, dans cette équipe particulièrement, pour cette infirmière plutôt que pour

sa collègue, ou encore pour cette infirmière quand il y a urgence. La mise au jour de la variabilité des pratiques conduit elle aussi à réaliser l'objectif de conceptualisation et contribue également à des perspectives pour la formation.

L'activité analysée s'inscrit à la fois dans le domaine de la pratique professionnelle à destination du patient, mais également de la gestion des risques. L'activité de calcul de doses médicamenteuses est reconnue comme potentiellement iatrogène au regard des médicaments injectables à risque et des techniques utilisées pour leur administration. C'est à l'environnement de la réanimation adulte que nous avons limité l'étude afin de rendre possible ce premier travail de conceptualisation de l'activité de calculs de doses médicamenteuses et cela à partir de l'utilisation de six médicaments injectables à risque. Ces choix permettent de réduire les variables de nature très différentes (comme nous l'avons montré pour le travail en pédiatrie par exemple) de manière à mieux spécifier les contraintes externes aux infirmières, tout en gardant une variabilité des situations. Ils permettent aussi de concentrer notre attention sur les médicaments que les professionnelles estiment figurer parmi les plus dangereux. Les six médicaments retenus font en effet partie des produits à risque listés et identifiés pour une utilisation encadrée dans les services de réanimation/soins intensifs, il s'agit de la dobutamine, de l'héparine, de l'insuline, de la morphine, du chlorure de potassium et de la noradrénaline.

Malgré les efforts déjà très importants entrepris dans le domaine de la gestion de ce risque, la stabilité actuelle de la situation nous a incité à considérer que pour la faire évoluer, une direction devait être explorée, celle de l'aspect cognitif du travail effectué dans les situations d'administration médicamenteuse, dans l'exercice professionnel d'abord, même si nous gardons à l'esprit la formation à la pratique pour laquelle certains constats ont été posés, relativement à l'amélioration potentielle de son efficacité.

L'option choisie a été de convoquer trois orientations scientifiques dont les fondements théoriques sont très liés : la didactique des mathématiques, la psychologie ergonomique et la didactique professionnelle. La complémentarité de ces champs disciplinaires structure un cadre théorique cohérent au service de l'analyse des pratiques professionnelles. La « double approche » en didactique des mathématiques permet de caractériser l'activité de calcul de doses et de catégoriser les raisonnements des infirmières en tenant compte des contextes et des contraintes, alors que l'ergonomie cognitive oriente plus profondément sur l'analyse du travail et la mise au jour des connaissances professionnelles imbriquées dans les pratiques. La didactique

professionnelle nous permet de convoquer didactique des mathématiques et psychologie ergonomique avec la perspective de la formation professionnelle des infirmières aux calculs de doses médicamenteuses.

La problématique s'est construite en identifiant trois axes qui orientent l'analyse des données pour construire la conceptualisation de l'activité recherchée. Le premier axe porte l'étude du contexte professionnel dans toute la variabilité des contraintes induites. Le second axe porte l'identification et la catégorisation des raisonnements qui ne sont que partiellement connus de la communauté infirmière et dont l'inventaire n'a jamais été dressé, et que l'étude princeps de Roditi (2012, 2014), en posant les bases d'une démarche exploratoire de ces raisonnements nous a permis d'effectuer. Le troisième axe oriente l'analyse sur le rôle des instruments de la pratique dans la conduite de l'activité. À l'issue de ce travail d'élaboration de notre objet de recherche et d'une première étape de problématisation, une méthodologie générale a été élaborée qui convoque les outils classiques de la didactique et de la psychologie ergonomique au service de notre étude. La population cible est celle des infirmières travaillant en service de réanimation/soins intensifs où sont quotidiennement administrés les six médicaments choisis pour l'étude. Rappelons que l'infirmière de réanimation, à ce jour, est une infirmière généraliste dont l'exercice se déroule dans un service hautement spécialisé. La méthode d'enquête par questionnaire pour le recueil, puis l'analyse de pratiques déclarées et la méthode d'observation de pratiques en situation professionnelle simulée, conjuguée à des entretiens d'auto-confrontation simple constituent les deux piliers de notre dispositif méthodologique.

Dans la mesure où l'éventail des possibles, en matière de raisonnements utilisés dans la pratique ordinaire, n'était pas connu, nous avons décidé de demander aux praticiennes d'indiquer leurs manières de faire pour procéder aux préparations de seringues de médicaments injectables, à partir d'un questionnaire structuré par les médicaments choisis pour l'étude.

Ce questionnaire nous a permis de documenter de façon globale la préparation des médicaments injectables à risque ainsi que la capacité des infirmières à s'adapter à leurs contraintes, et finalement d'esquisser une première conceptualisation de cette activité.

Des médicaments à risque ressentis comme dangereux

Les résultats de l'enquête par questionnaire montrent que les infirmières ont une appréhension très précise de la question du risque au travers de la manipulation des médicaments injectables de la liste des *never events*. Cette perception et ses conséquences sur leur travail sont confortées par les publications scientifiques qui ont caractérisé plus spécifiquement les risques en réanimation (Garrouste-Orgeas et al., 2010 ; Mansour, James et Edgley, 2012). Dans notre échantillon, ce sont les trois mêmes médicaments que ceux cités dans l'étude de Garrouste-Orgeas et al. (2019) qui émergent, avec en premier l'héparine puis les catécholamines et l'insuline. Cette cohérence entre la pratique décrite et les études montrent bien l'aspect dangereux des médicaments retenus dans notre étude et pour lesquels des erreurs apparaissent qui peuvent être fatales pour les patients. Cependant, la potentielle dangerosité calculatoire ne ressort pas de l'analyse des questionnaires, ce sont les effets indésirables des médicaments qui sont pointés. Il existe une recherche du contrôle de la dangerosité et du risque au moyen des protocoles qui organisent une pratique sûre de la préparation. Le danger des médicaments à risque choisis pour l'enquête est évoqué toutefois au regard de leurs propriétés pharmacologiques intrinsèques et de leurs marges thérapeutiques étroites, plutôt qu'en raison de la difficulté de la préparation (petits volumes, unités délicates). Nous avons fait l'hypothèse que ce silence sur la partie calculatoire de la préparation ne correspondait pas nécessairement à une absence de danger la concernant, mais peut-être à un manque de moyen de l'exprimer en conséquence du manque de documentation sur cette partie de la préparation. C'est ce qui nous a poussé à approfondir l'enquête à ce sujet.

Des catégories de pratique qui émergent

À la lumière de l'analyse didactique des procédures décrites par les infirmières, une récurrence sur les trois entrées montrées dans l'étude princeps de Roditi (2012, 2014), se dégage pour la dobutamine, l'héparine et noradrénaline. Pour l'insuline, la morphine et le potassium, il n'a pas été possible de catégoriser de manière aussi fiable les façons de faire décrites par les infirmières sur les questionnaires, car les choix de priorité effectués par les infirmières sur la gestion des variables ne sont pas aussi tranchés, ils restent toutefois possible de les inscrire eux-aussi dans les trois catégories issues de l'analyse précédente.

La mobilisation des outils de la didactique des mathématiques a donc fait émerger une catégorisation fondée sur trois types de raisonnements mobilisés par les infirmières lors des préparations de perfusions de médicaments injectables par PSE :

- *un raisonnement orienté par une entrée sur la dose* dans lequel l'infirmière traduit la prescription de débit médicamenteux sur une durée (généralement de 24h ou de 12h). La masse totale de médicament à injecter pour une durée déterminée est préparée dans la seringue avec des dilutions variables, soit imposées par des protocoles ou habitudes de service, soit à l'initiative de l'infirmière qui prépare ;

- *un raisonnement orienté par une entrée sur la concentration du médicament* où l'infirmière joue sur les contraintes pour faciliter les calculs de débits et pour se donner des moyens d'ajustements faciles : les variations sont possibles et faciles à gérer grâce à des rapports de dilution simples comme par exemple 1/1, 2/1, 1/10, etc.). Ce type de raisonnement rend plus facile, plus sûr et plus rapide la modulation du débit en cas de changement de prescription ;

- *un raisonnement orienté par une entrée sur le débit* où l'objectif de l'infirmière est de jouer sur les contraintes pour simplifier la relation entre débit de prescription (débit massique de médicament) et débit d'administration (débit volumique de liquide médicamenteux). Ce raisonnement facilite lui aussi l'adaptation du débit en cas de changement de prescription.

Ces premiers résultats nous ont conduit à construire la seconde enquête par observation de la pratique simulée et entretien d'auto-confrontation simple. L'objectif était multiple, mettre à l'épreuve la catégorisation globale, documenter la variabilité des raisonnements au sein de chaque catégorie, pour saisir les variables et leurs effets et disposer ainsi des éléments nécessaires pour tenter une conceptualisation de cette activité de calcul de doses médicamenteuses. L'observation du réel est difficile et plus encore pour une activité dont l'essentiel se déroule au niveau cognitif. Nous avons élaboré un dispositif expérimental instrumenté (Numa-Bocage, 2014) afin d'accéder à la fois aux observables de l'activité mais aussi aux aspects cognitifs de l'activité, les raisonnements et les calculs effectués par les infirmières. Le dispositif expérimental comporte des niveaux de réalisations différents dans la mesure où nous avons introduit, dans la préparation de trois médicaments, des éléments à même de déstabiliser les infirmières dans leurs pratiques ordinaires. Nous avons supprimé les instruments habituels des infirmières

pour la dobutamine et la noradrénaline, pour l'héparine la dose était prescrite avec une précision qui dépasse le niveau habituel. Les conditions étaient ainsi créées pour provoquer, observer et analyser l'adaptation de la pratique ordinaire.

Dans la phase de préparation, nous avons ainsi mis au jour les déterminants de l'activité liés à la situation et au sujet, caractérisant le couplage situation-sujet.

Quelques déterminants de la situation et du sujet

Les déterminants de la situation qui émergent de l'analyse des données et qui organisent l'activité montrent que la connaissance du matériel de préparation et plus particulièrement des graduations des différentes seringues ainsi que les présentations des médicaments utilisés est essentielle à l'administration médicamenteuse. Elle montre aussi que la nature et la forme de la prescription médicale impactent fortement les décisions de préparation. Les marges de manœuvre du raisonnement des infirmières pour préparer et administrer le médicament sont d'autant plus réduites que la formulation de la prescription est précise. Celle-ci lorsqu'elle est informatisée, est très précise et cela modifie profondément les pratiques des professionnelles dans la conduite de l'activité de préparation car cette dernière se retrouve totalement guidée par le logiciel, sauf à ne pas suivre le protocole proposé par la machine en violation de la procédure (ce qui n'est possible que si les protocoles indiqués par le logiciel ne correspondent pas à ceux du service).

Les pratiques déclarées issues du questionnaire et les pratiques observées issue des simulations et des entretiens d'auto-confrontation soulèvent, pour chaque infirmière enquêtée, la question de la dangerosité des produits et des pratiques : les décisions de gestion de cette dangerosité constituent un déterminant de l'activité qui occupe une place importante dans la préparation des seringues. Les professionnelles en ont une conscience très forte qui les guide dans la réalisation de ces préparations et qui se manifeste par une vigilance encore plus marquée quand le danger est reconnu. La vigilance se traduit dans leurs gestes et dans leur pensée par l'exercice permanent d'un auto-contrôle de la réalisation des seringues, sollicitant un niveau de métacompétences élevé qui renforce la fiabilité de l'activité. La recherche de sécurité est omniprésente, elle est portée par les procédures que les infirmières mettent en œuvre et dont elles ont éprouvé l'efficacité.

Le concept « d'habitudes » émerge fortement de l'enquête ; le terme est principalement utilisé par les infirmières pour indiquer un lien entre habitudes et sécurité, des habitudes

qui procurent une sécurité individuelle ainsi qu'une sécurité collective lorsqu'elles sont partagées, ce qui structure en outre l'expérience professionnelle de l'équipe. Les habitudes portent sur le respect d'invariants de la qualité comme des recommandations de bonne pratique, elles reposent sur un haut niveau de connaissances des produits manipulés, mais aussi sur l'auto-contrôle du sujet qui vérifie sa pratique et sur le contrôle collectif qui repose sur le partage d'un référentiel commun (Leplat, 1997) au service et ainsi que sur la possibilité de vérifier avec une collègue la sécurité de la préparation médicamenteuse.

Des procédures partagées fondent l'aisance des infirmières à raisonner et calculer dans leur environnement professionnel. Les calculs sont effectués de tête, mobilisant le plus souvent des rapports simples entre les grandeurs (1 pour 1, 1 pour 2 ou 1 pour 10 et plus rarement 1 pour 5 qui combine les deux précédents). Lorsqu'il n'est pas possible de faire apparaître des rapports simples, le produit en croix est utilisé comme technique à la fois pour calculer une valeur, mais aussi pour vérifier un résultat en cas de doute. Il reste malgré cette aisance, un certain nombre de facteurs qui sont sources de difficultés dans le raisonnement. Ces facteurs sont très hétérogènes : anxiété, stress ou fatigue du sujet – en particulier en contexte d'urgence –, manque de confiance en soi en mathématiques, qui se manifeste lorsqu'elles sortent des habitudes ou manque réel d'une connaissance profonde de notions mathématiques en jeu dans les raisonnements et les calculs. Ces connaissances mathématiques sont variées : propriétés de la proportionnalité sur les grandeurs quotients, grandeurs quotients complexes (masse de médicament / masse du patient / durée), d'unités assez rarement utilisées (μg), d'une combinaison des deux (prescription de dobutamine en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$). Il s'agit aussi des rapports moins usuels entre les nombres, de la notion d'ordre de grandeur et d'approximation, notamment de la notion de précision d'une approximation. Pour faire face à ces difficultés, nous avons mis au jour un processus de réglage du compromis cognitif qui contribue à mettre en place des mécanismes de contrôle nécessaires à un fonctionnement en sécurité et à la production de l'action attendue (Amalberti, 2001b).

Le couplage situation-sujet comme pierre angulaire de l'organisation de l'activité

Le couplage sujet-situation est décrit par Pastré (2007) comme le principal organisateur de l'activité. L'enquête montre que dans ce processus de couplage, le contexte de la tâche comporte de nombreux éléments déterminants. Les infirmières adaptent ainsi leur

activité à la durée prévisionnelle du traitement, au contexte clinique du patient et à l'éventuelle instabilité prévisible de son état ; au nombre et à la nature des ampoules et des seringues à disposition pour la réalisation de la préparation ; à la durée des services dans les équipes (la durée est souvent de 12h ce qui conduit les infirmières à envisager plus difficilement de préparer des seringues pour des durées qui ne sont pas de 12h ou de 24h, cela les contraint dans les préparations mais des durées différentes pourraient faire émerger d'autres contraintes dans l'organisation du travail).

Une première conceptualisation d'ensemble se dégage pour l'organisation de l'activité analysée qui prend en compte les variables de la situation dont on a montré l'effet en identifiant différents couplages. Dans les raisonnements majoritairement suivis par les infirmières, la durée émerge comme une notion dont l'estimation est importante, mais pas première en réanimation/soins intensifs. Un raisonnement qui mêle considérations mathématiques et pratiques porte sur la dose calculée, le volume de la dilution choisie ou appliquée (protocole) et la durée anticipée, grâce au débit envisagé, qui doit rester « acceptable » en fonction des caractéristiques pharmacologiques du médicament utilisé, des besoins en médicament du patient et de la fréquence à laquelle les seringues devront être renouvelées compte tenu du choix de dilution.

Notre analyse du couplage situation-sujet sur les intentions vise à caractériser les intentions du sujet dans sa relation à la situation ce qui s'impose en premier lieu est la prévention de l'erreur. Cela passe par une caractérisation très précise du contexte clinique du patient, des procédures ou des stratégies personnelles qui anticipent les difficultés liées à la préparation des produits utilisés (opérations sur des nombres entiers, utilisation de flacons entiers, etc.), la maîtrise du contexte habituel de travail et la recherche d'un cadre structurant pour une pratique efficace comme le suivi des habitudes. Cela garantit une pratique assurée et rassurante.

Il s'agit de pouvoir gérer de façon équilibrée les exigences de la tâche (efficacité et sécurité du calcul de doses) et le fonctionnement cognitif (en termes d'économie des ressources cognitives) (Amalberti, 2001b). Ce modèle est très dépendant de la métacognition issue de l'expérience professionnelle qui régule le niveau de risque acceptable pendant l'exécution.

Des raisonnements simples et sûrs

Un point essentiel est à considérer dans le couplage au regard de l'adaptation des infirmières dans les situations proposées pour la simulation. Le choix de créer des perturbations dans la pratique habituelle nous a donné la possibilité d'observer les professionnelles dans la confrontation à des problèmes qui diffèrent quelque peu de ceux auxquels elles sont confrontés ordinairement tout en appartenant à la même classe de problème, c'est-à-dire à des problèmes qui mettent en jeu les mêmes variables. Cela les a conduites à des activités de production de raisonnements nouveaux s'appuyant sur leurs ressources propres ; activités, raisonnements et ressources que nous avons étudiés.

Les infirmières ont précisé les repères sur lesquels elles s'appuyaient pour retrouver une situation stable et résoudre le problème posé par la situation. Le premier concerne la simplicité de mise en œuvre à la fois pour soulager la charge mentale, mais aussi pour les situations d'urgence où le stress peut compliquer la prise en soin. Le second est constitué des ressources cognitives auxquelles elles ont fait appel pour gérer les situations d'abord perturbantes de la simulation, puis finalement résolues dans plus des trois quarts des cas. La perturbation la plus forte est venue de l'absence des artéfacts mobilisés dans la pratique habituelle (protocoles, PM informatisée, tableaux de préparation). Les analyses ont mis en lumière l'importance qu'ils occupent dans les raisonnements des infirmières, par le fait qu'ils orientent les décisions de préparations, les standardisent et les sécurisent. La difficulté calculatoire potentielle ou réelle fut également un élément de perturbation car l'habitude de travail des infirmières conduit justement à sécuriser les étapes de calcul du raisonnement en s'organisant pour que les calculs puissent s'effectuer et se contrôler facilement et mentalement dans leur intégralité. Cela les conduit notamment à exclure autant que faire se peut la difficulté générée par des décimaux ou des calculs exigeant l'usage de la calculatrice, calculatrice à laquelle elles recourent en cas d'impossibilité de préparation reposant sur un calcul simple. Le but de l'action est également que le traitement soit adaptable en fonction des besoins variables du patient mesurés par les signes cliniques ou les examens biologiques.

Cette triple attente est satisfaite par une dilution conduisant à un lien simple entre le débit massique horaire et le débit volumique horaire ; comme déjà indiqué, la concentration recherchée est exprimée comme suit par les infirmières : 1 dans 1 ou 2 dans 1 ou 5 dans 1, etc.

Les concepts de régulation et de métarégulation utilisés par Leplat (2011) nous ont été utiles pour envisager, à partir de ces résultats, les erreurs et leur régulation dans l'activité globale. Ces activités de surveillance et de contrôle de sa propre action permettent, non pas de supprimer les erreurs, mais d'en limiter l'éventuelle survenue c'est-à-dire de les repérer, d'en compenser les effets ou de les atténuer.

Le repérage des déterminants externes et internes, et l'analyse approfondie du couplage situation-sujet, nous ont conduit à identifier une organisation de l'activité liée à la structure conceptuelle de la situation.

La structure conceptuelle de la situation de calcul de doses médicamenteuses

Nous avons identifié deux concepts organisateurs de l'activité de calcul de doses médicamenteuses : la sécurité et l'efficacité. Les deux concepts « sécurité » et « efficacité » soutiennent les explicitations fournies par les infirmières, d'abord sur la hiérarchie des buts à atteindre (produire un soin sûr et soigner le patient) et sur les inférences qu'elles font en situation, ensuite sur le diagnostic de l'état du patient et la faisabilité de la préparation et de l'administration du traitement médical, et enfin sur la hiérarchisation des règles d'actions et d'anticipations des évolutions possibles.

Le « concept de sécurité » dans la situation est défini par la capacité de l'infirmière à réaliser la préparation de la seringue médicamenteuse en utilisant un raisonnement de calcul proportionnel, fondé sur des procédures faciles à mettre en œuvre cognitivement et conduisant à des calculs faciles à exécuter, ainsi que sur la mobilisation d'un raisonnement aboutissant à un débit fixe ou facilement adaptable aux évolutions de la prescription. Le concept de sécurité s'appuie donc sur différentes variables comme celle de « raisonnement simple » et de « débit adaptable ou débit fixe » complétées par un troisième indicateur, celui de respect des habitudes.

Le « concept d'efficacité » dans la situation, que l'on peut définir comme la réalisation optimale, repose sur les règles d'action qui prennent en compte le patient ainsi que l'adaptation du traitement au contexte clinique et à la spécificité du service hospitalier (réanimation/soins intensifs). Un équilibre est recherché entre l'état d'un patient jugé fragile, et la modalité d'administration d'un médicament injectable à risque lui-même jugé dangereux par les professionnelles. Les variables de « médicament injectable » et de « prescription médicale » ont émergé des discours relatifs à l'action : l'objectif étant de trouver le meilleur compromis possible au moment où le patient est traité, l'infirmière

doit donc exercer sa vigilance (sécurité) puis programmer une administration du traitement qui réalise le meilleur compromis (efficacité).

Les indicateurs de la variable « prescription médicale » déterminent la préparation et le calcul de doses, mais plus ou moins fortement en fonction de la forme qu'elle prend, laissant souvent des marges de manœuvre importantes aux infirmières.

Pastré (2011a) considère que la structure conceptuelle va faciliter une catégorisation rationnelle des classes de situations par le tableau des valeurs prises par les variables. En fonction de la stabilité de l'état du patient, de la forme de la prescription médicale, de la conduite de raisonnements et de la possibilité ou non de moduler la dose administrée, se dessinent des classes de situations très variées maintenant un équilibre entre les concepts d'efficacité et de sécurité ou en donnant la priorité à l'un des deux.

Toutes les stratégies identifiées des participantes à l'enquête rendent compte des connaissances de ces infirmières en ce qui concerne la gestion de la dangerosité et des effets des médicaments et la gestion de la préparation en vue de l'administration. Ces participantes peuvent être qualifiées d'expérimentées, mais avec quelques écarts qui se retrouvent entre les pratiques des professionnelles. Les moins expérimentées mettent plutôt en avant le « concept de sécurité », cela permet de les rassurer par des contrôles plus fréquents qui participent à la construction de l'expérience professionnelle, alors que les plus expérimentées mettent plutôt en avant le « concept d'efficacité », reposant sur une vision plus globale des situations et de leurs impératifs.

C'est par la mise en activité des infirmières sur une tâche simulée proche du réel que nous avons construit la structure conceptuelle de la situation. En poursuivant l'analyse à partir du modèle de la double régulation, nous avons complété la conceptualisation de l'activité initiée par la construction de la structure conceptuelle de la situation.

Une activité experte

L'observation et l'analyse de l'activité, nous a donné accès aux règles d'action qui organisent son exécution. La préparation des seringues médicamenteuses convoque des connaissances-en-acte qui s'actualisent de façon variée, y compris par les expertes. L'analyse des règles d'action a permis la mise au jour du concept-en-acte de « précision » qui guide l'action des infirmières dans la recherche d'une dose jugée précise quand sa

valeur fait qu'elle se prélève facilement, ce qui est le cas lorsqu'elle s'exprime par un nombre entier de millilitres.

Une certaine régularité émerge des raisonnements

Les observations et les analyses font ressortir des catégorisations issues de la prise en compte de plusieurs facteurs liés à la simulation : l'analyse *a priori* de la tâche prescrite (cas clinique et prescription médicale) et des difficultés qu'elle comporte, le constat *a posteriori* de la durée qui a été nécessaire pour effectuer de calcul et l'étayage qu'il a fallu apporter ou non pendant l'activité pour soutenir la réalisation des seringues.

L'analyse des raisonnements par produit médicamenteux nous a conduit à identifier des régularités et variabilités des pratiques relatives à ces médicaments :

- l'insuline est préparée le plus souvent en mobilisant un raisonnement issu d'une pratique protocolée ou habituelle du service, une grande régularité des pratiques est observée avec une même entrée par la concentration pour calculer et préparer la seringue ;
- la morphine fait l'objet d'une préparation peu protocolée dans notre échantillon, une régularité est également constatée même si l'entrée par la concentration pour conduire le raisonnement ne concerne pas la totalité des infirmières mais seulement 12 sur 15. Deux infirmières utilisent en effet un raisonnement organisé par une entrée par la dose et une dernière par une entrée par le débit ;
- le chlorure de potassium laisse place à un tableau différent avec un peu moins de la moitié des infirmières (7/15) qui préparent la seringue à partir d'un raisonnement fondé par une entrée par la concentration. L'entrée par la dose a été mobilisée par trois infirmières comme l'entrée par le débit. La catégorisation des raisonnements des professionnelles a été plus difficile pour ce médicament que pour les précédents du fait que les variables sont liées par des relations arithmétiques tellement simples qu'elles peuvent se penser simultanément : la première à être considérée dans le raisonnement n'apparaît alors pas toujours clairement.

Pour ce premier groupe de médicament, aucun étayage n'est intervenu pour soutenir les raisonnements mis en œuvre par les infirmières pour préparer les seringues. La durée de préparation et de calcul pour chaque produite est assez similaire. Un second groupe a émergé de l'analyse que nous présentons maintenant :

- la dobutamine a été l'un des deux médicaments qui a posé le plus de difficultés aux infirmières confrontées à sa préparation sans les outils habituels (tableau de préparation). Cette situation n'a pas généré de résultats contrastés quant au choix initial du raisonnement qui a été systématiquement orienté par une entrée par la concentration. En revanche, une grande variabilité des pratiques se dessine relativement à l'étayage que nous avons dû réaliser pour la moitié de l'échantillon, traduisant un niveau de difficulté conséquent. Pour huit infirmières, la perte initiale de repères est transitoire et l'appui sur les grandeurs intervenant dans l'unité de prescription ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) leur a permis de résoudre la situation. Pour les autres infirmières, deux cas de figures se sont présentés, soit les infirmières ne savaient pas comment débiter leur raisonnement et un étayage a été nécessaire pour initier une résolution de problème, soit l'étayage a été proposé parce qu'elles se sont retrouvées dans une impasse et ne trouvaient pas de solution. Finalement, nous constatons deux abandons de la simulation de préparation de dobutamine et un échec lié à une erreur de raisonnement, les autres infirmières aboutissant finalement à un résultat correct ;

- l'héparine est le second médicament dont la prescription de la situation de la simulation a perturbé les raisonnements des infirmières. Le calcul et la préparation ont toutefois été réussis par onze d'entre elles. Les quatre professionnelles en difficulté ont reçu un étayage qui a conduit à deux réussites, un échec résultant d'une erreur de calcul et un abandon consécutif à une erreur de raisonnement. Les trois entrées de raisonnements (dose, concentration et débit) ont été constatées avec une répartition équivalente entre elles ;

- la noradrénaline est le troisième médicament à avoir occasionné des perturbations. L'absence de tableau de préparation alors que la prescription était exprimée en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ explique les perturbations, et cela bien que la prescription ait été simultanément exprimée en mg/h . La perturbation initiale a été rapidement réajustée par la majorité des professionnelles qui réussissent le calcul, et la préparation pour 10 d'entre elles. Les cinq autres ont bénéficié d'un étayage qui leur a permis de réussir le calcul. Pour ce médicament, c'est l'entrée par la concentration qui est privilégiée 14 fois sur 15 avec un doute sur l'orientation du raisonnement pour la dernière infirmière.

Nous tenons à préciser que la différenciation que nous exprimons entre les deux groupes de médicaments ; insuline, morphine, chlorure de potassium et dobutamine, héparine, noradrénaline découle de notre dispositif expérimental qui a rendu complexe les calculs.

Cela nous a permis de répondre à nos objectifs expérimentaux, mais avec leurs outils habituels, les infirmières n'auraient probablement pas commis d'erreurs.

Des pratiques individuelles variées et des pratiques instrumentées

Nous avons également obtenu quelques résultats relatifs aux tendances des stratégies des infirmières lors de la simulation de préparation des six médicaments. Elles réussissent les calculs et les préparations médicamenteuses dans 79% des cas ; aucune difficulté n'est constatée pour toutes les situations conformes aux habitudes professionnelles ; pour les autres, les difficultés rencontrées ne les ont pas empêchées, à de rares exceptions près, d'aboutir à un résultat. L'analyse des techniques mobilisées montre des différences entre les infirmières quant à la variabilité des raisonnements qu'elles mobilisent. Huit infirmières sur les quinze convoquent de façon exclusive ou quasi-exclusive un raisonnement organisé par une entrée par la concentration, alors que les autres ont des stratégies plus variées.

Le raisonnement avec entrée par la concentration est le plus fréquemment mobilisé pour calculer les doses. Nous le qualifions de « raisonnement par défaut » car quand les infirmières ont été privées des artéfacts qu'elles utilisent habituellement et qui reposent sur des raisonnements avec une entrée par la dose ou par le débit, c'est le raisonnement avec une entrée par la concentration qui a été choisi. L'analyse mathématique montre que les raisonnements avec entrée par la dose ou par la concentration sont plus faciles à élaborer que les raisonnements avec entrée par le débit. Comme les raisonnements avec entrée par la dose correspondent moins aux habitudes des infirmières en service de réanimation/soins intensifs (à cause du besoin de réguler l'administration en fonction des variations de prescription sans pour autant préparer une nouvelle seringue), il n'est pas étonnant que les raisonnements avec entrée par la concentration soient privilégiés. Les raisonnements avec entrée par le débit exigent d'avoir une bonne représentation globale du problème, ils nécessitent de penser le jeu de contraintes de toutes les variables simultanément, ce qui n'est pas le cas des autres raisonnements où des étapes successives peuvent être déterminées et réalisées.

En remplaçant un raisonnement avec entrée par le débit par un raisonnement avec entrée par la concentration, les infirmières concernées obtiennent des seringues différentes, c'est-à-dire comportant un volume différent de produit, concentré différemment et à administrer avec un débit différent. Même si évidemment les deux préparations

aboutissent à une administration médicamenteuse strictement identique (même débit massique de produit médicamenteux) cela pose un problème déjà signalé dans la littérature : les artéfacts de la pratique professionnelle effacent la partie raisonnement et calcul de la préparation, faisant perdre ainsi les possibilités de contrôle de la validité du résultat par les professionnelles. Des questions se posent quant à l'élaboration et l'utilisation de ces artéfacts : travail collectif ou initiative personnelle d'un décideur ? nécessité pour l'infirmière d'être capable de faire le raisonnement pour contrôler ou utilisation possible même sans possibilité de contrôle ? si nécessité d'une capacité de contrôle, comment l'assurer et surtout l'entretenir ? Deux pistes de travail intéressantes se dégagent de cette réflexion, l'une portant sur la conception des artéfacts, l'autre sur la formation professionnelle à leur utilisation.

Les raisonnements mis en œuvre par les infirmières s'intègrent tous dans la catégorisation proposée par l'analyse *a priori* : entrées par la dose, par le débit ou par la concentration. Cela valide la catégorisation et constitue un apport important de notre recherche, même si nous ne pouvons pas avancer les fréquences relatives de leur utilisation et les facteurs qui les déterminent, ce qui devrait faire l'objet d'un travail complémentaire plus quantitatif. Le dispositif expérimental par simulation a mis à l'épreuve cette catégorisation des raisonnements et a permis d'en établir la validité. Le fait que les préparations soient simulées ne restreignent pas la portée de nos résultats, Noss et al. (2002) ont en effet montré que la simulation ne fait pas apparaître de raisonnements différents de ceux de la pratique ordinaire :

Quand les infirmières font face à une simulation proche de la pratique, elles affichent des stratégies similaires à celles rencontrées dans l'unité, avec un fort sens de la relation invariante entre la masse et le volume. Dans ce cas le raisonnement infirmier est soutenu par une synergie entre les connaissances des mathématiques scolaires existantes et leur pratique professionnelles (p. 225, notre traduction).

Les raisonnements s'appuyant sur des artéfacts, que nous avons qualifié de possiblement nouveaux dans un premier temps, en attente d'une analyse plus complète, ne constituent finalement qu'une déclinaison particulière, instrumentée au sens de Rabardel, des trois types de raisonnements de notre catégorisation ; le fait que la pratique soit instrumentée conduisant finalement à rendre implicite la partie calculatoire de la préparation ainsi que le raisonnement nécessaire pour établir et organiser les calculs à effectuer dans la pratique non instrumentée. À partir de ces résultats, nous identifions deux niveaux de

fonctionnement : les raisonnements premiers mobilisés par les infirmières au travail dans des conditions ordinaires ; et les raisonnements seconds mobilisés en cas de doute, de contrôle ou quand des contraintes contextuelles nécessitent de travailler autrement (absence de matériel suffisant par exemple).

La mise en place d'un dispositif expérimental conséquent et l'analyse qui découle des données produites n'ont pas manqué de faire apparaître certaines limites à notre recherche que nous présentons dans la section suivante. Avant cela, nous souhaitons conclure sur ses apports.

Le cadrage théorique de notre recherche par la didactique des mathématiques, la psychologie ergonomique et la didactique professionnelle nous a fourni les moyens d'une analyse plurielle de l'activité de calculs de doses médicamenteuses qui n'avait jusqu'alors pas été menée dans le domaine professionnel infirmier. Le modèle de la double régulation de l'activité du sujet de Leplat (1997) et Rogalski (2003, 2007) a été spécifié à l'activité de calculs de doses, ce qui a conduit à une production de données extrêmement riche pour documenter cette activité infirmière. Secondairement, à partir des travaux de Vergnaud (1996/2011), de Pastré (2005, 2007, 2011a, 2011b) et de Mayen (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006), nous nous sommes appuyés sur ces données pour élaborer une conceptualisation de l'activité d'où émergent une structure conceptuelle, des modèles opératifs et des concepts organisateurs. La didactique des mathématiques enfin nous a fourni, par ses travaux sur la proportionnalité et les grandeurs, les outils pour construire une catégorisation robuste des raisonnements pour la préparation des médicaments injectables par pousse-seringue électrique. La complémentarité disciplinaire et la cohérence héritée de la théorie vygotkienne de l'activité nous permettent d'envisager ces premiers résultats comme une base fondatrice pour la construction d'un champ conceptuel du calcul de doses médicamenteuses. Enfin, par son inscription théorique en didactique professionnelle, notre recherche et ses résultats pourront être prolongés par des travaux ayant des implications directes en formation.

6.2 LES LIMITES

Dans cette section, nous exposons deux types de limites de notre travail, l'un centré sur le questionnaire, le dispositif expérimental et l'autre, sur la conduite de l'analyse qualitative.

Limites du questionnaire et du dispositif expérimental

Le questionnaire s'est révélé d'une très grande richesse pour construire la première partie de la recherche avec quelques critiques à apporter à la formulation des questions dont le manque de consignes plus précises a empêché un remplissage plus adéquat. Parfois, les infirmières ont répondu par oui ou par non à la question des protocoles sans les préciser. Cela nous a obligé à en récuser deux qui ne remplissaient pas les conditions suffisantes pour être exploités. La passation s'est produite à distance, nous n'avons pas pu réguler les éventuels questions. Le deuxième point concerne la longueur de l'outil d'enquête qui a pu décourager certaines infirmières de le renseigner plus complètement et plus précisément parfois.

Les limites du dispositif par simulation des pratiques sont intrinsèques à son élaboration, elles émergent dans les commentaires des infirmières exprimés pendant la préparation des seringues ou pendant l'entretien d'auto-confrontation. À la lecture des prescriptions médicales différentes de leurs habitudes, les infirmières ont parfois interprété la difficulté de la tâche, non comme un moyen pour le chercheur de mieux comprendre les pratiques ordinaires mais comme un moyen de les évaluer. Si nous avons reconnu la volonté de proposer des situations en décalage avec les situations ordinaires, nous ne pouvons que réfuter l'idée d'évaluation, d'attribution de valeur, et répéter notre objectif de compréhension de l'activité ordinaire c'est-à-dire sa nature, son organisation et aussi ses limites. Les remarques des infirmières nous ont toutefois interrogé compte tenu du sujet traité qui convoque fortement les mathématiques, or chez certaines infirmières comme dans une part importante de la population, le rapport à cette discipline n'est pas positif, plusieurs infirmières l'ont exprimé pendant la simulation de façon directe en évoquant une relation compliquée aux mathématiques ou un vécu douloureux. Cela aurait pu mettre à mal notre démarche, la spécificité des mathématiques rendant plus difficile que prévue la déstabilisation des pratiques ordinaires pour en faciliter l'étude. La rareté des échecs

nous semble toutefois plaider en faveur d'une réalisation conforme aux objectifs annoncés.

Au regard de l'intention de validité écologique de notre recherche par simulation, certains aspects n'ont pas été transposés et nous nous en sommes expliqué. La tâche de référence proposée se réalise habituellement au sein d'une équipe qui constitue une ressource en cas de doute et de besoin de vérification d'un raisonnement ou d'un résultat entre collègue. C'est un travail collectif qui participe à la gestion des risques et qui est recommandé par la HAS. Cela a pu constituer une limite dans la recherche, bien que nous ayons pallié ce problème en partie par notre rôle d'observateur participant.

Un des aspects positifs du dispositif, quant à son caractère écologique, est l'engagement des infirmières dans la réalisation des tâches. Un tel engagement avait été signalé précédemment par Noss et al. (2002) comme résultat de leur recherche avec un dispositif analogue. Enfin, nous empruntons à Vidal-Gomel (2005) l'idée d'une utilisation d'un tel dispositif avec des objectifs didactiques : pour la formation continue de professionnels en collectif, avec une éventuelle intention complémentaire de gestion des risques par exemple, ou individuellement en formation initiale avec un objectif d'évaluation. Des analyses de la pratique à partir de situations simulées ou d'évaluation d'une pratique de préparation médicamenteuse en situation simulée sont déjà proposées en formation initiale, mais les tâches proposées sont souvent des tâches élémentaires comme la dilution d'une poudre médicamenteuse ou la préparation d'une perfusion de soluté.

Limites liées à l'analyse qualitative

Les limites liées à l'analyse qualitative émanent plus particulièrement de la lecture des résultats. Nous avons justifié à plusieurs reprises notre choix de déstabiliser la pratique ordinaire afin de comprendre comment les infirmières travaillent. En créant des décalages, cette méthodologie nous permet de renseigner la pratique réelle ainsi que ses limites. À distance de ce travail, nous avons interrogé et documenté les pratiques et mis au jour des limites. Toutefois, notre approche a surtout conduit à constater ces limites, sans exposer clairement leur nature ou leur origine, et surtout explorer le moyen de les dépasser.

Le manque de travaux sur le sujet et le manque de possibilités de confronter nos résultats à d'autres études conduites avec un cadre proche du nôtre ou des objectifs similaires a limité notre possibilité de prise de distance avec nos résultats. Nous espérons que la

production scientifique sur le sujet nous conduira à le faire et à ouvrir des perspectives pour des futures recherches différentes de celles que nous envisageons déjà.

6.3 LES PERSPECTIVES

Les perspectives que nous envisageons déjà sont développées selon deux axes qui s'articulent à nos résultats de recherche : des pistes pour prolonger les résultats et des pistes pour enrichir l'enseignement du calcul de doses.

Des pistes pour prolonger les résultats

La didactique professionnelle nous a permis de faire un pas de côté pour évoluer de la posture du formateur qui évoque sa pratique en essayant de la comprendre à celle du chercheur, qui observe l'activité des professionnelles au moyen d'un dispositif expérimental dans un but de conceptualisation de l'activité de calcul de doses. Après ce premier travail d'élaboration d'une conceptualisation de l'activité, un travail nous apparaît nécessaire : mettre en discussion les résultats avec la communauté infirmière. Nous partageons à ce sujet le point de vue de Rogalski :

Le travail sur les classes et les variables de situation doit fournir des outils pour comparer des études, unifier leurs résultats, formaliser des connaissances, permettre à d'autres d'utiliser les acquis. Les notions de concepts pragmatiques et de structure conceptuelle de situation sont des instruments théoriques de cette mise en relation, encore faut-il expliciter comment on peut les co-construire avec les professionnels des domaines d'investigation : il s'agit en effet d'aller au-delà d'une forme d'émergence issue de la participation et de la sagacité de l'analyste (Rogalski, 2014, p. 11).

La mise à l'épreuve multiple de nos résultats conduira à des précisions et des améliorations qui contribueront à la stabilisation de la pensée sur l'activité de calculs de doses. Cela passe non seulement par la diffusion par des communications et des publications dans des manifestations et des revues scientifiques et professionnelles adressées aux infirmières, mais aussi par une implication dans des formes de travail et d'échanges sur l'activité infirmière et la formation.

Au-delà de la perspective globale qui vient d'être exposée, des pistes plus précises se dégagent qui ont été déjà envisagées comme le calcul de doses en pédiatrie, la question de l'informatisation des prescriptions et la question complexe des erreurs.

Comme nous l'avons écrit dans l'introduction, nous avons écarté le secteur de la pédiatrie à cause des contraintes spécifiques auquel il est soumis. Cependant, à la lumière de nos résultats, la question se pose de prolonger notre travail à ce contexte qui pourra faire apparaître de nouvelles variables et de nouveaux raisonnements. Ce sujet fera l'objet d'un questionnement et d'une mise à l'épreuve dans une période future.

Une deuxième piste de travail à poursuivre est celle de l'interface homme-machine qui n'a été que rencontrée dans notre étude et mérite d'être travaillée pour elle-même. Nous l'avons vu, les outils informatiques ne sont pas pensés, dès la conception, ni par les praticiens, ni pour les praticiennes. Comme nous l'avons écrit précédemment, la conception des outils reste technocentrée (Rabardel, 1995). Nous avons rapporté les avantages et les inconvénients des LAP et illustré certains mésusages ou violations par les infirmières (un infirmier de l'échantillon ne suit pas les préconisations du logiciel les estimant inadaptées aux procédures du service). L'idée d'une procédure générale incrémentée dans le LAP pour répondre à l'ensemble des calculs a rencontré ses limites avec les outils actuels, comme avec les techniques telles que le produit en croix ou la « formule infirmière » des anglo-saxons. Ni les difficultés du terrain ni celles de la formation n'ont trouvé de solution complètement satisfaisante. Faut-il modifier les logiciels pour y implémenter les manières de penser des infirmières ? Qui viser par ces transformations, les infirmières pour qui le calcul est totalement incorporé ou celles qui sont moins capables de le faire ?

La troisième piste, fondamentale à nos yeux, concerne les erreurs de calculs de doses. Nous avons été le témoin d'erreurs pendant la simulation. Ces erreurs ont été provoquées par une modification des valeurs usuelles des variables de la classe de situation. Cette démarche au service de notre dispositif expérimental ne traduit en rien la potentielle dangerosité des infirmières qui ont commis des erreurs, mais bien une adaptation extrême à leurs outils et méthodes de calculs, qui produit des calculs sûrs et efficaces. Nous avons identifié dans notre étude des sources qui sont des facteurs de risques cités également dans la littérature scientifique. Des travaux pourraient exploiter davantage ces résultats, non plus pour documenter la pratique ordinaire, mais pour enquêter spécifiquement sur les causes des erreurs de calculs de doses, erreurs qui sont si difficiles à observer et à quantifier. Un travail collaboratif et pluridisciplinaire avec des protocoles

expérimentaux dédiés nous semble nécessaire, pour la profession comme pour la formation.

Viser l'adaptabilité des procédures en formation

Nous souhaitons conclure ces pistes par un aspect de l'enseignement du calcul de doses. Nous avons observé que les possibilités d'adaptation des professionnelles tiennent en partie à leur capacité de changer de type de raisonnement. Il nous semble donc essentiel que les étudiantes infirmières soient formées pour acquérir la capacité de résoudre des problèmes de calcul de doses avec un registre de méthodes variées afin de pouvoir s'adapter à la variabilité des situations, de pouvoir vérifier leurs raisonnements comme ceux de leurs collègues. On retrouve cette recommandation dans les conclusions de la thèse de Deichert (2014) évoquée à différentes reprises, on la retrouve aussi dans les travaux de Wright (2008b, 2009b, 2009c, 2011, 2013, 2017) qui défend l'analyse didactique des méthodes de calculs de doses pour en renforcer l'assimilation et en sécuriser la mise en œuvre dans l'exercice professionnel.

Penser les mathématiques autrement en formation

Les efforts pour améliorer les compétences en calcul de doses médicamenteuses ont été prioritairement portés sur l'apprentissage des mathématiques ou plus exactement sur la « remise à niveau » en mathématiques. En isolant les mathématiques de l'activité, on commet une erreur ; c'est la conclusion des didacticiens des mathématiques anglais Pozzi *et al.* cités précédemment qui concluent leur premier article d'une série de trois sur l'étude du calcul de doses en situation de la façon suivante :

En résumé, nos recherches suggèrent qu'enseigner les mathématiques professionnelles en délimitant strictement ce qui est mathématique et ce qui ne l'est pas, puis en enseignant les premières n'est pas efficace et pourrait bien être préjudiciable. Une voie plus fructueuse devrait consister à identifier les ressources mathématisées d'une culture du travail, car ce sont elles qui jouent le rôle crucial de médiation entre les connaissances mathématiques et professionnelles. Ensuite, en décrivant comment elles fonctionnent dans le contexte et avec les principaux objectifs du lieu de travail, les mathématiques peuvent être considérées comme étant à la fois fonctionnelles et ouvertes à l'examen (Pozzi *et al.*, 1998, p. 119, notre traduction).

En écho à cette conclusion, au travail princeps de Roditi (2012, 2014) et à nos résultats de recherche, il apparaît que la formation doit reposer sur des tâches issues de la pratique et proposer des réalisations conformes à la pratique. Un préalable consiste à les

repérer et les étudier afin d'en extraire la valeur pédagogique et de les didactiser pour la formation, assurant la médiation entre les connaissances mathématiques et professionnelles. Cette approche donne tout son sens à des travaux dont la perspective est de poursuivre le travail de conceptualisation de l'activité de calcul de doses indispensable à l'institutionnalisation des savoirs de références, indispensables à la formation.

Retour à la question initiale sur les variabilités et les régularités des pratiques

Notre thèse repose sur un dispositif double d'enquête par questionnaire et d'observations de la pratique de calcul de doses en situation simulée dans un but de conceptualisation de la situation de calcul de doses. Nous nous sommes appuyé dans nos analyses sur une triple approche qui croise la psychologie ergonomique, la didactique des mathématiques et la didactique professionnelle.

Les auteurs que nous avons utilisés largement et qui nourrissent le cadre théorique de notre recherche ont effectué des travaux sur les pratiques enseignantes, et plus particulièrement sur les pratiques ordinaires d'enseignement. Sans chercher à mettre en parallèle l'enseignement et le soin, nous avons utilisé la notion de pratique ordinaire qui, pour la profession infirmière se caractérise par des contraintes communes qui conduisent à des activités qu'elles qualifient d'habitudes et qu'elles partagent au sein de leur service de réanimation/soins intensifs, en particulier pour calculer les doses médicamenteuses injectables par PSE. Ces pratiques ordinaires sont à distinguer des pratiques soumises à des contraintes spécifiques (procédures pour des administrations médicamenteuses dans le cadre de la recherche en soins comme pour l'étude CHIC¹⁸² (relais des seringues de noradrénaline) où l'on ne tiendrait plus compte, au moins temporairement, des contraintes communes.

Notre recherche s'appuie essentiellement sur des pratiques infirmières ordinaires en service de réanimation/soins intensifs, même si nous n'avons pas écarté totalement des conditions s'en éloignant, principalement à des fins méthodologiques. Nos résultats ne peuvent donc pas être généralisés sans travail spécifique à l'activité dans des situations particulières comme la situation d'urgence. Nous avons identifié la dimension conceptuelle de la situation ordinaire, soutenue par les classifications et modélisations

¹⁸² CHIC : *CHangeovers of norepinephrine syringes in Intensive Care* (Poiroux, 2020)

effectuées à partir de l'ensemble des problèmes identifiés. Les analyses des activités des infirmières s'appuyant sur ces classifications et modélisations ont permis de compléter la mise au jour des variables en jeu ainsi que leurs relations, l'effet des valeurs de ces variables sur l'activité de calcul de doses médicamenteuses, et la variabilité cognitive de cette activité.

Nous avons identifié une classe de situations correspondant à une série de variables (pathologie, caractéristiques du patient, produit, prescription, matériels, etc.) qui a conduit à la construction de la structure conceptuelle de la classe de situation. Ces classes de situations peuvent se traiter par différentes manières de faire. Une variabilité des procédures pour répondre à la même tâche en fonction des contextes de travail a été mise au jour. Cependant, c'est la régularité identifiée dans la structure commune aux situations (que les valeurs des variables restent ou non conformes aux situations ordinaires) qui permet à l'infirmière de s'adapter à une situation inhabituelle ou nouvelle. La catégorisation des raisonnements nous a permis de constater une assez grande régularité intra-personnelle des raisonnements convoqués pour préparer leurs seringues, mais aussi une capacité à changer de raisonnement en cas de nécessité.

RÉFÉRENCES

- A. Krahenbuhl-Melcher, Schlienger, R., Lampert, M., Haschke, M., Drewe, J., & Krabenhul, S. (2007). Drug-Related Problems in Hospitals : A review of the recent literature. *Drug Safety*, 30(5), 379-407.
- Afssaps. (2010). *Le guichet erreurs médicamenteuses Bilan d'activité de l'année 2009* [Bilan d'activité]. <http://ansm.sante.fr/Mediatheque/Publications/Bilans-Rapports-d-activite-Bilans-et-rapports-d-activite>
- Albus. (2015, juin 27). L'erreur médicale tourne au drame, l'infirmière face à son pire cauchemar. *Albus, l'appli des infirmiers*. <https://www.albus.fr/logiciel-appli-infirmiere-liberale/2015/06/27/lerreur-medicale-tourne-au-drame-linfirmiere-face-a-son-pire-cauchemar/>
- Allan, E. A., & Barker, K. N. (1990). Fundamentals of medication error research. *American Journal of Hospital Pharmacy*, 47(3), 555-571. <https://doi.org/10.1093/ajhp/47.3.555>
- Amalberti, R. (2001a). La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie française*, 46(2), 105-117.
- Amalberti, R. (2001b). *La conduite de systèmes à risques* (2e édition). Presses universitaires de France.
- ANAES. (2003). *Principes méthodologiques pour la gestion des risques en établissement de santé : Janvier 2003*. Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES).
- ANSM. (2017). *Qu'est-ce qu'une erreur médicamenteuse ?* [https://www.ansm.sante.fr/Declarer-un-effet-indesirable/Erreurs-medicamenteuses/Qu-est-ce-qu-une-erreur-medicamenteuse/\(offset\)/0](https://www.ansm.sante.fr/Declarer-un-effet-indesirable/Erreurs-medicamenteuses/Qu-est-ce-qu-une-erreur-medicamenteuse/(offset)/0)
- Arrêté du 31 juillet 2009 relatif au diplôme d'État d'infirmier, Pub. L. No. JORF n° 0181, Code de la santé publique (2009). <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=bv5LSPoBT702YlvzHYRtHk2HI3eosjR2WigIXHagCgA=>
- Article R4127-34, Code de la santé publique, art. 34 du code de déontologie médicale (2004). https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912896/2004-08-08
- Article R4127-76, Code de la santé publique, art. 76 du code de déontologie médicale (2004). https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912948/2004-08-08
- Article R5132-3 du Code de la santé publique relatif à la prescription des médicaments ou produits destinés à la médecine humaine (2020). <https://www.doctrine.fr/l/texts/codes/LEGITEXT000006072665/articles/LEGIARTI000006915531>
- Aspden, P., & Institute of Medicine (U.S.) (Éds.). (2007). *Preventing medication errors*. National Academies Press.
- Azoulay, E., Pochard, F., Kentish-Barnes, N., Chevret, S., Aboab, J., Adrie, C., Annane, D., Bleichner, G., Bollaert, P. E., & Darmon, M. (2005). Risk of post-traumatic stress symptoms in family members of intensive care unit patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 171(9), 987-994.

- Bakker, A. (2014). Characterising and developing vocational mathematical knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 151-156. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9560-4>
- Bakker, A., Groenveld, D., Wijers, M., Akkerman, S. F., & Gravemeijer, K. P. E. (2014). Proportional reasoning in the laboratory: An intervention study in vocational education. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9393-y>
- Baranne, F., & Lesecq, É. (2009). Analyse de pratiques pédagogiques sur l'application des prescriptions médicales en Ifsi. *Soins Cadres*, 18(69), 44-46. <https://doi.org/SCAD-02-2009-18-69-0183-2980-101019-200901949>
- Bates, D. W., Cullen, D. J., Laird, N., Petersen, L., Small, S., Servi, D., Laffel, G., Swietzer, B., Brian, Shea, Hallisey, R., Vander Vliet, M., Nemeskal, R., & Leape, L. (1995). Incidence of Adverse Drug Events and Potential Adverse Drug Events. *Journal of the American Medical Association*, 274(1), 29-34.
- Bedouch, P., Baudrant, M., Detavernier, M., Rey, C., Brudieu, É., Foroni, L., Allenet, B., & Calop, J. (2009). La sécurisation du circuit du médicament dans les établissements de santé : Données actuelles et expérience du centre hospitalier universitaire de Grenoble. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 67(1), 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2008.10.006>
- Benlahouès, D. (2008). Évolution de la fonction d'aide-soignante du XIX e siècle à nos jours. *L'aide-soignante*, 22(100), 13-17.
- Benlahouès, D. (2011). *Analyse d'une pratique mathématique en contexte professionnel. Le cas des calculs de doses médicamenteuses en soins infirmiers* [Mémoire de Master]. Université René Descartes-Paris V.
- Benlahouès, D. (2012). *Approche d'une pratique mathématique en contexte professionnel. Le doute et ses effets dans la pratique du calcul de doses médicamenteuses* [Mémoire de Master]. Université René Descartes-Paris V.
- Benlahouès, D. (2016). Comprendre les calculs de doses. *Soins Pédiatrie/Puériculture*, 37(290), 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.spp.2016.03.008>
- Benlahouès, D., & Poiroux, L. (2010a). L'infirmier de réanimation, quel avenir pour cet expert clinique ? (1/2). *Oxymag*, 23(114), 22-26. <https://doi.org/OXYMAG-09-10-2010-23-114-0990-1310-101019-201004325>
- Benlahouès, D., & Poiroux, L. (2010b). L'infirmier de réanimation, quel avenir pour cet expert clinique ? (2/2). *Oxymag*, 23(115), 21-25. <https://doi.org/OXYMAG-11-12-2010-23-115-0990-1310-101019-201005848>
- Benner, P. E. (1995). *De novice à expert : Excellence en soins infirmiers* (L. Ovion, Trad.). InterEditions.
- Berdot, S., Gillaizeau, F., Caruba, T., Prognon, P., Durieux, P., & Sabatier, B. (2013). Drug Administration Errors in Hospital Inpatients: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(6), e68856. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068856>
- Berdot, S., Roudot, M., Schramm, C., Katsahian, S., Durieux, P., & Sabatier, B. (2016). Interventions to reduce nurses' medication administration errors in inpatient settings: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 53, 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.08.012>
- Berdot, S., Sabatier, B., Gillaizeau, F., Caruba, T., Prognon, P., & Durieux, P. (2012). Evaluation of drug administration errors in a teaching hospital. *BMC health services research*, 12(1), 60.

- Berger, R. G., & Kichak, J. P. (2003). Computerized Physician Order Entry : Helpful or Harmful? *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(2), 100-103. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1411>
- Bernheim, C., Schmitt, E., & Dufay, E. (2005). Iatrogénie médicamenteuse nosocomiale et gestion des risques d'erreur médicamenteuse : À propos de l'analyse des notifications du réseau REEM. *Oncologie*, 7(2), 104-119. <https://doi.org/10.1007/s10269-005-0168-2>
- Bonneval, L. M. (2003). Mathématiques et économie : Je t'aime, moi non plus. *Repères-IREM, Topiques Editions*, 52, 5-28.
- Brady, A.-M., Malone, A.-M., & Fleming, S. (2009). A literature review of the individual and systems factors that contribute to medication errors in nursing practice. *Journal of Nursing Management*, 17(6), 679-697. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2009.00995.x>
- Braiki, R., Douville, F., Hasine, A. B., & Souli, I. (2019). Facteurs liés au signalement des événements indésirables associés aux soins dans un hôpital tunisien. *Sante Publique, Vol. 31*(4), 553-559. <https://doi.org/10.3917/spub.194.0553>.
- Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques—Le cours de Montréal 1997*. <https://guy-brousseau.com/1694/la-theorie-des-situations-didactiques-le-cours-de-montreal-1997/>
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques (La pensée sauvage)*.
- Brousseau, G. (2003). *Erreurs, difficultés, obstacles*. Guy Brousseau Didactiques des mathématiques. <http://guy-brousseau.com/1659/erreurs-difficultes-obstacles-2003/>
- Bru, M. (2014). Le choix de l'observation pour l'étude des pratiques enseignantes. *Recherches en éducation*, 19, 7-17.
- Bruner, J. S. (2011). *Le développement de l'enfant. Savoir faire, savoir dire* (M. Deleau, Trad.). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://www.cairn.info/le-developpement-de-l-enfant--9782130589686.htm>
- Caens-Martín, S. (1999). Une approche de la structure conceptuelle d'une activité agricole : La traîlle de la vigne. *Éducation permanente*, 139, 99-114.
- Caens-Martin, S. (2005). Concevoir un simulateur pour apprendre à gérer un système vivant à des fins de production : La taille de la vigne. *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, 81-106.
- Campanhoudt, L. V., & Quivy, R. (2011). Manuel de recherche en sciences sociales. Paris, Dunod.
- Carraher, T. N., Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3(1), 21-29. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1985.tb00951.x>
- Chaine, P. (2007). *Les calculs de doses médicamenteuses : Une autre approche des «règles» par les infirmières novices* [Mémoire de Master]. université Paris Dauphiné.
- Chaudhry, B., Wang, J., Wu, S., Maglione, M., Mojica, W., Roth, E., Morton, S. C., & Shekelle, P. G. (2006). Systematic Review : Impact of Health Information Technology on Quality, Efficiency, and Costs of Medical Care. *Annals of Internal Medicine*, 144(10), 742-752. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-144-10-200605160-00125>
- Chevallard, Y. (1992). La transposition didactique (1985). *La Pensée Sauvage*.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques (Revue)*, 19(2), 221-265.

- Circulaire N° 99/84. Mise en place de protocoles de prise en charge de la douleur aiguë par les équipes pluridisciplinaires médicales et soignantes des établissements de santé et institutions médico-sociales. Circulaire (1999). <https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/1999/99-08/a0080531.htm>
- Clément, J. (2011). *Calculs de doses et de débits* (2e édition). S-éditions. <https://www.vg-librairies.fr/infirmier/3761-calculs-de-doses-et-de-debits.html>
- Clot, Y. (2008). Travail et pouvoir d'agir, Paris, puf, coll.«. *Le travail humain*.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Presses Universitaires de France-PUF.
- Coben, D., & Weeks, K. (2014). Meeting the mathematical demands of the safety-critical workplace: Medication dosage calculation problem-solving for nursing. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 253-270. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9537-3>
- Cousins, D. H., Sabatier, B., Begue, D., Schmitt, C., & Hoppe-Tichy, T. (2005). Medication errors in intravenous drug preparation and administration : A multicentre audit in the UK, Germany and France. *Quality and Safety in Health Care*, 14(3), 190-195. <https://doi.org/10.1136/qshc.2003.006676>
- Croguennec, Y. (2019). *Les trois quarts des diplômés infirmiers trouvent leur premier emploi en moins d'un mois* (N° 1099). DREES (Direction de la Recherche, des Études et de l'Évaluation et des Statistiques). <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er1099.pdf>
- Daniellou, F., Boissières, I., & Simard, M. (2010). *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : Un état de l'art*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00776052/>
- Décret no 2016-1606 du 25 novembre 2016 relatif à la déclaration des événements indésirables graves associés à des soins et aux structures régionales d'appui à la qualité des soins et à la sécurité des patients, Pub. L. No. n° 0276 du Code de la santé publique (2016). https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=2Eo6lIIV6_cMDglEOVaTgM5rai0hOrJ4Emo8esDqeDQ=
- Deichert, D. (2014). *The conceptual field of proportional reasoning researched through the lived experiences of nurses* [Doctorate of the University of Central Florida]. <http://stars.library.ucf.edu/etd/660/>
- Déry-Neveu, B., Vo, D., & Boucher, L. (2015). Utilisation des pompes volumétriques intelligentes à l'Hôpital Pierre-Boucher. *Pharmactuel*, 48(2), Article 2. <https://pharmactuel.com/index.php/pharmactuel/article/view/1042>
- Dewey, J. (1922). *Human Nature and Conduct : Table of Contents : An introduction to Soical Psychology* (Modern Library). https://brocku.ca/MeadProject/Dewey/Dewey_1922/Dewey1922_toc.html
- Di Muzio, M., De Vito, C., Tartaglino, D., & Villari, P. (2017). Knowledge, behaviours, training and attitudes of nurses during preparation and administration of intravenous medications in intensive care units (ICU). A multicenter Italian study. *Applied Nursing Research*, 38, 129-133. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2017.10.002>
- Di Muzio, M., Tartaglino, D., Marzuillo, C., La Torre, G., & De Vito, C. (2016). Knowledge, attitudes, behaviour and training needs of ICU nurses on medication errors in the use of IV drugs : A pilot study. *Signa Vitae : Journal for Intensive Care and Emergency Medicine*, 11.(1.), 182-206.
- Di Simone, E., Giannetta, N., Spada, E., Bruno, I., Dionisi, S., Chiarini, M., Tartaglino, D., & Muzio, M. D. (2018). *Prevenire l'errore nella somministrazione della terapia endovenosa in terapia intensiva : Revisione della letteratura*. 5.

- Diebolt, E., & Fouché, N. (2011). *Devenir infirmière en France, une histoire Atlantique*. Paris, Publibook.
- Dony, A. (2010). *Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie* [Thèse de pharmacie]. Université de Lorraine.
- Dreyfus, S. E., & Dreyfus, H. L. (1980). *A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition*. California Univ Berkeley Operations Research Center.
- Dufay, E., Thilly, N., Bedouch, P., Tissot, E., & Diemunsch, P. (2009). Revue des erreurs liées aux médicaments et dispositifs au bloc opératoire (REMED). *Le Praticien en Anesthésie Réanimation*, 13(5), 378-386. <https://doi.org/10.1016/j.pratan.2009.09.002>
- Durieux, P., Trinquart, L., Colombet, I., Nies, J., Walton, R. T., Rajeswaran, A., Rège-Walther, M., Harvey, E., & Burnand, B. (2008). Computerized advice on drug dosage to improve prescribing practice. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3.
- Eisenhauer, L. A., Hurley, A. C., & Dolan, N. (2007). Nurses' Reported Thinking During Medication Administration. *Journal of Nursing Scholarship*, 39(1), 82-87. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2007.00148.x>
- Escrivá Gracia, J., Brage Serrano, R., & Fernández Garrido, J. (2019). Medication errors and drug knowledge gaps among critical-care nurses : A mixed multi-method study. *BMC Health Services Research*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4481-7>
- Ferrari, G. (2015). Comment constituer et traiter des *corpus* issus des médias sociaux à l'aide des CAQDAS? NVivo : Un instrument pour l'analyse des discours numériques. *SHS Web of Conferences*, 20, 01006. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20152001006>
- Ferretti, C., & Garrouste, C. (2008). *Les sept premières années de carrière des infirmiers diplômés en 1998* (N° 671). DREES (Direction de la Recherche, des Études et de l'Évaluation et des Statistiques). <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er671.pdf>
- Fine, J. (2013). Quelle est votre définition de «pourcentage»? Proposition pour l'enseignement. *Statistique et Enseignement*, 3(2), 87-91.
- FitzSimons, G. E. (2014). Commentary on vocational mathematics education : Where mathematics education confronts the realities of people's work. *Educational Studies in Mathematics*, 86(2), 291-305. <https://doi.org/10.1007/s10649-014-9556-0>
- Flynn, E. A., Barker, K. N., Pepper, G. A., Bates, D. W., & Mikeal, R. L. (2002). Comparison of methods for detecting medication errors in 36 hospitals and skilled-nursing facilities. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 59(5), 436-446. <https://doi.org/10.1093/ajhp/59.5.436>
- Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives* (2e édition). Chenelière éducation,. <https://dSPACEcdC.inlibro.net/xmlui/handle/11515/26139>
- Gagné, V., Ferrari, N., & Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (Québec). (2018). *Etat des connaissances sur les modes d'organisation des services de soins intensifs*.
- Garnier, C., Bednarz, N., & Ulanovskaya, I. (2009). L'apprentissage comme activité collective : Choix et organisation des activités selon les courants russe et socio-constructiviste. In *Après Vygotski et Piaget*, De Boeck, p. 259-279.
- Garrigue, B., Dehu, Y., Girault, F., Figadère, B., Leblanc, K., Briole, N., Capitani, G. A., Lagadec, S., & Laborne, F.-X. (2016). Preparing Drugs for Infusion Via Syringe Pump : A Key

- Step to Ensure Homogeneous Concentration. *Critical Care Nurse*, 36(4), 36-44. <https://doi.org/10.4037/ccn2016756>
- Garrouste-Orgeas, M., Timsit, J. F., Vesin, A., Schwebel, C., Arnodo, P., Lefrant, J. Y., Souweine, B., Tabah, A., Charpentier, J., Gontier, O., Fieux, F., Mourvillier, B., Troché, G., Reignier, J., Dumay, M. F., Azoulay, E., Reignier, B., Carlet, J., & Soufir, L. (2010). Selected Medical Errors in the Intensive Care Unit : Results of the IATROREF Study: Parts I and II. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(2), 134-142. <https://doi.org/10.1164/rccm.200812-18200C>
- Garrouste-Orgeas, M., & Valentin, A. (2013). What's new for patient safety in the ICU? *Intensive Care Medicine*, 39(10), 1829-1831. <https://doi.org/10.1007/s00134-013-3013-x>
- Gazoni, F. M., Amato, P. E., Malik, Z. M., & Durieux, M. E. (2012). The impact of perioperative catastrophes on anesthesiologists : Results of a national survey. *Anesthesia & Analgesia*, 114(3), 596-603.
- Gioia, D. A., Corley, K. G., & Hamilton, A. L. (2013). Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research : Notes on the Gioia Methodology. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15-31. <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- Giuliano, K. K. (2018). Intravenous Smart Pumps. *Critical Care Nursing Clinics of North America*, 30(2), 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2018.02.004>
- Gladstone, J. (1995). Drug administration errors : A study into the factors underlying the occurrence and reporting of drug errors in a district general hospital. *Journal of advanced nursing*, 22(4), 628-637.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). The discovery of grounded theory. 1967. *Weidenfeld & Nicolson, London*, 1-19.
- Gouriou, B. (2014). *Appréhender la formation au calcul de doses en IFSI : Une étude du discours des formatrices*, [Mémoire de Master en Sciences de l'éducation]. Université René Descartes-Paris V.
- Gouyon, J.-B., Cransac, A., & Sgro, C. (2012). Prévention des erreurs médicamenteuses en néonatalogie : De la prescription à l'administration. *Archives de pédiatrie*, 19(9), 976-983.
- Grandell-Niemi, H., Hupli, M., Leino-Kilpi, H., & Puukka, P. (2003). Medication calculation skills of nurses in Finland. *Journal of Clinical Nursing*, 12(4), 519-528. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2702.2003.00742.x>
- Grandell-Niemi, H., Hupli, M., Puukka, P., & Leino-Kilpi, H. (2006). Finnish nurses' and nursing students' mathematical skills. *Nurse Education Today*, 26(2), 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2005.08.007>
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough ? An experiment with data saturation and variability. *Field methods*, 18(1), 59-82.
- Guet-Silvain, J., & Malabry, Y. (2012). Le geste professionnel, du savoir à la compétence : L'exemple de la proportionnalité des doses chez les infirmiers. *Carrefours de l'éducation*, 34(2), 177. <https://doi.org/10.3917/cdle.034.0177>
- HAS. (2013, mai). *Guide outil de sécurisation de l'administration des médicaments*. Haute autorité de santé. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2011-11-17_10-49-21_885.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2011-11/guide_outil_securisation_autoevaluation_medicaments_complet_2011-11-17_10-49-21_885.pdf)
- HAS. (2015, novembre). *Sécuriser la prise en charge médicamenteuse en établissement de santé*. Haute Autorité de Santé. https://www.has-sante.fr/jcms/c_2574453/fr/securiser-la-prise-en-charge-medicamenteuse-en-etablissement-de-sante

- HAS. (2016, novembre). *Cadre général d'évaluation des démarches d'analyse des eias*. Haute autorité de santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-11/cadre_general_devaluation_des_demarches_danalyse_des_eias_-_novembre_2016.pdf
- HAS. (2018, octobre). *Retour d'expérience sur le événements indésirables graves associés à des soins (EIGS) - Rapport annuel 2017*. Haute autorité de santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-11/retour_dexperience_sur_les_evenements_indesirables_graves_associes_a_des_soins_eigs_rapport_annuel_2017.pdf
- HAS. (2019, novembre). *Retour d'expérience sur les événements indésirables graves associés à des soins (EIGS) Rapport annuel d'activité 2018*. Haute autorité de santé. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2019-12/rapport_annuel_eigs_2018_vd-avecinfo.pdf
- Hennink, M. M., Kaiser, B. N., & Marconi, V. C. (2017). Code Saturation Versus Meaning Saturation : How Many Interviews Are Enough? *Qualitative Health Research*, 27(4), 591-608. <https://doi.org/10.1177/1049732316665344>
- Herout, P. M., & Erstad, B. L. (2004). Medication errors involving continuously infused medications in a surgical intensive care unit: *Critical Care Medicine*, 32(2), 428-432. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000108876.12846.B7>
- Hersant, M. (2001). *Interactions didactiques et pratiques d'enseignement, le cas de la proportionnalité au collège* [Thèse de Didactique des mathématiques], Université Paris-Diderot-Paris VII. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00122340/>
- Hersant, M. (2005). La proportionnalité dans l'enseignement obligatoire en France, d'hier à aujourd'hui. *Repères IREM*, 59, 5-41.
- Hoc, J.-M. (1984, novembre). *La verbalisation provoquée pour l'étude du fonctionnement cognitif*. <http://jeanmichelhoc.free.fr/pdf/Hoc%201984a.pdf>
- Hoyles, C., Noss, R., & Pozzi, S. (2001). Proportional Reasoning in Nursing Practice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(1), 4. <https://doi.org/10.2307/749619>
- Huckels-Baumgart, S., Niederberger, M., Manser, T., Meier, C. R., & Meyer-Masseti, C. (2017). A combined intervention to reduce interruptions during medication preparation and double-checking : A pilot-study evaluating the impact of staff training and safety vests. *Journal of Nursing Management*, 25(7), 539-548.
- Hureau, J., Queneau, P., Godeau, M. M. P., Hureau, J., Queneau, P., Queneau, P., Brandon, M. T., Chast, M. M. F., & Faure, P. (2009). Sécurisation du circuit du médicament dans les établissements de soins. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 193(8), 1921-1924. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)32425-2](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)32425-2)
- Husch, M., Sullivan, C., Rooney, D., Barnard, C., Fotis, M., Clarke, J., & Noskin, G. (2005). Insights from the sharp end of intravenous medication errors : Implications for infusion pump technology. *Quality and Safety in Health Care*, 14(2), 80-86. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.011957>
- Hutton, M. (1998). Nursing mathematics : The importance of application. *Nursing Standard*, 13(11), 35-38.
- Infirmiers.com (2020, janvier 10). *Trois histoires autour d'événements indésirables graves liés aux soins*. Infirmiers.com. <https://www.infirmiers.com/profession-infirmiere/presentation/erreur-medicale-soignants-racontent.html>
- Kapborg, I. D. (1994). Calculation and administration of drug dosage by swedish nurses, student nurses and physicians. *International Journal for Quality in Health Care*, 6(4), 389-395.

- Kaushal, R., Bates, D. W., Landrigan, C., McKenna, K. J., Clapp, M. D., Federico, F., & Goldmann, D. A. (2001). Medication Errors and Adverse Drug Events in Pediatric Inpatients. *JAMA*, 285(16), 2114-2120. <https://doi.org/10.1001/jama.285.16.2114>
- Keers, R. N., Williams, S. D., Cooke, J., & Ashcroft, D. M. (2013). Causes of Medication Administration Errors in Hospitals : A Systematic Review of Quantitative and Qualitative Evidence. *Drug Safety*, 36(11), 1045-1067. <https://doi.org/10.1007/s40264-013-0090-2>
- Kohn, L. T., Corrigan, J., & Donaldson, M. S. (Éds.). (2000). *To err is human : Building a safer health system*. National Academy Press.
- Kopp, B., Erstad, B. L., Allen, M., Theodorou, A., & Priestley, G. (2006). Medication errors and adverse drug events in an intensive care unit : Direct observation approach for detection. *Critical Care Medicine*, 34(2), 415-425. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000198106.54306.D7>
- Koppel, R. (2005). What do we know about medication errors made via a CPOE system versus those made via handwritten orders? *Critical Care*, 9(5), 427.
- Korb-Savoldelli, V., Boussadi, A., Durieux, P., & Sabatier, B. (2018). Prevalence of computerized physician order entry systems-related medication prescription errors : A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 111, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.12.022>
- Labeau, S. O., Afonso, E., Benbenishty, J., Blackwood, B., Boulanger, C., Brett, S. J., Calvino-Gunther, S., Chaboyer, W., Coyer, F., Deschepper, M., François, G., Honore, P. M., Jankovic, R., Khanna, A. K., Llaurodo-Serra, M., Lin, F., Rose, L., Rubulotta, F., Saager, L., ... the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) Trials Group Collaborators. (2020). Prevalence, associated factors and outcomes of pressure injuries in adult intensive care unit patients : The DecubICUs study. *Intensive Care Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06234-9>
- Larouzeé, J., & Guarnieri, F. (2015). *Fonds bibliographique Sir James Reason-Une vie dans l'erreur* [MINES ParisTech]. <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01114474/>
- Larouzeé, J., Guarnieri, F., & Besnard, D. (2014). *Le modèle de l'erreur humaine de James Reason* [MINES ParisTech]. <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01102402/document>
- Laurent, A., Aubert, L., Chahraoui, K., Bioy, A., Mariage, A., Quenot, J.-P., & Capellier, G. (2014). Error in Intensive Care : Psychological Repercussions and Defense Mechanisms Among Health Professionals. *Critical Care Medicine*, 42(11), 2370-2378. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000508>
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice : Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press.
- Le Monde.fr. (2016, octobre 5). Après la mort d'Ilyes, 3ans, le procès de la routine hospitalière [Review of *Après la mort d'Ilyes, 3ans, le procès de la routine hospitalière*, par P. Robert-Diard]. *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/police-justice/article/2016/10/05/apres-la-mort-d-ilyes-3-ans-le-proces-de-la-routine-hospitaliere_5008272_1653578.html
- Ledesma, L. A. (2018). *Le sentiment identitaire professionnel* [Thèse en sciences de l'éducation], Conservatoire national des arts et métiers. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01933285>
- Lejeune, C. (2016). Logiciels d'analyse de données qualitatives ou d'analyse qualitative ? In J. Kivits, F. Balard, C. Fournier, & M. Winance, *Les recherches qualitatives en*

- santé (p. 184-196). Armand Colin.
https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/202553/1/lejeune_2016a_preprint.pdf
- Léontiev, A. (1972). *Le développement du psychisme*. Editions sociales.
- Leontiev, A. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou. Éditions du Progrès.
- Leplat, J. (1985). *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*. A. Colin.
- Leplat, J. (1995). À propos des compétences incorporées. *Education permanente*, 123, 101-113.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : Contribution à la psychologie ergonomique*. Presses universitaires de France.
- Leplat, J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie : Aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*. Octarès.
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 8-1. <https://doi.org/10.4000/pistes.3101>
- Leplat, J. (2011). *Mélanges ergonomiques : Activité, compétence, erreur*. Octarès Editions.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1981). Subsequent verbalization in the study of cognitive processes. *Ergonomics*, 24(10), 743-755.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Lesh, R., Lester, F. K., & Hjalmanson, M. (2003). A models and modeling perspective on metacognitive functioning in everyday situations where problem solvers develop mathematical constructs. In R. Lesh & H. Doerr, *Beyond Constructivism* (p. 383-404). Lawrence Erlbaum Associates.
- Malabry, Y. (2010, septembre). *Le geste professionnel : Du savoir à la compétence*. Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF), Genève (Suisse).
- Mansour, M., James, V., & Edgley, A. (2012). Investigating the safety of medication administration in adult critical care settings. *Nursing in Critical Care*, 17(4), 189-197. <https://doi.org/10.1111/j.1478-5153.2012.00500.x>
- Márquez-Hernández, V. V., Fuentes-Colmenero, A. L., Cañadas-Núñez, F., Di Muzio, M., Giannetta, N., & Gutiérrez-Puertas, L. (2019). Factors related to medication errors in the preparation and administration of intravenous medication in the hospital environment. *PLOS ONE*, 14(7), e0220001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220001>
- Martineau, A., & Plard, M. (2016). Notice méthodologique pour réaliser un état de l'art en sciences humaines et sociales. : Produire une eanalyse qualitative assistée en mobilisant Mendeley et Nvivo. *HAL Archives-ouvertes.fr*, 18.
- Mayen, P., Métral, J.-F., & Tourmen, C. (2010). Les situations de travail. Références pour les référentiels. *Recherche et formation*, 64, 31-46.
- McMullan, M., Jones, R., & Lea, S. (2010). Patient safety: Numerical skills and drug calculation abilities of nursing students and Registered Nurses. *Journal of Advanced Nursing*, 66(4), 891-899. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05258.x>
- Michel, P., Lathelize, M., Bru-Sonnet, R., Domecq, S., Kret, M., & Quenon, J. L. (2011). *Enquêtes Nationales sur les Événements Indésirables graves* (N° 109; p. 119). DREES (Direction de la Recherche, des Études et de l'Évaluation et des Statistiques). <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/serieetud109.pdf>
- Michel, Philippe, Minodier, C., Moty-Monnereau, C., Lathelize, M., Domecq, S., Chaleix, M., Kret, M., Roberts, T., Nitro, L., Bru-Sonnet, R., Quintard, B., Quenon, J.-L., & Olier, L. (2011). *Les événements indésirables graves dans les établissements de santé :*

- Fréquence, évitabilité et acceptabilité* (Études et résultats N° 761; p. 8). DREES (Direction de la Recherche, des Études et de l'Évaluation et des Statistiques). <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/er761.pdf>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. De Boeck Supérieur.
- Ministère de la santé (1992). *Guide du service de soins infirmiers*. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_du_service_de_soins_infirmiers.pdf
- Moscoso, J. N. (2013). Et si l'on osait une épistémologie de la découverte ? La démarche abductive au service de l'analyse du travail enseignant. *HAL Archives-ouvertes.fr*, 57-80.
- Nagels, M. (2015). « Faire l'expérience de... » n'est pas « avoir de l'expérience de... ». <http://www.17marsconseil.fr/faire-lexperience-de-nest-pas-avoir-de-lexperience-de/>
- Namey, E., Guest, G., McKenna, K., & Chen, M. (2016). Evaluating Bang for the Buck : A Cost-Effectiveness Comparison Between Individual Interviews and Focus Groups Based on Thematic Saturation Levels. *American Journal of Evaluation*. <https://doi.org/10.1177/1098214016630406>
- NCC MERP. (2014, juillet 18). *About Medication Errors* [Text]. NCC MERP National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention. <https://www.nccmerp.org/about-medication-errors>
- Noss, R., & Hoyles, C. (1996). The visibility of meanings : Modelling the mathematics of banking. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 3-31. <https://doi.org/10.1007/BF00191470>
- Noss, R., Hoyles, C., & Pozzi, S. (2002). Abstraction in Expertise : A Study of Nurses' Conceptions of Concentration. *Journal for Research in Mathematics Education*, 33(3), 204. <https://doi.org/10.2307/749725>
- NPSA. (2007). *Learning from patient safety incidents | NHS Improvement*. National Patient Safety Agency. <https://improvement.nhs.uk/resources/learning-from-patient-safety-incidents/>
- Numa-Bocage, L. (2007). La médiation didactique : Un concept pour penser les registres d'aide de l'enseignant. *Carrefours de l'éducation*, n° 23(1), 55-70.
- Numa-Bocage, L. (2009). Le débat, outil didactique pour le développement du jugement moral et la didactique professionnelle. *Carrefours de l'éducation*, 28(2), 37. <https://doi.org/10.3917/cdle.028.0037>
- Numa-Bocage, L., Clauzard, P., & Pastré, P. (2009). *Activité enseignante et didactique professionnelle : Analyse de la co-activité en situation scolaire*. OPEN CNAM HABITER-PIPS. http://www.philippeclauzard.com/Article_Numa_Clauzard_Pastre_2006.pdf
- Numa-Bocage, L., Marcel, J.-F., & Chaussecourte, P. (Éds.). (2014). De l'observation des pratiques enseignantes. *Recherches en Éducation*, 19, 216.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street Mathematics and School Mathematics*. Cambridge University Press.
- Ochanine, D. (1981). *L'image opérative : Actes d'un séminaire (1-5 juin 1981) et recueil d'articles de D. Ochanine*. Université de Paris I.
- Ohashi, K., Dalleur, O., Dykes, P. C., & Bates, D. W. (2014). Benefits and Risks of Using Smart Pumps to Reduce Medication Error Rates : A Systematic Review. *Drug Safety*, 37(12), 1011-1020. <https://doi.org/10.1007/s40264-014-0232-1>

- OMS. (2017). *Medication Without Harm*. http://www.gims-foundation.org/wp-content/uploads/2017/05/WHO-Brochure-GPSC_Medication-Without-Harm-2017.pdf
- O'Shea, E. (1999). Factors contributing to medication errors : A literature review. *Journal of Clinical Nursing*, 8(5), 496-504. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2702.1999.00284.x>
- Paillé, P., & Mucchielli, A. (2012). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (3e édition). Armand Colin. https://books.google.com/books/about/L_analyse_qualitative_en_sciences_huma.html?hl=fr&id=LsRjBXR-9rwc
- Parage, P. (2015). Partir des situations de travail pour analyser l'activité : Le cas des Masseurs kinésithérapeutes. *Education permanente*, 204(3), 9-22.
- Pastré, P. (1999). La conceptualisation dans l'action : Bilan et nouvelles perspectives. *Education permanente*, 139, 13-35.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 9-17.
- Pastré, P. (2005). Apprendre par la résolution de problèmes : Le rôle de la simulation. In P. Pastré (Éd.), *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (p. 17-40). Octarès Editions.
- Pastré, P. (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation*, 56, 81-93. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.907>
- Pastré, P. (2011a). La didactique professionnelle : Un point de vue sur la formation et la professionnalisation. *Education Sciences & Society*, 2(1), 83-95.
- Pastré, P. (2011b). *La didactique professionnelle : Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : Presses universitaires de France. <https://frodon.univ-paris5.fr/url?https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat00224a&AN=desc.000256128&lang=fr&site=eds-live&scope=site>
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145-198.
- Pfeiffer, Y., Zimmermann, C., & Schwappach, D. D. (2018). *Le (double) contrôle de la médication à haut risque : Recommandations destinées aux hôpitaux suisses* (Recommandations N° 10; p. 108). Fondation Sécurité des patients Suisse. https://www.securitedespatisents.ch/fileadmin/user_upload/2_Forschung_und_Entwicklung/DOKO/Doppelkontrolle_Empfehlung_FR.pdf
- Pastré, P., & Vergnaud, G. (2011). L'ingénierie didactique professionnelle. In Philippe Carré & Pierre Caspar, *Traité des sciences et des techniques de la formation* (3e éd.). Dunod.
- Piot, T. (2014). Coordination de l'action pédagogique : Le cas d'instituts de formation professionnelle. In M. Garant & C. Letor, *Encadrement et leadership* (p. 125). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.letor.2014.01.0125>
- Poiroux, L. (2015). *L'intégration des données probantes en pratique clinique*. De Boeck-Estem.
- Poiroux, L. (2019). *Étude de l'impact des soins infirmiers sur le confort, la sécurité et le devenir des patients de réanimation*, [Thèse de doctorat, Angers]. <http://theses.fr/2019ANGE0041>
- Poiroux, L., Le Roy, C., Ramelet, A.-S., Le Brazic, M., Messenger, L., Gressent, A., Alcourt, Y., Haubertin, C., Hamel, J.-F., & Piquilloud, L. (2020). Minimising haemodynamic

- lability during changeover of syringes infusing norepinephrine in adult critical care patients: A multicentre randomised controlled trial. *British Journal of Anaesthesia*, 125(4), 622-628.
- Pozzi, S., Noss, R., & Hoyles, C. (1998). Tools in practice, mathematics in use. *Educational Studies in Mathematics*, 36(2), 105-122.
- Rabardel, P., & Pastré, P. (2005). Concevoir pour les genèses instrumentales. *Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activité développement*. Toulouse: Octarès éditions.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462/>
- Rabardel, P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In R. Teulier & P. Lorino (Éds.), *Entre connaissance et organisation, l'activité collective: L'entreprise face au défi de la connaissance: Colloque de Cerisy* (p. 252-265). Découverte.
- Radley, D. C., Wasserman, M. R., Olsho, L. E., Shoemaker, S. J., Spranca, M. D., & Bradshaw, B. (2013). Reduction in medication errors in hospitals due to adoption of computerized provider order entry systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 20(3), 470-476. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2012-001241>
- Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction. *An approach to cognitive engineering*.
- Reason, J. (2013). *L'erreur humaine* (J.-M. Hoc, Trad.). Presses des Mines-Transvalor.
- REMED. (2014). *Manuel_de_la_remed-jan_2013_-_version_dfinitive_300114.pdf*. <http://www.sfpc.eu/fr/item1/finish/34-documents-sfpc-public/817-sfpc-manuel-remed-2014/0.html>
- Rizzo, A., Bagnara, S., & Visciola, M. (1987). Human error detection processes. *International journal of man-machine studies*, 27(5-6), 555-570.
- Robert, A. (2001). Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, 21(1), 57-80.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528. <https://doi.org/10.1080/14926150209556538>
- Roditi, E. (2011). *Recherches sur les pratiques enseignantes en mathématiques: Apports d'une intégration de diverses approches et perspectives* [Université René Descartes-Paris V]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00655481/>
- Roditi, E. (2014). Le calcul des doses médicamenteuses. Pratiques professionnelles et choix de formation en soins infirmiers. *Recherches en didactique des mathématiques*, 34(2), 103-132.
- Roditi, E. (2012). L'enseignement du calcul de doses médicamenteuses : Un défi pour la santé publique au 21e siècle. *Enseignement des mathématiques et contrat social: enjeux et défis pour le 21e siècle-Actes du colloque EMF2012*, 1235-1245. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00748043/>
- Rogalski, J. (1995). Former à la coopération dans la gestion des sinistres : Élaboration collective d'un dispositif d'actions. *Éducation permanente*, 123, 47-64.
- Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23(3), 343-388.

- Rogalski, J. (2014). Nouvelles pistes de recherche et évolutions de la didactique professionnelle. *Travail et apprentissages*, 13, 118-138.
- Rogalski, J. (2007). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. *Actes du XXVIe colloque COPIRELEM*, 45-66. http://ppwww.ciep.fr/sources/conferences/CD_professionnalisation/bak/pages/docs/pdf_interv/Rogalski_Janine.pdf
- Rogalski, J. (2000). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. *Actes du XXVIe colloque COPIRELEM*, 45-66.
- Rogalski, J., & Leplat, J. (2011). L'expérience professionnelle : Expériences sédimentées et expériences épisodiques. *Activités*, 8 (2). <http://activites.org/v8n2/rogalski.pdf>
- Rogalski, J., & Robert, A. (2015). De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs. Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire. In V. Lussi Borer, M. Durand, & F. Yvon (Éds.), *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation* (p. 93-113). De Boeck Supérieur. <http://www.cairn.info/analyse-du-travail-et-formation-dans-les-metiers--9782804194079-page-93.htm>
- Rogalski, J., & Samurçay, R. (1994). Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau. *La transposition didactique à l'épreuve*, 35-71.
- Rohde, E., & Domm, E. (2018). Nurses' clinical reasoning practices that support safe medication administration : An integrative review of the literature. *Journal of Clinical Nursing*, 27(3-4), e402-e411. <https://doi.org/10.1111/jocn.14077>
- Rosse, F. van, Maat, B., Rademaker, C. M. A., Vught, A. J. van, Egberts, A. C. G., & Bollen, C. W. (2009). The Effect of Computerized Physician Order Entry on Medication Prescription Errors and Clinical Outcome in Pediatric and Intensive Care : A Systematic Review. *Pediatrics*, 123(4), 1184-1190. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1494>
- Saavedra, S. M. (2015, novembre 25). *Remembering Nurse Kim Hiatt : A Casualty of Second Victim Syndrome*. Nurseslabs. <https://nurseslabs.com/remembering-kimberly-hiatt-casualty-second-victim-syndrome/>
- Saint-Dizier de Almeida, V. (2015). L'utilisation conjointe de l'observation et l'auto-confrontation à travers l'étude d'une vente à domicile. *Le travail humain*, 79(4), 307. <https://doi.org/10.3917/th.784.0307>
- Samurçay, R., & Pastré, P. (1995). Outiller les acteurs de la formation pour le développement des compétences. *Education permanente*, 123(2), 13-31.
- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1992). Formation aux activités de gestion d'environnements dynamiques : Concepts et méthodes. *Éducation permanente*, 111, 227-242.
- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le travail humain*, 61(4), 333-359.
- Santell, J. P., Hicks, R. W., McMeekin, J., & Cousins, D. D. (2003). Medication errors : Experience of the United States Pharmacopeia (USP) MEDMARX reporting system. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 43(7), 760-767.
- Savoyant, A. (2005). L'activité en situation de simulation : Objet d'analyse et moyen de développement. *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, Toulouse, Octarès.
- Schliemann, A. D., & Nunes, T. (1990). A situated schema of proportionality. *British Journal of Developmental Psychology*, 8(3), 259-268. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1990.tb00841.x>

- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, 13-49.
- Shamliyan, T. A., Duval, S., Du, J., & Kane, R. L. (2008). Just what the doctor ordered. Review of the evidence of the impact of computerized physician order entry system on medication errors. *Health Services Research*, 43(1 P1), 32-53. Scopus. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2007.00751.x>
- Shane, R. (2009). Current status of administration of medicines. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 66(5_Supplement_3), s42-s48. <https://doi.org/10.2146/ajhp0606>
- Stangierski, A., Warmuz-Stangierska, I., Ruchała, M., Zdanowska, J., Głowacka, M. D., Sowiński, J., & Ruchała, P. (2012). Medical errors – not only patients' problem. *Archives of Medical Science: AMS*, 8(3), 569-574. <https://doi.org/10.5114/aoms.2012.29413>
- Takata, G. S., Taketomo, C. K., Waite, S., & California Pediatric Patient Safety Initiative. (2008). Characteristics of medication errors and adverse drug events in hospitals participating in the California Pediatric Patient Safety Initiative. *American Journal of Health-System Pharmacy: AJHP: Official Journal of the American Society of Health-System Pharmacists*, 65(21), 2036-2044. <https://doi.org/10.2146/ajhp070557>
- Tamburini, S. (2020, mai 24). *Protocole de soins infirmiers—MACSF*. MACSF.fr. <https://www.macsfr.fr/Responsabilite-professionnelle/Actes-de-soins-et-technique-medicale/protocole-soins-infirmiers>
- Taxis, K., & Barber, N. (2003). Ethnographic study of incidence and severity of intravenous drug errors. *Bmj*, 326(7391), 684.
- Terrané, F., Seferdjeli, L., & Diby, M. (2010). Le « tour de lit » aux soins intensifs : Représentations et prise d'information. *Le travail humain*, 73(4), 339. <https://doi.org/10.3917/th.734.0339>
- Tissot, E., Cornette, C., Demoly, P., Jacquet, M., Barale, F., & Capellier, G. (1999). Medication errors at the administration stage in an intensive care unit. *Intensive Care Medicine*, 25(4), 353-359. <https://doi.org/10.1007/s001340050857>
- Tourmen, C. (2014). Usages de la didactique professionnelle en formation : Principes et évolutions. *Savoirs*, n° 36(3), 9-40.
- Trouche, L. (2005). Des artéfacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Le calcul sous toutes ses formes*, 23.
- Valentin, A., Capuzzo, M., Guidet, B., Moreno, R., Metnitz, B., Bauer, P., Metnitz, P., & on behalf of the Research Group on Quality Improvement of the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) and the Sentinel Events Evaluation (SEE) Study Investigators. (2009). Errors in administration of parenteral drugs in intensive care units: Multinational prospective study. *BMJ*, 338(mar12 1). <https://doi.org/10.1136/bmj.b814>
- Van Daele, A., & Aït Aneur, L. (2010). Gestion des erreurs et des risques dans l'aide médicale urgente. *Le travail humain*, Vol. 73(4), 299-318.
- Van den Bemt, P. M. L. A., Fijn, R., van der Voort, P. H. J., Gossen, A. A., Egberts, T. C. G., & Brouwers, J. R. B. J. (2002). Frequency and determinants of drug administration errors in the intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 30(4), 846-850. <https://doi.org/10.1097/00003246-200204000-00022>
- Vantourout, M. (2004). *Étude de l'activité et des compétences de professeurs des écoles et de professeurs de mathématiques dans des situations" simulées" d'évaluation à visée*

- formative en mathématiques*. [Thèse de didactique des mathématiques], Université René Descartes-Paris V.
- Vantourout, M., Goasdoué, R., Maury, S., & Nabbout, M. (2012). *À la frontière entre l'écologique et l'expérimental: Des situations aménagées pour étudier l'activité évaluative en mathématiques*. L'Harmattan. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01239563>
- Vantourout, M., & Maury, S. (2006). Quelques résultats relatifs aux connaissances disciplinaires de professeurs stagiaires dans des situations simulées d'évaluation de productions d'élèves en mathématiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 32(3), 759-782. <https://doi.org/10.7202/016285ar>
- Vergnaud, G. (1980). Didactics and acquisition of "multiplicative structures" in secondary schools. *Cognitive development research in science and mathematics*, 190-200.
- Vergnaud, G. (1981). Jean Piaget. *Revue française de pédagogie*, 57(1), 7-14. <https://doi.org/10.3406/rfp.1981.1739>
- Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. In R. Lesh & M. Landau, *Acquisition of mathematics concepts and processes* (p. 127-174). FL: Academic Press.
- Vergnaud, G. (1991). Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques. *Revue française de pédagogie*, 96(1), 79-86. <https://doi.org/10.3406/rfp.1991.1350>
- Vergnaud, G. (1999). Le développement cognitif de l'adulte. *Traité des sciences et des techniques de la formation*. Paris: Dunod, 189-203.
- Vergnaud, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J.-M. Barbier, *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (Livre électronique, p. 275). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.barbi.2011.01.0275>
- Vergnaud, G., & Samurçay, R. (2000). Que peut apporter l'analyse de l'activité à la formation des enseignants et des formateurs? *Carrefour de l'Éducation*, 10, 49-63.
- Vermersch, P. (2014). *L'entretien d'explicitation* (8e édition augmentée). ESF éd., impr. 2014.
- Vidal-Gomel, C. (2005). Situation de simulation pour la recherche : Quels apports pour la formation professionnelle? Un exemple dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. In P. Pastré (Éd.), *Apprentissage par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (p. 156-180). Octarès. <http://scholar.google.com/scholar?cluster=8088150478049493298&hl=en&oi=scholar>
- Vidal-Gomel, C. (2018). *Analyses de l'activité: Perspectives pour la conception et la transformation des situations de formation*. Presses universitaires de Rennes.
- Vidal-Gomel, C., & Rogalski, J. (2007). La conceptualisation et la place des concepts pragmatiques dans l'activité professionnelle et le développement des compétences. *Activites*, 04(1). <https://doi.org/10.4000/activites.1401>
- Vygotski, L. (1934). *Pensée et langage* (Sève, Trad.). La Dispute. http://www.unige.ch/fapse/life/archives/livres/alpha/V/Vygotski_1997_A.html
- Waterman, A. D., Garbutt, J., Hazel, E., Dunagan, W. C., Levinson, W., Fraser, V. J., & Gallagher, T. H. (2007). The Emotional Impact of Medical Errors on Practicing Physicians in the United States and Canada. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 33(8), 467-476. [https://doi.org/10.1016/S1553-7250\(07\)33050-X](https://doi.org/10.1016/S1553-7250(07)33050-X)
- Weeks, K. W., Lyne, P., Mosely, L., & Torrance, C. (2001). The strive for clinical effectiveness in medication dosage calculation problem-solving skills : The role of constructivist learning theory in the design of a computer-based 'authentic world'

- learning environment. *Clinical Effectiveness in Nursing*, 5(1), 18-25. <https://doi.org/10.1054/cein.2001.0180>
- Weeks, K. W., Lyne, P., & Torrance, C. (2000). Written drug dosage errors made by students : The threat to clinical effectiveness and the need for a new approach. *Clinical Effectiveness in Nursing*, 4(1), 20-29. <https://doi.org/10.1054/cein.2000.0101>
- Weeks, K. W., Sabin, M., Pontin, D., & Woolley, N. (2013). Safety in numbers : An introduction to the nurse education in practice series. *Nurse Education in Practice*, 13(2), e4-e10. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2012.06.006>
- West, C. P., Huschka, M. M., Novotny, P. J., Sloan, J. A., Kolars, J. C., Habermann, T. M., & Shanafelt, T. D. (2006). Association of Perceived Medical Errors With Resident Distress and Empathy : A Prospective Longitudinal Study. *JAMA*, 296(9), 1071. <https://doi.org/10.1001/jama.296.9.1071>
- Westbrook, J. I., Li, L., Hooper, T. D., Raban, M. Z., Middleton, S., & Lehnbohm, E. C. (2017). Effectiveness of a 'Do not interrupt' bundled intervention to reduce interruptions during medication administration : A cluster randomised controlled feasibility study. *BMJ quality & safety*, 26(9), 734-742.
- Westbrook, J. I., Rob, M. I., Woods, A., & Parry, D. (2011). Errors in the administration of intravenous medications in hospital and the role of correct procedures and nurse experience. *BMJ Quality & Safety*, 20(12), 1027-1034. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2011-000089>
- Westphal, J.-F., & Farinotti, R. (2003). La prescription médicale informatisée des médicaments, outil de sécurité sanitaire à l'hôpital. *La presse médicale*, 32(24), 1138-1146. <https://doi.org/PM-07-2003-32-24-0755-4982-101019-ART12>
- Wright, K. (2006). Barriers to accurate drug calculations. *Nursing Standard*, 20(28), 41-45.
- Wright, K. (2007). Student nurses need more than maths to improve their drug calculating skills. *Nurse Education Today*, 27(4), 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2006.05.007>
- Wright, K. (2008a). Drug calculations part 1 : A critique of the formula used by nurses. *Nursing standard*, 22(36), 40.
- Wright, K. (2008b). Drug calculations part 2 : Alternative strategies to the formula. *Nursing Standard*, 22(37), 42.
- Wright, K. (2008c). Can effective teaching and learning strategies help student nurses to retain drug calculation skills? *Nurse Education Today*, 28(7), 856-864. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2008.01.002>
- Wright, K. (2009a). Supporting the development of calculating skills in nurses. *British Journal of Nursing*, 18(7), 399-402. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.7.41652>
- Wright, K. (2009b). Developing methods for solving drug dosage calculations. *British Journal of Nursing*, 18(11), 685-689. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.11.42721>
- Wright, K. (2009c). Resources to help solve drug calculation problems. *British Journal of Nursing*, 18(14), 878-883. <https://doi.org/10.12968/bjon.2009.18.14.43357>
- Wright, K. (2009d). The assessment and development of drug calculation skills in nurse education - A critical debate. *Nurse Education Today*, 29(5), 544-548. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2008.08.019>
- Wright, K. (2010). Do calculation errors by nurses cause medication errors in clinical practice? A literature review. *Nurse Education Today*, 30(1), 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2009.06.009>

- Wright, K. (2013a). How do nurses solve drug calculation problems? *Nurse Education Today*, 33(5), 450-457. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2012.04.009>
- Wright, K. (2013b). The role of nurses in medicine administration errors. *Nursing Standard*, 27(44), 35-40.
- Wright, K., & Sheperd, E. (2017). How to calculate drug doses and infusion rates accurately.pdf. *Nursing Times [online]*, 113(10), 31-34.
- Wu, A. W. (2000). Medical error: The second victim. *BMJ: British Medical Journal*, 320(7237), 726-727.

ANNEXES - LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 - Quelques définitions de la gestion des événements indésirables graves associés aux soins

Annexe 2 - Définitions des erreurs médicamenteuses

Annexe 3 – Illustration du *Swiss Cheese Model* de Reason (1993/2013)

Annexe 4 – Schéma de la double régulation de Leplat (1997)

Annexe 5 - Grille d'analyse de l'activité de calcul de doses à partir du modèle de la double régulation de l'activité du sujet

Annexe 6 - Exemple de protocole thérapeutique médicamenteux : la dobutamine

Annexe 7 – Tableau des niveaux de gravité d'un événement indésirable associé aux soins (EIAS)

Annexe 8 – Attestation de déclaration de la recherche auprès de la CNIL

Annexe 9 - Autorisation du comité de d'éthique de la SRLF

Annexe 10 - Questionnaire vierge de l'enquête de pratique

Annexe 11 – Exemple d'un cas clinique extrait de la simulation

Annexe 12 – Exemple d'une feuille de prescription médicale extraite de la simulation

Annexe 13 - Grille vierge de l'entretien d'auto-confrontation simple

ANNEXE 1 - Quelques définitions de la gestion des événements indésirables graves associés aux soins

EIAS : événement indésirable associé aux soins

« Constitue un événement indésirable associé aux soins tout incident préjudiciable à un patient hospitalisé survenu lors de la réalisation d'un acte de prévention, d'une investigation ou d'un traitement » (Art. R. 6111-1 du CSP).

« Un incident touchant à la sécurité des patients est un événement ou une circonstance qui aurait pu entraîner, ou a entraîné, une atteinte inutile pour un patient. »

OMS (2009). *Conceptual Framework for the International Classification for Patient Safety*. Version 1.1. Final Technical Report January 2009. <http://www.who>.

EIGS : événement indésirable grave associé aux soins

« Un événement indésirable grave associé à des soins réalisés lors d'investigations, de traitements, d'actes médicaux à visée esthétique ou d'actions de prévention est un événement inattendu au regard de l'état de santé et de la pathologie de la personne et dont les conséquences sont le décès, la mise en jeu du pronostic vital ou la survenue probable d'un déficit fonctionnel permanent » (Décret en cours de validation modifiant l'article R. 1413-67 du code de la santé publique).

EPR : événement porteur de risque

« Sont considérés comme événements porteurs de risques médicaux les événements indésirables dont la nature, les modalités de déclaration et d'analyse sont précisées par le collège de la Haute Autorité de santé, à l'exclusion des événements indésirables graves mentionnés à l'article L. 1413-14 ». (Article D. 4135-3 du CSP)

« On entend par événements considérés comme porteurs de risques médicaux les événements indésirables associés aux soins (EIAS) tels que définis à l'article R. 6111-1 du code de la santé publique (CSP)» Décision n° 2014-0202/DC/MSP du 8 octobre 2014 du Collège de la Haute Autorité de santé adoptant la procédure d'accréditation des médecins et des équipes médicales, article 1er-1.

RMM : revue de mortalité et de morbidité

« Une revue de mortalité et de morbidité (RMM) est une analyse collective, rétrospective et systémique* de cas marqués par la survenue d'un décès, d'une complication, ou d'un événement qui aurait pu causer un dommage au patient, qui a pour objectif la mise en œuvre et le suivi d'actions pour améliorer la prise en charge des patients et la sécurité des soins» (HAS – Guide méthodologique. Novembre 2009, p.9).

REMEDI : revue des erreurs liées aux médicaments et dispositifs médicaux associés

REMEDI est une revue de mortalité et de morbidité spécifiquement centrée sur les erreurs médicamenteuses.

C'est une démarche structurée d'analyse *a posteriori* de cas d'erreurs médicamenteuses rendus anonymes. Basée sur une analyse collective, pluriprofessionnelle et systémique, elle vise à concevoir et mettre en œuvre des actions de réduction des risques liés à la prise en charge médicamenteuse des patients.

Société française de pharmacie clinique, Guide méthodologique p. 4.
<http://www.sfpc.eu/fr/pratiquesprofessionnelles/remedi.html>.

Source : HAS 2016 - Cadre général d'évaluation des démarches d'analyse des événements indésirables associés aux soins

https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-11/cadre_general_devaluation_des_demarches_danalyse_des_eias_-_novembre_2016.pdf

ANNEXE 2 : Définitions des erreurs médicamenteuses

L'erreur médicamenteuse est l'omission ou la réalisation d'un acte **non intentionnel** impliquant un médicament durant le processus de soins. Elle peut être à l'origine d'un risque ou d'un événement indésirable pour le patient.

3 situations

L'erreur médicamenteuse est **avérée** : le patient a reçu un médicament erroné, une dose incorrecte, via une mauvaise voie, ou selon un mauvais schéma thérapeutique

L'erreur médicamenteuse est **potentielle** : elle est interceptée avant l'administration du produit au patient

L'erreur médicamenteuse est **latente (risque d'erreur)** : une observation a permis d'identifier un danger potentiel pour le patient (conditionnement ou dénomination similaires de médicaments)

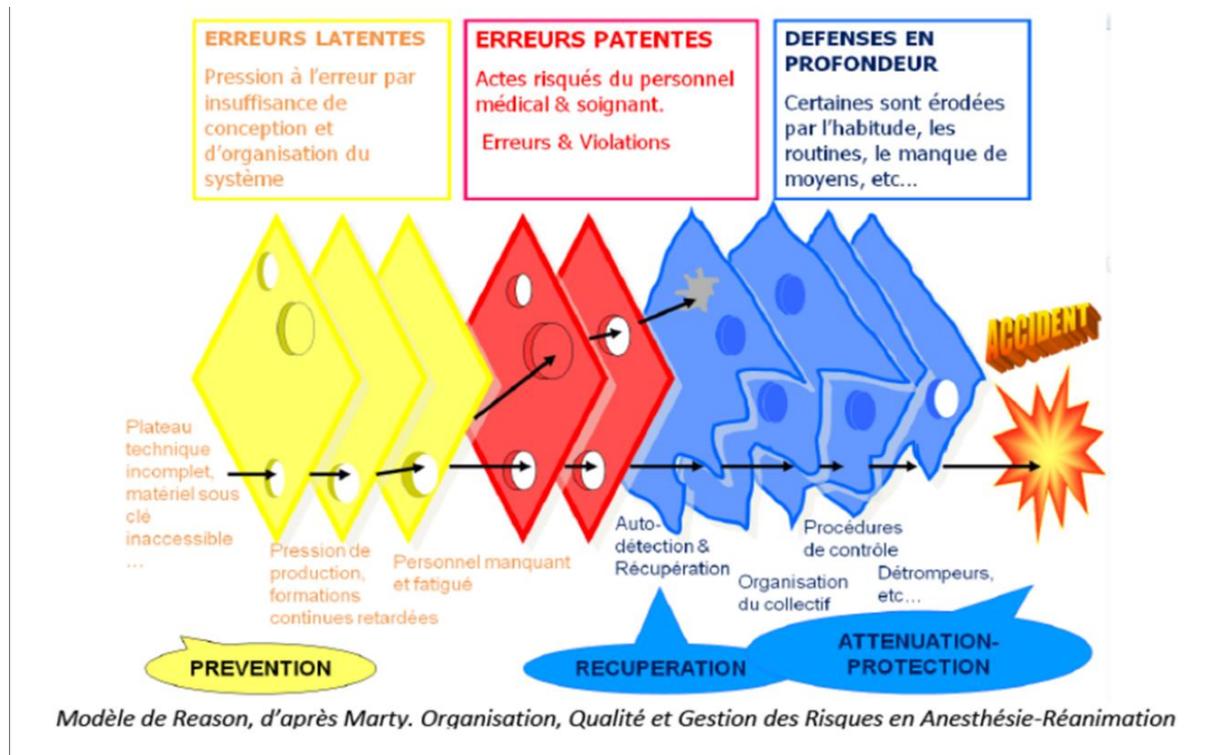
Source ANSM – Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

[https://www.ansm.sante.fr/Declarer-un-effet-indesirable/Erreurs-medicamenteuses/Qu-est-ce-qu-une-erreur-medicamenteuse/\(offset\)/0](https://www.ansm.sante.fr/Declarer-un-effet-indesirable/Erreurs-medicamenteuses/Qu-est-ce-qu-une-erreur-medicamenteuse/(offset)/0)

L'erreur médicamenteuse est l'omission ou la réalisation non intentionnelle d'un acte relatif à un médicament, qui peut être à l'origine d'un risque ou d'un événement indésirable pour le patient. Par définition, l'erreur médicamenteuse est évitable car elle manifeste ce qui aurait dû être fait et qui ne l'a pas été au cours de la prise en charge thérapeutique médicamenteuse d'un patient. Elle peut concerner une ou plusieurs étapes du circuit du médicament, telles que la prescription, la dispensation, la préparation galénique, la délivrance, l'administration, le suivi thérapeutique mais aussi ses interfaces telles que les transmissions (HAS, 2015).

https://www.has-sante.fr/jcms/c_2574453/fr/securiser-la-prise-en-charge-medicamenteuse-en-etablissement-de-sante

ANNEXE 3 : Le Swiss Cheese Model de Reason



Swiss Cheese Model de Reason d'après Ragni (2011). ALARM facile, mode d'emploi.

https://ingarj.pagesperso-orange.fr/ALARM%20Facile/ModeEmploi_ALARM_6.pdf

ANNEXE 4 : Le schéma de le double régulation de l'activité

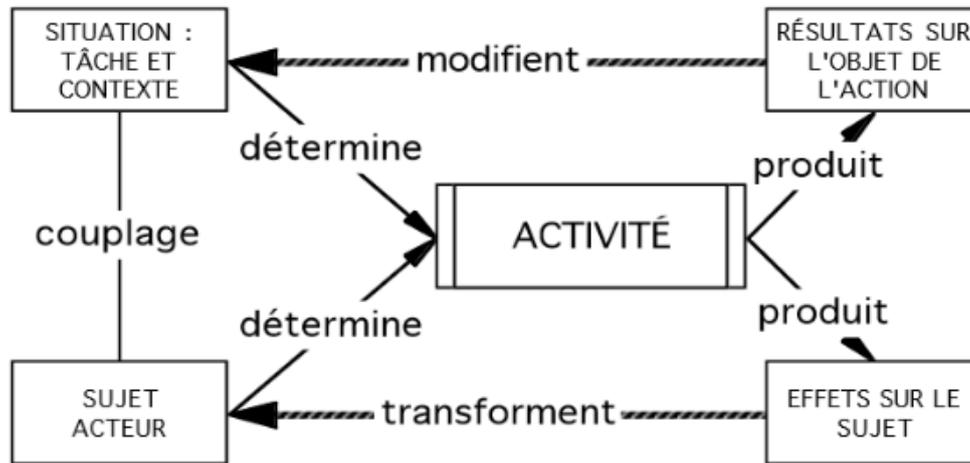


Figure 1. La double régulation comprend, d'une part, une co-détermination de l'activité par les propriétés de la situation et du sujet, et d'autre part, une double modification de la situation et du sujet du fait des résultats et effets produits (et de leur comparaison à l'attendu ou à l'acceptable). (D'après Leplat, 1997).

Schéma de la double régulation de l'activité du sujet (récupéré de Rogalski, 2013, p. 5)

ANNEXE 5 : Grille d'analyse de l'activité du sujet

Préparation de l'activité			Exécution de l'activité	Évaluation		
Situation	Sujet	Couplage situation -sujet	Activité	Résultats de l'activité	Effets / Situation	Effets / Sujet
<u>Fonctionnement usuel</u> (contexte professionnel) - environnement de la tâche - tâche à réaliser	<u>Connaissances</u> Invariants opératoires Sélectionner l'info pertinente, la traiter pour en inférer : buts, anticipations, règles d'action	<u>Familiarité avec la tâche</u> Conduite engendrée par l'action, la prise d'informations et le contrôle	<u>Exécution de l'activité</u> Si écarts = contrôle de l'action - règles → réorganisation - procédures Conformité ? procédure	<u>Résultat</u> Seringue + débit réglé + étiquettes <u>Exactitude du résultat</u> Conformité et exactitude du débit / seringue, étiquetage qui répond aux normes de sécurité : produit, concentration, débit.	<u>Qualité de la préparation</u> Erreurs Incidents Difficultés de mis en œuvre	<u>Degré de conformité aux attentes</u> Plusieurs dimensions : cognitive, physique, émotionnelle
Déterminants externes	Déterminants internes	Au niv. Cognitif Diagnostic/pronostic	Ajustement des écarts → diagnostic pour l'action Contrôle de l'action	Évaluation		
- Type de service - Protocole de préparation - type de prescription médicale - Matériels - Type de patients - Travail collectif	- Raisonnements - Connaissance des médicaments - Connaissance des pathologies et effets des traitements - Expérience prof. Métacompétences	- Pertinence de la prise d'info (obs., écoute, perception) - Intentions (Buts, sous-buts, anticipations) - Attentes, Buts de l'action et effets de l'action) - Adaptation à la situation (Inférences)	- Procédures, règles d'action - Conformité à des gestes attendus - Rapidité d'exécution - Fluidité / aisance	<u>État de situation modifié</u> Sur le but principal de la situation <u>Effets multiples</u> - Nouvelles conditions de l'action - Modification des valeurs de certains déterminants → Adaptation de l'action → Temporalité = régulation en cours d'action ou à distance	<u>État du sujet modifié</u> Si coût cognitif élevé = redéfinition ou modification de l'acceptabilité de l'effort ou du coût	

Grille d'analyse de l'activité réalisée à partir du modèle de la double régulation de l'activité de Rogalski (2003, 2007)

ANNEXE 6 : Exemple de protocole thérapeutique médicamenteux

	PROTOCOLE THERAPEUTIQUE MEDICAMENTEUX	Réf. : Indice : 00 Page 1/3
	DOBUTAMINE 250MG/20ML INJ FL Choc cardiogénique ; syndrome de bas débit	
Version de ce document : <input checked="" type="checkbox"/> Nouveau document <input type="checkbox"/> Mise à jour du document réf. :		Date de mise en application : Date de fin d'évaluation : Durée de validité : 5ans Date de fin de validité :

1. OBJET

Utilisation de Dobutamine 250mg/20mL

2. DOMAINE D'APPLICATION

Prescription médicale

3. PERSONNES CONCERNEES

Médecins et infirmier(ère)s

4. VALIDATION

Validation en COMEDIMS le :

Validation en CME le :

5. RESPONSABILITE

Médecin prescripteur

6. DOCUMENTS DE REFERENCE

Vidal 2008

Base de donnée thériaque

Plaquette laboratoire du service de cardiologie

REDACTEUR	VERIFICATEUR	APPROBATEUR
Date : Nom : M. A. DONY Fonction : Étudiant en pharmacie 5AHU Visa :	Date : Nom : Dr D. PINEY Fonction : Pharmacien Visa :	Date : Nom : Dr J.L. WEBER Fonction : Chef de service - cardiologie Visa :



DOBUTAMINE 250MG/20ML INJ FL
Choc cardiogénique ; syndrome de bas débit

7. PROTOCOLE**7.1 Posologie**

- 2,5 à 25 µg/kg/min selon prescription médicale

7.2 Modalités de préparation

- Prélever 1 ampoule soit 20mL
- Compléter à 50mL avec NaCl 0,9% ou du SG 5%
- Soit une solution à 5 mg/mL
- Ne pas mélanger avec des solvants alcalins type bicarbonate de Na

7.3 Modalités d'administration

- Perfusion IV stricte au pousse seringue électrique
- Débit d'administration

Poids Kg	Dose µg/Kg/min						
	2,5	5	7,5	10	15	20	25
30 - 39	1,0	2,1	3,2	4,2	6,3	8,4	10,6
40 - 49	1,3	2,7	4,0	5,4	8,1	10,8	13,5
50 - 59	1,6	3,3	5,0	6,6	9,9	13,2	16,5
60 - 69	1,9	3,9	5,9	7,8	11,7	15,6	19,5
70 - 79	2,2	4,5	6,8	9,0	13,5	18,0	22,5
80 - 89	2,4	5,1	7,7	10,2	15,3	20,4	25,5
90 - 99	2,8	5,7	8,6	11,4	17,1	22,8	28,5
100 - 109	3,1	6,3	9,5	12,6	18,9	25,2	31,5
110 - 119	3,4	6,9	10,3	13,8	20,7	27,6	34,5
120 - 129	3,7	7,5	11,1	15,0	21,5	30,0	37,5
130 - 139	4,0	8,1	11,9	16,2	22,3	32,4	40,5

- Surveiller
 - fréquence cardiaque, pression artérielle
 - ECG
 - la diurèse

**DOBUTAMINE 250MG/20ML INJ FL****Choc cardiogénique ; syndrome de bas débit****7.4 Précaution – surdosage**

- Corriger
 - une éventuelle **hypovolémie** par le remplissage vasculaire
 - une éventuelle **hypokaliémie**
 - une éventuelle **acidose**
- Risque d'aggravation de l'arythmie
- Risque d'hypertension artérielle surtout chez les patients avec ATCD hypertension
- Arrêter le traitement progressivement

7.5 Effets indésirables

- Hypertension artérielle
- Tachycardie
- Arythmie ventriculaire / Tachycardie ventriculaire
- Nausées
- Crise angineuse

- Inflammation au site d'injection

7.6 Contre – indications

- Cardiomyopathie obstructive
- Rétrécissement aortique
- Tamponnade

7.7 Stabilité – Conservation

- Avant dilution
 - A conserver à une température comprise entre 2°C et 30°C
 - Ne pas congeler
- Après dilution
 - stable 48h à 25°C à la lumière
- La solution peut virer au rose, d'autant plus avec le temps, mais cela n'implique aucune diminution d'activité

ANNEXE 7 : Les niveaux de gravité des EIAS

	Niveau 1 « mineur »	L'EIAS provoque un désagrément ou une insatisfaction au patient. ➤ <i>Par exemple</i> : erreur d'identification d'un patient rattrapée avant qu'on lui donne son médicament
	Niveau 2	L'EIAS impacte le patient sans mise en jeu de sa sécurité et sans interrompre sa prise en charge initiale. ➤ <i>Par exemple</i> : examen réalisé mais pas à la bonne personne
	Niveau 3 « majeur »	Une prise en charge spécifique ou une surveillance accrue sont nécessaires sans pour autant interrompre la prise en charge. ➤ <i>Par exemple</i> : chute d'un patient avec plaie du front nécessitant des points de suture
	<i>A partir du Niveau 4 : La prise en charge de l'EIAS prend le dessus sur la prise en charge de la pathologie initiale. La prise en charge initiale doit être reportée.</i>	
	Niveau 4 « critique »	L'EIAS est récupéré au final avec des conséquences réversibles. ➤ <i>Par exemple</i> : administration d'un mauvais médicament entraînant une détresse respiratoire et une hospitalisation
	Niveau 5 « catastrophique »	L'EIAS est difficilement récupérable. On pourra au mieux atténuer ses conséquences qui restent cependant importantes et irréversibles. ➤ <i>Par exemple</i> : erreur de site chirurgical avec ablation du rein fonctionnel au lieu du rein atteint

Les niveaux de gravité d'un événement indésirable associé aux soins (EIAS)

(HAS, 2015, p. 6)

Dossier de presse – Sécurité du patient : la HAS se mobilise pour réduire les risques associés aux soins – Service Presse, mai 2015.

https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2015-05/securete_du_patient_eias_dossier_de_presse.pdf

ANNEXE 8 : Attestation de déclaration auprès de la CNIL

CNIL.

3 Place de Fontenoy - 75334 PARIS Cedex 07
T. 01 53 73 22 22 - F. 01 53 73 22 00
www.cnil.fr

RÉCÉPISSÉ

DÉCLARATION NORMALE

Numéro de déclaration

1946962 v 1

du 25-01-2017

Monsieur BENLAHOUES Daniel
ASSISTANCE PUBLIQUE - HOPITAUX DE PARIS
(AP-HP)
HOPITAL SAINT-LOUIS
1 AVENUE CLAUDE VELLEFAUX
75010 PARIS

A LIRE IMPERATIVEMENT

La délivrance de ce récépissé atteste que vous avez transmis à la Cnil un dossier de déclaration formellement complet. Vous pouvez désormais mettre en œuvre votre traitement de données à caractère personnel.

La CNIL peut à tout moment vérifier, par courrier, par la voie d'un contrôle sur place ou en ligne, que ce traitement respecte l'ensemble des dispositions de la loi du 6 janvier 1978 modifiée en 2004. Afin d'être conforme à la loi, vous êtes tenu de respecter tout au long de votre traitement les obligations prévues et notamment :

- 1) La définition et le respect de la finalité du traitement,
- 2) La pertinence des données traitées,
- 3) La conservation pendant une durée limitée des données,
- 4) La sécurité et la confidentialité des données,
- 5) Le respect des droits des intéressés : information sur leur droit d'accès, de rectification et d'opposition.

Pour plus de détails sur les obligations prévues par la loi « informatique et libertés », consultez le site internet de la CNIL : www.cnil.fr

Organisme déclarant

Nom : ASSISTANCE PUBLIQUE - HOPITAUX DE PARIS (AP-HP)

Service : DEPARTEMENT DE LA RECHERCHE CLINIQUE ET DU DEVELOPPEMENT

Adresse : HOPITAL SAINT-LOUIS 1 AVENUE CLAUDE VELLEFAUX

Code postal : 75010

Ville : PARIS

N° SIREN ou SIRET :

267500452

Code NAF ou APE :

8610Z

Tél. : 0144841723

Fax. :

Traitement déclaré

Finalité : L'OBJECTIF DE CETTE RECHERCHE EST DE COMPRENDRE LES STRATÉGIES DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES MOBILISÉES PAR LES INFIRMIÈRES LORS DE LA PRÉPARATION DES MÉDICAMENTS INJECTABLES À RISQUES.

Motif de la modification : requalification de la demande d'autorisation en déclaration normale

Fait à Paris, le 25-01-2017
Par délégation de la commission

Isabelle FALQUE PIERROTIN
Présidente

ANNEXE 9 : Avis de la commission d'éthique de la SRLF



SRLF

SOCIÉTÉ DE RÉANIMATION DE LANGUE FRANÇAISE
Siège Social : 45, avenue Claude Vollefaux – 75010 Paris
Tél. : 01 45 86 74 00 – Fax : 01 45 86 74 44
Site Internet : www.srlf.org

Commission d'Éthique
Secrétaire
Jean Reignier
jean.reignier@chu-nantes.fr

Membres SRLF
Fabienne Bordet
Thierry Boulain
Sandrine Dray
Frédéric Gonzalez
Alexandra Laurent
Odile Noizet-Yverneau
Jean-Pierre Quenot
Jean-Philippe Rigaud
Stéphane Rolando
Mathieu Série
Lilia Soufir
Thierry Van Der Linden

Membres non SRLF
Isabelle Blondiaux
Bertrand Quentin

Direction Administrative
Chantal Sevens
chantal.sevens@srlf.org

Secrétariat
Mathieu Lioung
Florence Neels
secretariat@srlf.org

Monsieur Daniel Benlahouès
Laboratoire Education, Discours et Apprentissages
(EA4071)
Université Paris-Descartes – Sorbonne Paris Cité
45 rue des Saints-Pères
75006 Paris.

Paris, le 11 mai 2016,

Cher Collègue,

Votre projet de recherche «Etude PRECIS : PREparation des médicaments injectables à risques et Calculs de doses par les InfirmièreS» (référence CE SRLF 16-29) a été évalué par la Commission d'éthique de la SRLF lors de sa réunion du 03/05/2016.

La Commission d'éthique donne un avis favorable à votre projet.

Pour information, je vous rappelle que l'avis de la CE de la SRLF ne dispense pas des obligations légales éventuelles et qu'il reste de la responsabilité de l'investigateur et du promoteur éventuel de l'étude de se mettre en conformité avec la loi sur la recherche biomédicale et en particulier de procéder aux soumissions ou avis aux comités ou commissions légalement compétentes.

Recevez, Cher Collègue, l'assurance de nos salutations distinguées.

Dr Jean Reignier
Secrétaire de la Commission d'Éthique



Avis favorable de la Commission d'éthique de la Société de Réanimation de Langue Française relatif au projet de recherche PRECIS: **PRÉ**paration des médicaments injectables à risque et **Calc**uls de doses par les **InfirmièreS**.

ANNEXE 10 : Questionnaire sur les médicaments à risque et les raisonnements mathématiques utilisés en réanimation/soins intensifs

Questionnaire sur l'utilisation des produits médicamenteux injectables en intraveineux et raisonnements mathématiques pour les réanimations et USI

Ce questionnaire de pré-enquête, réalisé dans le cadre d'une thèse, est un outil de mise à plat des pratiques infirmières autour de l'utilisation de certains médicaments injectables par voie intraveineuse. Vous pouvez le renseigner de façon électronique ou sur papier directement et le restituer à votre cadre de santé. Merci de prendre quelques minutes pour le remplir et ainsi m'aider pour une meilleure compréhension de cette activité infirmière. Ce questionnaire est anonyme.

CONTEXTE DE TRAVAIL

1 – Précisez la nature de votre établissement (CH, CHU, ...) et sa taille (nb de lits) ?

2 – Précisez le type (Réanimation médicale, chirurgicale, ...) et la taille de l'unité dans le lequel vous exercez ?

3 – Précisez approximativement l'effectif :

- IDE :
- AS :
- Médecins :

4 – Décrivez succinctement les conditions de travail :

- Rythme de rotation des équipes :
- Unité récente ou ancienne :
- Plan de travail dédié à la préparation médicamenteuse (poste de soins, chariot ou paillasse dans la chambre, ...)
- Approvisionnement en médicaments :
 - Pharmacie à usage intérieur (pour l'hôpital) : Oui Non

Oui Préparation de médicaments prêts à l'emploi pour votre unité
Non

Lesquels ?

Pharmacie locale dans l'unité : Oui Non

5 – Caractéristiques du répondant

• Titre : Expérience de DE : Expérience dans l'unité :

A – HEPARINE

1 – Quelle(s) présentation(s) de ce médicament utilisez-vous ?

Héparine flacon de 25000 UI / 5 mL – flacon de 5 mL Oui Non

Autre dosage : UI / 1 mL – flacon de mL

2 – La prescription est-elle manuscrite ? Oui Non

3 – La prescription est-elle informatisée ? Oui Non

• Logiciel utilisé :

• Le calcul de dose est-il informatisé ? Oui Non

• Quelles données sont rentrées et dans quel ordre ?

• Dans quelle unité le résultat est-il obtenu ?

4 – Protocole imposé pour la préparation de la SAP (ou seringue électrique) : Oui
Non

Si oui, préciser lequel ?

Pour ce protocole, faire figurer :

- la quantité (volume ou masse) de principe actif :
- le type de diluant :
- le volume de diluant :
- la vitesse est-elle imposée : Oui Non
- la vitesse est-elle calculée : Oui Non
 - Par qui ?
 - Comment ?

5 – Expliquer la méthode de préparation et le raisonnement mathématique à partir des outils proposés

- Si préparation et raisonnement à partir du flacon (par ex. 1 flacon complet dilué dans X mL de diluant, ...)

- Si préparation libre laissée à l'initiative de l'infirmier (par ex. calcul de proportionnalité puis préparation, ...)

- Si préparation à partir d'abaques (tables de calculs et de préparation)

- Si préparation à partir d'un calcul informatisé (par ex. ordre de saisie des données puis mode de préparation)

- Autres : (préciser)

B – MORPHINE

1 – Quelle(s) présentation(s) de ce médicament utilisez-vous ?

Morphine ampoule de 1 mg / 1 mL – ampoule de 1 mL	Oui	Non
---	-----	-----

Morphine ampoule de 10 mg / 1 mL – flacon de 1 mL	Oui	Non
---	-----	-----

Morphine ampoule de 50 mg / 1 mL – flacon de ... mL	Oui	Non
---	-----	-----

Autre dosage : morphine mg / mL – ampoule de ... mL

Au regard de la prescription, si les données sont identiques ne pas les renseigner à nouveau

2 – La prescription est-elle manuscrite ?	Oui	Non
---	-----	-----

3 – La prescription est-elle informatisée ?	Oui	Non
---	-----	-----

- Logiciel utilisé :

- Le calcul de dose est-il informatisé ? Oui Non
- Quelles données sont rentrées et dans quel ordre ?

- Dans quelle unité le résultat est-il obtenu ?

4 – Protocole imposé pour la préparation de la SAP (ou seringue électrique) : Oui
Non

Si oui, préciser lequel ?

Pour le protocole, faire figurer :

- la quantité (volume ou masse) de principe actif :
- le type de diluant :
- le volume de diluant :
- la vitesse est-elle imposée : Oui Non
- la vitesse est-elle calculée : Oui Non
 - Par qui ?
 - Comment

5 – Expliquer la méthode de préparation et le raisonnement mathématique à partir des outils proposés

- Si préparation et raisonnement à partir du flacon (par ex. 1 flacon complet dilué dans X mL de diluant, ...)
- Si préparation libre laissée à l'initiative de l'infirmier (par ex. calcul de proportionnalité puis préparation, ...)

- Si préparation à partir d'abaques (tables de calculs et de préparation)

- Si préparation à partir d'un calcul informatisé (par ex. ordre de saisie des données puis mode de préparation)

- Autres : (préciser)

C – INSULINE

1 – Quelle présentation de ce médicament utilisez-vous ?

Insuline rapide flacon de 100 UI / 1 mL – flacon de 10 mL Oui Non

Au regard de la prescription, si les données sont identiques ne pas les renseigner à nouveau

2 – La prescription est-elle manuscrite ? Oui Non

3 – La prescription est-elle informatisée ? Oui Non

- Logiciel utilisé :
- Le calcul de dose est-il informatisé ? Oui Non
- Quelles données sont rentrées et dans quel ordre ?

- Dans quelle unité le résultat est-il obtenu ?

4 – Protocole imposé pour la préparation de la SAP (ou seringue électrique) : Oui
Non

Si oui, préciser lequel ?

Pour le protocole, faire figurer :

- la quantité (volume ou masse) de principe actif :
- le type de diluant :
- le volume de diluant :
- la vitesse est-elle imposée : Oui Non
- la vitesse est-elle calculée : Oui Non
 - Par qui ?
 - Comment ?

5 – Expliquer la méthode de préparation et de calculs raisonnement mathématique à partir des outils proposés

- Si préparation et raisonnement à partir du flacon (par ex. 1 flacon complet dilué dans X mL de diluant, ...)

- Si préparation libre laissée à l'initiative de l'infirmier (par ex. calcul de proportionnalité puis préparation, ...)
- Si préparation à partir d'abaques (tables de calculs et de préparation)
- Si préparation à partir d'un calcul informatisé (par ex. ordre de saisie des données puis mode de préparation)
- Autres : (préciser)

D – POTASSIUM

1 – Quelle(s) présentation(s) de ce médicament utilisez-vous ?

Potassium 10 % ampoule de 1g/10 mL	Oui	Non
Potassium 15 % ampoule de 1,5g /10 mL	Oui	Non
Potassium 20 % ampoule de 2g /10 mL	Oui	Non

Au regard de la prescription, si les données sont identiques ne pas les renseigner à nouveau

2 – La prescription est-elle manuscrite ? Oui Non

3 – La prescription est-elle informatisée ? Oui Non

- Logiciel utilisé :
- Le calcul de dose est-il informatisé ? Oui Non
- Quelles données sont rentrées et dans quel ordre ?

- Dans quelle unité le résultat est-il obtenu ?

4 – Protocole imposé pour la préparation de la SAP (ou seringue électrique) : Oui
Non

Si oui, préciser lequel ?

Pour le protocole, faire figurer :

- la quantité (volume ou masse) de principe actif :
- le type de diluant :
- le volume de diluant :
- la vitesse est-elle imposée : Oui Non
- la vitesse est-elle calculée : Oui Non
 - Par qui ?
 - Comment ?

5 – Expliquer la méthode de préparation et le raisonnement mathématique à partir des outils proposés.

- Si préparation et raisonnement à partir du flacon (par ex. 1 flacon complet dilué dans X mL de diluant, ...)

- Si préparation libre laissée à l'initiative de l'infirmier (par ex. calcul de proportionnalité puis préparation, ...)
- Si préparation à partir d'abaques (tables de calculs et de préparation)
- Si préparation à partir d'un calcul informatisé (par ex. ordre de saisie des données puis mode de préparation)
- Autres : (préciser)

E - CATECHOLAMINES

1 - Quels médicaments et quelles présentations de ce médicament utilisez-vous ?

Énoncez les plus utilisés uniquement

Au regard de la prescription, si les données sont identiques ne pas les renseigner à nouveau

2 – La prescription est-elle manuscrite ? Oui Non

3 – La prescription est-elle informatisée ? Oui Non

- Logiciel utilisé :
- Le calcul de dose est-il informatisé ? Oui Non
- Quelles données sont rentrées et dans quel ordre ?

- Dans quelle unité le résultat est-il obtenu ?

4 – Protocole imposé pour la préparation de la SAP (ou seringue électrique) : Oui
Non

Si oui, préciser lequel ?

Pour le protocole, faire figurer :

- la quantité (volume ou masse) de principe actif :
- le type de diluant :
- le volume de diluant :
- la vitesse est-elle imposée : Oui Non
- la vitesse est-elle calculée : Oui Non
 - Par qui ?
 - Comment ?

5 – Expliquer la méthode de préparation et le raisonnement mathématique à partir des outils proposés.

- Si préparation et raisonnement à partir du flacon (par ex. 1 flacon complet dilué dans X mL de diluant, ...)

- Si préparation libre laissée à l'initiative de l'infirmier (par ex. calcul de proportionnalité puis préparation, ...)

- Si préparation à partir d'abaques (tables de calculs et de préparation)

- Si préparation à partir d'un calcul informatisé (par ex. ordre de saisie des données puis mode de préparation)

- Autres : (préciser)

F – Dispositifs d'administration et gestion des risques

1 – Quel dispositif médical utilisez-vous pour administrer le médicament injectable que vous avez préparé ?

- Type :

- Marque : Volume maximal accepté par le dispositif :

- Type de programmation :
 - Manuel : (par ex. les données sont rentrées une par une après validation)

 - A partir de la banque de données électroniques du dispositif (par ex. produit proposé, dose pré-programmée, ...)

 - Autre :

2 – À votre avis, l'utilisation de ces dispositifs peut-elle générer des erreurs ?

Oui Non

Dans les deux cas, précisez votre réponse :

3 – Précisez, *a priori*, (sans faire de recherche précise) ce que vous connaissez à propos des *never events* ?

4 – Précisez, *a priori*, les médicaments qui pourraient composer une liste d'alerte et pour chacun précisez pourquoi.

ANNEXE 11 : Exemple de cas clinique extrait de la simulation



MEMBRE DE
U^SPC
Université Sorbonne
Paris Cité



Étude PRECIS

PRÉparation des médicaments injectables à risque et Calculs de doses par les Infirmières

Cas N°1 Cas Clinique Dobutamine

M. Petit, un patient de 62 ans, hospitalisé dans votre unité de réanimation, présente un état de choc qui a nécessité la mise sous catécholamines. Il pèse 65 kg. Vous devez renouveler son pousse-seringue électrique de dobutamine prescrit à la dose de 10 µg/kg/min.

Vous disposez de flacons de dobutamine dosés à 250 mg pour 20 mL et d'ampoules de chlorure de sodium à 0,9%.

Cas clinique extrait de la simulation sur la dobutamine

ANNEXE 12 : Exemple de feuille de prescription médicale de la simulation

Hôpital		1
... / ... / 2017		
Nom : Petit		
Prénom : Gérard		
N° ID : 18765432109		
Heure	Médecin	Prescriptions médicales
9H	Dr Leblanc	Base : Glucosé 5% = 1000 mL/24h + 2 g NaCl/24h + 1 g KCl/24h
9H	Dr Leblanc	Dobutamine : 10 µg/kg/min au PSE Surveillance paramètres vitaux / 1h

**Feuille de prescription médicale extraite de la situation de simulation sur la
dobutamine**

ANNEXE 13 : Guide d'entretien d'auto-confrontation simple

Guide d'entretien d'auto-confrontation simple

Contrat

Si vous le voulez bien, je vais vous montrer le film de chaque préparation médicamenteuse. À la suite de chaque visualisation, je vais vous poser des questions pour que vous puissiez décrire les actions mises en œuvre lors des préparations.

Pour ce médicament (nom du médicament cité), j'aimerais revenir sur les différentes étapes que vous avez suivies pour le préparer.

Pouvez-vous me décrire ces différentes étapes ?

Avant de commencer la préparation, à quoi avez-vous été attentive ?

Quel est votre but à ce moment-là ?

Pour la préparation, par quoi avez-vous commencé ?

R : pouvez-vous me détailler cette action ?

Comment évaluez-vous ce que vous êtes en train de faire ?

Quelles sont les éléments les plus importants à prendre en compte pour réussir cette activité ?

Qu'est-ce qui est important de savoir en faisant cela ?

Qu'est-ce qui est spécifique ici ?

Comment vous y prenez-vous pour faire le calcul ?

R : quelles règles respectez-vous ?

Quelle est votre but ?

Par quoi commencez-vous ?

R : Pouvez-vous me détailler votre raisonnement ?

Quelles sont les éléments les plus importants à prendre en compte pour réussir ce calcul ?

Qu'est-ce qui est important de savoir en faisant cela ?

Qu'est-ce qui est spécifique ici ?

Est-ce qu'il existait une autre façon de procéder à la préparation ? Comment le choix s'est-il effectué ?

Est-ce que vous pourriez me relater une erreur de calcul de doses que vous auriez commise ?

Données sur l'opérateur N°

Sexe : Age : Parcours scolaire :

Date de DE : Parcours professionnel :

Ancienneté dans le service : Rythme de travail et équipe actuelle :

Caractéristiques physiques et psychiques (État instantané) :

(Fatigue, stress, état émotionnel, ...)

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Risques associés à la prise en charge médicamenteuse du patient (REMEDI, 2014)	27
Figure 2 : Graphique de répartition du nombre d'EIGS par facteurs de survenues identifiés dans la grille ALARM17	31
Figure 3 : Représentation iconographique de <i>Swiss Cheese Model</i> d'après une conférence de Reason (2004)	44
Figure 4 : Les grandes lignes de la dynamique du système générique de modélisation de l'erreur (Reason, 2013, p. 108)	46
Figure 5 : Classification des actes risqués par intention et par type d'erreurs et de violations (Reason, 1993/2013, p. 296)	49
Figure 6 : Seringue de dobutamine installée sur un PSE (Orchestra® module DPS – Fresenius Kabi)	64
Figure 7 : Deux infirmières manipulant une seringue sur un PSE en service de réanimation/soins intensifs (Orchestra® module DPS – Fresenius Kabi)	64
Figure 8 : Seringues de dobutamine, insuline et chlorure de potassium préparées pendant la simulation avant installation sur le PSE	65
Figure 9 : De la tâche à réaliser à l'activité décrite en termes de tâches (Leplat, 1997, p. 17)	72
Figure 10 : Éléments essentiels de l'analyse du travail (Leplat, 1997, p. 14)	73
Figure 11 : Schéma de co-détermination - Situation/Sujet de l'activité (modification du schéma général d'analyse de l'activité de Leplat (1997, 2000) (Rogalski (2003, p. 358	75
Figure 12 : Modèle de la double régulation de l'activité du sujet par les propriétés de la situation et les caractéristiques du sujet (Leplat, 1997, 2000 ; Rogalski, 2003, 2007)	78
Figure 13 : Le modèle d'analyse de l'activité de calculs de doses d'après le modèle de la double régulation de l'activité du sujet (d'après Leplat, 1997, 2000 ; Rogalski, 2003,2007)	82
Figure 14 : Correct strategies Within Isomorphism of Measures Model (d'après Nurses' Proportional Reasoning, Hoyles, Noss et Pozzi, 2001, p. 8)	102
Figure 15 : La structure conceptuelle de la taille de la vigne (d'après Caens-Martin, 2005), schéma repris de Vidal-Gomel et Rogalski (2007, p. 53)	114
Figure 16 : Quatre méthodes proportionnelles pour la résolution des problèmes de calcul de doses (Wright, 2008b)	138
Figure 17 : Influence de l'expérience clinique dans la résolution de problèmes de calcul de doses	139
Figure 18 : Modèle du stockage et de l'utilisation de l'information pour résoudre les problèmes de mathématiques. Adapté de Silver (1984), cité par Wright (2009, p. 401).	140
Figure 19 : Illustration de la méthode graphique à partir de la seringue pour calculer une masse (Wright, 2009c, p. 883)	141
Figure 20 : Exemple des vendeurs de rue tiré de Carraher, Carraher et Schliemann (1985) cité par Garnier, Bednarz et Ulanovskaya (2009, p. 125)	148

Figure 21 : Écarts de mesure et d'adaptation dans le calcul de dose (Cours non publié, Roditi 2011)	153
Figure 22 : Exemple de montage pour l'administration intraveineuse au moyen de PSE (repris de Poiroux, 2020)	154
Figure 23 : Représentation graphique du Thésaurus des protocoles thérapeutiques médicamenteux infirmiers (HAS, 2013, p. 97 d'après Bony, 2010).	167
Figure 24 : Les écarts entre la situation de référence et la situation simulée ou expérimentale, d'après Vantourout (2004)	241
Figure 25 : Modèle d'étiquettes pour la simulation (ex. dobutamine et morphine)	245
Figure 26 : Prescription médicale de la dobutamine	247
Figure 27 : Table de préparation de la dobutamine à partir de la formule de calcul de la dose du "Poids \times 3"	248
Figure 28 : Tableau de dilution de la dobutamine (entrée par le débit - P = Poids ; V = Volume total ; 1 ml/h correspond à 1 μ g/kg/min)	249
Figure 29 : Tableau de dilution de la dobutamine (entrée par la concentration)	250
Figure 30 : Prescription médicale pour l'héparine	251
Figure 31 : Exemple d'abaque pour l'héparine pour une préparation avec une entrée concentration 500 UI/mL	253
Figure 32 : Prescription médicale de l'insuline	254
Figure 33 : Prescription médicale de morphine	255
Figure 34 : Prescription médicale de noradrénaline	257
Figure 35 : Exemple de tableau de dilution de la noradrénaline avec une entrée débit 1 ml/h correspond à 0,1 μ g/kg/min	258
Figure 36 : Prescription médicale de chlorure de potassium	259
Figure 37 : Illustration de la structure des données (Gioia et al., 2013, p. 7)	266
Figure 38 : Exemple d'encodage d'un entretien de notre recherche - Encodage du texte en surbrillance et visualisation des nœuds par des bandes colorées (modèle d'après Martineau et Plard (2016)	270
Figure 39 : Capture d'écran de l'arborescence des thèmes (Extrait de l'arbre thématique en cours d'analyse émergente sous NVivo®)	271
Figure 40 : Capture d'écran présentant un extrait de l'arbre thématique émergent	282
Figure 41 : Création d'exemple simplifié d'encodage d'une vidéo sur la préparation de l'insuline sous NVivo®. (La captation d'écran reproduit l'image d'une infirmière qui a donné son accord pour l'utilisation de son image).	284
Figure 42 : Modélisation de la structure conceptuelle de la classe de situation : préparation d'un médicament injectable à risque pour perfusion par PSE	359

Figure 43 : Tableaux de dilution de la dobutamine : entrée débit à gauche et entrée concentration à droite	400
Figure 44 : Tableau de préparation de la dobutamine avec la règle du Poids x 3	400
Figure 45 : Tableau de dilution de la noradrénaline	405
Figure 46 : La construction d'un instrument, par un sujet donné, à partir d'un artéfact donné (Repris de Trouche, 2005)	416
Figure 47 : Image de la technique du produit en croix par un infirmier	434
Figure 48 : Image de la technique du produit en croix utilisée par une infirmière	435

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition statistique des EIGS par niveau de gravité	30
Tableau 2 : Comparaison des taux d'erreurs de trois études observationnelles en services généraux	39
Tableau 3 : Comparaison des taux et types d'erreurs dans deux études observationnelles menées en réanimation adulte	40
Tableau 4 : Résumé des distinctions entre erreurs basées sur les automatismes, les règles et les connaissances déclaratives (adapté de Reason 2013)	47
Tableau 5 : Comparaison des deux modèles théoriques des proportions et de l'application linéaire (Hersant, 2001, p. 29)	101
Tableau 6 : Calibres et graduations des seringues pour les préparations médicamenteuses injectables	157
Tableau 7 : Répartition du nombre de lits par service et effectifs paramédicaux et médicaux	195
Tableau 8 : Durée de l'expérience des infirmières enquêtées (en années)	196
Tableau 9 : Répartition géographique et nombre d'infirmières par type de service	278
Tableau 10 : Caractéristiques des infirmières enquêtées (en années)	279
Tableau 11: Durée moyenne de préparation des médicaments (lecture du cas, calculs et mise en œuvre)	371
Tableau 12 : Durée moyenne de calculs par médicament	373
Tableau 13 : Durées moyennes de calculs de doses pour les médicaments avec ou sans étayage	375
Tableau 14 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour l'insuline	389
Tableau 15 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la morphine	391
Tableau 16 : Dynamique de raisonnement par infirmière pour le chlorure de potassium	394

Tableau 17 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la dobutamine	397
Tableau 18 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour la noradrénaline (NAD)	403-404
Tableau 19 : Dynamique du raisonnement par infirmière pour l'héparine	410
Tableau 20 : Répartition de l'ordre des cas par infirmière	418
Tableau 21 : Fréquence d'utilisation du raisonnement avec une entrée par la concentration	425
Tableau 22 : Fréquence d'utilisation des raisonnements avec entrées par la dose	425
Tableau 23 : Fréquence d'utilisation des raisonnements avec entrées par le débit	426