



HAL
open science

Effet du stress sur la performance en chirurgie orthopédique : du modèle d'activité opératoire au modèle psycho-social

Emmanuelle Ceaux

► **To cite this version:**

Emmanuelle Ceaux. Effet du stress sur la performance en chirurgie orthopédique : du modèle d'activité opératoire au modèle psycho-social. Psychologie. Université de Grenoble, 2013. Français. NNT : 2013GRENH042 . tel-01923386

HAL Id: tel-01923386

<https://theses.hal.science/tel-01923386>

Submitted on 15 Nov 2018

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.

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Psychologie Sociale Expérimentale**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Emmanuelle CEAUX

Thèse dirigée par le **Pr. Michel DUBOIS** et
codirigée par **Lucile VADCARD**

préparée au sein du **Laboratoire Interuniversitaire de
Psychologie**
dans l'**École Doctorale Sciences de l'Homme, du Politique et
du Territoire**

Effets du stress sur la performance en chirurgie orthopédique : du modèle d'activité opératoire au modèle psycho-social

Thèse soutenue publiquement le **27 Novembre 2013**,
devant le jury composé de :

Mr Michel DUBOIS

Professeur à l'Université de Grenoble

Directeur

Mme Vanda LUENGO

MCF-HDR à l'Université de Grenoble

Membre

Mr Philippe SARNIN

Professeur à l'Université de Lyon

Président

Mr Alain SOMAT

Professeur à l'Université de Rennes

Rapporteur

Mme Lucile VADCARD

MCF à l'université de Grenoble

Co-Directrice

Mr Gérard VALLERY

Professeur à l'Université de Picardie

Rapporteur



A mon fils, Louis
et
à mon enfant à venir...

Souvenez-vous que chaque épreuve nous construit.

Remerciements

Comme beaucoup de thèses, ce travail s'est fait dans la douleur mais la rencontre avec plusieurs personnes m'a permis de surmonter mes difficultés. Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Je tiens tout d'abord à exprimer tous mes remerciements à mes directeurs de thèse pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce travail. Je remercie le Pr. Michel Dubois pour m'avoir fait confiance ces dernières années et pour m'avoir encouragée à aller au bout de ce projet. Je remercie également Lucile Vadcard, pour sa grande disponibilité et pour avoir su m'insuffler le courage dont je manquais parfois. Je tiens à vous dire, à vous deux, que vous m'avez beaucoup apporté, bien plus que je ne saurais l'exprimer.

Je tiens également à remercier les membres de mon jury. Je remercie Alain Somat et Gérard Valléry pour avoir accepté d'évaluer la première version de ce travail. Je remercie également Vanda Luengo et Philippe Sarnin pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour nos échanges.

Je souhaite adresser des remerciements particuliers aux membres du service orthopédie-traumatologie du CHU de Grenoble. Je remercie chaleureusement les Professeurs Merloz et Tonetti pour m'avoir accueilli au sein de leur service et pour avoir rendu ce travail possible. Je remercie également les chirurgiens orthopédistes qui se sont toujours montrés disponibles pour répondre à mes nombreuses et répétitives questions et pour m'avoir accueilli dans vos blocs opératoires : merci à Jérôme Tonetti, Hervé Vouaillat, Boumedienne Sadok, Vito Bongiorno et Arnaud Bodin. Merci également à tous les internes qui ont collaboré à mes différentes études : Romain, Virginie, Emma, Emeline, Sébastien et Gaël. Merci aux responsables et personnels des blocs orthopédie et urgence, pour m'avoir ouvert les portes de leurs blocs avec autant de disponibilité et de gentillesse.

Je tiens à remercier tous les membres du projet TELEOS pour les échanges que l'on a pu avoir. Merci à Vanda Luengo, Aurélie Larcher et Francis Jambon. Je tiens tout particulièrement à remercier Brigitte Meillon pour tous les moments passés avec moi, à attendre dans les couloirs du CHU ou à assister à des vertébroplasties même les lendemains de Noël. Merci également pour avoir su me redonner du courage dans les moments difficiles et pour votre bonne humeur. Je remercie Rémy Cuisinier pour avoir été un compagnon de galère et pour avoir toujours répondu présent.

Je remercie également les membres du LIP de Grenoble. Les années passées au sein de ce laboratoire et de ses équipes resteront toujours dans ma mémoire. La distance géographique mise entre nous ces derniers mois me permet de mesurer l'étendue de ce que j'ai gagné en votre compagnie. J'ai toujours eu le sentiment de faire partie d'une famille et je ne vous remercierais jamais assez pour cela... Je tiens à remercier spécifiquement Florian Delmas pour sa disponibilité et pour avoir développé mon esprit critique. Merci également à Céline Baeyens pour avoir été aussi enthousiaste et encourageante. Merci aux Ateliers de Recherche Marguerite d'avoir permis des échanges aussi riches. Une pensée toute spéciale à ceux qui sont devenus bien plus que des collègues, qu'ils soient du LIP ou du labo voisin : Sylvain Max, Dominique Muller, Cécile Nurra et Baptiste Subra. Dom et Cécile, vous avez été des collègues toujours disponibles et à l'écoute. Merci d'avoir été là dans les bons moments et dans les moins bons, je suis heureuse de vous compter parmi mes amis aujourd'hui. Vous m'avez transmis tellement que trouver les mots justes me semble bien compliqué. Merci pour m'avoir fait partager votre passion et pour être devenus de si chers amis. Quant à toi Max, tu restes mon CDC de cette thèse.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont été mes compagnons de thèse pendant ces années et notamment Safiétou Mbaye, Jennifer Bastart, Naoil Sbai, Robert Ngeutsa, Laetitia Parnot, Martine Paulicand, Caroline Poulet, Marc Gandit, Anne Hillairet de Boisferon,

Sébastien Caudron, Julien Ochs et bien entendu Marie-Pierre Fayant. Merci à toi d'être l'amie que tu es devenue et pour tous ces échanges enrichissants de recherche autour d'une bière (bien que très enrichissant aussi lorsqu'ils n'étaient pas autour d'une bière !). Ta présence au labo a été un élément tellement fondateur pour moi que je ne saurais dire comment les choses se seraient passées sans toi. Tu as été avec moi aux quatre coins de cette planète (et c'est le cas de le dire) pour mon plus grand plaisir ! Je remercie également la jeune génération de doctorants que j'ai eus beaucoup de plaisir à rencontrer. J'aurais aimé passer plus de temps avec vous au labo. Merci donc à Emma Cippelletti, Mathilde Gletty, Elsa Laneyrie, Anthony Lantian et Juliette Manto.

Et forcément comme dans toutes les familles, il y a l'élément central... Je remercie de tout cœur Anne Chabaud d'avoir été toujours serviable, drôle, moqueuse et surtout encourageante !! Merci pour tout ma Chab. J'espère que tu sais tout ce que tu es pour moi. Je remercie également ses deux acolytes : Anne Le Saout et Claire Leroy. Si tous les labos pouvaient avoir des équipes de choc comme vous !

Merci à ceux qui ont été mes collègues pendant quelques mois, de l'autre côté de l'Atlantique. Merci au « Michigan Emotion and Self Control Lab » et à Ethan Kross pour m'avoir accueillie et m'avoir permis d'élargir mes champs d'intérêt. Je voudrais également remercier Brad Bushman pour m'avoir accueillie et pour nos échanges, qu'ils soient d'ordre scientifiques ou plus personnels.

Et enfin, je remercie ceux qui sont devenus ma famille d'accueil ces derniers temps : les membres du LPM de Paris Descartes. Je tiens notamment à remercier Théodore Alexopoulos, Virginie Bonnot, Geneviève Coudin, Sébastien Métayer et Bo Sanitioso. Merci de m'avoir reçue chez vous comme si j'y étais chez moi. Vous avoir vous cinq à mes côtés ces derniers temps m'a permis de dépasser mes blocages et de croire que c'était possible. Grâce à vous, je me sens chez moi dans un endroit qui ne correspondait pas vraiment à ce que je souhaitais initialement. Merci. Une petite pensée également pour Julie Collange, Céline Gatteaut, Diniz Lopez et Jean-Louis Tavani.

J'ai également une pensée pour les membres de ma famille et notamment mes parents. Je remercie également mon petit garçon, promis maman passera moins de temps avec son ordinateur maintenant.

Enfin, parmi toutes les personnes que j'ai rencontrées et qui m'ont soutenue, il y en a une sans qui tout cela n'aurait pas de sens. Probablement la plus belle de mes rencontres, en tous cas celle qui a changé toute ma vie. Pour cela je veux te dire un immense merci, Baptiste. Ces quelques lignes que je t'écris ne sont que le début d'une longue histoire ...

Résumé

Les futurs chirurgiens orthopédistes apprennent leur métier sur le mode du compagnonnage en participant, à hauteur de leurs compétences, à certains gestes opératoires. Cet apprentissage se déroule dans un milieu professionnel particulièrement stressant. Des travaux antérieurs ont déjà étudié l'incidence du stress sur la pratique professionnelle des chirurgiens experts et novices, mais la plupart n'ont pas utilisé une méthode expérimentale et ont considéré uniquement la performance comme un résultat d'action. Or, nous pensons qu'il est primordial de considérer les stratégies mobilisées par les internes (l'efficacité de traitement) et le résultat d'action pour pouvoir correctement appréhender les effets du stress sur la performance et le rôle joué par l'expertise et la difficulté de la tâche. Ainsi, ce travail de thèse a donc eu pour objectif de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique, et ce en prenant en compte l'efficacité de traitement et la performance. Une première partie de ce travail a eu pour objectif de déterminer ce qui, dans l'activité, correspond à la performance comme résultat d'action et ce qui relève de l'efficacité de traitement. Nous avons pour cela mené une analyse de l'activité (Etude 1). Les résultats de cette analyse d'activité nous ont permis de tester expérimentalement les effets du stress sur la performance et sur l'efficacité de traitement. Bien que les résultats ne nous permettent pas de confirmer l'ensemble des hypothèses émises, nous mettons en évidence un effet du stress sur la performance et sur l'efficacité de traitement des internes dans une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies (Etude 2) puis, sur l'efficacité de traitement dans une tâche de simulation opératoire (Etude 3). En nous appuyant sur les résultats obtenus, nous avons mis en place un simulateur d'apprentissage destiné aux futurs chirurgiens afin de renforcer l'enseignement de l'activité. Puis, nous avons proposé que l'enseignement de la gestion du stress soit intégré à la formation des internes. Pour cela, nous avons dirigé nos recherches sur les techniques de gestion émotionnelle en testant l'applicabilité d'une technique au domaine du stress (Etude 4). Le travail réalisé dans cette thèse s'est articulé autour de plusieurs disciplines, et la complémentarité de ces approches nous a permis d'apporter une contribution importante à la compréhension et la gestion des effets du stress sur la performance médicale.

Mots-clés : Stress ; Performance ; Efficacité de traitement ; Chirurgie orthopédique

Abstract

Future orthopedic surgeons learn their craft on the mode of companionship by participating in proportion to their skills, some operative procedures. This learning takes place in a stressful workplace. Previous works have studied the effect of stress on the professional practice of expert and novice surgeons, but most of them did not use an experimental method and considered only the performance as a result of action. However, we believe that it is essential to take into account the strategies used (processing efficiency) and the result of action in order to properly understand the effects of stress on performance and the moderating role of expertise and task difficulty. Thus, this thesis has aimed to determine the effects of stress on performance for future orthopedic surgeons, and taking into account the efficiency of processing and performance. The first part of this work aimed at disentangling efficiency and output in the concept of performance. To do so, we conducted an analysis of the activity (Study 1). Results of this analysis allowed us to experimentally test the effects of stress on performance and efficiency. On the whole, the results show that stress impairs performance and efficiency for future orthopedic surgeons in a task of reading and interpretation of radiographs (Study 2) and in a surgical simulation task (Study 3). In line with these findings, we developed a simulator for training future surgeons to enhance their training. Then, we proposed that the teaching of stress management should be integrated into the training of interns. To do so, we have focused our research on emotion regulation skills by testing the applicability of a technique to the field of stress (Study 4). The work done in this thesis is structured around several disciplines, and complementarity of these approaches has allowed us to make an important contribution to understanding and managing the effects of stress on medical performance.

Keys words: Stress; Performance; Processing efficiency; Orthopedic surgery

Liste des abréviations

NB : Les abréviations en italique sont liées aux statistiques présentées dans ce document.

2D	2 Dimensions
3D	3 Dimensions
ANR	Agence Nationale de la Recherche
AREA	Attend ; React ; Explain ; Adapt (Modèle d'adaptation affective)
<i>ANOVA</i>	<i>Analyse de Variance</i>
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
DES	Diplôme d'Etudes Spécialisées
DESC	Diplôme d'Etudes Spécialisées Complémentaire
<i>ddl</i>	<i>Degré de liberté</i>
EIAH	Environnement Informatique d'Apprentissage Humain
<i>ET</i>	<i>Ecart-type</i>
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
<i>M</i>	<i>Moyenne</i>
<i>p</i>	<i>Probabilité associée à un indice statistique</i>
PET	Processing Efficiency Theory (Théorie de l'efficacité de traitement)
<i>r</i>	<i>Coefficient de corrélation</i>
RPS	Risque Psycho-Sociaux
SGA	Syndrome Général d'Adaptation
STAI	Inventaire de l'anxiété trait et situationnelle (ou IASTA)
<i>t</i>	<i>Indice statistique suivant la loi de Student</i>
TELEOS	Technology Enhanced Learning Environment for Orthopaedic Surgery
UJF	Université Joseph Fourier
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Sommaire

<i>REMERCIEMENTS</i>	<i>I</i>
<i>RESUME</i>	<i>III</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>IV</i>
<i>Liste des abréviations</i>	<i>V</i>
<i>SOMMAIRE</i>	<i>VI</i>

AVANT-PROPOS	1
---------------------------	----------

Contexte théorique	9
---------------------------------	----------

PARTIE 1. LES FUTURS CHIRURGIENS ORTHOPEDISTES EN ACTIVITE	11
---	-----------

I. ETAT DES LIEUX EN MILIEU HOSPITALIER	13
--	-----------

I. 1. LES INTERNES EN MEDECINE : POURQUOI CET OBJET D'ETUDE ?	13
--	-----------

I. 2. LES CONDITIONS DE TRAVAIL DANS LE MILIEU HOSPITALIER	16
---	-----------

I. 2. 1. LES SOURCES DE STRESS LIEES A LA PRATIQUE MEDICALE.....	17
--	----

I. 2. 2. LES SOURCES DE STRESS LIEES A LA PRATIQUE CHIRURGICALE.....	19
--	----

II. DU STATUT D'INTERNE A CELUI DE CHIRURGIEN	22
--	-----------

II. 1. DEVENIR CHIRURGIEN : VERS LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES	22
--	-----------

II. 1. 1. LA NOTION D'APPRENTISSAGE	22
---	----

▪ Qu'est-ce que comprendre ?.....	24
-----------------------------------	----

II. 1. 2. LA NOTION DE COMPETENCES.....	25
---	----

II. 1. 3. L'EXPERTISE PROFESSIONNELLE : QU'EST-CE QU'ETRE UN EXPERT ET COMMENT LE DEVIENT-ON ?.....	28
---	----

II. 2. LE CAS DES INTERNES EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE.	31
--	-----------

II. 2. 1. L'APPRENTISSAGE DU METIER DE CHIRURGIEN ORTHOPEDISTE	31
--	----

II. 2. 2. LES COMPETENCES MEDICALES ET/OU CHIRURGICALES.....	32
--	----

II. 2. 3. L'EXPERTISE MEDICALE ET/OU CHIRURGICALE.....	35
--	----

III. L'ACTIVITE DES INTERNES EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE	37
---	-----------

III. 1. UNE ACTIVITE DE DIAGNOSTIC	37
---	-----------

III. 2. LES FORMES DE PROBLEME	39
---	-----------

III. 3. LES METHODES DE RESOLUTION DE PROBLEME	41
---	-----------

PARTIE 2. STRESS ET PERFORMANCE EN MILIEU PROFESSIONNEL	43
--	-----------

I. LE STRESS : DEFINITION D'UN CONCEPT AMBIGU	45
--	-----------

I. 1. LE STRESS : EVOLUTION D'UN CONCEPT DE SES ORIGINES A L'APPROCHE PHYSIOLOGIQUE ..	46
---	-----------

▪ Intérêts et limites de l'approche physiologique.....	47
--	----

I. 2. L'APPROCHE STIMULUS-REPONSE DU STRESS	49
--	-----------

I. 2. 1. L'APPROCHE TRANSACTIONNELLE.....	49
---	----

▪ Intérêts et limites de l'approche transactionnelle.	52
--	----

I. 2. 2. L'APPROCHE CAUSALISTE.....	53
-------------------------------------	----

I. 2. 2. A. LE MODELE « DEMANDE-AUTONOMIE AU TRAVAIL » (KARASEK, 1979).	53
--	----

I. 2. 2. B. LE MODELE DE « DESEQUILIBRE : EFFORTS/RECOMPENSES » (SIEGRIST, 1996).	55
--	----

I. 2. 2. C. INTERETS ET LIMITES DE L'APPROCHE CAUSALISTE.....	56
---	----

I. 3. LES FACTEURS DE STRESS	57
---	-----------

I. 3. 1. DES CLASSIFICATIONS « ETENDUES » PERMETTANT UNE PRISE EN CONSIDERATION LARGE DES FACTEURS DE STRESS.....	57
---	----

I. 3. 2. DES CLASSIFICATIONS PLUS SPECIFIQUES PERMETTANT UNE ANALYSE FINE DES EFFETS D'UN TYPE DE FACTEUR DE STRESS.....	59
I. 4. LES EFFETS DU STRESS SUR L'OPERATEUR	60
I. 4. 1. LES EFFETS SUR LA SANTE DE L'OPERATEUR ET SUR L'ORGANISATION.....	60
I. 4. 2. L'ANXIETE, UNE POTENTIELLE CONSEQUENCE DU STRESS SUR L'OPERATEUR.....	62
I. 4. 2. A. UNE ANXIETE A DEUX FACETTES : LE TRAIT D'ANXIETE ET L'ETAT D'ANXIETE DE SPIELBERGER (1966).....	63
I. 4. 2. B. L'APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE DE L'ANXIETE.....	66
I. 4. 2. C. ANXIETE ET NIVEAU D'ACTIVATION.....	67
II. LA PERFORMANCE : UN CONCEPT AMBIGU	68
II. 1. DEFINITION DE LA PERFORMANCE	68
II. 2. LA NOTION D'EFFICIENCE.....	71
II. 3. LA PERFORMANCE MEDICALE ET/OU CHIRURGICALE.....	72
PARTIE 3. LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE.....	73
I. LES EFFETS OBSERVES DU STRESS SUR LA PERFORMANCE	75
I. 1. LES EFFETS DU STRESS SUR LA MEMOIRE DE TRAVAIL	75
I. 2. LES EFFETS DU STRESS SUR LE JUGEMENT ET LA PRISE DE DECISION	79
I. 3. LES EFFETS SUR LES PERFORMANCES PERCEPTIVO MOTRICES.....	81
I. 4. LES EFFETS SUR LA PERFORMANCE MEDICALE.....	82
I. 4. 1. LES ETUDES QUALITATIVES SUR LE LIEN STRESS - PERFORMANCE MEDICALE.....	88
I. 4. 1. A. LES ENQUETES.....	88
I. 4. 1. B. UNE ANALYSE D'ARCHIVES MEDICALES.....	90
I. 4. 1. C. LIMITES METHODOLOGIQUES.....	90
I. 4. 2. L'APPORT DES ETUDES EXPERIMENTALES : LE STRESS INFLUENCE-T-IL LA PERFORMANCE MEDICALE ?.....	91
I. 4. 2. A. LE STRESS INFLUENCE-T-IL LA PERFORMANCE COGNITIVE ?.....	91
I. 4. 2. B. LE STRESS INFLUENCE-T-IL LA PERFORMANCE MOTRICE ?.....	94
I. 4. 2. C. DES RESULTATS APPAREMMENT CONTRADICTOIRES DANS LA LITTERATURE : UNE EXPLICATION D'ORDRE METHODOLOGIQUE.....	98
II. LES APPROCHES THEORIQUES EMERGENTES DANS LA LITTERATURE SUR LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE.....	100
II. 1. LA RELATION EN U INVERSE (YERKES ET DODSON, 1908).....	100
II. 2. LES THEORIES DU DRIVE (HULL, 1943 ; ZAJONC, 1986).....	101
II. 3. LES APPROCHES ATTENTIONNELLES DE LA COGNITION SOCIALE.....	103
II. 4. LA THEORIE DE L'EFFICIENCE DE TRAITEMENT OU PROCESSING EFFICIENCY THEORY (PET ; EYSENCK & CALVO, 1992).....	106
▪ Un exemple d'application de la PET en milieu médical.....	112
PROBLEMATIQUE GENERALE, OBJECTIFS ET METHODES.....	115
Partie empirique.....	119
PARTIE 4. UNE ANALYSE D'ACTIVITE EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE	121
I. L'APPORT DE L'ERGONOMIE A L'ETUDE DES SITUATIONS DE TRAVAIL.....	123
I. 1. LE TRAVAIL.....	123
I. 1. 1. TACHE ET ACTIVITE DE TRAVAIL.....	124
I. 1. 1. A. LA PRESCRIPTION DE LA TACHE.....	126
I. 1. 1. B. LES DEUX FACETTES DE L'ACTIVITE.....	128
I. 1. 2. LE SCHEME, L'ORGANISATION DE L'ACTIVITE.....	130
II. ETUDE 1 : UNE ANALYSE D'ACTIVITE EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE : LE CAS DE LA VERTEBROPLASTIE	134

III. LE DISPOSITIF DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE	141
III. 1. L'UTILISATION D'ENTRETIENS DE VERBALISATION.	142
II. 1. 1. LES ENTRETIENS <i>A PRIORI</i>	142
III. 1. 2. LES ENTRETIENS EN AUTO CONFRONTATION.....	146
III. 2. OBSERVATIONS D'ACTIVITE REELLE.....	147
III. 3. UN EXERCICE DE SIMULATION EN COMPLEMENT DU DISPOSITIF.....	151
IV. RESULTATS : UN MODELE DE L'ACTIVITE VERTEBROPLASTIE.....	153
IV. CONCLUSION ET DISCUSSION DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE	167

PARTIE 5. LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE ET L'EFFICIENCE DE TRAITEMENT DES INTERNES EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE..... 171

I. INTRODUCTION	173
II. ETUDE 2 : LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE DES INTERNES DANS UNE TACHE DE LECTURE ET D'INTERPRETATION DE RADIOGRAPHIES	174
Méthode.....	175
Résultats.....	181
Discussion de l'étude 2	207
III. ETUDE 3 : LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE DES INTERNES DANS UNE TACHE DE SIMULATION OPERATOIRE.....	213
Méthode.....	214
Résultats.....	223
a. Résultat de la passation des experts	223
b. Résultats de la passation des internes	237
Discussion de l'étude 3	257

PARTIE 6. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES DE LA THESE 261

I. CONCLUSION	263
▪ Un EIAH en complément de la formation aux gestes percutanés.....	267
II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE : APPRENDRE A GERER SON STRESS	271
II. 1. LES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS	271
II. 1. 1. LE COPING	272
II. 1. 2. LA REGULATION EMOTIONNELLE	273
II. 2. LES FONCTIONS DES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS.....	273
II. 3. LES TECHNIQUES UTILISEES EN MILIEU MEDICAL	277
II. 4. L'EFFICACITE DES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS	278
II. 4. 1. L'EFFICACITE DES STRATEGIES DE COPING.....	278
II. 4. 2. L'EFFICACITE DES STRATEGIES DE REGULATION EMOTIONNELLE	279
III. CONCLUSION GENERALE.....	293

<i>BIBLIOGRAPHIE.....</i>	<i>295</i>
<i>LISTE DES FIGURES.....</i>	<i>315</i>
<i>LISTE DES TABLEAUX.....</i>	<i>317</i>

ANNEXES.....	319
---------------------	------------

AVANT-PROPOS

Le travail, dont la place est pourtant centrale dans nos vies, peut devenir pour certains d'entre nous un facteur de stress et de souffrance. Un travail inadapté à nos aspirations et compétences, une surcharge de travail, des délais impossibles à tenir (...) ne sont que quelques exemples des nombreuses sources de stress pour les salariés. Les conséquences peuvent être de différentes natures : salariés fatigués, déprimés, désinvestis, moins motivés, inattentifs... ne sont que quelques conséquences possibles du stress professionnel. Parmi les différents facteurs de risques psychosociaux¹ (RPS), le stress est devenu le risque qui intéresse le plus les chercheurs (Hobföll, 1989 ; Valléry & Leduc, 2012). Cet attrait est probablement dû au fait que les chercheurs imputent à ce phénomène de nombreuses conséquences physiques et mentales. Les répercussions se font ressentir tant sur les sphères privées que sur les sphères professionnelles. Depuis plusieurs années, les suicides de salariés sur lieux de travail dans certains grands groupes français ont propulsé le stress professionnel au cœur des préoccupations sociales. La santé des salariés peut être affectée ainsi que leur investissement au travail et en répercussion la performance de l'entreprise.

Pourtant, sous l'angle législatif, le Code du Travail protège la santé des salariés et impose à l'employeur de prendre des mesures afin de réduire les sources de stress dans son entreprise (articles L. 4121-1 à L. 4121-3 du Code du Travail). Une première en France, en Novembre 2012, la deuxième chambre civile de la cour de cassation a d'ailleurs condamné pour faute inexcusable une société dont la politique de surcharge, de pressions et d'objectifs inatteignables a conduit un salarié à un

¹ Les RPS sont définis par le collège d'expertise sur le suivi statistique des risques psychosociaux comme étant des « *risques pour la santé mentale, physique et sociale, engendrés par les conditions d'emploi, les facteurs organisationnels et relationnels susceptibles d'interagir avec le fonctionnement mental* » (2008). Plus spécifiquement, les RPS sont les risques liés aux violences (physiques et verbales), aux harcèlements (moraux et sexuels) et au stress au travail.

infarctus du myocarde, reconnu comme accident du travail. Les conséquences du stress pour la santé sont pourtant clairement établies (Vézina, 2002) et peuvent être très lourdes et coûteuses pour l'organisation. Cette cause financière du stress professionnel peut également être l'un des facteurs expliquant l'attrait pour le phénomène. Il a ainsi été démontré que le stress professionnel coûte cher aux nations. En France, une étude menée en 2007 par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles) indique que 2 à 3 milliards d'euros seraient dédiés au coût social du stress au travail (absentéisme, soins et cessations d'activité). Cette évaluation financière, bien qu'étant un indicateur intéressant, sous-évalue le coût réel du stress au travail pour les entreprises à cause de la méthodologie retenue. L'étude de l'INRS a choisi de ne retenir que les situations de stress relevant du travail contraint (au sens du modèle de Karasek, 1979 ; Karasek & Theorell, 1990) et ne se limite qu'à la prise en compte de trois pathologies spécifiques (les maladies cardiovasculaires, les dépressions et les troubles musculosquelettiques). Cependant, d'autres études ont également montré l'impact financier du stress pour la France. Le Bureau International du Travail estime quant à lui le coût du stress entre 3 et 4% du PIB des pays industrialisés, ce qui pour la France représenterait 60 milliards d'euros dépensés en arrêts maladie, médicaments, etc. Ces études et enquêtes utilisent des méthodologies différentes et des approches différentes afin de quantifier le coût réel du stress ce qui rend difficile toute comparaison et interprétation plus poussée. Cependant, elles fournissent déjà un indicateur important pour les chercheurs.

Concernant le coût plus « insidieux » du stress en France, diverses enquêtes sont fréquemment menées et tendent à montrer que les salariés ressentent de plus en plus de stress dans leur quotidien professionnel. Une enquête menée en Septembre 2000 (enquête « Liaisons sociales, Manpower, CSA ») indique que 72% des salariés ressentent « souvent » ou de « temps en temps » du stress dans leur travail. Dix pour cent d'entre eux révèlent avoir pris un arrêt de travail pour maladie à cause du stress ressenti au travail. Ce ressenti s'accompagne d'une inquiétude liée au futur puisque 56% des salariés interrogés pensent que le stress va s'aggraver dans l'avenir. De la même façon, les professions supérieures sont affectées puisque les cadres indiquent également ressentir une augmentation du stress. Plus récemment et à un niveau européen, une enquête réalisée en 2008 par l'INRS révèle que plus de 20% des

européens se disent affectés par le stress au travail. Aujourd'hui - toujours selon la même source - un salarié sur cinq serait stressé par son travail. Tous les secteurs d'activité sont touchés par ce facteur qui oblige grand nombre d'entreprises à faire face à cette réalité encore bien souvent taboue. Le stress professionnel n'est donc plus uniquement lié aux professions à haut niveau de responsabilités et s'étend à plusieurs activités salariées. Ainsi, des populations très différentes telles que les guichetiers de la poste (Caroly, 2003), les chauffeurs de taxi (Berraho, Nejjari, Elrhazi, El Fakir, Tessier, Ouédraogo, Mekouar, & Raiss, 2006) ou les pilotes aériens (dans l'armée : Ahmadi & Alireza, 2007 ; dans le civil : Jeeva & Chandramohan, 2008) se déclarent de modérément à fortement stressées au travail.

Le secteur hospitalier français n'est pas épargné. Les différents acteurs du monde hospitalier indiquent ressentir du stress dans leur pratique, stress qu'ils imputent notamment aux exigences de travail et aux exigences émotionnelles (Estryn-Béhar, 1997). Ce travail doctoral s'intéresse justement au secteur hospitalier français et notamment à ces acteurs qui apprennent leur futur métier de médecin : les internes en médecine. Les futurs praticiens hospitaliers sont soumis, au cours de leur formation médicale, à un certain nombre de facteurs de stress professionnels parmi lesquels les nombreuses responsabilités liées à leurs prises de décision et à la santé de leurs patients, aux longues heures de travail, à la fatigue qui s'accumule et à une surcharge de travail (voir Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010 ; Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd & Darzi, 2006). De plus, dans leur formation professionnelle (comme dans d'autres d'ailleurs), aucun aspect relatif à la gestion du stress ne leur est enseigné (Mongin, Dufour, Lattanzio & Champault, 2008). Ces derniers doivent donc apprendre par eux-mêmes à gérer le stress qu'ils ressentent afin de ne pas être perturbés dans leur activité et donc dans leur performance. Or, le stress a déjà été reconnu dans la littérature comme affectant, entre autre, les processus cognitifs de jugement, de prise de décision et de communication ce qui augmente le risque d'erreurs (Wetzel et al., 2006). Ces observations peuvent être d'autant plus problématiques que ces processus cognitifs altérés par le stress composent justement des éléments centraux de l'expertise médicale comme le soulignent ces mêmes auteurs. Ce travail doctoral cherche donc à comprendre les effets du stress sur la performance des futurs chirurgiens en chirurgie orthopédique. Cette question nous semble d'autant plus importante qu'il n'existe que

peu d'études portant sur la performance médicale clinique (Schull, Ferris, Tu, Hux & Redelmeier, 2001). Récemment, une méta analyse a confirmé que peu d'études sont réalisées en milieu médical sur le lien entre le stress et la performance (Arora et al., 2010). Les auteurs ont réalisé une analyse de la littérature sur tous les articles parus jusqu'à l'année 2008 et ont recensé seulement 22 études portant sur le sujet. Une analyse de la littérature a révélé que la plupart des études réalisées sont menées par le biais de mesures auto rapportées (Beeh & Newman, 1978 ; Ganster & Schaubroeck, 1991) et ne mettent pas clairement en évidence un effet causal du stress sur la performance médicale. De plus, et comme nous le verrons au cours du Chapitre 2, la performance est souvent mesurée comme un résultat d'action (*output*) alors que ce concept nous semble plus complet, et cela notamment dans le milieu médical. Une partie de ce travail de recherche a donc consisté à enrichir cette notion de performance en prenant en compte les aspects liés à l'efficacité de traitement ; notion sur laquelle nous revenons au cours du Chapitre 2 de ce document. Notre question de recherche nous a amenée, dans un premier temps, à déterminer ce qui dans l'activité correspond à la performance (comme *output*) et ce qui correspond à de l'efficacité de traitement. Puis, dans un second temps, nous avons mis en place des protocoles expérimentaux afin de tester l'existence d'un lien causal entre stress et performance. Une seconde question a naturellement découlé de cette première phase de recherche : « Si le stress a un impact sur l'activité des internes, comment peut-on leur permettre de le gérer afin de ne pas être affectés dans leur performance ? ». Cette seconde question nous permettra de faire des propositions concrètes d'intervention afin d'enseigner la gestion du stress aux futurs praticiens.

Contexte de la thèse.

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre du projet TELEOS² (Technology Enhanced Learning Environment for Orthopaedic Surgery) dont l'objectif est de faciliter l'apprentissage en chirurgie orthopédique. Ce projet pluridisciplinaire³ a été mis en place dès 2003 et a pour objectif de diminuer l'écart existant entre la formation théorique et la formation pratique. Pour cela, le projet propose un certain nombre d'outils de formation aux futurs praticiens. Ce projet, piloté par Vanda Luengo (UJF, équipe MeTAH, LIG), est mené en collaboration avec le CHU de Grenoble où il est co-piloté par le Pr. Jérôme Tonetti (praticien hospitalier, professeur des universités). Les différentes études présentées dans cette thèse ont été menées en collaboration avec le service de chirurgie orthopédique traumatologique du Pr. Merloz et avec la collaboration des différents chirurgiens et internes du service.

Contributions attendues de la thèse.

Les contributions attendues de cette recherche sont de différentes natures. D'un point de vue théorique, ce travail articule la didactique professionnelle, la psychologie du travail et des organisations, l'ergonomie, la psychologie sociale et la psychologie clinique. La pluridisciplinarité de l'approche que nous avons adoptée peut paraître de prime abord relever de la dispersion, pourtant nous verrons que ce choix nous permet d'apporter des réponses supplémentaires à la compréhension des effets du stress sur la performance en milieu médical, effets qui apparaissent encore contradictoires dans la littérature comme nous le verrons dans la Partie 2. Nous essayerons également de dépasser une limite de la littérature dans le domaine : les études réalisées portent la plupart du temps sur une tâche décontextualisée, simplifiée par rapport à l'activité réelle des médecins. En effet, nous verrons dans la Partie 3 que, quand les études réalisées sont expérimentales et cherchent à mettre en évidence un lien de causalité, les tâches proposées portent sur une partie de l'activité médicale comme des tâches de lecture de radiographies ou de calcul de dosage médicamenteux (LeBlanc & Bandiera, 2007 ; LeBlanc, MacDonald, McArthur, King & Lepine,

² Pour plus d'informations sur le projet, consultez le site internet : <http://teleos.imag.fr/>

³ Ce projet a été réalisé en collaboration avec le laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG), le laboratoire de Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité - Informatique, Mathématiques et Applications de Grenoble (TIMC/IMAG), le Laboratoire des Sciences de l'Éducation (LSE) et le Laboratoire Interuniversitaire de Psychologie (LIP) de l'université de Grenoble.

2005). En revanche, quand les études sont réalisées dans un contexte plus complexe et dynamique, les indicateurs de performances mesurées négligent les aspects importants de ce qui participe également à la performance : l'efficacité de traitement. Mesurer des temps de réponse ou des amplitudes de mouvement ne nous semble pas être le choix le plus pertinent ou suffisant pour rendre compte de ce qu'est la performance. Dans ce travail, nous considérons qu'il est nécessaire de mettre l'accent sur la nécessité de la compréhension de l'activité. Nous proposons donc une analyse d'activité comme préalable à toute manipulation expérimentale.

Du point de vue de la formation professionnelle, l'objectif de ce travail est de permettre de mettre en évidence les aspects dégradés de l'activité en situation de stress afin d'intégrer ces aspects dans la formation des futurs praticiens. Notre objectif est de faciliter l'apprentissage des gestes percutanés pour les futurs chirurgiens en proposant des outils de formation qui prennent en compte les aspects des tâches professionnelles affectées par le stress. Cette recherche devra donc déterminer les aspects de la tâche les plus dégradés afin d'intégrer ces aspects dans les outils développés dans le projet (outils de type EIAH, Environnement Informatique d'Apprentissage Humain) et adaptés au public visé.

Démarche méthodologique de la thèse.

La démarche que nous avons employée dans notre recherche est la suivante :

Dans une première partie (**Parties 1, 2 et 3**), nous présentons une analyse de la littérature visant à délimiter les différents concepts théoriques que nous mobilisons dans notre recherche et issus des champs disciplinaires sur lesquels nous nous appuyons. Cette première étape nous permet de spécifier notre problématique de recherche et de présenter la démarche empirique que nous avons adoptée.

Dans une seconde partie, nous présentons nos recherches empiriques. Notre première question de recherche nous a conduit à faire la distinction entre performance et efficacité de traitement, il s'avère nécessaire de mener une analyse de l'activité (**Partie 4, Etude 1**) afin de comprendre les éléments correspondants à la performance dans la dimension *output* et ceux correspondants à l'efficacité de traitement. Puis, nous avons mené deux études expérimentales dont l'objectif était de déterminer les aspects de l'activité professionnelle les plus affectés par le stress (**Partie 5**). La

première étude (*Etude 2*) a été réalisée sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies. La seconde étude (*Etude 3*) a été menée sur une simulation de geste opératoire sur colonne en résine. Ces deux études nous ont permis de mettre en évidence un effet délétère de certains stressseurs professionnels (que nous détaillerons) sur la performance et l'efficacité de traitement des internes.

Dans une dernière partie (**Partie 6**), nous concluons ce travail doctoral en discutant de ses limites et de ses apports au regard des champs théoriques dans lesquels nous nous situons et de la littérature existante. Puis, nous présenterons quelques propositions concrètes d'action. Nous avons notamment cherché une technique permettant d'aider les internes à gérer leur stress afin d'être moins affectés dans leur pratique. Plusieurs travaux mettent l'accent sur la distinction entre une prise de perspective que le sujet adopte dans la réalisation d'une tâche et une focalisation sur les aspects émotionnels ou cognitifs de la situation. Une étude expérimentale nous a permis de tester l'application de cette technique au domaine du stress (*Etude 4*). Enfin, nous concluons sur ce travail.

Contexte théorique

L'objectif de cette première partie est d'aboutir à la construction de notre problématique de recherche à partir de notre question originelle en structurant notre réflexion autour de la littérature existante.

Cette partie se compose de 3 parties :

Partie 1 : Les futurs chirurgiens orthopédistes en activité

Partie 2 : Stress et performance en milieu professionnel

Partie 3 : Les effets du stress sur la performance

Partie 1. Les futurs chirurgiens orthopédistes en activité

Nous avons, dans l'avant-propos de ce document, présenté le contexte général dans lequel cette thèse s'inscrit. L'objectif de cette partie est de présenter, à partir du contexte de formation professionnelle, le cadre théorique dans lequel nous nous situons. Cette partie s'organise donc en trois sections. Dans une première section, nous présentons le contexte de formation professionnelle dans lequel les futurs chirurgiens orthopédistes sont formés durant leur internat, à savoir sur le mode du compagnonnage. Cette présentation est l'occasion de présenter plus spécifiquement le contexte professionnel dans lequel ils évoluent et de présenter les facteurs de stress auxquels ils sont soumis en milieu médical/chirurgical. Dans un second temps, nous nous intéressons au travail comme objet d'étude et à la notion d'apprentissage. Nous définissons les différentes notions sur lesquelles nous nous appuyons tout au long de notre réflexion. Enfin, dans une troisième section, nous précisons le type d'activité que réalisent les internes dans leur pratique.

I. ETAT DES LIEUX EN MILIEU HOSPITALIER

L'objectif de cette première section est de déterminer le contexte général de travail des praticiens hospitaliers. Notre recherche portant sur les internes et chirurgiens en chirurgie orthopédique, nos propos porteront majoritairement sur ces acteurs du service hospitalier. Ainsi, nous commençons cette section par expliquer l'intérêt d'étudier spécifiquement les internes en médecine. Puis, nous déterminerons les conditions environnementales auxquelles ils sont soumis que ce soit dans leur pratique médicale ou hospitalière.

I. 1. LES INTERNES EN MEDECINE : POURQUOI CET OBJET D'ETUDE ?

En France, l'apprentissage de la chirurgie orthopédique⁴ est une des formations spécialisées les plus longues puisqu'elle requiert au minimum douze années de formation. Suite aux six années initiales de formation, six années supplémentaires sont nécessaires. Cette formation complémentaire consiste en un internat de cinq ans et un post-internat d'un an en tant qu'assistant ou assistant spécialisé. L'internat est validé par l'obtention d'un DES (Diplôme d'Etudes Spécialisées) en chirurgie générale. La formation de chirurgien orthopédiste est validée par l'obtention d'un DESC (Diplôme d'Etudes Spécialisées Complémentaire) en chirurgie orthopédique traumatologique.

Cette spécialisation est réalisée dans l'un des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) français. Au moment de leur internat, les médecins en

⁴ La chirurgie orthopédique est une spécialité qui concerne le traitement de l'appareil locomoteur (e.g., os, articulations, tendons et muscles...). Elle porte sur le traitement chirurgical des membres supérieurs, inférieurs et du rachis. La chirurgie traumatologique est une sous-branche de cette discipline qui vise à prendre en charge les patients ayant subi des traumatismes tels que accidents de la route, de sport ou simple chute à domicile. Les praticiens orthopédistes interviennent de deux façons : dans l'urgence suite à un traumatisme, à un accident, mais également dans le cadre d'opérations programmées. Voir le site internet de l'association SO.F.C.O.T (Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique) pour plus d'informations : <http://www.sofcot.fr/03-espace-grand-public/presentation.asp>

formation (i.e., internes) sont déjà autonomes dans leur pratique professionnelle puisqu'ils peuvent effectuer des remplacements en cabinets médicaux et prescrire des médicaments aux patients. Durant leur internat de spécialité, les internes réalisent plusieurs stages d'une durée de six mois dans différents services des CHU. Leur formation se compose minoritairement d'une partie théorique, où l'étudiant assiste à des cours et des congrès et majoritairement d'une partie pratique, acquise directement dans les services hospitaliers choisis. La partie pratique de la formation est surtout réalisée sur le mode du compagnonnage. En complément des travaux pratiques réalisés en laboratoire d'anatomie, des travaux de dissection et des entraînements à certains gestes spécifiques (comme la pose de sutures) sont également proposés aux futurs chirurgiens. Depuis quelques années, la formation professionnelle est complétée par l'utilisation de simulateurs informatiques d'apprentissage lorsque ceux-ci existent. L'internat est validé lorsque l'interne a effectué ses stages et qu'il a soutenu son mémoire.

Le compagnonnage est donc le mode majoritaire utilisé pendant la formation des futurs internes. Il consiste en la transmission par les anciens de la profession des savoirs et savoirs-faire aux jeunes. La date précise d'apparition de ce mode d'apprentissage n'est pas clairement établie, mais il semblerait qu'on retrouve des traces de son existence dès l'apparition de la civilisation (de Castéra, 2003, p. 5).

Dans le compagnonnage médical, les experts en chirurgie transmettent leurs savoirs et savoirs-faire aux internes sur le même mode que les experts « ouvriers ». Les internes changent de services hospitaliers régulièrement afin d'apprendre leur futur métier auprès de plusieurs experts et de compléter leur formation en abordant plusieurs aspects et plusieurs techniques de leur future pratique. De façon plus spécifique, le compagnonnage en chirurgie est défini comme « *une formation opératoire, dispensée par un chirurgien sénior à un interne dans des conditions réelles permettant à l'interne de réaliser toute ou partie d'une intervention chirurgicale sous le contrôle effectif, direct et constant du chirurgien sénior. Ce dernier peut, pas à pas, corriger les gestes ou la stratégie opératoire de l'interne* » (Wicart, 2003, p. 2).

En grande majorité, l'apprentissage est réalisé directement auprès des patients (au « pied du malade »). Les internes prennent part au fonctionnement du service dans lequel ils sont intégrés : ils ont notamment la responsabilité de présenter les nouveaux cas cliniques aux chirurgiens du service afin d'établir conjointement les soins à mettre en place. Leur place et leur travail sont donc importants et centraux dans le système hospitalier. Toutefois, leurs décisions sont toujours supervisées et validées par un senior (i.e., chirurgien ; décret n° 99-930 du 10 Novembre 1999 fixant le statut des internes et résidents en médecine, des internes en pharmacie et des internes en odontologie).

D'un point de vue pratique, l'interne assiste aux opérations réalisées par l'expert en se positionnant près de lui, dans la zone stérile. La Figure 1 ci-dessous représente une situation de compagnonnage au bloc opératoire. Le chirurgien expert réalise le geste opératoire tandis que l'interne placé près de lui (les mains croisées sur la photo), observe le geste opératoire.



Figure 1. Vue d'une situation de formation au bloc opératoire en chirurgie orthopédique. Image extraite de Vadcard, Tonetti et Dubois (2011).

L'interne peut intervenir en prenant part à certains gestes opératoires, que ce soit par des aspects simples comme tenir la jambe d'un patient ou tenir du matériel mais il peut également prendre une part plus importante en réalisant lui-même une partie de l'opération (Luengo, Vadcard, Dubois & Mufti-Alchawafa, 2006). Cette participation est fonction du niveau de l'interne : plus un interne avance dans son cursus, plus il prend part au déroulement des opérations. C'est là une des principales

difficultés du compagnonnage : le contenu de l'apprentissage doit être progressivement adapté au niveau de l'interne selon ses compétences et son expérience (Sullivan, Masin, Maniglia & Stepnick, 1999). L'interne doit pouvoir prendre en charge des cas de plus en plus complexes. Cet apprentissage est donc majoritairement conditionné par les cas qui se présentent (Vadcard, 2005) et également par la spécificité de la pratique chirurgicale de l'expert encadrant (Luengo, Vadcard, Dubois & Mufti-Alchawafa, 2006). Nous pouvons cependant indiquer une limite à ce mode de formation : la situation au bloc opératoire n'est pas construite dans un objectif pédagogique (Haluck & Krummel, 2000 ; Tomas, 2008). Il résulte de ce mode de formation une grande disparité dans la formation des internes en ce qui concerne le nombre et le type d'opérations qu'ils réalisent et auxquelles ils assistent au cours de leur formation (Hayden & Panacek, 1999). Il est ainsi possible qu'à la fin de son internat un futur praticien n'ait pas assisté, ou très peu, à certains types d'opération. Il n'aura donc pas l'occasion de faire l'expérience de toutes les situations opératoires qu'il rencontrera en tant que chirurgien. Cet aspect de la formation n'est certes pas spécifique à cette profession comme le soulignent Vadcard, Tonetti et Dubois (2011) puisque rares sont les formations professionnelles qui permettent de faire l'expérience de toutes les situations qui seront rencontrées dans l'exercice de ses fonctions. Cependant, à la fin de son internat, l'interne doit être capable de résoudre seul les nouvelles situations problèmes qui se présenteront à lui.

I. 2. LES CONDITIONS DE TRAVAIL DANS LE MILIEU HOSPITALIER

Une enquête parue très récemment (Novembre 2012) et réalisée par l'association ASSPRO (ASSociation de Prévention du Risque Opératoire) révèle que les chirurgiens et spécialistes du bloc opératoire sont tellement stressés qu'un tiers d'entre eux serait proches du burn-out⁵. Le stress professionnel semble donc être un facteur important dans la pratique médicale. Nous allons donc dans cette section, tenter de déterminer les conditions d'exercice des internes en déterminant, au regard de la littérature, les sources de stress auxquelles ils sont confrontés.

⁵ Syndrome d'épuisement professionnel

La plupart des études menées sur les facteurs de stress professionnel en milieu médical ont pour principal objectif de mettre en évidence les effets d'un facteur de stress (ou de la conjonction de plusieurs facteurs) sur un aspect professionnel (e.g., performance, satisfaction patient). Quelques études se sont spécifiquement attachées à faire ressortir les causes du stress par le biais de mesures auto-rapportées. Il ressort de l'analyse de la littérature que les chirurgiens et internes sont soumis quotidiennement à des facteurs de stress liés à la pratique en soi (e.g., les horaires de travail, le nombre de patients à traiter, les rapports interindividuels) et à des facteurs spécifiquement liées au bloc opératoire. Nous présenterons donc les principaux facteurs de stress en suivant cette dichotomie, à savoir les facteurs de stress liés à la pratique dans un premier temps et ceux liés au bloc opératoire dans un second temps.

I. 2. 1. LES SOURCES DE STRESS LIEES A LA PRATIQUE MEDICALE.

Plusieurs facteurs de stress professionnels émergent dans la littérature. Une enquête a été menée à la fin des années quatre vingt-dix et interroge tout le personnel hospitalier, que ce soit le personnel médical, ou soignant, le personnel administratif, technique et ouvrier. Les résultats révèlent qu'en milieu hospitalier les principaux stressseurs sont liés à la charge perçue de travail, au sentiment de contrôle, à l'autonomie au travail et aux relations interpersonnelles (Denis, Stordeur & D'Hoore, 2000).

De façon plus spécifique aux chirurgiens, une étude réalisée par Green, Duthie, Young et Peters (1990) révèle que les principaux stressseurs sont ceux qui créent une interférence entre le travail et la vie personnelle, et ceux qui sont liés au travail administratif à réaliser et au nombre de patients à gérer.

Le temps de travail est également un facteur de stress professionnel qui ressort dans la littérature notamment parce que c'est une source de fatigue qui peut en retour augmenter la prise de risques et le nombre d'erreurs (Bunch, Dvonch, Storr, Baldwin, & Hughes, 1992). Il n'est pas rare, dans le milieu médical, que l'ensemble du personnel doive travailler de longues heures et dépasser le quota réglementaire. Aux Etats-Unis, afin de pallier aux conséquences néfastes de cette source de fatigue et de stress, le temps de travail est depuis 2003 plafonné à 80 heures hebdomadaires quand

auparavant il n'y avait pas de limites horaires. Cette restriction horaire qui a été initiée afin de permettre aux médecins et aux internes d'être moins fatigués et de commettre moins d'erreurs a toutefois eut des conséquences non envisagées initialement. Une enquête a notamment été menée aux Etats-Unis afin d'évaluer les effets de cette restriction horaire sur la qualité des soins prodigués aux patients et sur la qualité des enseignements prodigués aux internes (Byrnes, Narciso, Brantley, Helmer, & Smith, 2006). Pour 40 % des chirurgiens interrogés, la qualité des soins prodigués aux patients a diminué après la restriction d'horaire de travail alors que la charge de travail reste constante. Pour 50% d'entre eux la qualité des enseignements est moins bonne à cause de cette restriction de temps de travail. Cet effet néfaste sur l'acquisition de l'expérience professionnelle des internes en chirurgie se trouve dans d'autres études (chirurgie générale : Whang, Mello, Ashley, & Zinner, 2003; chirurgie abdominale : Feanny, Scott, Mattox, & Hirshberg, 2005). Dans le domaine de la chirurgie abdominale par exemple, des auteurs ont, pendant deux ans, analysés les opérations laparoscopiques réalisées dans un centre hospitalier de Houston (Feanny, Scott, Mattox, & Hirshberg, 2005). Puis, les auteurs ont évalué les compétences acquises par les internes à la fin de leur internat. Les résultats observés montrent que la réduction des horaires de travail a un effet qualitatif et quantitatif sur l'acquisition de l'expérience professionnelle des internes. D'un point de vue qualitatif, les internes ont acquis moins de compétences que ce qu'ils pouvaient acquérir quand le temps de travail n'était pas réglementé et d'un point de vue quantitatif, les auteurs ont observés une diminution du nombre de procédures observées après la restriction horaire. Le corollaire semble logique ; en réduisant les heures de pratique des internes et des chirurgiens encadrants, les opportunités d'observations des experts de leur pratique, ainsi que leurs participations aux opérations réalisées, diminuent.

Chez les internes, il a également été mis en évidence que les conflits entre leurs responsabilités liées à la pratique clinique (e.g., gérer des patients et leur famille) et les responsabilités liées à leur formation (e.g., rester dans une position d'apprenant) étaient un facteur de stress supplémentaire (Toews, Lockyer, Dobson, & Brownell, 1993). Cette étude suggère donc que le mode de formation pourrait être une source d'induction de stress pour les internes.

I. 2. 2. LES SOURCES DE STRESS LIEES A LA PRATIQUE CHIRURGICALE

L'importance des facteurs de stress professionnels au bloc opératoire ont été mis en évidence par l'étude de Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd et Darzi (2006). Les auteurs ont mené des entretiens semi directifs auprès de six novices et de dix experts de diverses spécialités chirurgicales. Ces entretiens révèlent sept grandes catégories de stresseurs professionnels. Ces facteurs de stress (détaillés dans le Tableau 1 ci-après) peuvent être liés soit aux cas d'urgence, aux complications chirurgicales, aux tâches difficiles, aux problèmes d'équipement, aux problèmes avec l'équipe de travail, aux distractions ou aux facteurs personnels.

Catégories	Facteurs stressants
Cas d'urgence	
Complications chirurgicales	Erreur chirurgicale Hémorragie inattendue Difficultés à trouver la source d'un problème Pas de progression
Tâches poussées (tâches difficiles)	Procédure complexe Patient à haut risque Multitâche Pression temporelle Prise de décision immédiate
Problèmes d'équipement	Equipement manquant Panne d'équipement Equipement non familier
Problème avec l'équipe de travail	Staff incompetent Staff non expérimenté Problème de langue, de vocabulaire Staff qui ne fait pas attention Questions d'ordre interpersonnel
Distraction	Bruit de discussion Individus qui entrent et sortent Bip sonore, biper Appel téléphonique
Facteurs personnels	Fatigue Faim Maladie Inconfort physique Problèmes personnels

Tableau 1. Stresseurs intra opératoire. Traduit de Wetzel et al., (2006, p. 7)

Certains de ces facteurs de stress ont été reconnus par les praticiens comme étant plus stressants que d'autres et la combinaison de plusieurs de ces facteurs

engendrerait un stress plus important encore. Cette étude révèle bien l'importance des stressseurs professionnels mais également des stressseurs personnels dans la pratique médicale et chirurgicale. Toutefois, nous devons souligner que les praticiens interrogés exercent tous au sein d'une même structure si bien que la généralisation de ces observations à tous les praticiens hospitaliers reste à démontrer. En effet, il est possible qu'au sein de cette structure certains stressseurs soient plus prégnants que d'autres.

Une seconde étude, plus récente, a été réalisée en chirurgie générale et en chirurgie orthopédique et révèle l'existence de huit facteurs de stress (Arora, Hull, Sevdalis, Tierney, Nestel, Woloshynowych, Darzi, & Kneebone, 2010). Pour arriver à ce résultat, les auteurs ont observé 55 procédures chirurgicales choisies pour leur caractère stressant (réparation de hernie, appendicectomie, cholécystectomie laparoscopique, et remplacement total de hanche). Les observations ont été réalisées directement au bloc opératoire et ont porté sur le type de stressseur observé (comme la communication, les entrées et sorties dans le bloc opératoire, les événements chirurgicaux et les distractions) et leur fréquence d'apparition. A partir de ces observations, les auteurs ont classifié les facteurs de stress observés selon leur fréquence d'apparition et leur niveau de stress (niveau évalué par les chirurgiens opérateurs). Le Tableau 2 ci-dessous illustre les résultats des auteurs.

		Fréquence	
		Haute	Basse
Stress	Haut	<ul style="list-style-type: none"> - Facteurs techniques - Problèmes liés aux patients - Problèmes d'équipement 	<ul style="list-style-type: none"> - Problèmes avec les équipes de travail
	Bas	<ul style="list-style-type: none"> - Distractions 	<ul style="list-style-type: none"> - Conséquences liés au management et au temps - Problèmes personnels - Enseignement

Tableau 2. Tableau des principaux stressseurs professionnels au bloc opératoire selon la fréquence d'apparition. Traduction de Arora, Hull, et al., (2010, p. 63).

Parmi les facteurs de stress les plus fréquents et induisant un stress élevé pour les chirurgiens, nous notons les facteurs techniques liés à la complexité de la

procédure chirurgicale, les facteurs liés à la santé du patient, et les facteurs liés à un équipement non satisfaisant. Les problèmes relationnels avec les équipes de travail sont également reconnus comme induisant un stress élevé mais avec une fréquence d'apparition basse.

Il semble également que la situation d'enseignement soit une source de stress pour les chirurgiens. Le mode de compagnonnage est une source de stress supplémentaire pour les chirurgiens qui doivent articuler leurs fonctions d'enseignants et de chirurgiens. Arora et collaborateurs présentent l'enseignement par compagnonnage comme induisant un faible niveau de stress et ayant une fréquence basse d'apparition. Toutefois, ce résultat est spécifique aux chirurgiens. Nous pouvons faire l'hypothèse que ce résultat ne serait pas le même pour les internes qui pourraient évaluer le mode de formation comme plus stressant que ne le font les experts. Plus concrètement, parmi les modalités de formation utilisées dans le compagnonnage, l'utilisation de simulateurs haute fidélité est vécue comme une source de stress pour les internes (Müller, Hänsel, Fichtner, Hardt, Weber, Kirschbaum, Rüder, Walcher, Koch, & Eich, 2009). Nous notons également l'importance du bruit au bloc opératoire. Le bruit standard recommandé au travail est de 50dB, or le bruit au bloc opératoire a été mesuré entre 75 et 86dB lors d'une opération (Shapiro & Berland, 1972), quand le seuil de nocivité est établi à 80dB. Plus récemment, une étude a été réalisée au bloc opératoire de chirurgie orthopédique afin de confirmer ce résultat. Les résultats montrent que le bruit atteint des pics à 120dB (West, Busch-Vishniac, King, & Levit, 2008), soit le seuil de douleur auditive. Le bruit peut avoir des conséquences sur différents aspects de l'activité notamment la qualité des communications dans l'équipe mais également sur la fatigue des opérateurs et sur leurs performances comme nous le verrons ultérieurement.

Nous avons, par le biais de cette première section, déterminé le contexte général de travail des futurs chirurgiens orthopédistes. Nous retenons que l'apprentissage des futurs chirurgiens orthopédistes est majoritairement réalisé par compagnonnage. Les experts des services hospitaliers transmettent leurs savoirs et leurs savoir-faire tout en réalisant et en devant réussir leurs actes chirurgicaux. Nous retenons également que c'est dans l'action que les internes construisent la compréhension de leur action : ils conceptualisent dans l'action. Nous avons notamment constaté que les chirurgiens et internes sont soumis à diverses sources de stress dans leur pratique. Ces facteurs de stress peuvent être liés au contexte médical et au contexte opératoire/chirurgical. Nous avons toutefois besoin de comprendre ce qui se passe dans cette situation professionnelle en terme d'apprentissage et d'acquisition de compétences pour les internes. La prochaine section a justement pour objectif de nous permettre de mieux cerner la situation professionnelle en jeu.

II. DU STATUT D'INTERNE A CELUI DE CHIRURGIEN

Dans cette seconde section, nous présentons et délimitons les concepts clés que nous mobilisons dans notre réflexion. Pour cela, nous nous appuyons sur la présentation que nous avons faite du contexte de formation professionnelle des futurs chirurgiens. Nous verrons notamment ce qu'est apprendre un métier, acquérir des compétences et devenir un expert dans sa pratique. Cette analyse de la littérature nous permettra d'illustrer et de comprendre plus précisément le contexte de formation en jeu.

II. 1. DEVENIR CHIRURGIEN : VERS LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES

II. 1. 1. LA NOTION D'APPRENTISSAGE

Nous ne reviendrons pas en détail sur l'évolution de la notion d'apprentissage. Nous retenons surtout que l'apprentissage se fait par le biais d'une interaction entre un individu et une situation. Les connaissances des individus s'organisent de façon à permettre progressivement son adaptation à différentes situations. Il y a apprentissage quand il y a conceptualisation, c'est à dire mobilisation de connaissances antérieures

et dépassement de celles-ci vers de nouvelles connaissances (Pastré, 2008 ; Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006). Cela sous-tend l'idée que l'apprentissage a lieu quand la situation à résoudre est nouvelle⁶ et qu'elle nécessite une réflexion de la part de l'opérateur. Cela oblige également ce dernier à restructurer ce qu'il tenait pour vrai jusqu'à présent. Apprendre est donc un processus actif co-construit par un individu et un environnement (social, matériel, etc.). Nous retenons donc que ce qui était appris auparavant était plutôt la réponse, tandis qu'aujourd'hui l'apprentissage est davantage conceptualisé en tant que mécanismes de production de la réponse (Barcenilla & Tijus, 2004). Cette constatation de l'évolution de la notion d'apprentissage nous permet de situer les racines de la didactique professionnelle que nous utilisons dans nos travaux. Nous verrons dans le développement suivant que la didactique professionnelle s'ancre, au niveau de la psychologie du développement (ou psychologie de l'apprentissage), dans les travaux de Piaget et de Vygotski.

Dans son chapitre de 2006 intitulé « *Apprendre à faire* », Pastré revient sur cette notion d'apprentissage. Il oppose un apprentissage institutionnel à un apprentissage incident. L'apprentissage institutionnel est celui qui est réalisé dans les différentes institutions mises en place par le système à cet effet (type école). Dans ce contexte, l'apprentissage est majoritairement un apprentissage de savoirs. L'apprentissage incident (ou apprentissage sur le tas ; Pastré, 2008) est un apprentissage issu d'une activité en situation. Cette dernière pouvant être tant professionnelle que personnelle. En réalisant une activité quelle qu'elle soit, l'individu apprend à faire de nouvelles choses par la situation et par la modification de celle-ci. La pratique est nécessaire à l'apprentissage : le fait d'apprendre une activité professionnelle et la situation dans laquelle l'apprentissage a lieu sont liés, ce qui nous rapproche de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1990) et notamment de sa théorie de la conceptualisation dans l'action.

Comme nous le rappelle Piaget (1974b), « réussir » et « comprendre » ne sont pas forcément simultanés mais les deux sont intimement liés. Un apprenant peut réussir à faire quelque chose sans le comprendre mais il peut également comprendre

⁶ On appelle « situation nouvelle » une situation qui n'est pas strictement identique à une situation déjà vécue.

ce qu'il doit faire sans pour autant réussir à le faire. Ainsi, cet aspect amène certains psychologues à mettre l'accent sur la compréhension comme étant l'élément déterminant de l'apprentissage. Dans cette lignée, Tijus, Plénacosta et Barcenilla (1993) indiquent qu'apprendre c'est avant tout comprendre.

▪ *Qu'est-ce que comprendre ?*

Dans son ouvrage intitulé « les activités mentales », Richard (2008) présente un chapitre intitulé « *comprendre : construire une représentation* ». L'auteur expose ce qu'est pour lui comprendre. Il indique que comprendre c'est :

1) particulariser un schéma⁷, 2) construire une structure conceptuelle, 3) construire une représentation particularisée de la situation et 4) raisonner par analogie avec une situation connue.

La compréhension passe donc par la capacité à spécifier des connaissances à une situation nouvelle, à intégrer ces nouvelles connaissances avec les connaissances antérieures, à se faire une représentation de la situation basée sur les variables de la situation et à s'appuyer sur les situations déjà rencontrées pour résoudre une situation nouvelle. On retrouve dans l'activité de compréhension ainsi exposée des spécificités commune à la notion d'expertise, notion sur laquelle nous revenons dans la suite de ce document.

En nous appuyant sur les travaux de Piaget (1974b) le parallèle est donc évident entre un « réussir » qui correspond à un savoir-faire et à un « comprendre » qui correspond à une conceptualisation. Cette conceptualisation ne s'effectue qu'*a posteriori*, par « *prises de conscience ultérieures* » (Piaget, 1974b, p. 231-232), après la réussite en acte.

Nous pensons, comme d'autres chercheurs avant nous, que dans toute activité il y a apprentissage (Theureau, 1992 ; Vygotski, 1997). Dans le cas de la chirurgie orthopédique, apprentissage institutionnel et apprentissage incident s'articulent dans l'objectif de permettre l'acquisition de compétences professionnelles.

⁷ Bloc de connaissances déclaratives, complexes, générales et abstraites.

II. 1. 2. LA NOTION DE COMPETENCES

La compétence est au cœur de plusieurs disciplines. Elle est fortement dépendante du contexte dans lequel le chercheur se situe ce qui a pour conséquence de multiplier les définitions (Gilbert, 2006 ; Leplat, 2011 ; Pastré, 2005). La littérature révèle que les compétences peuvent toucher soit à des composantes cognitives ou techniques soit à des composantes sociales et affectives (Leplat, 2011). Ainsi, les définitions proposées par les auteurs sont pour certaines fortement ancrées dans la composante cognitive, d'autres sont fortement ancrées dans les aspects affectifs ou sociaux et d'autres encore essayent d'articuler les deux aspects (Coulet, 2011).

Nous pouvons observer, comme Leplat (2005) qu'en psychologie du travail l'intérêt pour cet objet est surtout lié à deux pratiques professionnelles :

1) *l'évaluation du personnel* (recrutement, GRH...). Dans ce cadre, le concept de compétence est surtout relatif aux résultats visibles des actions (*output*) d'un opérateur plus qu'à son potentiel. La compétence est donc souvent réduite à la performance de l'opérateur. Ce champ d'investigations s'est notamment intéressé à la compétence par le biais de concepts tel que savoirs, savoir-faire et savoir-être. Le terme de savoir est « *parfois utilisé pour désigner soit des connaissances soit des savoir-faire* » (de Montmollin, 2007 ; p. 244). Le savoir définit soit les énoncés reconnus pour vrais par la communauté scientifique, dans ce cas ce sont les énoncés qu'on apprend dans les institutions, soit les ressources cognitives à disposition de l'exécutant (les « connaissances » pour les didacticiens) et dans ce cas, le terme est utilisé pour faire référence aux connaissances mobilisables par l'exécutant. Le savoir-faire correspond à la « *connaissance procédurale telle qu'elle se manifeste dans l'activité* » (de Montmollin, 2007 ; p. 245) tandis que le savoir-être fait référence aux connaissances relatives aux relations humaines qu'un exécutant est capable de mettre en œuvre. Cette approche permet aux recruteurs ou service RH de déterminer la ou les compétence(s) que les opérateurs doivent détenir pour occuper un poste ou une fonction.

Dans cette logique, les opérateurs sont jugés compétents s'ils obtiennent de bonnes performances (Rabardel & Six, 1995). Cette approche de la compétence nous

semble problématique puisqu'il existe un décalage entre compétence et performance (Jonnaert, 2006). Le hasard pouvant être la cause d'une bonne performance plutôt que la compétence d'un individu.

2) *l'analyse de l'activité*. Dans ce domaine, le concept de compétence est lié au couple tâche-activité de l'opérateur, donc à la notion de processus en jeu.

Puisque notre problématique nous place dans un contexte de formation professionnelle et que nous sommes majoritairement intéressés par l'activité réalisée par les chirurgiens et les internes, nous allons donc voir que l'approche dans laquelle nous nous situons s'articule avec cette dernière pratique. Notre objectif au travers de cette partie n'est pas de présenter de façon exhaustive toutes les définitions sur la compétence. En revanche, nous nous appuyons sur certaines d'entre-elles afin de comprendre et d'illustrer certains invariants de la compétence.

Que signifie précisément faire preuve de compétence ou être compétent ? Nous retenons principalement trois invariants de la compétence :

- **La compétence est un processus.** Elle est le résultat d'une construction dans laquelle les ressources de l'individu sont utilisées en interaction avec les ressources de l'environnement.

En 1986, de Montmollin définit les compétences comme étant « *des ensembles stabilisés de savoirs et de savoir-faire, de conduites-types, de procédures-standards, de types de raisonnement, que l'on peut mettre en œuvre sans apprentissage nouveau.* » (de Montmollin, 1986, p. 122). Cette définition, très largement utilisée dans la littérature, définit plutôt les compétences dans leur composante cognitive. Les compétences seraient alors dans ce cadre, ce qu'un opérateur est capable de mettre en œuvre, elle met l'accent sur cette notion de processus.

- **La compétence est contextuelle.** Nous retenons de la compétence qu'elle se construit dans et par l'action (Mayen & Mayeux, 2003). Elle s'exprime dans une situation et elle permet l'action. Elle est liée à une tâche à résoudre, c'est une compétence pour initier quelque chose. Comme elle n'a de sens que pour le but poursuivi, on dit qu'elle est *finalisée* (Leplat, 1990 ; 1991). En ce sens, elle doit être spécifiée au domaine d'application « *je suis compétent-e pour faire telle tâche ou telle classe de tâches* ».

- **La compétence est dynamique.** Elle est le résultat d'un apprentissage, d'une formation (continue ou non) et elle est organisée. Elle n'est pas l'action réalisée mais ce qui sous-tend l'action. En ce sens, elle se déduit à partir de ce qui est donné à voir, à partir de l'observable (Leplat, 1991). Nous reviendrons plus en détail sur cet invariant de la compétence qui présente un intérêt évident dans notre contexte de recherche.

Selon le rapport que l'on entretient avec la tâche, si on est prescripteur ou opérateur, les compétences sont dites *prescrites* ou *effectives* (Leplat, 1991). Les compétences prescrites sont celles que le prescripteur attend de la part de l'opérateur, ce sont celles qu'il estime nécessaires à la réalisation de la tâche. Les compétences effectives sont celles qui sont mobilisées par l'opérateur dans la réalisation de sa tâche. Ce sont ces dernières qui sont données à voir à l'ergonome, ou au psychologue du travail, dans une analyse d'activité professionnelle. D'ailleurs, analyser les compétences de quelqu'un, c'est analyser ses compétences effectives, celles qu'il met réellement en action.

Ces dernières années avec les évolutions technologiques et les évolutions managériales, Pastré (2005) observent que les compétences ont fortement évolué passant d'une compétence d'exécution à une compétence d'élaboration. La compétence d'exécution était majoritairement liée à la pratique du taylorisme dans laquelle l'opérateur suivait des procédures mises en place par son supérieur. En revanche, avec la compétence d'élaboration, l'opérateur est dans une position de réflexion face à sa tâche à résoudre, il est dans la situation de résolution de problèmes.

D'autres auteurs font également une distinction basée sur le fait qu'en analyse d'activité certaines compétences apparaissent alors que l'opérateur, pour plusieurs raisons que nous allons voir, n'est pas capable de les verbaliser. Ces compétences appelées « compétences incorporées » (Leplat, 1995), sont dites « engluées » dans l'action (Pastré, 2001). Cette formulation sous-tend l'idée que sans action ces compétences n'apparaîtraient pas. Elles apparaissent en cours d'action, de façon quasi automatique, d'où le parallèle qui est souvent fait entre les compétences incorporées et les habitudes, les routines. Elles nécessitent peu de ressources cognitives si bien que l'opérateur qui les met pourtant en œuvre dans son action a beaucoup de difficulté

à les verbaliser. D'autres auteurs font également référence à ces compétences sous le terme de savoirs pratiques (Amalberti, 1991) ou de schème d'action (Vergnaud, 1990).

II. 1. 3. L'EXPERTISE PROFESSIONNELLE : QU'EST-CE QU'ETRE UN EXPERT ET COMMENT LE DEVIENT-ON ?

En ergonomie, le concept d'expertise ne dispose pas d'une définition qui soit consensuelle et opérationnelle (Cellier, Eyrolle, & Mariné, 1997). L'ouvrage « Vocabulaire de l'ergonomie » de de Montmollin (2007) le définit par le biais de deux acceptions. La première définit l'expertise comme un niveau professionnel achevé dans un métier tandis que la seconde définit l'expert comme celui qui est le meilleur (de Montmollin, 2007). Le choix de l'une ou l'autre peut ainsi nous amener à caractériser l'expert par son ancienneté dans son métier ou par sa performance. Cette façon de définir l'expert en comparaison à un novice (paradigme expert-novice ; Caverni, 1988) se trouve dans d'autres travaux (Rogalski & Marquié, 2004). Cette approche considère les novices comme des individus en cours ou en fin d'apprentissage et les experts comme des professionnels. Cette comparaison expert-novice est valable dans les domaines d'activités dans lesquels l'individu suit d'abord une formation théorique puis une formation pratique, comme c'est le cas en médecine.

Dans le cadre de la première définition proposée par de Montmollin (l'expertise est un niveau professionnel élevé dans un métier), l'ancienneté est gage d'expertise puisque l'expert est celui qui occupe son poste depuis un certain temps. L'expert fait référence à celui qui a plusieurs années d'expérience en comparaison aux novices qui disposent certes des connaissances mais pas des savoirs-faire (Bisseret, 1981 ; Raufaste & Eyrolle, 1998 ; Spérandio, 1976). D'après cette définition, l'idée est que l'expert a rencontré et résolu un grand nombre de problèmes au cours de sa pratique. Cette idée d'ancienneté se retrouve notamment dans les travaux de Simon et Chase (1973) menés sur les joueurs d'échecs, dans lesquels les auteurs précisent qu'il est nécessaire de pratiquer pendant dix ans pour devenir un expert. De Montmollin (2007) indique que l'expert possède trois caractéristiques : ses comportements sont automatisés, il est capable de simplification opérative des procédures et enfin, il est

non seulement capable de métaconnaissances⁸ mais également d'heuristiques plus efficaces que celles employées par un novice.

L'expertise semblerait donc être un niveau élevé de compétence (Leplat, 1991) et cette expertise s'acquiert notamment par la pratique, pratique que certains qualifient de « *délibérée* » (Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993). La répétition d'une activité, l'entraînement, permet au novice de devenir progressivement un expert (Amalberti, 2001 ; Leplat, 2011). Cet entraînement va permettre une automatisation progressive des actions. En retour, cette expertise va permettre de développer la capacité à résoudre de nouvelles situations. Dans cette optique, ce sont les schèmes qui vont permettre cette adaptation à des situations nouvelles. L'expertise s'acquiert donc par assimilation et accommodation. Cette notion de répétition se retrouve également dans le cadre de tâche motrice (gymnastique : Delignières, Nourrit, Sioud, Leroyer, Zattara, & Micallef, 1998 ; simulateur de ski : Nourrit, Delignières, Deschamps, Caillou & Lauriot, 2003). Dans le domaine du sport, certains auteurs ont mis l'accent sur la variabilité de la pratique. Ils avancent l'idée selon laquelle une pratique dans des conditions variées (par exemple s'entraîner au tir au basket à différentes distances du panier) permet d'augmenter l'expertise. Cependant, les résultats obtenus par les auteurs n'ont pas été en faveur de cette hypothèse et au contraire ont montré que la variabilité de la pratique n'augmente pas la performance comme attendue mais augmente la transférabilité de l'habileté à une tâche voisine (Buekers, 1995). Le schème mis en place étant plus puissant, il permet ainsi l'adaptation à des situations proches nouvelles permettant ainsi sa réussite.

L'expertise n'est pas directement liée à une quantité de connaissances accumulées. N'est pas expert celui qui dispose de plus de connaissances mais est expert celui dont les connaissances sont mieux organisées. L'expertise est donc liée à l'organisation des connaissances. Une étude d'Amalberti et Racca (1989) sur les pilotes d'Airbus illustre ce fait. Les auteurs ont observé que des experts qui ont pourtant enseigné le cisaillement du vent ne savent pas le reconnaître en situation de simulation de vol. En revanche, des pilotes novices en apprentissage le reconnaissent directement. Ce n'est donc pas celui qui connaît théoriquement un phénomène qui est capable de le détecter. D'autres recherches ont mis en évidence qu'en termes d'organisation de connaissances, l'expert analyse la situation en cours et choisit la

⁸ Connaissances relatives à ses propres connaissances

procédure à mettre en œuvre en prenant en compte le temps dont il dispose pour faire son action. Si bien que s'il dispose d'un laps de temps court, il peut choisir une procédure moins efficace à condition que celle-ci soit réalisable dans le temps imparti et efficace dans la mesure où elle permet l'atteinte du but (voir Amalberti, 1991). La décontextualisation des connaissances apparaît donc comme une qualité de l'expert qui est capable de s'abstraire de ses connaissances (Didierjean & Gobet, 2008) ce qui en retour diminue sa charge cognitive (Sweller, 2003). De la même façon, Raufaste et Eyrolle (1998) ont montré en s'appuyant sur une analyse de la littérature que l'expert était caractérisé par sa capacité à percevoir les grandes structures significatives et par l'automatisation du diagnostic.

En étudiant les radiologues, Raufaste propose la distinction entre un expert de base et un « super-expert » (Raufaste, Eyrolle & Mariné, 1998 ; Raufaste, 2001). La distinction entre les deux résulte de la mise en œuvre d'activité de contrôle sur leur activité. D'autres auteurs ont proposé des classifications plus complètes (Benner, 2003 ; Dreyfus & Dreyfus, 1986 ; Rauner, 2007). Ces derniers stipulent que le passage de novice à expert se fait progressivement, en 5 étapes. L'individu serait d'abord un novice, puis un débutant avancé, puis un compétent, un maître et enfin un expert.

En résumé, nous retenons que l'expertise est le résultat de l'apprentissage de connaissances déclaratives et procédurales. Elle est spécifique à un domaine d'activité, même si un transfert est possible pour de nouvelles tâches nécessitant le recours à des compétences liées au domaine d'expertise. L'expertise est liée à l'organisation en mémoire des connaissances. Ces dernières sont organisées en grandes structures significatives. L'expert est capable d'automatisation ce qui lui permet de produire sa performance avec un coût minime.

II. 2. LE CAS DES INTERNES EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE.

Nous avons vu précédemment ce qu'est apprendre un métier, acquérir des compétences et devenir un expert dans sa pratique. Nous spécifions à présent ces notions au cas des futurs chirurgiens orthopédistes.

II. 2. 1. L'APPRENTISSAGE DU METIER DE CHIRURGIEN ORTHOPEDISTE

La formation des chirurgiens orthopédistes est une situation qui couple un apprentissage de savoirs à un apprentissage incident. La théorie (ou connaissance déclarative) est certes nécessaire mais pas suffisante pour que l'opérateur (chirurgien et/ou interne) réalise une tâche. En revanche, elle permet la construction d'un modèle opératif qui combine modèle cognitif (théorique) et modèle opératoire. En cela, apprendre une activité professionnelle diffère d'apprendre un savoir. L'interne est placé dans une situation dans laquelle il doit comprendre ce que fait l'expert et il doit progressivement réussir à faire seul. Nous nous situons donc dans l'approche de la conceptualisation dans l'action (Vergnaud, 1990).

Dans une certaine mesure, l'apprentissage pendant l'internat de chirurgie se fait par imitation. La psychologie et notamment la psychologie sociale se sont beaucoup intéressées à cette forme d'apprentissage où autrui est utilisé comme modèle permettant l'acquisition d'une nouvelle compétence (apprentissage vicariant, Bandura, 1986). L'interne en observant l'expert est placé dans une situation dans laquelle on lui demande d'observer pour apprendre à reproduire. Cet apprentissage par imitation est couplé à un apprentissage par l'action. Progressivement, l'interne est invité à prendre part à certains gestes, à réaliser lui-même tout ou une partie de la procédure.

Cet apprentissage prend la forme d'un apprentissage co-actif dans lequel l'interne novice construit ses connaissances avec l'expert chirurgien. Lorsque l'interne est avancé dans sa formation, il interagit avec l'expert et met en place une procédure co-construite pour atteindre un but. Enfin, lorsque l'interne s'entraîne sur simulateur, il peut apprendre par essai-erreur (ou par la découverte) apprenant ainsi

par ses erreurs. Cette forme d'apprentissage est plébiscitée par certains auteurs qui insistent sur l'importance de laisser les erreurs suivre leur cours dans ce type d'environnement (informatique notamment) car cela permet à l'interne d'observer le résultat de ses actions, alors qu'en situation de bloc opératoire, dès qu'une erreur est détectée, une action est entreprise pour la réparer (Ziv, Ben-David & Ziv, 2005 ; Ziv et al., 2003). Voir le résultat de son action, issu d'une erreur ou non, serait pour Ziv, Ben-David et Ziv (2005) une puissante source d'apprentissage qui ferait que l'interne ne reproduirait plus ces erreurs au bloc opératoire.

L'objectif de la formation de l'interne est qu'il devienne autonome dans sa pratique, qu'il quitte son statut de novice pour tendre à devenir un expert. Mais quelles sont les compétences que l'interne doit acquérir ? Qu'est-ce qui fait qu'un opérateur va devenir un expert dans sa pratique ? Encore une fois, nous avons émis précédemment quelques pistes de réponses que nous reprenons et complétons en nous appuyant sur la littérature.

II. 2. 2. LES COMPETENCES MEDICALES ET/OU CHIRURGICALES

Nous avons vu précédemment que les définitions de la compétence professionnelle sont dépendantes des contextes sociaux et des cadres théoriques des auteurs. Nous pouvons donc nous attendre à observer la même problématique en ce qui concerne la compétence médicale (Bhatti & Cummings, 2007).

En 2002, deux médecins américains (Epstein & Hundert) définissent la compétence médicale comme « *l'utilisation habituelle et judicieuse de la communication, des connaissances, des habiletés techniques, des raisonnements cliniques, des émotions, des valeurs et de la réflexion dans la pratique quotidienne pour le bénéfice de l'individu et de la communauté à servir* » (Epstein & Hundert, 2002, p. 226).⁹

⁹ Traduit de l'anglais par nos soins : “*the habitual and judicious use of communication, knowledge, technical skills, clinical reasoning, emotions, values, and reflection in daily practice for the benefit of the individual and community being served*”.

D'après ces derniers, est compétent un médecin qui sait faire preuve d'intelligence dans ces différents domaines à savoir des compétences relatives aux domaines cliniques, techniques et humains. Cette perspective rejoint la notion d'intelligence au travail de Pastré (2005). Dans la même perspective, d'autres auteurs proposent que la compétence médicale articule des connaissances, habiletés et attitudes dans la résolution de situations familières et/ou nouvelles (Hall, Crebbin & Ellison, 2004 ; cités dans Bhatti & Cummings, 2007). Comme l'ont fait au préalable Epstein et Hundert (2002), les auteurs précisent que trois domaines sont mobilisés à savoir les domaines cliniques, techniques et humains. Cependant, Epstein et Hundert vont plus loin et proposent un découpage plus spécifique des domaines de compétence en médecine. Les auteurs indiquent que la compétence professionnelle est constituée de 33 compétences, elles-mêmes regroupées en 7 domaines comme nous pouvons le voir dans le Tableau 3 ci-après.

Compétences cognitives	Connaissances de base
	Habiletés de communication de base
	Gérer l'information
	Appliquer des connaissances à des situations réelles
	Utiliser les connaissances tacites et l'expérience professionnelle
	Extraire les résolutions de problèmes
	S'autogérer dans l'acquisition de nouvelles connaissances
	Savoir reconnaître ses propres lacunes et celles du domaine dans les connaissances
	Générer des questions
	Utiliser diverses ressources (e.g., recherches publiées, collègues...)
Apprendre de l'expérience	
Compétences techniques	Avoir des habiletés pour l'examen physique
	Avoir des habiletés chirurgicales / procédurales
Compétences intégratives	Intégrer un jugement scientifique, clinique et humaniste
	Utiliser des stratégies de raisonnement clinique appropriées (raisonnement hypothético-déductif, reconnaissance de forme et connaissance élaborée)
	Faire le lien entre des raisonnements basiques et cliniques dans différentes disciplines
	Gérer l'incertitude
Compétences contextuelles	Avoir des compétences en milieu clinique
	Gérer, utiliser son temps
Compétences relationnelles	Avoir des habiletés de communication
	Gérer les conflits
	Travailler en équipe
	Etre pédagogue (avec les patients, étudiants et collègues)
Compétences affectives / morales	Tolérer l'ambiguïté et l'anxiété
	Avoir une intelligence émotionnelle
	Savoir respecter les patients
	Réactivité face aux patients et à la société
	Avoir des compétences humaines
Ouverture d'esprit	Observer la pensée, les émotions et les techniques d'autrui
	Faire preuve d'attention
	Faire preuve d'esprit critique
	Capacité de reconnaissance et de réponse aux biais cognitifs et émotionnels
	Avoir la volonté de reconnaître et de corriger ses erreurs

**Tableau 3. Les dimensions de la compétence professionnelle selon Epstein et Hundert (2002).
Traduit de l'original par nos soins.**

La compétence médicale est donc d'après ces auteurs constituée d'aspects relatifs à des sphères cognitives, techniques, intégratives, contextuelles, relationnelles, affectives et morales, ainsi qu'à une certaine ouverture d'esprit.

D'autres médecins se sont penchés sur la question. En s'appuyant sur les travaux publiés ou en cours de publication, Darzi et MacKay (2001) ont proposé que l'activité médicale se décompose en quatre volets : une activité de diagnostic, une activité de programmation du traitement (médicamenteux ou chirurgical), une activité technique et une activité en lien avec les soins postopératoires. Ces quatre volets doivent être analysés conjointement pour approcher la compétence médicale toutefois,

une attention toute particulière doit être accordée à la technique car, selon les auteurs, c'est elle qui est le noyau central de la compétence médicale. Ainsi, Darzi et MacKay précisent que l'aspect technique se compose de compétences de jugement, prise de décisions, de connaissances et de dextérité.

En France, le même travail a été réalisé et plusieurs référentiels compétences ont été proposés par le corps médical. L'objectif étant de déterminer les compétences que l'interne doit acquérir tout au long de sa formation que ce soit en médecine générale (Attali, Bail, Magnier, Beis, Ghasarossian, Gomes, Chevallier, Lainé, Le Mauff, Zerbib & Gay, 2006) ou en chirurgie orthopédique et traumatologique (Glorion, Puget, Rigal & Thomas, 2009). Les compétences déterminées comme centrales dans ces référentiels étant de même type que celles préalablement citées.

II. 2. 3. L'EXPERTISE MEDICALE ET/OU CHIRURGICALE

Plusieurs études, réalisées notamment aux Etats-Unis, ont été menées afin de déterminer précisément les compétences spécifiques des experts en médecine. Les aspects de jugement et de prise de décision ont été mis en avant comme les compétences les plus importantes car constitutives de l'expertise chirurgicale (Darzi & MacKay, 2001 ; Hall, Ellis & Hamdorf, 2003).

En 2003, à partir des études déjà réalisées et publiées, Hall, Ellis et Hamdorf proposent de lister les critères qui font d'un chirurgien un expert. Selon eux, un expert disposerait de dix traits spécifiques que nous présentons dans le Tableau 2 ci-après.

Focalisé sur un domaine spécifique
Peut travailler rapidement sous pression
Passe du temps à réfléchir sur des problématiques
Automatisation des processus de résolution de problème
Reconnaissance précoce des difficultés, problèmes
Compréhension intuitive des situations
Une mémoire professionnelle riche
Une habileté à développer des concepts étendus
Surveillance de leur propre performance et leur soucis
Très motivé et fier

Tableau 4. Les traits des experts en médecine selon Hall, Ellis et Hamdorf (2003)

Ces dix caractéristiques constituent certes l'expertise médicale mais, comme ils le rappellent, ce sont également des critères que l'on trouve à moindre mesure chez des internes. Ils rappellent donc le continuum existant entre novice et expert : l'expert dispose d'aspects communs avec le novice mais les traits de l'expert sont bien plus développés que ceux du novice. Cet aspect n'est pas surprenant étant donné la conception que nous faisons de l'expertise professionnelle comme un haut niveau de compétence. Nous retiendrons cependant de ce tableau les critères relatifs à l'automatisation des processus de résolution de problèmes, à la reconnaissance précoce des situations problèmes, à la compréhension intuitive des situations et à la richesse des concepts mis en place. Nous retenons ces quatre critères, car ce sont des critères spécifiques au raisonnement cognitif, qui sont le reflet de compétences implicites, incorporées dans l'action qu'il va falloir extraire de l'activité des chirurgiens.

Il nous paraissait important d'aborder les notions d'apprentissage, d'acquisition des compétences et d'expertise professionnelle dans notre réflexion et de spécifier ces notions au contexte de formation des internes en chirurgie orthopédique. Ces notions nous permettent de mieux comprendre la situation en jeu. Les internes doivent acquérir un certain nombre de compétences que certains auteurs se sont attachés à détailler précisément. Les internes vont ainsi progressivement tendre à devenir des experts dans leur domaine, même si un transfert de compétences sera possible dans des tâches proches. Leurs connaissances vont progressivement s'organiser en grandes structures significatives, ce qui leur permettra un automatisme dans leur réflexion.

III. L'ACTIVITE DES INTERNES EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE

L'objectif de cette dernière section est de comprendre plus précisément ce que doivent faire les chirurgiens orthopédistes et les internes dans leur pratique quotidienne. Nous avons vu précédemment que l'apprentissage en chirurgie orthopédique prend place dans une situation particulièrement stressante. Nous allons commencer cette section par déterminer le type d'activité que les internes et chirurgiens pratiquent, à savoir une activité de diagnostic. En ce sens, ils sont dans une situation de résolution de problème. Nous abordons donc également dans cette section les formes de problèmes qui se présentent à eux et les méthodes auxquelles ils ont recours pour les résoudre.

III. 1. UNE ACTIVITE DE DIAGNOSTIC

Dans le contexte médical et chirurgical, l'activité des chirurgiens et des internes est majoritairement¹⁰ une activité de diagnostic : il faut comprendre ce qui se passe, ce qui est fait et anticiper les conséquences de l'action. L'activité « réaliser une opération » est une situation dynamique dans le sens de Bainbridge (1981) qui nécessite l'articulation de connaissances relatives au résultat de son action et des

¹⁰ Notre propos porte ici sur les aspects de l'activité qui sont centraux pour nous à savoir les opérations chirurgicales.

actions internes du système. Le système étant ici à comprendre comme le patient à opérer et dont le fonctionnement interne autonome est susceptible de modifier la situation à résoudre. En 1990, Hoc indique que l'activité de diagnostic comporte trois invariants : la compréhension, la décision et l'action. L'auteur indique notamment l'articulation entre ces invariants quand il considère « *le diagnostic comme une activité de compréhension d'une situation, pertinente à une décision d'action* » (Hoc & Amalberti, 1994 ; p. 179).

L'activité de diagnostic est envisagée comme étant une activité de résolution de problèmes, on parle de « *medical problem solving* » (Elstein, Shulman & Sprafka, 1978).

Une activité de résolution de problème est une activité qui nécessite pour l'opérateur qu'il élabore une procédure pour atteindre son but (Leplat & Hoc, 1983). L'opérateur doit trouver une procédure qui lui permet de réduire l'écart existant entre un « état initial » et un « état but ». Dans l'activité « réaliser une opération », l'état du patient qui doit subir l'opération peut être considéré comme l'état initial, tandis que l'état but peut être le diagnostic médical. Dans ce type d'activité, il n'y a pas de procédure unique mais différentes façons d'atteindre l'objectif. Connaître les procédures et les routines ne suffisent donc pas (Pastré, 2001). Comme l'indique Hoc (1987) ce sont des situations dans lesquelles « *il ne suffit plus de déclencher une procédure toute faite, mais il faut mettre en œuvre en quelque sorte des « méta-opérations » d'élaboration d'une procédure* » (Hoc, 1987, p. 42)

L'opérateur ne dispose donc pas de solution toute prête pour résoudre son problème. Ainsi, sera un problème toute situation dans lequel l'interne ne dispose pas des connaissances pour diriger son action ou que l'action qu'il a mise en place n'a pas eu le résultat escompté. Toutefois, le problème n'est pas la tâche à résoudre, mais la situation, c'est-à-dire la confrontation entre un individu (un système cognitive) et une tâche (Hoc, 1987). Ainsi, ce qui peut être problème pour un interne peut ne pas l'être pour un autre.

Hoc (1987) définit le problème comme « *la représentation qu'un système cognitif construit à partir d'une tâche, sans disposer immédiatement d'une procédure admissible pour atteindre le but* » (Hoc, 1987, p. 51)

Plus récemment et plus précisément, selon Richard (2008), « *on se trouve dans une situation de résolution de problème si n'existent pas en mémoire les connaissances nécessaires à l'élaboration d'une procédure acceptable : soit les connaissances qui concernent les prérequis de l'action, soit les connaissances qui permettent de faire les inférences nécessaires à l'ordonnancement des actions* » (Richard, 2008, p. 203). Ainsi, une activité de résolution de problème est opposée à l'activité d'exécution ou de reproduction, dans laquelle l'opérateur met en œuvre une procédure permettant de passer de l'état initial au but (D'Hainaut, 1980 ; Hoc, 1987 ; Jonnaert, 1994 ; Richard, 1998 ; Legendre, 1993). Une activité de résolution de problèmes oblige l'opérateur à penser et à contrôler son action de façon constante.

Au regard de notre problématique dans ce travail doctoral, nous étudions justement des tâches professionnelles qui sont des situations de résolutions de problèmes pour les internes. Les internes sont placés dans des situations dans lesquelles ils doivent construire un espace de recherche (Newell & Simon, 1972) et y trouver la solution. Il y a dans cet espace plusieurs processus menant à la solution et non pas une seule solution unique. Nous verrons dans l'analyse de l'activité que nous avons menée que la tâche à résoudre par les experts ne suit pas une procédure unique. Dès lors, nous nous référerons à l'activité déployée par les chirurgiens et/ou internes en employant le terme de « stratégies » de résolution de problème.

III. 2. LES FORMES DE PROBLEME

Un problème est donc une situation qui comporte des données, un (ou des) objectif(s) et un (ou des) obstacle(s). Selon la forme du problème, il est possible de distinguer des problèmes de transformation d'état, des problèmes d'induction de structures ou des problèmes de conception (Greeno, 1978 ; Hoc, 1987).

Le **problème de transformation d'état** correspond typiquement à l'exemple de la tour de Hanoi¹¹ dans lequel on dispose d'une situation initiale, d'une situation

¹¹ La tour de Hanoi est un problème dans lequel des disques de différentes tailles sont empilés du plus grand au plus petit format une tour de départ. L'objectif est de déplacer cette tour en l'amenant dans

finale (un but) et d'un ensemble d'actions à respecter pour atteindre l'état final. L'individu doit réaliser des actions de transformations pour passer d'un état initial à un état final.

Un **problème d'induction de structures** est un problème qui nécessite que l'individu fonctionne par analogie pour trouver la règle qui va lui permettre de résoudre son problème. Ce type de problème oblige l'individu à induire une structure dans la logique. Ce sont par exemple des problèmes dans lesquels il s'agit pour l'individu de compléter une suite logique ou alors de raisonner avec des énoncés du type « A est à B ce que le C est à D ». L'activité médicale et/ou chirurgicale de diagnostic est majoritairement un problème d'induction de structures (Falzon, 1993 ; Hoc, 1987). Le chirurgien et/ou l'interne doivent inférer une structure à un ensemble de symptômes.

Le problème de conception (ou problème d'arrangement) est quant à lui un problème qui nécessite de réarranger les éléments pour satisfaire un critère. Un exemple de ce type de problème est l'anagramme où il faut réarranger les lettres pour former un mot ou encore le puzzle.

Toutefois, tous les problèmes ne peuvent être classifiés aussi simplement dans une de ces catégories (Greeno, 1978). Certains chercheurs proposent donc une classification plus large en opposant des problèmes bien définis à des problèmes mal définis (Reitman, 1964). Dans ce cas alors, on dit qu'un problème est bien défini quand on a une définition explicite de l'objectif à atteindre, de l'état initial et de l'état final à atteindre, comme dans le cas de la tour de Hanoi. En revanche, un problème est dit mal défini si les états initial et/ou final ne sont pas bien spécifiés.

Quelle que soit la façon de catégoriser un problème, l'utilisation de problèmes est une méthode fréquemment utilisée dans l'enseignement car elle permet de tester les compétences ou connaissances d'un élève mais permet également d'en acquérir. Dans ce cas, ce qui compte c'est l'analyse des processus mis en œuvre par l'élève.

une position finale en passant par une position intermédiaire et en respectant trois règles : 1) on ne peut déplacer qu'un seul disque à la fois, 2) on ne peut mettre un disque que sur un disque plus grand que lui-même et 3) on ne peut déplacer un disque qui se trouve sous un autre.

III. 3. LES METHODES DE RESOLUTION DE PROBLEME

Les individus peuvent avoir recours à plusieurs méthodes de résolution de problème : ils peuvent utiliser des heuristiques, des algorithmes ou des analogies. Il apparaît que parmi ces trois méthodes, les individus ont majoritairement recours aux heuristiques.

Le recours aux heuristiques. Les heuristiques sont des règles d'action qui permettent de prendre des décisions rapidement mais leur validité n'est pas assurée. Selon Richard (1998), « *Quand les sujets raisonnent en dehors de leur domaine de compétence, ils n'ont à leur disposition que des modes d'inférences dont la validité n'est pas assurée mais qui sont d'utilisation très générale. Ces processus de production d'inférences ne garantissent pas la validité des raisonnements mais ils sont productifs : ils sont efficaces pour former des hypothèses et faire des choix dont les conséquences permettront d'apporter les corrections nécessaires.* » (Richard, 1998, p. 188).

Un exemple d'heuristique qui ressort notamment est l'analyse moyen-fin qui consiste en une analyse de la différence entre le résultat à atteindre et l'état actuel du problème. Cette démarche est notamment utilisée dans la résolution de problèmes de labyrinthe. Toutefois, le recours aux heuristiques nécessite de garder en mémoire de travail un grand nombre d'informations, ce qui pourrait avoir pour conséquence directe d'empêcher l'individu d'extraire les connaissances relatives au problème (Sweller & Levine, 1982) et avoir pour conséquence de gêner l'apprentissage.

D'autres méthodes de résolution de problème existent comme notamment le recours aux algorithmes ou aux analogies.

Le recours aux algorithmes. Les algorithmes sont des règles d'action qui garantissent l'atteinte du résultat. Ils peuvent se comprendre comme opposés aux heuristiques dans le sens où les algorithmes correspondent davantage à un raisonnement réalisé dans un domaine de compétence. Ainsi, l'utilisation d'algorithmes est davantage une caractéristique des experts.

Le recours aux analogies. Avoir recours aux analogies consiste à utiliser des situations passées, connues et jugées comme similaires pour résoudre un problème. L'analogie consiste à mettre en correspondance deux domaines : un domaine cible et un domaine de référence et nécessite donc que les deux domaines présentent un certain nombre de ressemblances (Cauzinille-Marmèche, Mathieu & Weil-Barais, 1985). Le fonctionnement par analogie permet de produire des inférences permettant la résolution du problème.

Cette dernière section nous a permis de comprendre le type d'activité que les internes en chirurgie ont à réaliser. Dans le cadre de l'activité chirurgicale, nous retenons que l'activité des internes est une activité de diagnostic qui correspond à une activité de résolution de problèmes. Les problèmes que doivent résoudre les internes sont majoritairement des problèmes d'induction de structures. Ce sont donc des problèmes pour laquelle les internes ne disposent pas de procédure établie et cela d'autant plus qu'il n'existe pas une seule bonne manière de faire. Ainsi, nous utilisons maintenant le terme de stratégies lorsque nous nous référons à l'activité mise en place par les internes pour résoudre une situation problème.

Cette première partie nous a permis de déterminer les conditions de l'activité des futurs chirurgiens orthopédistes. Toutefois, notre objectif dans ce travail est de comprendre les effets du stress professionnel sur la performance des futurs praticiens. Avant d'aller plus loin dans le développement de notre problématique, nous avons besoin de comprendre plus précisément certains des concepts que nous mobilisons, notamment les concepts de stress professionnel et de performance. La prochaine partie aura justement pour objectif de définir ces notions. Puis, bien que nous ayons envisagé l'importance du stress professionnel sur les performances des internes et chirurgiens, nous n'avons pas encore déterminé les effets observés dans la littérature. Nous allons, dans la partie suivante présenter les conséquences d'un stress professionnel sur la performance des opérateurs. Cette partie nous permettra de développer plus précisément notre problématique de recherche et qui guida la première partie des études menées.

Partie 2. Stress et performance en milieu professionnel

Notre objectif dans cette recherche est de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique. Cette seconde partie a pour objectif de définir les deux concepts clés que nous mobilisons, à savoir le stress et la performance. Bien qu'un grand nombre d'individus se disent stressés dans leur quotidien professionnel et que le terme « stress » semble relever du sens commun, il est important de noter que l'usage qui est fait du terme semble parfois renvoyer à des éléments psychologiques et comportementaux très différents. De même, nous verrons que la performance est un concept multidimensionnel qui peut renvoyer à différents aspects de l'activité. La compréhension de ces deux notions nous permettra de développer plus précisément notre problématique de recherche. Il nous semble primordial de nous appuyer sur les définitions existantes afin de présenter l'approche théorique dans laquelle nous nous situons.

I. LE STRESS : DEFINITION D'UN CONCEPT AMBIGU

L'objectif de cette première section est de définir le concept de stress. Nous commençons donc par en retracer l'évolution depuis ses origines jusqu'aux approches actuelles dominantes. Cet historique nous permettra de constater que l'intérêt des chercheurs s'est progressivement porté sur les facteurs du stress professionnel. Enfin, pour conclure cette section, nous aborderons les principales conséquences du stress sur l'opérateur.

Le stress est utilisé dans différentes disciplines et souvent sous des acceptions différentes (Rivolier, 1989). Le concept apparaît dans la littérature comme l'un des plus ambigus au point d'être pour certains devenu un « mot-valise » (Valéry & Leduc, 2012). En 2007, Lancry pose même la question : « *Qui n'a pas réagi à la multiplication des définitions du stress, au foisonnement des théories mais aussi à la polysémie de plus en plus importante de ce concept qui perd peu à peu toute signification sérieuse et non ambiguë ?* » (Lancry, 2007, p. 290).

En entreprise, les salariés utilisent également le terme en y mettant diverses significations si bien que Clot indique que « *le mot stress est devenu pour les salariés un mot de passe pour dire, le mal vivre au travail, le mal-être, les processus de soumission dans lesquels ils sont parfois impliqués et surtout, le vécu d'impuissance dans lequel ils sont placés et qu'ils ressentent si fortement* » (Clot, 1999, p. 26-27).

La signification du concept peut donc être très différente selon s'il est utilisé par des chercheurs en tant que concept ou par les salariés afin d'exprimer un mal-être au travail. La lecture et l'interprétation des résultats obtenus dans la littérature doivent donc être faites à la lumière des différences conceptuelles.

Le terme « stress » peut donc être utilisé pour renvoyer à différents aspects du concept et cette polysémie a été mise en évidence dès les années quatre-vingt dix par Jex, Beehr et Roberts (1992). Après avoir analysé une cinquantaine d'articles portant sur le stress (articles parus jusqu'à la fin des années 1980) les auteurs ont observé que

40% d'entre eux font référence aux agents stressants pour parler de stress, 25% font référence aux effets du stress, 25% font référence au lien entre le stimulus et la réponse émise et les derniers 10% font une utilisation tellement confuse du terme que toute catégorisation est impossible. Le terme « stress » peut donc être utilisé soit pour faire référence à des facteurs environnementaux inducteurs (en tant que stressseurs), soit en tant que la réaction de l'organisme qui lutte contre les effets d'un stimulus externe (en tant que réaction) soit à l'état dans lequel l'organisme se trouve lorsqu'il est soumis à un stimulus externe inducteur de stress (utilisation en tant que relation stimulus-réponse).

I. 1. LE STRESS : EVOLUTION D'UN CONCEPT DE SES ORIGINES A L'APPROCHE PHYSIOLOGIQUE

Historiquement, le terme « stress » est issu des travaux réalisés sur le métal, ou sur certains objets physiques. Il désigne la capacité des objets à résister à des pressions physiques, des forces externes. Puis, l'analogie fut progressivement utilisée chez les humains. Dès 1932, le neurophysiologiste américain Cannon a été un des premiers à faire le parallèle entre l'être humain et les objets physiques. Il fut également un des premiers à mettre en évidence la réponse psychophysiologique au stress (Quick & Spielberger, 1994). Cannon s'est notamment intéressé aux effets de certains types de stressseurs environnementaux sur l'organisme humain (e.g., le froid, le manque d'oxygène, ...). Il conclut ses travaux sur l'observation selon laquelle l'organisme biologique réagit différemment selon la durée d'exposition au stress : il survit à un stress faible ou modéré mais en revanche, face à un stress fort ou long, l'organisme ne survit pas. Il s'agit bien selon l'approche de Cannon d'un stress comme réponse biologique.

Puis, le tournant sur la modélisation du stress est dû aux travaux de Selye sur le Syndrome Général d'Adaptation (SGA, 1936 ; 1956). Selye concevait le stress comme une réponse de l'organisme mise en place afin de se protéger de toute attaque extérieure. Toute situation inhabituelle serait alors vécue comme une attaque et le système de défense de l'organisme se mettrait en place. Il observe alors une série de réaction qu'il regroupe sous le Syndrome Général d'Adaptation. Le SGA correspond

à une succession d'étapes constituées de : (a) la phase d'alarme, (b) la phase de résistance et (c) la phase d'épuisement.

Dans la phase d'alarme, l'organisme entre en contact avec un stresser. Des effets physiologiques sont alors observés, notamment des effets métaboliques (sécrétion de cortisol et de catécholamines) couplés à une augmentation du rythme cardiaque et de la tension artérielle. Rapidement, l'organisme entre dans une phase de résistance libérant des glucocorticoïdes (source d'énergie). Il s'agit d'une phase d'adaptation de l'organisme à une situation stressante. Cette réaction au stress peut être stoppée à condition que l'intensité du stresser diminue ou bien que l'adaptation de l'organisme soit efficace. Dans le cas contraire, l'organisme entre dans une troisième phase d'épuisement qui correspond à une situation dans laquelle l'individu ne peut plus faire face, toutes ses ressources étant épuisées. Dans cette perspective, le stress est une réponse de l'organisme mise en place dans un objectif de résistance et d'adaptation à une situation et de restauration d'une certaine homéostasie (Selye, 2003). La principale différence entre les approches de Cannon et celle de Selye tient au regard que les auteurs ont porté sur l'objet (Quick & Spielberger, 1994), à savoir que Cannon s'est majoritairement intéressé à la phase d'alarme tandis que Selye se serait principalement focalisé sur la phase de résistance de l'organisme.

Selye entretient également une certaine confusion dans ses travaux sur la définition qu'il accorde au concept de stress puisqu'il l'utilise parfois pour faire référence aux causes du stress sur l'organisme (Selye, 1946), à ses conséquences (Selye & Fortier, 1950) ou aux deux à la fois (Selye, 1956). Il conclut cependant ses travaux en indiquant que le stress est la réaction non spécifique de l'organisme à toute demande externe (Selye, 1982) illustrant ainsi bien la complexité du concept.

- *Intérêts et limites de l'approche physiologique.*

Les travaux de Selye ont donc permis d'appréhender la complexité du concept. Ils ont notamment permis l'émergence de modèles considérant les déterminants et les conséquences du stress. Ils ont toutefois été également critiqués, dès les années 1970, pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, ils sous-tendent l'idée que les réactions de l'organisme seraient uniformes chez tous les individus. Face à un même stimulus stressant, tous les individus réagiraient physiologiquement de la même façon, en passant notamment par une augmentation de la sécrétion de noradrénaline. De plus, selon l'approche de Selye on ne peut parler de stress que lorsqu'on a pu observer la succession des différentes phases du SGA (Hobföll, 1989). Accepter ce postulat reviendrait à ne pas considérer certaines situations comme étant stressantes. Par exemple, donner un dossier urgent et délicat à traiter à un collaborateur ne serait par reconnu comme un facteur de stress alors que ce dernier pourrait le ressentir comme source de stress sans pour autant entrer dans une phase de résistance et d'épuisement. Enfin, et surtout, l'approche de Selye est uniquement basée sur les réponses physiologiques de l'organisme, négligeant les dimensions physiologiques et comportementales des individus. Le SGA de Selye ne réfute pourtant pas entièrement l'existence de ces dimensions mais se focalise presque exclusivement sur la réponse physiologique de l'organisme.

Dans la continuité de ces travaux, l'approche stimulus-réponse du stress a émergé.

I. 2. L'APPROCHE STIMULUS-REPONSE DU STRESS.

L'approche stimulus-réponse du stress a permis de considérer le stress comme un facteur psychologique, vision introduite par Lindemann (1944), et ne limite plus le stress à ses conséquences biologiques mais également psychologiques. L'approche représente le stress comme étant le résultat de l'interaction entre un (ou plusieurs) stimulus (stimuli) stressant(s) et un individu. Nous aborderons cette approche en la présentant sous deux angles, à savoir l'angle transactionnel et l'angle causaliste.

I. 2. 1. L'APPROCHE TRANSACTIONNELLE.

Dans l'approche transactionnelle, l'accent est mis non seulement sur l'environnement mais également sur les perceptions que l'individu a de son environnement. Cette notion de perception se retrouve dès les années 1970 dans les travaux menés par McGrath. Ce dernier insiste sur la perception que les salariés ont des demandes environnementales. C'est ainsi que l'auteur a défini le stress comme « *le résultat d'un déséquilibre important entre une demande environnementale et une capacité de réaction de l'organisme* » (McGrath, 1970, p.17).

Cette définition implique que le stress est le résultat de la perception que l'individu a de sa propre capacité à gérer un contexte particulier. Les demandes que perçoit l'individu dans son environnement sont source de stress. Si l'individu ne s'estime pas capable de faire face à une source de stress alors il ressent du stress. Ici, le stress a un ensemble de conséquences sur l'organisme, que celles-ci soient d'ordre physiologique ou psychologique. Pour les tenants de cette approche, ce ne sont pas les caractéristiques objectives de la situation qui importent mais la façon dont l'individu se représente cette situation.

Dans ce courant, ce sont surtout les travaux de Lazarus (1966), puis de Lazarus et Folkman (1984) qui émergent puisque, se situant dans une approche psychologique, ces derniers insistent sur l'importance de variables personnelles et situationnelles. En 1984, les auteurs proposent de définir le stress comme étant « *une*

*relation particulière entre une personne et un environnement qui est évalué par la personne comme épuisant ou excédant ses ressources et mettant en danger son bien-être*¹² » (Lazarus & Folkman, 1984, p. 19).

Cette définition met en exergue l'existence de deux éléments fondamentaux dans le processus de stress à savoir que : 1) le stress revêt une dimension subjective et 2) qu'il résulte d'une transaction entre un individu et son environnement.

Le stress comporte une dimension subjective majeure. Chaque individu a ses propres perceptions de l'environnement (Lazarus, 1966). Ainsi l'existence d'un stress réel, objectif n'est pas nécessaire. La simple interprétation que fait l'individu de la situation peut être génératrice de stress. La perception des demandes de l'environnement et la perception que l'individu a de ses capacités à y faire face vont interagir et créer le sentiment de stress. Cette dimension subjective explique que tous les individus ne réagissent pas de la même façon à des stressors identiques. C'est ainsi que, par exemple, donner des délais très courts pour réaliser un projet peut être très stressant et inhibiteur pour certains salariés alors que pour d'autres cela sera de l'ordre d'un défi à relever (Rivolier, 1989).

Le stress est le résultat d'une transaction entre un individu et son environnement. Cette notion de transaction est centrale dans les travaux de Lazarus et Folkman (1984). Elle illustre le fait que l'individu interprète la situation dans laquelle il se trouve. Ainsi, une modification de la situation dans laquelle il se trouve entraîne une modification de l'interprétation de l'individu. En résultat de ces deux éléments de définition, Lazarus et Folkman (1984) sous-tendent l'idée que le stress doit être analysé comme résultant d'une situation dynamique. Cette situation va nécessiter une évaluation et une réévaluation constante de la situation (*cognitive appraisal* ; Lazarus & Launier, 1978). La Figure 2 ci-après illustre ce modèle transactionnel.

¹² Citation originale : « *a particular relationship between the person and the environment that is appraised by the person as taxing or exceeding his or her resources and endangering his or her well-being* » (Lazarus & Folkman, 1984, p. 19).

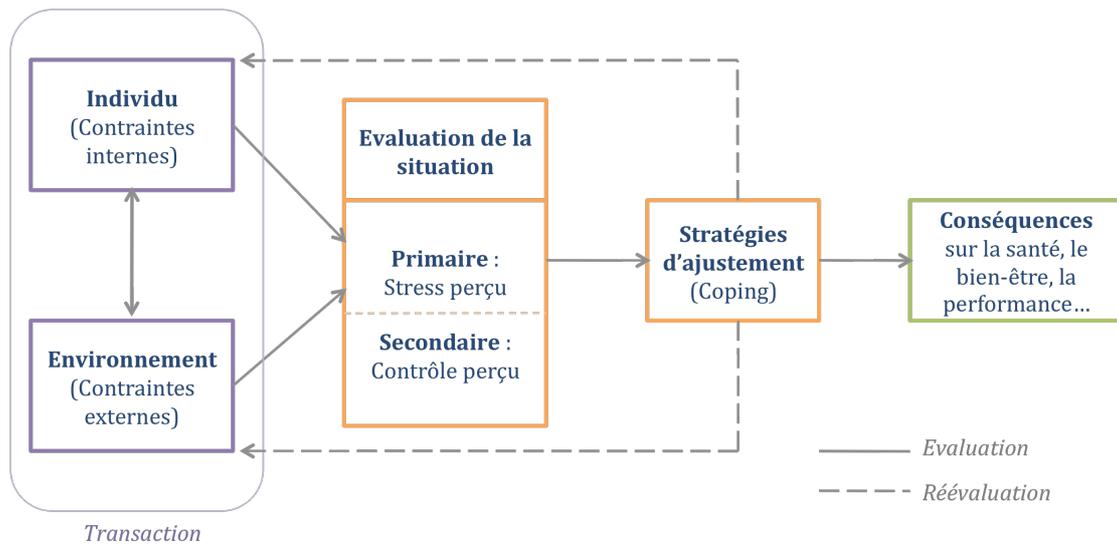


Figure 2. Le modèle transactionnel du stress (selon Lazarus & Folkman, 1984)

La transaction s'appuie sur deux évaluations de la situation : une évaluation primaire et une évaluation secondaire. L'évaluation primaire (*primary appraisal*) correspond à l'évaluation spontanée que fait l'individu de la situation stressante à laquelle il est confronté. L'objectif est alors de comprendre la situation et les enjeux de la situation, il s'agit du stress perçu. Dans cette évaluation primaire, l'individu essaye de comprendre si « *la situation représente pour lui un risque de perte, ou de préjudice ou de menace à son intégrité physique, psychique ou professionnel* » (Vézina, 2003, p. 48-50).

L'évaluation secondaire (*secondary appraisal*) correspond à l'évaluation de ce que l'individu est capable de mettre en œuvre comme ressources (personnelles ou environnementales) afin de réduire la tension éprouvée ; cet aspect correspond au contrôle perçu.

Ces évaluations primaires et secondaires vont permettre à l'individu de déterminer les stratégies d'ajustement (ou stratégie de coping ou stratégie de faire face) qu'il va mettre en place pour répondre à la situation. Ces stratégies¹³ sont définies comme « *l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux destinés à maîtriser, réduire ou tolérer les exigences internes ou externes qui menacent ou dépassent les ressources de l'individu* » (Lazarus & Folkman, 1984, p. 839-852)

¹³ Nous reviendrons plus longuement sur les stratégies de coping dans la conclusion de ce document.

Les conséquences de ce processus sont de différentes natures pouvant affecter la santé des individus, leur bien-être au travail, mais également leur efficacité ou performance. Les sphères cognitives, émotionnelles, relationnelles, comportementales mais également physiologiques pouvant être affectées comme nous le verrons dans la partie suivante de ce chapitre. Parmi les conséquences envisageables, notons que l'état d'anxiété est une de ces conséquences émotionnelles possibles.

A la suite de ces travaux, d'autres définitions articulant ces aspects ont été proposées. Récemment, Driskell et Salas (1996) ont proposé que le stress serait le processus par lequel les demandes environnementales (e.g., pression temporelle, ambiance de travail, bruit) entraînent un processus d'évaluation individuelle. Lorsqu'en résultat de cette évaluation, la demande est évaluée comme excédant les ressources perçues alors cela va causer des effets indésirables en termes physiologiques, psychologiques, comportementales et sociales. Cette définition intègre à la fois les facteurs de stress, les processus individuels, ainsi que les différentes conséquences possibles quelles que soient leur nature. Elle envisage également que la source de stress n'est pas nécessairement objectivement stressante mais dépendante de l'interprétation de l'individu. Toutefois, elle n'apporte pas d'éléments de compréhension supplémentaire par rapport à la définition de Lazarus et Folkman (1984).

- *Intérêts et limites de l'approche transactionnelle.*

L'approche transactionnelle a été largement utilisée dans la littérature et permet de travailler en se positionnant dans des perspectives individuelles. Elle a permis de considérer le stress comme résultant d'une perception individuelle, subjective. Elle a également mis l'accent sur les attentes que l'individu a de son environnement, élément qui était sous-évalué jusqu'à présent au profit des exigences de l'environnement.

En se focalisant sur une approche individuelle, l'approche transactionnelle ne permet pas d'établir des constats collectifs en organisation. Elle ne cherche pas à travailler sur les situations de travail et à les modifier dans un but adaptatif. En ce

sens, l'approche transactionnelle pourrait être complétée par une analyse des conditions de travail afin d'apporter des réponses plus riches et complètes des effets du stress sur les salariés.

I. 2. 2. L'APPROCHE CAUSALISTE

Dans le courant stimulus-réponse, une seconde approche émerge dès les années quatre vingt et cherche à établir « *un constat collectif de la dangerosité d'un milieu* » (Vézina, 2003). L'approche ne se limite pas à une analyse intra-individuelle ce qui permet d'être utilisée en entreprise car focalisée surtout sur l'environnement. Dans cette approche, le modèle « demande - autonomie au travail » (*job strain model*) de Karasek (1979) et le modèle de « déséquilibre : efforts/récompenses » de Siegrist (1986) ont été développés.

I. 2. 2. A. Le modèle « demande-autonomie au travail » (Karasek, 1979).

Initialement, le modèle de Karasek (1979 ; *job strain model*) détermine les situations de stress professionnel en s'appuyant sur deux facteurs qui sont 1) le facteur « autonomie décisionnelle » (la latitude de décision) et 2) le facteur « demandes psychologiques » (quantité et exigence de travail). Le croisement de ces deux facteurs détermine quatre types de situations de travail (voir Figure 3 ci-après).

Les demandes psychologiques correspondent aux contraintes liées à la réalisation de la tâche comme la quantité de travail à réaliser, les exigences mentales, les délais, etc. tandis que l'autonomie décisionnelle correspond à la possibilité d'exprimer sa créativité au travail, d'exercer un contrôle sur son travail, d'utiliser ses compétences et d'en développer de nouvelles.

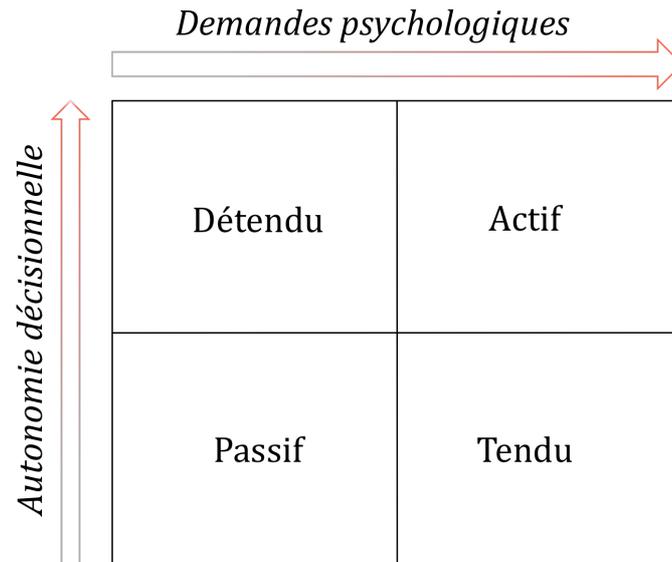


Figure 3. Modèle de Karasek du stress au travail (Karasek, 1979).

Selon ce modèle, le stress résulte de situations dans lesquelles le salarié est exposé à un haut niveau de demandes environnementales couplé à un bas niveau de latitude décisionnelle. En effet, selon Karasek et Theorell (1990), toute situation professionnelle avec de fortes demandes psychologiques va induire chez les salariés un sentiment de mal-être, de déséquilibre. Si ces derniers disposent de suffisamment d'autonomie dans leur travail, ils vont être actifs et chercher à diminuer ce mal être pour rétablir l'équilibre. Cette démarche va leur permettre non seulement de développer de nouvelles compétences mais également de protéger leur santé. En revanche, si les salariés ne disposent pas de suffisamment d'autonomie, ils seront dans une situation dans laquelle ils seront « tendus », dans une situation de mal-être propice aux développements de pathologies. Ainsi, selon le modèle, un haut niveau d'autonomie décisionnelle permet de réduire les effets négatifs liés aux demandes environnementales ; alors qu'un bas niveau d'autonomie décisionnelle ne permet pas de réduire les effets négatifs liés aux demandes environnementales. Enfin, les auteurs soulignent également l'importance de la variable « absence de contrôle » pour les salariés. Si ces derniers pensent ne pas avoir de contrôle dans la situation alors cela va également avoir un effet et engendrer un sentiment de stress.

Puis, le modèle est complété par le biais d'une variable supplémentaire : le soutien social (Karasek & Theorell, 1990) qui représente l'importance des relations sociales au travail, la confiance, l'esprit d'équipe et l'entraide entre collègues, etc. Ce

soutien social est susceptible de diminuer le risque de stress et d'aider les salariés ou au contraire de l'augmenter.

Un second modèle, développé par Siegrist, émerge dans les années 1990 et cherche davantage à prendre en considération le contexte socio-économique des entreprises.

I. 2. 2. B. Le modèle de « déséquilibre : efforts/récompenses » (Siegrist, 1996).

Selon le modèle de Siegrist (1996 ; *Effort-Reward Imbalance – ERI*), l'état de stress s'explique par la perception que l'individu a d'un déséquilibre entre les efforts qu'il doit fournir dans son travail et les récompenses (matérielles ou symboliques) qu'il reçoit en retour. L'individu ressent du stress lorsqu'il a le sentiment qu'il fournit beaucoup d'efforts en échange de récompenses qu'il juge insuffisantes ou même inexistantes (voir Figure 4).

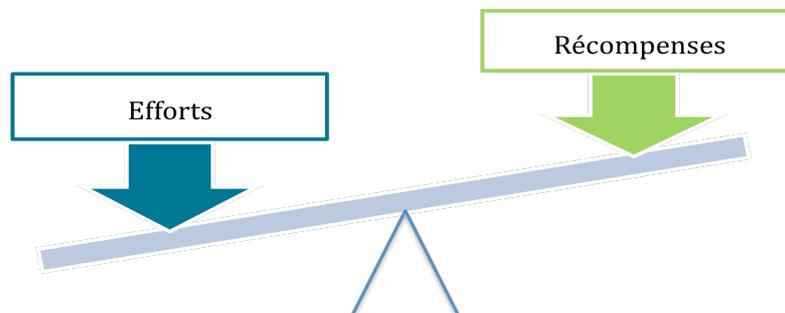


Figure 4. Le modèle de « déséquilibre : efforts/récompenses » de Siegrist (1996).

Les efforts peuvent être soit de type extrinsèque soit de type intrinsèque. Les efforts sont dits extrinsèques lorsqu'ils correspondent par exemple à l'augmentation de la charge de travail, des responsabilités. Les efforts sont dits intrinsèques lorsqu'ils sont propres à l'individu et à son investissement au travail. Il

peut, par exemple, s'agir d'un surinvestissement lié à un besoin d'accomplissement de soi d'un salarié.

Les récompenses, quant à elles, peuvent être liées au salaire ou à la reconnaissance sociale que l'individu estime recevoir en échange de son travail (i.e., opportunités de carrière). Elles peuvent également correspondre à la reconnaissance du travail fourni par les collègues ou par les supérieurs.

I. 2. 2. C. Intérêts et limites de l'approche causaliste.

Les modèles relevant de l'approche causaliste représentent à l'heure actuelle le courant dominant dans les études sur le stress. Ces modèles sont d'ailleurs souvent utilisés en entreprise car en plus de permettre d'initier un dialogue entre les acteurs sociaux, ils fournissent des indicateurs sur lesquels agir. Ils ont notamment permis une avancée importante en mettant l'accent sur le rôle du support social et des récompenses.

Toutefois, ces modèles sont principalement focalisés sur les conséquences liées à la santé des salariés. Ils ont pour objectif de déterminer les situations potentiellement inductrices de mal-être au travail afin de modifier ces situations. Cependant et malgré cet objectif, ces modèles tendent à sous-estimer l'activité de travail en ne la prenant pas suffisamment en compte.

Grâce à l'approche stimulus-réponse, l'attention s'est progressivement portée sur la compréhension des stimuli stressants avec l'étude des facteurs de stress environnementaux, qui comme nous allons le constater peuvent être de différentes natures.

I. 3. LES FACTEURS DE STRESS.

La nécessité de mettre en évidence les facteurs de stress environnementaux, et notamment ceux d'ordre professionnel, est intimement liée à la nécessité de comprendre les origines du stress pour les opérateurs. Cet intérêt émerge notamment dans les travaux de Kahn, Wolfe, Quinn, Snoek et Rosenthal menés en 1964 sur l'ambiguïté liée au rôle de l'opérateur. Les auteurs ont montré que l'ambiguïté liée au rôle professionnel et le conflit de rôle doivent être conceptualisés comme des facteurs de stress susceptibles d'affecter la performance de l'opérateur. Ainsi, cette étude est à l'origine de plusieurs décennies de travaux sur les stressés professionnels. Ce nouveau champ dans la littérature a suscité un grand intérêt chez les chercheurs, l'objectif étant majoritairement de comprendre les sources de stress au sein des organisations afin de les maîtriser, de les contrôler et voire d'en réduire les conséquences néfastes.

Plusieurs classifications ont depuis été proposées, notamment par des chercheurs en psychologie sociale, mettant en évidence un grand nombre de stressés professionnels.

I. 3. 1. DES CLASSIFICATIONS « ETENDUES » PERMETTANT UNE PRISE EN CONSIDERATION LARGE DES FACTEURS DE STRESS.

La littérature propose des classifications assez larges pour catégoriser tous les facteurs de stress existants. Selon ces classifications, tous les facteurs de stress appartiennent nécessairement à une des grandes catégories proposées. Par exemple, les travaux menés par Beehr et Newman (1978) ont à partir de l'identification de trente-sept stressés professionnels permis l'émergence de quatre grandes catégories :

- (1) les demandes et les attentes liées au rôle,
- (2) les demandes de l'emploi et les caractéristiques liées à la tâche,
- (3) les caractéristiques organisationnelles et les conditions de travail
- (4) les demandes externes à l'organisation.

L'intérêt de cette classification est qu'elle cherche à prendre en considération plusieurs aspects liés à l'activité. Cependant, elle reste très générale et spécifiquement centrée sur les aspects purement organisationnels négligeant les aspects externes à l'organisation en décroissant la sphère professionnelle de la sphère personnelle. Or cette dernière peut avoir des conséquences sur le stress manifesté en milieu professionnel.

Une seconde classification, proposée par Sulsky et Smith (2005) regroupe les stressés professionnels en 6 catégories selon qu'ils ont trait :

- (1) au rôle professionnel,
- (2) aux stressés « contemporains » (en lien avec des problématiques comme le management de la carrière),
- (3) au développement des technologies,
- (4) aux conflits travail / vie personnelle,
- (5) aux changements organisationnels,
- (6) aux stressés « de transition » (regroupant les facteurs liés au licenciement et à la perte d'emploi).

Cette classification est plus complète que celle de Beehr et Newman (1978) car elle articule les aspects purement professionnels avec les aspects relatifs à la vie personnelle des individus également susceptibles de les affecter dans leur activité professionnelle. Elle intègre également des aspects plus actuels dans la problématique des salariés à savoir les inquiétudes liées à l'avenir, à l'évolution de la carrière et à l'intégration des nouvelles technologies. Cette classification rejoint celle développée par Cartwright et Cooper (1997) qui fait la distinction entre les facteurs de stress selon qu'ils soient intrinsèquement liés au travail ou davantage liés aux évolutions de carrière et aux interférences vie professionnelle/vie personnelle. Ce type de classification reprend l'idée d'un continuum entre d'un côté les aspects relatifs à la carrière professionnelle et à la façon de la gérer, et de l'autre les aspects liés à la vie personnelle qui influencent la sphère professionnelle.

Les facteurs de stress professionnel peuvent également être conceptualisés comme étant des caractéristiques de la tâche qui empêchent la régulation des processus mentaux à cause d'un déficit dans la conception technique ou

organisationnelle du travail (Greiner & Leitner, 1989). Dans ce cas, les facteurs de stress professionnel seront exclusivement pensés comme des facteurs liés à l'activité professionnelle. C'est ainsi que Greiner et Leitner (1989) ont proposé l'existence de quatre types de facteur de stress professionnels :

(1) les barrières professionnelles (les obstacles qui bloquent ou freinent l'opérateur)

(2) les pressions temporelles (*facteur subjectif*: sensation que le temps nécessaire pour effectuer une tâche est inférieur au temps nécessaire ; Rastegary & Landy, 1993)

(3) les contraintes temporelles (*facteur objectif*: le temps nécessaire pour effectuer une tâche est effectivement inférieur au temps nécessaire; Rastegary & Landy, 1993)

(4) la monotonie dans le travail.

I. 3. 2. DES CLASSIFICATIONS PLUS SPECIFIQUES PERMETTANT UNE ANALYSE FINE DES EFFETS D'UN TYPE DE FACTEUR DE STRESS.

Une autre façon de conceptualiser les facteurs de stress professionnel consiste à porter son attention sur les aspects liés au travail lui-même, d'analyser directement les activités professionnelles et d'extraire des situations professionnelles les facteurs de stress correspondants. Dans cette veine, certains auteurs indiquent la nécessité de distinguer les stressseurs professionnels des conflits interpersonnels (Leiter, 1993) ou encore de distinguer les stressseurs physiques (e.g., monotonie du travail, répétitivité) des stressseurs psychologiques (e.g., tension due à l'emploi, coût psychologique, manque de cohésion dans l'équipe, manque de supervision ; MacDonald, Karasek, Punnett & Scharf, 2001).

Ahmadi et Alireza (2007) ont mené une enquête auprès de pilotes de l'armée. Ils ont observé quatre grands groupes de stressseurs selon qu'ils soient liés à la vie quotidienne, au contexte organisationnel, à l'environnement de vol ou aux tâches à accomplir. L'enquête met en évidence une part plus importante des stressseurs liés à la vie quotidienne et à l'organisation de travail. Les auteurs émettent l'hypothèse selon laquelle la nécessité d'une formation professionnelle constante pourrait expliquer ce

résultat. Quelque soit le mécanisme explicatif en jeu, il apparaît que le stress lié à la vie quotidienne (e.g., famille, finances ...) couplé à un stress professionnel ont des effets très importants et néfastes sur la satisfaction au travail des pilotes de l'armée. Cette étude souligne donc la nécessité lorsque l'on étudie le stress professionnel de considérer l'individu comme étant affecté par les conditions environnementales professionnelles mais également personnelles.

Cependant, quelque soit la façon de catégoriser les facteurs de stress, il ressort que s'intéresser au concept de stress professionnel, c'est faire la distinction entre les facteurs liés à l'emploi occupé et les facteurs liés aux relations sociales, et collectives. Dans la littérature, les facteurs de stress professionnels sont conceptualisés comme des problèmes de régulation. Selon cette perspective, les facteurs de stress sont directement liés aux capacités internes de l'individu à faire face au stress, à faire face aux demandes liées à son emploi, ce qui renvoie directement à des problèmes individuels d'organisation, de gestion émotionnelle et à des problèmes de perception. Il nous semble donc primordial de ne pas déconnecter les aspects personnels et individuels des aspects purement contextuels, organisationnels.

I. 4. LES EFFETS DU STRESS SUR L'OPERATEUR

I. 4. 1. LES EFFETS SUR LA SANTE DE L'OPERATEUR ET SUR L'ORGANISATION

Le stress professionnel est reconnu dans la littérature pour avoir un impact sur différentes variables pouvant affecter l'individu dans son intégrité physique, morale et/ou comportementale. Si en 1978, Beehr et Newman ont posé le constat selon lequel la mise en évidence des effets du stress sur la santé des travailleurs n'est pas prioritaire pour les chercheurs, les choses ont évolué ces 30 dernières années. Selon les auteurs, les chercheurs préféraient alors se concentrer sur les aspects qu'ils estimaient toucher directement l'organisation (e.g., absentéisme, rendement, performance, investissement, etc.). Cependant, Beehr et Newman (1978) observent

qu'en affectant l'individu en tant qu'opérateur, le stress a également des répercussions sur l'organisation de travail. C'est ainsi que les mentalités ont évoluées et que les conséquences du stress sont étudiées sur les variables individuelles (i.e., celles qui touchent prioritairement l'état physique, psychique ou comportemental) et les variables organisationnelles (i.e., celles qui touchent prioritairement l'organisation : le taux d'absentéisme, d'accidents du travail, l'investissement au travail, la performance).

En ce qui concerne les variables individuelles, il apparaît dans la littérature que certains facteurs de stress professionnels ont été reconnus pour avoir, entre autres, des effets sur la tension artérielle (Kasl & Cobb, 1970), sur le taux de cholestérol (Schär, Reeder, & Dirken, 1973) ou encore sur l'insuffisance coronarienne (Jenkins, 1971). Des travaux menés chez les sapeurs pompiers abondent dans ce même sens et mettent en évidence un effet du stress chez ces hommes qui se déclarent être victimes de troubles du sommeil et de troubles psychosomatiques (Ponnelle, 2002). Le stress professionnel est également reconnu pour diminuer le niveau d'estime de soi des individus (Beehr, 1976), pour causer une fatigue psychologique (Beehr, Walsh, & Taber, 1976), pour accroître le risque de dépression (Baker, Israel & Schurman, 1996) et pour augmenter l'apparition de conduites addictives (Frone, 1999). Le stress augmente donc effectivement le risque pour la santé physique et psychique (Vézina, 2002).

Le stress professionnel augmente également l'émission de comportements agressifs envers les collègues et augmente le taux d'absentéisme (Légeron, 2001). Il est à l'origine d'un isolement social plus important (Bressol, 2004 ; Dejours, 2005 ; Dériot, 2010), d'une augmentation du risque d'accident (Goldenhar, Williams & Swanson, 2003) et de l'intention de partir prématurément à la retraite (Hansez, Bertrand, de Keyser, & Pérée, 2005). Le stress est également reconnu comme pouvant entraîner l'individu dans une situation de burnout¹⁴ (voir Pezet-Langevin, 2002 pour une revue de la question) voir même s'il dure trop longtemps à un karoshi (Tubbs, 1993). Les effets du stress sur les opérateurs et l'organisation sont donc réels et bien

¹⁴ Nous retiendrons pour le concept de burnout l'acceptation suivante : syndrome ayant des manifestations d'épuisement émotionnel, de dépersonnalisation et une diminution de l'accomplissement personnel (Maslach & Jackson, 1981). Selon Pezet-Langevin (2002) le burnout est un « syndrome ayant des manifestations physiques, émotionnelles et affectives, attitudinales et comportementales » (p. 99).

documentés dans la littérature. D'après la littérature, une des conséquences possibles du stress professionnel est l'anxiété, nous allons présenter à présent la relation entre stress et anxiété.

I. 4. 2. L'ANXIETE, UNE POTENTIELLE CONSEQUENCE DU STRESS SUR L'OPERATEUR

Stress et anxiété sont souvent confondus dans le langage courant et font pourtant référence à deux concepts différents. Comme nous l'avons vu précédemment, le stress est une réaction qui risque de se produire lorsque nous nous sentons dépassés, excédés. L'anxiété, quant à elle, est à comprendre comme une conséquence possible de l'exposition, réelle ou imaginée, à un facteur de stress. L'anxiété est considérée par Lazarus (1999, 2000) comme une émotion¹⁵ qui résulte de l'anticipation que fait l'individu face à une difficulté ou à une demande environnementale. L'individu peut ressentir de l'anxiété simplement en s'imaginant vivre une situation potentiellement stressante. En ce sens, elle fait référence à une appréhension subjective de l'individu. L'anxiété est donc une émotion anticipatoire (Lazarus, 1991) qui a pour objectif la survie de l'individu. Elle permet la détection de dangers éventuels dans l'environnement (Eysenck, 1992). En ce sens, la notion de subjectivité est centrale dans la compréhension du concept ; comme elle est centrale dans la notion de stress.

L'anxiété est considérée par certains comme un état émotionnel négatif (Weinberg & Gould, 1997) tandis que d'autres préfèrent la considérer comme une émotion désagréable ou déplaisante (Lazarus, 1991 ; Lazarus, 2000 ; Skinner & Brewer, 2002 ; Spielberger, 1993). Elle est donc associée au versant déplaisant de l'émotion.

L'anxiété se manifeste par le biais d'une tension, d'une appréhension, d'une certaine nervosité et peut être accompagnée par l'activation du système nerveux autonome (Spielberger, 1966). En conséquence, l'anxiété peut causer des

¹⁵ Nous définissons l'émotion comme un processus dynamique qui résulte de l'évaluation qu'un individu se fait d'une situation. Cette évaluation va causer des réponses physiologiques, expressives et comportementales (Niedenthal, Krauth-Gruber, & Ric, 2008 ; Scherer, 2005).

perturbations dans les sphères cognitives, affectives, motivationnelles, comportementales et physiologiques (Beck, 1985). L'anxiété est donc à comprendre comme étant une conséquence possible du processus de stress, conséquence qui va s'exprimer par des affects négatifs, de la tension et de l'appréhension et être associée à un haut niveau d'activation de l'organisme (Martens, Vealey & Burton, 1990).

I. 4. 2. A. Une anxiété à deux facettes : le trait d'anxiété et l'état d'anxiété de Spielberger (1966)

En 1966, Spielberger développe la théorie de l'anxiété trait-état (i.e., *trait-state theory of anxiety*) qui introduit une vision de l'anxiété à double facette : pour l'auteur, l'anxiété est constituée d'un trait d'anxiété et d'un état d'anxiété. Cette distinction lui permet d'expliquer les différences comportementales chez les individus face à une situation menaçante.

Le trait d'anxiété (ou anxiété dispositionnelle) est une composante stable de la personnalité de l'individu. Il caractérise une prédisposition chez l'individu à répondre aux stimuli menaçants de façon anxieuse (Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983). Il est défini comme « *une motivation ou une caractéristique comportementale acquise qui prédispose un individu à percevoir un large éventail de situations objectivement non dangereuses comme menaçantes et à répondre par une anxiété d'intensité disproportionnée par rapport au danger objectif* » (Spielberger, 1966, p. 17).

L'état d'anxiété (ou anxiété situationnelle) est une composante variable et transitoire dans l'humeur de l'individu. Il fait référence à une émotion liée à un événement ponctuel. Il est caractérisé « *par des sentiments subjectifs et conscients d'appréhension et de tension associés à une activation du système nerveux autonome* » (Spielberger, 1966, p. 17). C'est donc un sentiment transitoire de tension et d'appréhension émis en réponse à une situation menaçante, sentiment dont l'intensité peut donc fluctuer dans le temps (Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983). De plus, l'état d'anxiété est déterminé de façon conjointe par le trait d'anxiété de l'individu et par une situation de stress (Eysenck, 1992).

Ces deux formes d'anxiété se distinguent sur la temporalité, le trait d'anxiété s'inscrit plus durablement dans le temps que l'état d'anxiété (Eysenck, 1992).

Pour Spielberger (1972), quand une situation est évaluée comme stressante par l'individu et comme potentiellement menaçante pour lui, cela peut le conduire à un état d'anxiété (voir Figure 5 ci-après). Cette perception de menace à laquelle l'auteur fait référence correspond pour nous à la perception de déséquilibre entre les demandes environnementales et les capacités de l'individu à y répondre.

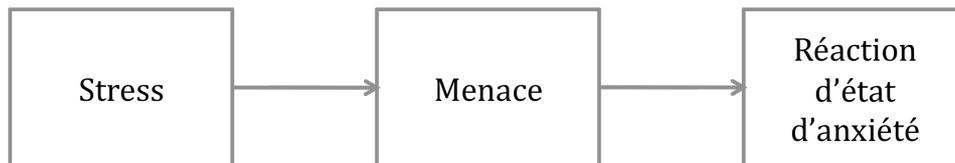


Figure 5. Le processus d'anxiété selon Spielberger (1972)

La théorie de l'anxiété trait et anxiété état de Spielberger s'appuie sur six hypothèses théoriques (voir Figure 6 ci-après) :

Hypothèse 1. Les stimuli (externes et internes) qui sont perçus comme menaçants provoquent des réactions d'état d'anxiété. Les personnes à haut niveau d'état d'anxiété ressentent des sensations déplaisantes en termes sensoriels et cognitifs.

Hypothèse 2. Plus la menace sera perçue comme menaçante et plus la réaction d'anxiété sera intense.

Hypothèse 3. Plus la menace sera ressentie comme durable dans le temps et plus la réaction d'état d'anxiété sera durable.

Hypothèse 4. Comparativement à des personnes à bas niveau de trait d'anxiété, les personnes à haut niveau de trait d'anxiété vont percevoir plus facilement une situation comme menaçante et ils vont développer plus fortement des réactions d'anxiété associées. Des preuves indiquent que les situations d'échec potentiel ou de menace d'estime de soi sont plus fortement ressenties comme menaçantes que les situations impliquant potentiellement des dommages corporels. Le trait d'anxiété élevé ou faible s'acquière par le biais des expériences passées.

Hypothèse 5. Les états d’anxiété élevés ont des propriétés qui peuvent s’exprimer directement dans le comportement ou qui peuvent servir à initier des défenses psychologiques efficaces dans le passé pour réduire l’état d’anxiété.

Hypothèse 6. La rencontre fréquente de situations stressantes peut amener un individu à développer des mécanismes de défenses utilisés pour réduire ou minimiser l’état d’anxiété.

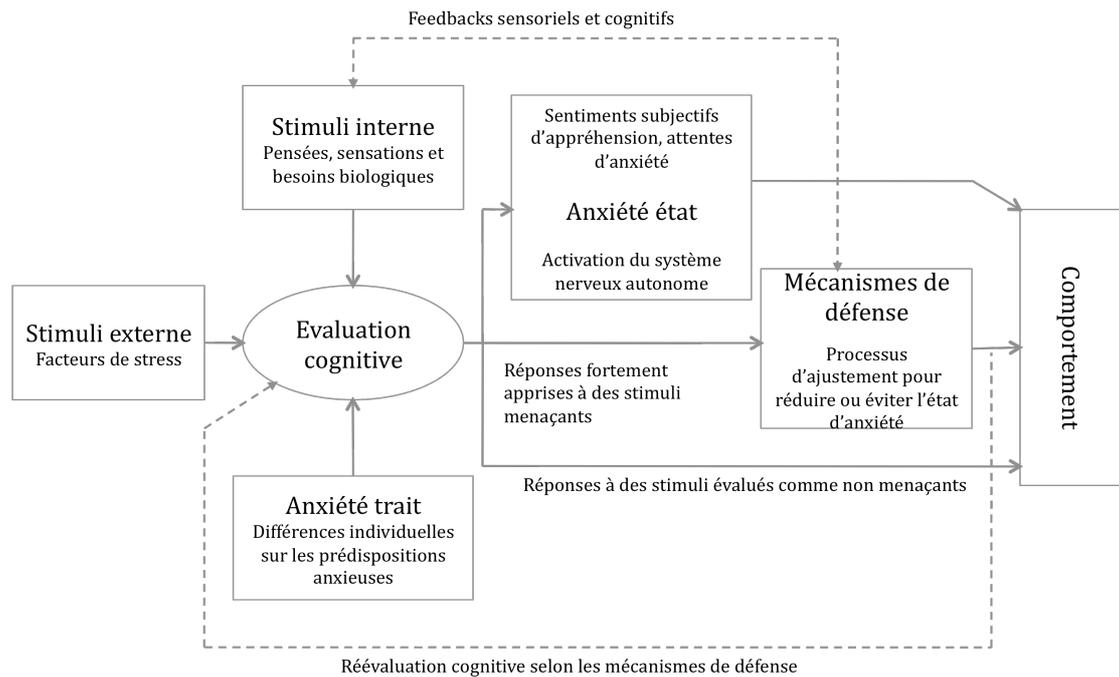


Figure 6. La conception de l'anxiété selon Spielberger (1966). Figure extraite de Martens, Vealey et Burton, 1990 (p. 15).

La Figure précédente est extraite de Martens, Vealey et Burton (1990) et est utilisée pour illustrer les relations entre ces six hypothèses. Elle met notamment l’accent sur l’importance des variables individuelles et de ce que Spielberger appelle « les stimuli internes ».

Dans la continuité de cette théorie, le *State Trait Anxiety Inventory* (STAI en anglais ou *Inventaire d'Anxiété Situationnelle et de Trait d'Anxiété*, IASTA en français) a été développé afin d’évaluer les niveaux de trait d’anxiété et d’état d’anxiété de l’individu (Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983). Ce questionnaire qui s’administre en autoévaluation est constitué de 20 items mesurant l’état d’anxiété et 20 items mesurant le trait d’anxiété chez les individus. Nous serons

amenés à revenir sur cet outil car il nous semble intéressant de le prendre en considération dans nos études. En effet, nous allons voir dans la continuité de ce chapitre que le stress peut avoir des effets différents sur la performance des individus selon leur niveau d'anxiété (Eysenck, 1982).

I. 4. 2. B. L'approche multidimensionnelle de l'anxiété

Progressivement et faisant suite aux travaux de Spielberger, l'anxiété est apparue dans la littérature comme un concept multidimensionnel constitué de l'anxiété somatique et de l'anxiété cognitive.

L'anxiété somatique est une forme d'anxiété dont les manifestations s'observent sur le plan physiologique. Elle est définie comme « *la perception que le sujet a des éléments physiologiques et affectifs de l'expérience d'anxiété, c'est-à-dire les indications sur l'activation corporelle et les sensations désagréables tels que la nervosité et la tension* » (Morris, Davis & Hutchings, 1981, p. 541).

L'anxiété somatique fait donc référence aux modifications que l'individu a de son activation physiologique, telles que l'augmentation de sa fréquence cardiaque, de sa fréquence respiratoire, ou encore de sa sudation, etc.

L'anxiété cognitive (ou *cognitive worry*) est une forme d'anxiété dont les manifestations s'observent sur le plan psychologique et correspond « *aux attentes et préoccupations négatives cognitives sur soi-même, sur la situation en cours, et sur les conséquences potentielles* » (Morris, Davis & Hutchings, 1981, p. 541). Elle fait référence à « *la composante cognitive de l'anxiété, () implique des attentes négatives liées aux niveau de performance [...] et à l'auto-évaluation* » (Eysenck, 1979, p. 364).

L'anxiété cognitive fait donc référence aux inquiétudes, aux pensées négatives et aux préoccupations que ressent l'individu. Cette anxiété cognitive pourrait être assimilée aux concepts de pensées intrusives et de ruminations mentales (Nolen-Hoeksema, 1991 ; Martin & Tesser, 1996) de la psychologie sociale.

Nous verrons par la suite qu'une approche théorique (la Processing Efficiency Theory ; Eysenck & Calvo, 1992) permet justement l'articulation de l'approche inter-individuelle et de l'approche multidimensionnelle de l'anxiété.

I. 4. 2. C. Anxiété et niveau d'activation.

Un amalgame a longtemps été observé dans la littérature entre anxiété et niveau d'activation (*arousal*). Cet amalgame découle de théories descriptives linéaires entre anxiété et performance (Hull, 1943 ; Yerkes & Dodson, 1908) ; théories que nous présentons dans la partie suivante de ce document (Partie 3, p. 106). Notamment, deux modèles théoriques ont entretenu cet amalgame : la relation en U inversé (Yerkes & Dodson, 1908) et les théories du drive (Zajonc, 1965). Ce courant s'oppose au courant initié par Spielberger et ses collaborateurs (Spielberger, 1966 ; Spielberger, Gorsuch & Lushene, 1970) pour lesquels les différences inter-individuelles peuvent expliquer les différences concernant les effets du stress ou de l'anxiété résultante sur la performance.

L'état d'anxiété correspond à une réponse émotionnelle à une situation stressante. L'activation en revanche correspond à un état de vigilance et d'éveil. Elle est définie comme : « *une activation générale physiologique et psychologique de l'organisme qui varie sur un continuum allant d'un sommeil profond à une intense agitation* » (Gould & Krane, 1992, p. 121)

L'anxiété est donc un état émotionnel ressenti face à une situation stressante (Lazarus, 1991, 1999, 2000) tandis que l'activation n'est pas liée à une situation spécifique.

Cette première section nous a permis de définir plus précisément le concept de stress. La conception du stress a évolué passant d'une approche physiologique à une approche psychologique du phénomène. Nous avons notamment présenté les approches transactionnelle et causaliste du stress. Nous retenons que le stress est le résultat d'une perception qu'un individu a ne pas être capable de répondre à une situation qu'il juge comme dépassant ses capacités. Nous avons également constaté que le stress peut affecter la santé des opérateurs et être source d'anxiété. Nous nous sommes donc penchés sur la notion d'anxiété et avons conclu en l'importance d'une approche théorique articulant l'approche interindividuelle et l'approche multidimensionnelle de l'anxiété. Nos travaux devront veiller à prendre en compte cette notion d'anxiété qui s'avère intimement liée à celle de stress. Avant de présenter plus précisément les effets du stress sur la performance des opérateurs, nous allons dans la section suivante définir plus précisément la performance.

II. LA PERFORMANCE : UN CONCEPT AMBIGU

Notre travail de recherche nous amènera à revenir sur cette notion de performance notamment au cours du Chapitre suivant dans lequel nous exposerons les effets du stress sur la performance médicale mais également dans le cadre de la partie 4 de ce document dans lequel nous présentons l'analyse d'activité que nous avons mené auprès des chirurgiens orthopédiques. Cependant, nous présentons dans cette section les éléments relatifs à la définition conceptuelle du terme. Puis, dans la continuité, nous spécifions la performance au le milieu médical.

II. 1. DEFINITION DE LA PERFORMANCE

Il nous semble important de définir ce concept de performance qui apparaît dans la littérature comme étant multidimensionnel (Campbell, McCloy, Oppler & Sager, 1993 ; Murphy, 1990). Puisque la compétence d'un opérateur est par essence inobservable, c'est à partir de l'observable qu'elle peut se déduire (Leplat, 1991 ; Leplat, 2004 ; Mazeau, 1995). La performance est alors l'indicateur utilisé pour approcher la compétence de l'opérateur même si les deux notions sont distinctes dans la littérature, puisque comme le rappelle Pastré (2001), « ... la compétence se

distingue de la performance. Mais celle-ci est l'expression de celle-là dans le domaine de l'action, qui est ici le domaine de référence. » (Pastré, 2001, p. 153).

Dans le langage courant, la confusion est souvent faite entre performance et compétence. Comme nous l'avons déjà précisé, faire preuve de performance au travail est souvent compris comme faire preuve de compétence donc faire ce qui est attendu, ce pour quoi on est embauché (Campbell, McCloy, Oppler & Sager, 1993 ; Rabardel & Six, 1995). En 1993, Campbell et collaborateurs (Campbell, McCloy, Oppler & Sager, 1993) ajoutent que la performance est uniquement constituée d'actions mesurables. Cette considération ne nous semble pas tenable lorsqu'on étudie une situation professionnelle. Considérer la performance par son output (i.e., le résultat de son action) revient non seulement à négliger les aspects relatifs aux mécanismes de prise de décision mais plus largement à négliger l'ensemble des ressources mobilisées par l'opérateur. Elle reviendrait donc à négliger les aspects sous-jacents à la prise de décision. La succession d'étapes mentales que l'individu met en œuvre est certes non directement mesurable mais participe pourtant grandement à la performance professionnelle à nos yeux. La notion de « résultat de l'action » peut poser des problèmes dans le cas de toutes activités professionnelles. Dans le cas des chirurgiens orthopédistes, que signifie prendre le résultat de leur action comme indicateur de performance ? Est-ce que cela revient à prendre en compte l'état vital du patient en sortie opératoire ? Ou alors le temps nécessaire à sa rééducation ? Cet indicateur, bien que constitutif de la notion de performance n'est pas suffisant dans grand nombre d'activité salariée, il nous ferait sous-estimer un concept bien plus complexe qu'un simple résultat d'action.

Dans la notion de performance, il convient donc de distinguer deux éléments : le comportement émis par l'opérateur (i.e., ce qui relève de l'action) et le résultat de son action (Bourgeois & Hubault, 2004 ; Campbell, 1990 ; Campbell, McCloy, Oppler & Sager, 1993). Comme l'observent Sonnentag et Frese (2002), il est difficile dans la pratique de décrire l'action sans faire référence au résultat de l'action. Cependant, le psychologue Motowidlo (2003) regrette que la performance soit appréhendée uniquement comme output et que la plupart des études se focalisent sur les indicateurs de performance à utiliser plutôt qu'à la façon d'accéder aux processus. Ainsi, c'est bien la conjonction de ces deux éléments (comportement et résultat de

l'action) qui nous permettra d'aborder la notion de performance. Pour insister sur l'importance des processus en jeu, Bandura indique même que la performance est « une réalisation » et que la performance doit être distinguée du résultat obtenu (Bandura, 2003).

Les travaux de Motowidlo se veulent plus précis et définissent la performance comme étant « *la valeur totale des comportements attendus par l'organisation des épisodes des comportements discrets que réalise un individu pendant une période donnée* » (Motowidlo, 2003, p. 39).

Selon cette définition, une personne sera jugée comme performante si elle émet des comportements attendus. Cette définition prend également en compte la moyenne des comportements émis par l'opérateur, lui laissant la possibilité de ne pas réussir certaines tâches tant que d'autres sont réussies. Elle sous-tend donc l'idée que la performance est variable dans le temps et dépendante de facteurs contextuels. Les travaux que nous venons de présenter sont pour la plupart d'origine américaine. Ils s'inscrivent très largement dans la tradition d'ergonomie et de psychologie du travail française.

Ces différentes façons d'aborder la performance et la diversité des indicateurs utilisés, que ce soit par observation ou manipulation, dans les recherches reflètent bien de la complexité de la notion. Parmi les indicateurs de performance utilisés dans la littérature, nous pouvons noter la prise d'initiative personnelle (Frese, Fay, Hilburger, Leng, & Tag, 1997 ; Fay & Sonnentag, 2002), la prise de décision (Kassam, Koslov, & Mendes, 2009), le pourcentage de réponses correctes (Beilock & DeCaro, 2007 ; Beilock, Kulp, Holt & Carr, 2004), le temps de réponse (Beilock, Kulp, Holt & Carr, 2004) mais également certains indicateurs physiologiques (fréquence cardiaque, sudation : Hopko, Crittendon, Grant & Wilson, 2005 ; Hopko, Hunt & Armento, 2005).

Une partie importante de notre travail a été d'enrichir cette notion de performance professionnelle et notamment la performance médicale afin de ne pas négliger les aspects importants de l'activité. Nous proposons de considérer la performance d'un opérateur comme étant le résultat de son action (son *output*) mais

également de prendre en considération le processus qu'il met en œuvre pour atteindre sa performance (donc la compétence) en nommant ce processus « efficacité ».

II. 2. LA NOTION D'EFFICIENCE

La notion d'efficacité est une notion que nous jugeons comme centrale lorsque nous étudions la performance professionnelle. Dans la littérature, on retrouve l'idée selon laquelle « *une activité sera dite d'autant plus efficace qu'elle permettra d'atteindre à moindre coût le même niveau d'efficacité* » (Leplat, 1989, p. 145).

Cette définition proposée par Leplat avance une distinction entre efficacité et efficience. L'efficacité fait référence à une vitesse d'exécution d'une tâche (mesurée en temps de réponse) ou à une justesse de réponse (mesurée en score). Il apparaît alors que l'efficacité est un indicateur très souvent utilisé dans la littérature et que les chercheurs nomment « performance ». L'efficience comporte quant à elle une idée de rendement du système. Plus précisément, l'efficience est définie comme étant « *le rapport entre le niveau de performance obtenu et le coût de l'activité mise en œuvre pour l'obtenir* » (Famose, 1990, p. 179).

Cette définition comporte la notion de coût, constituée le plus souvent d'une part cognitive (i.e., charge mentale) et d'une part motrice (coût énergétique).

En s'appuyant sur cette définition, l'efficience est souvent mesurée d'une façon mathématique comme étant le rapport entre le score obtenu à une tâche et l'effort fourni par l'individu (Eysenck & Calvo, 1992). L'effort fourni représente alors le coût de l'activité. Nous portons davantage notre intérêt sur la part cognitive de l'efficience puisque nous nous intéressons davantage aux stratégies cognitives mises en œuvre pour résoudre une situation problème. Ainsi, nous appellerons cette part cognitive « *efficience de traitement* » dans notre document.

II. 3. LA PERFORMANCE MEDICALE ET/OU CHIRURGICALE

Dans le contexte médical ou chirurgical, la notion de performance comme *résultat d'action* ne suffit donc pas à appréhender la complexité du concept. Comme nous l'avons vu précédemment, l'activité médicale est une activité de résolution de problème pour lequel le chirurgien et/ou l'interne vont mettre en place un certain nombre de stratégies de résolution de problème. Ainsi, parler de performance doit également nous amener à parler des processus mis en œuvre pour résoudre le problème.

Pourtant, la plupart des études menées dans des paradigmes de cognition non située et utilisant une méthodologie expérimentale ou quasi expérimentale ne se focalisent encore que sur l'*output*. Parmi les indicateurs de performance utilisés, nous pouvons noter : l'utilisation du nombre d'erreurs commises (Mitchell, Mooty, Dunn, Ramberger & Mangram, 2009), les temps de réponses (Moorthy, Munz, Undre, & Darzi, 2004 ; Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov, & Stergiou, 2010), la note obtenue (Cummings & Harris, 2001 ; LeBlanc, Woodrow, Sidhu & Dubrowski, 2008) ou encore des aspects relatifs aux gestes réalisés avec simulateurs (Kahol et al., 2008 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003). Nous présenterons plus en détail ces études dans le cadre de la Partie 3 et verrons que la plupart d'entre elles utilisent une combinaison d'indicateurs de performance.

Cette seconde section nous a permis de comprendre la notion de performance professionnelle. Nous retenons notamment que, dans les études expérimentales, la performance est mesurée la plupart du temps par le biais d'un résultat d'action (score, temps de réponse ...). Les études négligent les aspects permettant d'atteindre un résultat d'action, l'efficacité de traitement. Or, pour mesurer une performance professionnelle, le résultat de l'action doit certes être considéré mais le processus mis en œuvre pour y accéder doit également l'être. Nos travaux devront veiller à considérer ces deux aspects dans la mesure de la performance médicale. Nous parlons donc à présent de la performance comme résultat de l'action sous le terme « *output* » et du processus cognitif mis en œuvre sous le terme « *efficacité de traitement* ».

Partie 3. Les effets du stress sur la performance

L'objectif de cette troisième partie est de nous permettre de déterminer plus précisément les effets du stress sur la performance, et notamment sur la performance médicale. Les recherches sur les effets du stress sur la performance ont donné lieu à un grand nombre d'études dans divers domaines de la psychologie : psychologie cognitive, psychologie sociale, psychologie du travail ou psychologie du sport. Aussi, cette partie ne se veut pas exhaustive mais a pour objectif d'établir un constat global en présentant les principaux résultats observés dans la littérature. Puis, nous présentons les approches théoriques du lien. Cette analyse de la littérature nous permettra de présenter notre problématique de recherche et la méthodologie employée dans nos études.

I. LES EFFETS OBSERVES DU STRESS SUR LA PERFORMANCE

Nous présentons dans cette première section les principales études réalisées et susceptibles de nous apporter des précisions quant aux effets du stress sur la performance en chirurgie orthopédique. Pour cela, nous avons choisi de présenter les études portant sur la mémoire de travail, l'attention, la prise de décision et les performances perceptivo motrices. Enfin, nous présentons plus spécifiquement les études menées en milieu médical.

De façon générale, le stress perçu par l'individu et/ou l'anxiété qui en résulte a des effets délétères sur la performance cognitive et/ou motrice. De nombreuses études se sont intéressées au lien entre stress et performance (Eysenck, 1992 ; Woodman & Hardy, 2001). Nous allons voir dans cette section que sous certaines conditions que nous allons détailler le stress a un effet facilitateur sur la performance motrice ou cognitive alors que sous d'autres conditions il a un effet inhibiteur (Chajut & Algom, 2003 ; Eysenck, 1992 ; Keinan, 1987 ; Mendl, 1999). Nous poserons également le constat selon lequel la relation entre stress et performance fluctue non seulement selon l'aspect de la performance que nous prenons en compte (Fried & Tiegs, 1995) mais également selon la nature du stresser observé (Driskell, Johnston & Salas, 2001 ; Mendl, 1999).

I. 1. LES EFFETS DU STRESS SUR LA MEMOIRE DE TRAVAIL

Plusieurs études expérimentales ont été menées sur les effets du stress sur la performance et portent spécifiquement sur des tâches impliquant la mémoire et notamment la mémoire de travail (voir Encart 1). Les études menées sur la mémoire de travail tendent à démontrer de façon consistante que celle-ci est affectée par le stress.

Encart 1 – La mémoire de travail

Baddeley (1986) conçoit la mémoire de travail comme étant un système avec une capacité limitée, système qui permet le stockage et la manipulation d'informations durant la résolution de tâches cognitives. La mémoire de travail (ou MDT) permet donc le stockage d'informations en mémoire et la résolution d'une autre tâche en parallèle. Ce fonctionnement en parallèle permet de faire la distinction entre cette mémoire de travail et la mémoire à court terme (ou MCT) qui ne permet que de stocker de l'information (Baddeley & Hitch, 1974). Il découle de ce fonctionnement en parallèle que l'attention de l'individu étant partagée, il dispose de moins de ressources à allouer à une tâche lorsqu'il en traite une seconde. Le modèle de Baddeley postule l'existence d'un modèle tripartite de la mémoire avec l'existence d'un système central exécutif et de deux sous-systèmes reliés à savoir la boucle articulatoire et le calepin visuo-spatial. Le système central exécutif a pour rôle de stocker et de traiter l'information de façon temporaire, tandis que la boucle articulatoire est dédiée au matériel verbal et que le calepin visuo-spatial est dédié au matériel visuel permettant la génération et la manipulation d'images mentales. En 2000, Baddeley ajoute une composante à son modèle : le buffer épisodique qui permet une interface entre la boucle articulatoire, le calepin visuo-spatial et la mémoire à long terme (voir Figure 7 ci-après).

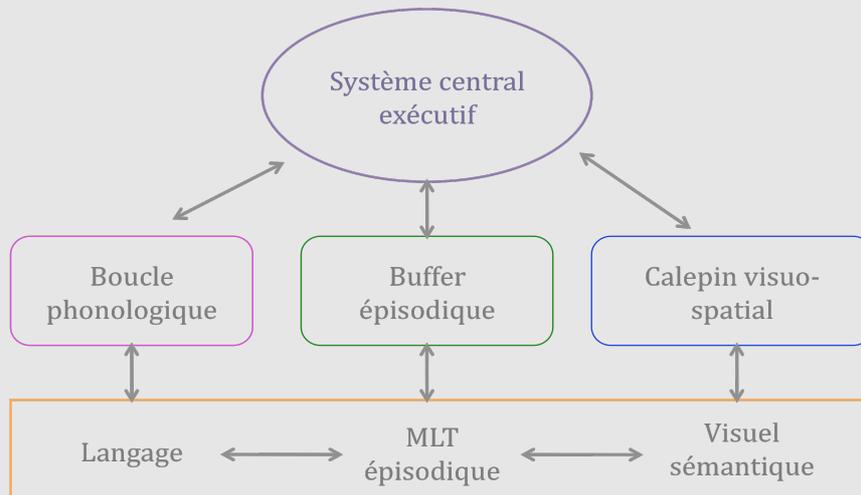


Figure 7. Le modèle de la mémoire de travail selon Baddeley (2000)

Ce modèle de Baddeley (1986, 2000) est toujours utilisé pour illustrer le fonctionnement de la mémoire de travail. Ses différentes composantes sont utilisées quotidiennement dans différentes activités telle que la lecture, le raisonnement, la compréhension du discours.

Dans la littérature, les études sont majoritairement réalisées sur des tâches arithmétiques et impliquent l'anxiété liée au stress de la situation. L'anxiété est ainsi fréquemment induite par le biais de la performance à une tâche d'arithmétique. Les résultats de ces travaux vont dans le sens d'un effet délétère du stress sur la performance que celle-ci soit mesurée comme un temps de réponse ou comme un

score (Ashcraft & Kirk, 2001 ; Beilock, 2008 ; Beilock & Carr, 2005 ; Eysenck, 1992 ; Kellogg, Hopko & Ashcraft, 1999). Dans une étude, Kellogg, Hopko et Ashcraft (1999) ont montré que le stress induit par pression temporelle diminue la performance chez les individus quelque soit leur anxiété dispositionnelle.

Ashcraft et Kirk (2001) ont conduit une série de trois études afin d'explorer plus précisément ce lien. Dans une première étude corrélationnelle, les auteurs ont mesuré l'anxiété liée aux mathématiques ainsi que la capacité en mémoire de travail des participants. Les résultats mettent en évidence un lien entre le niveau d'anxiété lié aux mathématiques et les capacités de MDT ; à savoir que les participants les plus anxieux sont ceux qui ont de moins bonnes capacités en MDT. Puis, par le biais de deux études expérimentales, les auteurs observent à nouveau que les participants les plus anxieux sont également ceux qui ont de moins bons temps de réponse et qui commettent le plus d'erreurs, notamment sur les problèmes nécessitant du stockage en mémoire de travail. Ce résultat est confirmé par une revue de la littérature menée en 2002 et portant sur les études menées les trente dernières années sur le thème (Ashcraft, 2002). L'auteur conclue que les effets du stress diffèrent selon la difficulté de la tâche à réaliser. Les tâches arithmétiques faciles, routinières, seraient les moins affectées par le stress car ce sont des tâches qui ne nécessitent que peu de stockage en mémoire de travail. En revanche, les tâches plus difficiles sont fortement affectées par le stress car ce sont des tâches qui nécessitent du stockage et de la récupération d'informations en mémoire de travail. En 2008, Beilock a cherché plus précisément à expliquer les différences interindividuelles et s'est penché sur les mécanismes explicatifs de ce phénomène. L'auteur explique que ce résultat serait également dû au fait que les situations hautement stressantes engendrent des inquiétudes chez les individus qui occupent leur mémoire de travail et les perturbe dans la résolution de leur tâche. En conséquence directe, les individus qui ont le plus recours à leur mémoire de travail pour exécuter une tâche seront les plus affectés dans leur performance.

D'autres facteurs de stress ont été étudiés dans la littérature comme notamment l'effet du bruit sur la mémoire de travail. Notamment l'étude de Wickens et collaborateurs (Wickens, Stokes, Barnett & Hyman, 1991) étudie les effets de la conjonction de plusieurs facteurs de stress (pression temporelle, bruit et risque financier) sur la mémoire de travail. Les auteurs ont montré que ces facteurs de stress

tendent à détériorer la performance liée à la mémoire de travail. En 2002, Burrows étudie les effets de la surcharge mentale (induite par la longueur d'une liste de mots à apprendre) et de la pression temporelle (induite par la durée de présentation des informations) sur la performance mesurée en tant que score de reconnaissance et vitesse de réponse. L'auteur démontre que la précision de la mémoire diminue à mesure que la charge de travail augmente en situation stressante.

Enfin, des travaux basés sur des approches biologiques mettent en évidence un effet contraire du stress si bien qu'en situation de stress, les individus auraient de meilleures performances (mesuré comme résultat d'action). Ainsi, les participants à qui on a injecté du cortisol (hormone du stress) ont un meilleur score dans une tâche de rappel d'indices (Buchanan & Lovullo, 2001). Ce résultat se retrouve également chez d'autres auteurs (Cahill, Gorski & Le, 2003) où la performance est également mesurée comme résultat d'action avec un pourcentage de rappels corrects. Ces approches biologiques ne nous convainquent pas, le stress n'étant pas dans ce cas opérationnalisé comme nous le percevons, à savoir une interprétation de l'individu à faire face à une situation. Toute l'approche psychologique du concept est niée dans ces approches au détriment de la seule approche biologique.

Ces résultats observés peuvent à priori apparaître comme contradictoires : le stress détériore la performance dans des tâches portant spécifiquement sur la mémorisation mais en même temps, dans d'autres études, le stress l'améliore. En réalité, la différence observée est liée à la partie de la mémoire activée pendant l'exposition à un stressor (Wolf, 2008). Pour comprendre cela, il est nécessaire de comprendre la conception classique de la mémoire. Cette conception se base sur les travaux d'Atkinson et Shiffrin (1968) qui distingue trois étapes dans le processus de mémorisation : l'encodage, le stockage et la récupération. Pendant la phase d'encodage, les informations sensorielles sont transformées en représentations mentales. Puis, en phase de stockage, les représentations mentales sont stockées en mémoire à court terme ou long terme. Enfin, dans la phase de récupération, les représentations mentales stockées sont rappelées par l'individu dans un objectif d'utilisation. Ainsi, d'après les travaux de Wolf (2008), si l'individu est exposé à un stressor pendant qu'il est en train d'encoder une information alors la performance sera améliorée. En revanche, si l'exposition à un facteur de stress a lieu juste avant la phase de récupération en mémoire, alors la performance sera détériorée.

I. 2. LES EFFETS DU STRESS SUR LE JUGEMENT ET LA PRISE DE DECISION

En psychologie sociale expérimentale, Keinan (1987) montre que les individus considèrent moins les hypothèses alternatives lorsqu'ils sont stressés et qu'ils ont de moins bonnes performances. Keinan propose à des participants de résoudre des tests d'analogie à choix multiples et induit du stress par le biais de menaces de chocs électriques. Le stress induit était présenté comme étant soit contrôlable par le participant, soit incontrôlable. Il observe que lorsque les participants sont stressés car ils se sentent menacés et qu'ils ont l'impression de ne pas pouvoir contrôler le facteur de stress, alors ils ont tendance à changer leur mode d'analyse systématique et ne considèrent plus les hypothèses alternatives. Ce changement de stratégie aboutit à une diminution des performances (considéré comme output). Dans cette étude, le stress conduit à une diminution de performance comme output mais également comme processus.

En psychologie du travail et des organisations, les travaux de Sperandio (1971 ; 1977) sur les contrôleurs aériens sont également une illustration possible des effets du stress la prise de décision. Par le biais d'un paradigme quasi expérimental, Sperandio met les contrôleurs aériens dans une situation où ils doivent réaliser des tâches complexes dans lesquelles ils doivent prendre en compte de multiples critères (sécurité, consommation de carburant, confort des passagers, etc. ...). Ils doivent gérer les phases d'approche (atterrissage) de plusieurs avions. La quantité d'avions à gérer représente alors l'état de complexité de la tâche et de charge cognitive. Sperandio observe alors que :

- Quand le nombre d'avions à gérer est faible (entre 1 et 3), les contrôleurs utilisent des stratégies cognitives complexes intégrant tous les critères possibles.
- Quand le nombre d'avions est plus important (entre 4 et 8), les contrôleurs aériens utilisent des stratégies moins complexes mais tout aussi efficaces. Ils privilégient certains critères au détriment des autres.
- Quand le nombre d'avions à gérer est trop important (plus de 8) alors les contrôleurs utilisent une technique bien plus simplifiée (mais toujours

pertinente) que celle qu'ils utilisent habituellement, ils privilégient alors la sécurité.

Sperandio conclut en indiquant qu'en situation de stress les contrôleurs aériens réduisent le nombre d'informations à utiliser dans la situation. Ils utilisent ce qu'ils estiment être l'essentiel des informations nécessaires afin de maintenir leur niveau de performance. Les résultats observés par Sperandio (1971 ; 1977) peuvent être expliqués théoriquement par le biais de l'approche attentionnelle que nous présentons dans la section suivante, à savoir que les contrôleurs focalisent leur attention sur les éléments centraux dans la tâche, les éléments qu'ils estiment nécessaires à la réussite et au maintien de leur performance. Cette forme d'adaptation évite une dégradation de la performance et cette modification de stratégie de contrôle est le résultat d'une évaluation subjective de la surcharge de travail de la part des contrôleurs aériens. Ainsi, dans cette étude le stress est à l'origine d'une modification de la performance mesurée comme processus mais n'affecte pas la performance comme output.

Ce résultat s'observe dans plusieurs autres études et avec d'autres facteurs de stress. Une étude expérimentale menée par Wickens, Stokes, Barnett et Hyman (1991) a été menée auprès de pilotes pour étudier les effets du stress, induit par du bruit désagréable, sur la prise de décision. Les auteurs ont utilisé un simulateur pour présenter des scénarios de pilotage. Ils ont observé qu'en situation stressante, les décisions nécessitant l'activation de connaissances déclaratives étaient plus pauvres que les décisions nécessitant l'activation de connaissances procédurales. De plus, en condition stressante les décisions ont été prises plus rapidement qu'en condition non stressante et les pilotes exprimaient davantage de confiance en leur décision. Cette étude met donc l'accent sur les effets délétères du stress induit par du bruit sur la performance, qui correspond à un processus (donc à de l'efficacité). Ce type de résultat a également été observé en situation écologique chez les sapeurs pompiers (Ozel, 2001). Ce dernier a observé des situations réelles dans lesquelles le facteur de stress était la pression temporelle et la menace engendrée par le feu. En situation stressante, l'auteur observe que s'ils sont légèrement stressés, les pompiers sont plus aptes à prendre une bonne décision, c'est-à-dire à déterminer le bon moment pour sortir du feu. En revanche, s'ils sont très stressés, les pompiers prennent leur décision en utilisant moins d'indices dans la situation pour décider à quel moment sortir du

feu. Ozel conclut ainsi aux effets délétères du stress sur le jugement et la prise de décision des pompiers.

Cet effet délétère du stress sur des aspects de jugement et de prise de décision s'observe également dans le cas de travail en équipe. Ainsi, Driskell, Salas et Johnston (1999) ont montré qu'en situation stressante (induit par surcharge mentale et pression temporelle) les individus perdent la notion de collaboration dans le travail en équipe et utilisent des stratégies individuelles de résolution de problème. Ces différentes études illustrent le fait que le stress affecte majoritairement la performance mesurée comme processus puisqu'en condition stressante les individus modifient leurs stratégies de prise de décision.

I. 3. LES EFFETS SUR LES PERFORMANCES PERCEPTIVO MOTRICES

Les études mesurant les effets du stress sur des performances perceptivo motrices tendent à mettre en évidence un effet délétère du stress. Dès 1966, Baddeley (cité dans Baddeley, 1981) a réalisé une étude portant sur la dextérité manuelle dans le contexte de la plongée sous-marine. Le stress n'était pas manipulé expérimentalement mais induit par la situation, à savoir qu'il correspondait à la peur ressentie par les plongeurs et au stress qui en découle. Selon l'auteur, plus le plongeur devait nager en profondeur et plus il ressentait du stress. Les plongeurs ont du réaliser une tâche de vissage sur une plaque, tâche réalisée à différents niveaux de profondeur compris entre la surface et 100 pieds sous la surface (environ 30 mètres). L'auteur a observé que le temps mis pour réaliser la tâche et la précision des mouvements diminue au fur et à mesure que la profondeur augmente.

Matthews et Desmond (2002) ont démontré expérimentalement que le stress induit par de la fatigue diminue la performance de conducteurs sur simulateur automobile. La fatigue était induite expérimentalement par le biais de surcharge cognitive, les auteurs ont fait réaliser une tâche exigeante aux participants en même temps qu'ils conduisaient sur simulateur. Ce choix méthodologique leur a permis d'induire un sentiment subjectif de stress, de fatigue et de surcharge cognitive chez leurs participants. Les auteurs ont observé que le stress augmente les erreurs sur la

position du véhicule, sa direction et la sensibilité perceptive des mouvements. En revanche, cette étude a également permis de montrer un effet de la motivation. Les participants se sont montrés plus motivés à maintenir une bonne performance malgré la réalisation d'une seconde tâche, ce qui leur a permis de minimiser les effets délétères du stress.

En termes de mouvements, Van Galen et Van Huygevoort (2000) ont montré que le stress induit par le biais de bruit et de surcharge cognitive a un effet sur la performance perceptivo-gestuelle des individus. Lors d'une tâche de suivi de mouvement, les individus font plus d'erreurs, ont une plus grande variabilité dans leurs mouvements et exercent des pressions plus importantes sur le matériel employé en situation de stress qu'en situation non stressante. Là encore, le stress a un effet délétère sur la performance des individus mesurée comme output et comme processus.

En milieu professionnel, une étude menée par Evans et Johnson (2000) auprès d'employées de bureau cherche à établir les effets du facteur stress « bruit » sur les employées. Bien que ne mettant pas en évidence d'effet du bruit sur la performance motrice des employées de bureau qui tapent sur ordinateur (performance mesurée par le biais du nombre de mots tapés à la minute et par le pourcentage d'erreurs) les résultats observés mettent en évidence un effet sur la posture. En effet, les employées en condition bruyante ont moins fait d'ajustement de leur poste de travail, de leur repose-pied et des portes documents qu'en condition non bruyante.

Ces études sont des indicateurs importants dans notre réflexion, mais qu'en est-il en milieu médical ? La section suivante cherche à répondre à cette question.

I. 4. LES EFFETS SUR LA PERFORMANCE MEDICALE.

Bien que la littérature regorge d'études sur les effets du stress sur la performance, il n'y a que peu d'études menées en milieu hospitalier (Schull, Ferris, Tu, Hux, & Redelmeier, 2001 ; Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd, & Darzi, 2006).

Les études menées dans le domaine sont majoritairement réalisées sur des performances cognitives (LeBlanc, Woodrow, Sidhu, & Dubrowski, 2008) ; toutefois

la performance motrice peut également être mesurée. Les études portent aussi bien sur les infirmières (Hobbs, 1985) que sur les médecins, chirurgiens ou étudiants en médecine. Par exemple, une étude réalisée par LeBlanc et collaborateurs (LeBlanc, MacDonald, McArthur, King, & Lepine, 2005) sur les auxiliaires médicales (expertes et novices) met en évidence un effet délétère du stress sur la performance. Dans cette étude, le stress était induit par des scénarios présentés sur simulateur réaliste constitué d'une ambulance et d'un mannequin patient. La performance était mesurée comme output. Les résultats mettent en évidence qu'en situation stressante, les auxiliaires médicales ont obtenu de moins bonnes performances dans une tâche de calcul de dosage de médicament.

En 2009, LeBlanc réalise une méta analyse sur tous les articles parus jusqu'à la fin de l'année 2008 et qui avaient pour objectif d'appréhender les effets du stress sur la performance en milieu médical. Cette méta analyse inclut les professions suivantes : professionnels de la santé / de la médecine / étudiants en médecine / internes / médecins et équipes de travail. La recherche lancée avec ces critères a sélectionné 99 articles. Toutefois, en choisissant ces mots-clés les auteurs ont également inclut des recherches menées dans le domaine militaire ou de l'aviation. Dans cette étude, le stress correspond à « *toute réponse de détresse fournit par l'individu en réponse à une évaluation d'une situation jugée comme menaçante au maintien ou à l'atteinte de son objectif principal*¹⁶ » (LeBlanc, 2009, p. S26).

Ainsi, puisque la réponse fournie par les individus comporte un aspect que l'auteur appelle « détresse », les facteurs de stress incluent dans la méta analyse sont majoritairement de type socio évaluatifs et/ou incontrôlables. Les résultats révèlent que le stress détériore les tâches qui nécessitent de l'attention partagée (prise en compte de plusieurs variables dans la situation), de la mémoire de travail, de la récupération de connaissances en mémoire de travail et des prises de décisions (LeBlanc, 2009). Ce résultat est déjà une indication des effets du stress sur la performance. Toutefois, cette méta analyse reste floue sur le concept de performance et continue d'entretenir l'amalgame entre une performance *output* et une performance comme processus de traitement.

¹⁶ Traduit par nos soins de l'original : « *the terms "stress" and "stress response" will be used when referring to the distress response that ensues once a situation is assessed as a threat to maintaining or achieving a primary goal* ».

Qu'en est-il plus spécifiquement des études réalisées auprès d'étudiants en médecine, d'internes et d'experts praticiens ? Dans la littérature sur le domaine, plusieurs types de méthodologies sont employées, que ce soit des mesures qualitatives (e.g., entretiens de verbalisation) ou des mesures quantitatives (e.g., questionnaire, expérimentation...). Nous allons donc présenter les résultats issus d'études qualitatives dans un premier temps, puis les résultats issus d'études quantitatives dans un second temps. Une méta analyse menée en 2010 (Arora, Sevdalis et al., 2010) révèle que seules 22 études ont été menées entre 1965 et 2008 et avaient pour objectif de mettre en évidence les effets du stress sur la « performance¹⁷ ». Nous présentons dans le tableau récapitulatif¹⁸ suivant les principales études que nous retenons sur le domaine (Tableau n°5).

¹⁷ Le terme est à comprendre dans son sens large comme constitué de *l'output* et du processus de traitement.

¹⁸ Les études présentées dans cette synthèse ont été choisies car elles visent directement à mesurer l'impact du stress (ou de l'anxiété) sur la performance des internes ou des experts. Nous n'avons pas inclus dans cette synthèse les recherches comparant le niveau de stress induit par l'utilisation de robots ou visant à mesurer des différences de performance entre technique assistée par robotique ou non (voir Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010 pour une revue complète de la littérature)

Tableau 5. Synthèse des principales études portant sur les effets du stress sur la performance médicale

Méthodologie	Références	Objectif(s) de l'étude	Echantillon	Facteur(s) de stress	Indicateur(s) de performance	Effet du stress sur la performance		
Qualitative	Entretiens	Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd & Darzi, (2006)	1) Identifier les stressseurs clés 2) Déterminer leur impact sur la performance 3) Déterminer si des stratégies de coping sont mises en place	16 chirurgiens (6 internes et 10 experts)	Non induit, mesuré	Non induit, mesuré	Le stress affecte le jugement, la prise de décision et la communication	↓
		Arora, Sevdalis, Nestel, Tierney, Woloshynowych & Kneebone, (2009)	1) Identifier les stressseurs clés 2) Déterminer leur impact sur la performance 3) Déterminer si des stratégies de coping sont mises en place	15 chirurgiens	Non induit, mesuré	Non induit, mesuré	Le stress affecte les compétences techniques (prise de décision et jugement) et non techniques (communication)	↓
	Analyse de rapports d'incidents	Mitchell, Mooty, Dunn, Ramberger & Mangram, (2009)	Existe-il dans le corpus médical des données démontrant un effet de la fatigue sur les erreurs commises par les internes ?	4927 rapports	Fatigue	Nombre d'erreurs commises	Pas d'effet observé de la fatigue des internes sur les erreurs commises	Ø

CONTEXTE THEORIQUE

Méthodologie	Références	Objectif(s) de l'étude	Echantillon	Facteur(s) de stress	Indicateur(s) de performance	Effet du stress sur la performance	
Quantitative	Cummings & Harris, (2001)	Mettre en évidence l'impact de l'anxiété sur la prise de décision médicale	105 étudiants en 3 ^{ème} année médecine	Test arithmétique (facile vs. difficile)	% réponses correctes à la première tâche et nb réponses correctes à la seconde tâche	L'anxiété affecte la performance sur la tâche simple mais pas sur la tâche complexe	↓
			69 étudiants dernière année médecine	Non induit (mesuré par IASTA : bas vs. haut niveau)	Idem étude 1	Les individus anxieux ont de moins bons résultats sur la tâche simple que les individus peu anxieux.	↓
	Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara, & Panchanathan, (2008)	Mettre en évidence les effets de la fatigue sur la performance	37 internes en chirurgie	Fatigue ressentie (mesure auto rapportée du niveau de fatigue)	Nombre d'erreurs et décomposition du mouvement de la main et de l'instrument	Les internes commettent plus d'erreurs quand ils sont fatigués et leurs gestes sont moins efficaces.	↓
	LeBlanc & Bandiera (2007)	Déterminer les effets du stress et de l'anxiété ressentie sur une tâche de lecture de radiographies	25 internes (junior / intermédiaire / sénior)	- Socio-évaluatif - Pression temporelle - Attentes de performances basses	Score en lecture de radiographie	Les internes juniors ont de meilleures performances sous stress élevé	↑

CONTEXTE THEORIQUE

Méthodologie		Références	Objectif(s) de l'étude	Echantillon	Facteur(s) de stress)	Indicateur(s) de performance	Effet du stress sur la performance	
Quantitative	Expérimentale	LeBlanc, Woodrow, Sidhu & Dubrowski, (2008)	Mesurer les effets du stress du aux conditions d'examen sur les compétences techniques	12 internes en chirurgie en 1 ^{ère} année	Examen des compétences techniques (OSATS : 2 stressseurs socio-évaluatifs)	Score obtenu entre 0 et 100 pour la réalisation d'exercices	Certains aspects techniques de la performance sont améliorés en condition de stress psycho-social	↑
		Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, (2003)	Quantifier les effets du stress sur la performance par le biais d'une méthodologie expérimentale utilisant la simulation robotique	20 chirurgiens (10 internes et 10 experts)	- Distractions (tâche de mathématique et bruit) - Pression temporelle - Combinaison de ces 3 stressseurs	Trajectoire des mouvements et nombre d'erreurs	Le stress réduit la performance motrice et augmente le nombre d'erreurs commises	↓
		Moorthy, Munz, Undre, & Darzi, (2004)	Evaluer les effets du bruit sur la performance dans une tâche complexe de chirurgie laparoscopique	12 chirurgiens	- Bruit - Musique	Temps nécessaire, nombre de mouvement, nombre de mouvement non intentionnel, qualité des sutures	Pas d'effets observé du bruit sur la performance	∅
		Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov, & Stergiou, (2010)	Mettre en évidence les effets du bruit sur la performance en chirurgie laparoscopique assistée par robot	12 internes en médecine	Bruit du bloc opératoire	Temps mis pour réaliser les exercices et distance parcourue avec le robot	Le bruit affecte la performance motrice des internes en robotique	↓

I. 4. 1. LES ETUDES QUALITATIVES SUR LE LIEN STRESS - PERFORMANCE MEDICALE

Les études qualitatives sur le lien stress et performance visent à plusieurs objectifs : l'identification des facteurs de stress professionnels, la compréhension des effets du stress sur un aspect constitutif de la performance et l'évaluation des stratégies de gestion de stress mises en place par les différents acteurs du milieu.

I. 4. 1. A. Les enquêtes.

Deux études principales réalisées sous forme d'enquêtes émergent dans la littérature. En 2006, Wetzel et collaborateurs (Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd, & Darzi, 2006) ont réalisé des entretiens auprès de 16 chirurgiens (7 internes et 9 experts) de spécialités différentes. L'objectif était de faire ressortir les facteurs de stress clés en chirurgie, les effets que les chirurgiens imputent au stress sur leur performance et les stratégies de coping qu'ils utilisent pour le gérer. Ces entretiens ont révélé que les chirurgiens reconnaissent le stress comme faisant partie intégrante de la profession et ont permis d'extraire sept familles de facteurs de stress que nous avons présentés précédemment. Les entretiens ont également révélé que les conséquences du stress sont dépendantes de son amplitude. A bas niveau de stress ressenti, les praticiens se déclarent plus performants, ils estiment que le stress leur permet d'augmenter leur vigilance, leur concentration et l'efficacité de leurs actions. En revanche, lorsque le stress est élevé, ils déclarent ressentir des effets sur les sphères physiques (tachycardie ...), émotionnelles (anxiété, irritabilité, agressivité ...), cognitives (prise de décision et jugement) et comportementales (communication ...). En particulier sur les sphères cognitives, certains chirurgiens indiquent être incapables de penser clairement lorsqu'ils sont stressés et avoir des difficultés à anticiper leurs actions. Les internes quant à eux indiquent avoir des difficultés à évaluer leurs compétences chirurgicales et à déterminer le bon moment pour demander de l'aide dans une situation délicate. Concernant les stratégies de coping employées, les entretiens ont révélé que les chirurgiens experts ont développés

des stratégies de coping efficaces avec la pratique ce qui n'est pas le cas des internes. Nous reviendrons sur cet aspect de la pratique dans la dernière partie de cette thèse.

Une seconde étude, réalisée en 2009 (Arora, Sevdalis, Nestel, Tierney, Woloshynowych, & Kneebone, 2009) va dans le même sens. Des entretiens ont été réalisés auprès de 15 chirurgiens de chirurgie générale, de cardio-thoracique, traumatologique et orthopédique¹⁹. L'échantillon se compose de 5 internes débutants, 6 internes expérimentés et 4 chirurgiens. Tous indiquent que le stress à haut niveau affecte les aspects techniques (prise de décision et jugement) et non techniques (communication) de leur profession. De la même façon que dans l'étude de Wetzel et al. (2006), les praticiens interrogés reconnaissent le stress comme inévitable dans leur pratique. Toutefois, les auteurs indiquent avoir ressenti de la réticence de la part des chirurgiens à exprimer leur propre ressenti du stress. La communauté chirurgicale aurait des difficultés à reconnaître que leur travail est stressant et que ce stress peut avoir des conséquences sur leur performance (Arora, Sevdalis, Nestel, Tierney, Woloshynowych, & Kneebone, 2009, p. 539). Ce résultat n'est pas surprenant et est confirmé par d'autres études (Sexton, Thomas, & Helmreich, 2000). Ces derniers ont mené une grande enquête comparative entre le personnel médical et le personnel navigant aérien. Ils ont interrogé 1033 membres d'équipe travaillant au bloc opératoire (médecins, infirmiers, internes et étudiants) et 30 000 membres du personnel navigant aérien (commandant, premier officier et second officier). L'objectif des auteurs était de comparer les attitudes des deux groupes interrogés envers le stress, les erreurs professionnelles et le travail en équipe. Les résultats observés par les auteurs confirment la difficulté pour le staff médical de parler de stress, d'effet du stress sur leur performance et d'erreurs médicales. Les auteurs opposent ainsi le domaine médical au domaine de l'aviation dans lequel il est devenu culturellement acceptable de reconnaître le stress et les erreurs commises afin de les minimiser dans la pratique.

¹⁹ Ces chirurgies ont été choisies car, pour les auteurs, ce sont des spécialités avec une forte charge de travail ce qui augmente la probabilité d'exposition des praticiens à des facteurs de stress.

I. 4. 1. B. Une analyse d'archives médicales.

De manière spécifique aux internes, une analyse d'archives médicales a été réalisée en 2009 afin de mettre en évidence les effets du facteur de stress « fatigue » sur la performance des internes (Mitchell, Mooty, Dunn, Ramberger, & Mangram, 2009). L'objectif était de quantifier le nombre de cas clinique dans lesquels la fatigue, comme inducteur de stress, avait été à l'origine d'erreurs commises par les internes. Une analyse a été menée à partir des rapports médicaux dans lesquels des erreurs avaient été commises au cours d'opérations aux Etats-Unis. Sur les 4927 rapports d'incidents trouvés entre 1995 et 2008, aucune donnée n'a permis d'établir un lien entre fatigue et erreurs commises par des internes. Bien que ce type de données soit important dans la littérature pour la compréhension du phénomène, cette absence de résultat observée n'est pas surprenante puisque les internes, que ce soit aux Etats-Unis ou en France, sont toujours supervisés par un chirurgien. Ainsi, si une erreur est commise, un protocole est établi pour rétablir l'erreur. Si l'erreur ne peut être corrigée, l'interne n'est pas seul à porter la responsabilité de son geste.

I. 4. 1. C. Limites méthodologiques.

Ces études sont importantes dans le domaine car elles permettent d'apporter une première réponse quant au lien existant entre stress et performance en milieu médical. De plus, elles permettent d'identifier des facteurs intervenant dans la relation, facteurs qui pourront ensuite être étudiés en détail dans des conditions contrôlées. Enfin, le caractère écologique de ces études permet d'étudier le phénomène dans sa réalité sociale. Cependant, deux limites doivent être mentionnées. Tout d'abord, la performance n'est pas mesurée dans ces études mais inférée à partir des entretiens. Ainsi, il s'agit d'un sentiment de performance et non d'une performance réelle. Ensuite, de par leur nature corrélationnelle, ces études ne nous permettent pas d'établir un lien de causalité entre le stress et la performance et donc de conclure sur les effets du stress sur la performance.

I. 4. 2. L'APPORT DES ETUDES EXPERIMENTALES : LE STRESS INFLUENCE-T-IL LA PERFORMANCE MEDICALE ?

Nous allons voir dans cette section que les études expérimentales menées sur le sujet visent à plusieurs objectifs. Elles peuvent avoir pour objectif de tester les effets du stress sur la performance ou de comparer les conséquences du stress chez les internes et les experts. D'autres études visent également à tester expérimentalement la différence du niveau de stress induit par l'utilisation des techniques robotiques par rapport aux techniques traditionnelles pour ensuite mesurer les effets sur la performance des utilisateurs. Les principaux résultats semblent aller dans le sens d'une diminution de performance en situation de stress, même si, comme nous allons le voir dans cette section, toutes les études ne mettent pas en évidence cet effet délétère du stress.

I. 4. 2. A. Le stress influence-t-il la performance cognitive ?

Concernant la performance cognitive, une étude a été réalisée par Cummings et Harris en 2001 et a été spécialement menée afin de mettre en évidence l'impact de l'anxiété résultant du stress d'une situation sur l'exactitude du processus de prise de décision dans une tâche de diagnostic médical. Les auteurs ont pour cela réalisé deux études. Dans la première étude, ils ont induit de l'anxiété auprès de 105 étudiants de 3^{ème} année en médecine par le biais d'une tâche d'arithmétique. Pour la moitié des participants le niveau d'anxiété était faible, pour l'autre moitié elle était élevée. Dans la condition expérimentale d'anxiété faible, le test arithmétique était constitué de sorte à être suffisamment difficile pour stimuler les participants et suffisamment facile pour être soluble ; il s'agissait donc de créer une situation de challenge pour les participants. Dans la condition expérimentale anxiété élevée, le test arithmétique était composé de façon à être difficile à réaliser et était présenté comme « *un test basique créé pour vérifier si les étudiants possèdent les compétences de base nécessaires au métier* » ; il s'agissait donc de créer dans ce cas une situation expérimentale menaçante pour les participants. La tâche expérimentale, réalisée après la tâche

d'arithmétique, consistait en une tâche de diagnostic médical. Pour construire cette tâche, les auteurs ont utilisé 21 images d'anatomie du cerveau humain. Ils ont entouré sur chacune d'elles une petite zone anatomique précise ; puis ont dupliqué ces images créant 21 paires d'images. Dans la moitié des cas (11 radios), la zone entourée était identique sur chacune des deux images et dans l'autre moitié (10 radios) la zone différait entre les deux images. La tâche finale était constituée de 20 paires d'images puisque l'une d'elles servait d'exemple. Après avoir visionné toutes les radiographies, les participants devaient indiquer si les deux zones entourées étaient identiques ou pas. Dans ce cas, la performance était donc considérée comme un *output*. Les images ont été présentées pendant une durée de 5 secondes. Afin de rendre la tâche plus difficile et d'occuper la mémoire de travail des participants, il leur était demandé de se souvenir des initiales des patients à qui appartenaient ces radiographies. Enfin, afin de faire varier le niveau de difficulté de la tâche, les consignes différaient selon les participants. Pour la moitié d'entre eux, la consigne donnée était classique à savoir de répondre après avoir vu toutes les radiographies (condition appelée 1^{ère} opinion). A l'autre moitié des participants il était indiqué qu'un de leur confrère avait déjà évalué les radiographies et qu'ils étaient consultés afin de donner un second avis (condition appelée 2nd avis). L'avis de leur confrère leur était fourni pour indication, il était faux dans 50% des cas. Cette condition expérimentale « seconde opinion » est introduite car considérée par les auteurs comme une tâche compliquée pour les étudiants en médecine car elle nécessite du stockage en mémoire de travail.

Les résultats mettent en évidence que les participants en condition anxiété élevée sont moins performants que les participants en condition anxiété faible dans la résolution d'une tâche facile (condition 1^{ère} opinion). En revanche, lorsque les étudiants résolvent une tâche complexe (condition 2nde opinion), les auteurs n'observent pas de différence de performance selon le niveau d'anxiété induit. Or, selon les prédictions théoriques des auteurs, ces derniers s'attendaient à ce que la performance soit davantage affectée dans la condition résolution de tâche compliquée.

Les auteurs ont donc réalisé une seconde étude expérimentale dans laquelle l'anxiété n'était pas induite mais mesurée (Cummings et Harris, 2001 ; étude 2). Ils ont pour cela utilisé le STAI (*State Trait Anxiety Inventory* ; Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983) auprès de 69 étudiants en médecine, puis ont utilisé la même démarche expérimentale que dans l'étude 1. Le pattern de résultat observé

est le même que précédemment confirmant que les participants les plus anxieux ont de moins bons résultats quand ils résolvent une tâche facile. Comme précédemment, les auteurs n'observent pas d'effet du niveau d'anxiété des participants en tâche compliquée alors que les auteurs prédisaient une forte diminution de performance due à une accumulation d'informations en mémoire de travail.

Afin d'établir plus précisément les effets du stress sur la performance cognitive, Leblanc et Bandiera (2007) réalisent une étude mesurant les effets du stress sur la performance d'internes en médecine d'urgence lors d'une tâche de lecture de radiographies. Les auteurs ont induit expérimentalement du stress chez leurs participants (tous des internes de niveau junior, intermédiaire ou des séniors) par la combinaison de trois facteurs de stress, à savoir un facteur de stress évaluatif, une pression temporelle et une attente de feed-back négatif. Afin d'induire le stress évaluatif, il était indiqué aux internes que leur score serait transmis à leur responsable afin de servir dans leur évaluation. La pression temporelle était induite par un temps de réponse limité et contrôlé et par une sonnerie indiquant le passage à l'item suivant dans la tâche à résoudre. Enfin, afin d'induire des attentes négatives, les items ont été classés du plus difficile au plus facile afin que les internes s'attendent à avoir une mauvaise performance. Les résultats observés par les auteurs mettent en évidence qu'en situation de stress important les jeunes internes obtiennent de meilleurs résultats. En revanche, la performance d'internes plus expérimentés (en quatrième et cinquième années) n'est pas affectée par le stress. Cette étude nous fournit plusieurs informations. Tout d'abord, concernant les effets du stress, elle laisse supposer que le stress n'a pas d'effet sur les internes expérimentés et a même un effet bénéfique chez les plus jeunes sur une tâche de lecture de radiographies. Ce résultat semble aller à l'inverse des résultats fréquemment observés. Cependant, le manque de contrôles expérimentaux relatifs à la concentration ou à la motivation des internes à réussir ne nous permet pas de conclure définitivement à la validité de ces résultats. En effet, un des facteurs de stress consistait à induire des attentes basses quant au résultat qu'ils allaient obtenir. Nous ne savons donc pas si en réaction à ce facteur de stress, les internes ont mis en place des stratégies cognitives supplémentaires dans la tâche. Enfin, la seconde information que nous fournit cette étude est qu'il semblerait que les futurs praticiens développent, très tôt et cela dès leur internat des techniques de gestion de stress afin de ne pas être affectés dans leur pratique.

Ces deux études (Cummings et Harris, 2001 ; Leblanc & Bandiera, 2007) mettent en évidence des effets contradictoires sur la performance mesurée comme output des étudiants en médecine.

I. 4. 2. B. Le stress influence-t-il la performance motrice ?

Les aspects moteurs de la performance sont également affectés par le stress. A l'heure actuelle, l'utilisation de simulateurs permet de quantifier la performance motrice. Toutefois, il n'y a encore qu'un faible nombre d'études publiées puisque les techniques pour mesurer et quantifier la performance motrice n'ont été développées que récemment (Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003).

En 2010, Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov et Stergiou ont mené une étude afin de mesurer les effets du facteur de stress « bruit » sur la performance médicale assistée par robot²⁰. Douze étudiants en médecine ont réalisé 3 tâches (tâche bi manuelle, exercice de suture et tâche d'alignement d'objets) sur simulateur en condition bruyante (i.e., stressante) ou en condition non bruyante. La performance motrice était mesurée par le temps mis pour réaliser la tâche, les mouvements réalisés et l'activation musculaire. Ce choix des auteurs amène donc à considérer la performance comme un *output*. Les auteurs observent que le stress affecte la performance sur les 3 tâches réalisées et les effets observés sont d'autant plus importants que la tâche prescrite est difficile. La tâche d'alignement d'objet étant la plus difficile à réaliser, la performance motrice des étudiants est plus fortement dégradée que pour les deux autres tâches réalisées. Cet effet de diminution de la dextérité manuelle en situation de stress semble ressortir dans plusieurs études que le stress soit induit sur des experts en chirurgie (Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003) ou mesuré chez des internes en chirurgie (Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara & Panchanathan, 2008).

En 2003, Moorthy, Munz, Dosis, Bann et Darzi ont réalisé une étude sur treize chirurgiens ayant des compétences en chirurgie laparoscopique²¹. Ces derniers ont

²⁰ Robot Da Vinci

²¹ Technique chirurgicale mini invasive réalisée au niveau de l'abdomen.

réalisé une tâche de transfère laparoscopique²² sous cinq conditions expérimentales : (1) dans le calme, (2) en réalisant une tâche simple de mathématique, (3) dans des conditions de bruit compris entre 80 et 85 décibels, (4) aussi rapidement que possible et (5) dans une condition expérimentale combinant les conditions 2, 3 et 4 précédentes. La condition expérimentale (2) consistant à faire réaliser une tâche de mathématique en parallèle a été introduite par les auteurs comme correspondant à une condition de surcharge mentale. La tâche de transfère laparoscopique a été choisie par les auteurs car elle nécessite une bonne coordination entre la main dominante et la main non dominante et une utilisation équivalente des deux mains et qu'elle nécessite de la concentration de la part des opérateurs. La performance a été évaluée par le biais de la dextérité manuelle (distance des trajectoires par mouvement et distance totale des trajectoires utilisées pour réaliser le geste) et d'un score d'erreur (correspondant soit à un mauvais positionnement de l'objet ou à une perte de l'objet pendant la trajectoire). Les auteurs observent une diminution de la performance (que l'on peut considérer ici comme constituée un *output*) sous stress quelque soit le facteur de stress manipulé ; de plus les effets observés sont encore plus importants pour la main non dominante. Ces études répondent en partie à nos critiques sur la notion de performance puisque prennent en compte certains aspects de l'efficacité dans l'appréhension du concept, cependant les indicateurs d'efficacité choisis ne nous semblent pas toujours adaptés.

En 2008, Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara et Panchanathan ont testé les effets du facteur de stress « fatigue » sur les capacités cognitives et psychomotrices de 37 internes en chirurgie. Après avoir relevé le niveau de stress auto-déclaré des internes, les auteurs ont proposé une série d'exercice sur simulateur. Ces exercices pouvaient nécessiter de la coordination sensori-motrice, ou des compétences en orientation spatiale ou encore de la mémoire de travail. La performance correspondait à la compétence chirurgicale constituée de la fluidité des mouvements de la main et des outils, du taux d'erreur et du temps nécessaire pour réaliser les tâches demandées. Ce choix méthodologique des auteurs nous permet de considérer la performance comme constituée de *l'output* et de l'efficacité, avec la notion de temps mis pour réaliser les tâches. Les auteurs ont alors observé que la

²² Tâche qui consiste à transférer une pièce cylindrique d'une zone à une autre à l'aide de pinces installées sur robot.

fatigue augmente le nombre d'erreurs cognitives et diminue l'efficacité psychomotrices des internes quelque soit leur niveau d'internat. De plus, les auteurs observent que les compétences cognitives sont plus fortement affectées par rapport aux compétences psychomotrices. Cependant, l'utilisation de mesures auto rapportées peut s'avérer problématique. En effet, l'utilisation de mesure auto rapportée est toujours délicate (voir Delaunois, Malchaire, & Piette, 2002). Les effets de désirabilité sociale - définie comme le fait de répondre pour se faire bien voir - qui caractérisent ce mode d'enquête (Schwarz, 1999 ; Schwarz & Oyserman, 2001) pouvant fausser les résultats observés. Les individus orientent alors leurs réponses afin d'être bien jugés par l'expérimentateur.

Cet effet délétère du stress sur la performance ou un aspect constitutif de la performance ne ressort pas dans toutes les études. Ainsi, ce résultat est contraire à celui observé dans l'étude menée par Moorthy, Munz, Undre et Darzi (2004) qui n'avait pas observé d'effet du bruit et de la musique sur la performance motrice des chirurgiens. Les auteurs ont fait réaliser à douze chirurgiens des sutures laparoscopiques sur simulateur en condition expérimentale calme, bruyante et avec de la musique. La performance a ensuite été évaluée par deux juges indépendants sur la base du nombre de mouvements inutiles, de la qualité des sutures réalisées et la qualité des nœuds faits. Les auteurs n'observent pas de d'effet du bruit ou de la musique comme facteur inducteur de stress sur la performance des chirurgiens.

Les résultats que nous avons présentés précédemment tendent à mettre en évidence un effet délétère du stress sur la performance ou certaines composantes de la performance. Nous n'avons cité qu'un échantillon des études menées mais nous souhaitons mettre en évidence que plusieurs études, qu'elles emploient des méthodologies expérimentales ou quasi expérimentales ou encore des analyses de littérature semblent indiquer un effet du stress sur la performance ou du moins des aspects constitutifs de la performance. Cependant, les résultats que nous avons avancés semblent parfois aller dans le sens d'une diminution de performance et d'autres fois dans le sens d'une augmentation de performance, voir à une absence de résultat.

Afin de répondre plus précisément à la question, Arora et ses collaborateurs (Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010) ont réalisé une méta-analyse sur les travaux menés jusqu'alors et observent que :

1). Les procédures laparoscopiques génèrent plus de stress et sont à l'origine de performances techniques plus faibles que les chirurgies ouvertes ou assistées par robot.

2). Les chirurgiens expérimentés ressentent moins de stress et ont de meilleures performances techniques que les débutants.

3). Les chirurgiens qui mettent en place des stratégies de coping pour gérer le stress ont de meilleures performances techniques que ceux qui n'ont pas recours à des stratégies de coping

4). Le nombre limité d'études sur les effets du stress sur des aspects non techniques de la performance suggère que le stress affecte également les compétences non techniques des chirurgiens, comme la prise de décision et les capacités de leadership.

En conclusion de leur méta analyse, Arora et collaborateurs indiquent qu'un stress important altère la performance des internes et que ces derniers sont plus affectés par le stress que les chirurgiens experts. De plus, les auteurs observent que les études réalisées se focalisent fortement sur les facteurs de stress comme inducteur négligeant les indicateurs de performance. Ainsi, les études menées en milieu médical utilisent des indicateurs de performances tels que le temps mis pour réaliser une tâche, le nombre de réponses correctes ou le taux d'erreurs, ou encore l'amplitude du geste. Aucun aspect relatif à la prise de décision des internes ou chirurgiens n'est considéré dans ces études. Nous tenterons donc de répondre à cette critique dans nos études présentées dans les chapitres suivants en utilisant plusieurs indicateurs de performance afin d'appréhender le concept dans sa double composante.

Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi et Kneebone, (2010) concluent donc leur analyse par une série de recommandations qu'ils adressent à la communauté scientifique afin d'établir clairement les effets du stress sur la performance des internes et des chirurgiens. Les prochaines études devront donc veiller à :

1) relever des mesures objectives et subjectives du stress, 2) étudier le lien stress et performance en relevant des indicateurs de performance, 3) mettre en place

des formations relatives au stress chez les internes et en évaluer les effets et 4) prendre en compte les variables individuelles et facteurs de personnalité susceptibles de moduler l'effet du stress sur la performance, comme la motivation ou encore le niveau d'anxiété trait (p. 328-329).

Nous pouvons cependant nous demander pourquoi nous observons une variabilité dans les résultats avancés par les chercheurs. Les études que nous venons de présenter mettent en évidence des résultats qui peuvent sembler contradictoires. Comment expliquer cette contradiction ? Nous allons à présent tenter de répondre à cette question.

I. 4. 2. C. Des résultats apparemment contradictoires dans la littérature : une explication d'ordre méthodologique

L'inconsistance des résultats peut être expliquée par la diversité des méthodologies et populations employées dans les études comparées.

En effet, dans les travaux de Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov et Stergiou (2010), les participants sont des étudiants en médecine, qui n'ont jamais pratiqué sur simulateur alors que dans l'étude de Moorthy, Munz, Undre et Darzi (2004), les participants sont des chirurgiens qui ont déjà réalisé des laparoscopies, qui opèrent quotidiennement et ont déjà pratiqué sur simulateur. Il se peut également qu'avec leur expérience professionnelle, ils aient appris à utiliser des stratégies de gestion de stress qui leur permettent de ne pas être affectés dans leur pratique, stratégies que les étudiants n'ont pas encore mises en place. Une seconde explication de cette différence observée peut être due à la méthodologie employée de cotation des indicateurs de performance. Moorthy, Munz, Undre et Darzi (2004) ont utilisé une échelle de notation pour quantifier à partir des vidéos récoltées la performance motrice des experts. Ce type de cotation peut manquer de sensibilité dans les mesures prises en comparaison à l'utilisation d'un simulateur qui est plus précis dans l'évaluation des mesures et des distances parcourues dans les gestes.

Nous pouvons également proposer une critique complémentaire et qui concerne cette fois les inductions expérimentales. En 2001, Driskell, Johnston et Salas avancent l'idée selon laquelle la contradiction observée dans les résultats des

chercheurs ne serait que le résultat de méthodologies différentes : les études comparées utilisent des facteurs de stress de différentes natures. Dans certaines de ces études, le stress induit est inhérent à la tâche proposée tandis que dans d'autres études le stress induit est externe, causé par des sources environnementales. Cette utilisation de facteurs de stress de différente nature serait donc la cause de la contradiction observée. Cette explication est d'ailleurs confirmée dans la méta analyse réalisée par Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi, et Kneebone (2010). Ainsi, lorsque le facteur de stress est central à la tâche (i.e., une tâche difficile, une tâche menaçante), la performance se trouve facilitée alors que si le facteur de stress est périphérique à la tâche (i.e., environnemental) alors la performance serait détériorée (LeBlanc, 2009). En effet, si un individu réalise une tâche dans un cadre bruyant dû par exemple à une discussion entre deux collègues à côté de lui, alors son attention va être focalisée sur ce facteur de perturbation externe (ce facteur périphérique) ce qui va avoir pour conséquence de diminuer son attention disponible pour résoudre la tâche et qui va en retour diminuer sa performance.

Nous avons vu dans cette section que le stress a effectivement un effet sur la performance des individus et affecte les sphères liées au jugement et à l'attention, à la mémoire, à l'attention et à la dextérité manuelle. Les études expérimentales mettent en évidence qu'en situation stressante les individus ont de moins bonnes performances sur des tâches nécessitant de la mémoire de travail, qu'ils prennent moins en considération les hypothèses alternatives et qu'ils ont de moins bonnes performances perceptivo-motrices. Leur efficacité de traitement est donc affectée. Dans le milieu médical, peu d'études expérimentales ont été menées. Elles tendent cependant à démontrer un effet délétère du stress sur la performance cognitive et motrice. Cependant, toutes les études ne vont pas dans le sens de cet effet délétère. Cette apparente contradiction ne serait en réalité qu'un biais méthodologique. Après avoir présenté les appuis empiriques existants dans la littérature, nous abordons maintenant les appuis théoriques développés.

II. LES APPROCHES THEORIQUES EMERGENTES DANS LA LITTERATURE SUR LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE

Cette seconde section a pour objectif de présenter les principales explications théoriques du lien entre stress et performance. Cette présentation théorique nous permettra de présenter le cadre théorique qui fut le nôtre dans cette recherche, qui guida notre réflexion et nos études.

II. 1. LA RELATION EN U INVERSE (YERKES ET DODSON, 1908).

Au début du 20^{ème} siècle, deux psychologues – Yerkes et Dodson (1908) – ont modélisé la relation entre niveau d'éveil physiologique (i.e., niveau d'arousal) et la performance cognitive. Cette modélisation sous forme de courbe, aussi appelée loi Yerkes-Dodson » ou loi en U inversé (voir Figure 8) stipule qu'à un très bas niveau d'éveil, la performance sera nulle. Cette dernière devient meilleure au fur et à mesure de l'augmentation du niveau d'arousal jusqu'à atteindre un seuil critique au delà duquel la performance décroît, pour devenir de nouveau nulle lorsque l'individu est trop activé. Cette loi a donc été naturellement utilisée pour décrire la relation entre stress et performance mais également anxiété et performance. C'est également à partir de cette loi que certains ont parlé de « *bon stress* » ou de « *mauvais stress* » comme on peut le trouver dans la littérature ; le *bon stress* correspondant à ce stress qui permet d'améliorer sa performance tandis que le *mauvais stress* ferait référence à ce stress qui détériore la performance. A un niveau moyen, le stress aurait donc des conséquences bénéfiques pour l'individu.

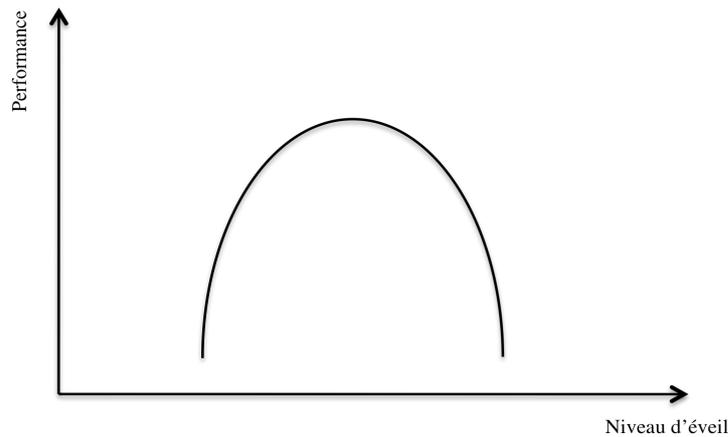


Figure 8. Loi de Yerkes et Dodson, 1908.

Cette modélisation s'appuie sur un postulat selon lequel le niveau d'éveil ou d'activation du sujet est proportionnel au niveau de stress et d'anxiété de l'individu. Ce postulat est rejeté aujourd'hui (Jones, 1995). Jones a critiqué ce modèle pour plusieurs raisons, notamment parce qu'il entretient la confusion sémantique entre stress, activation et anxiété mais également parce qu'il ne prend en compte la performance que comme output. De plus, les résultats observés ne confirment pas cette loi et comme l'indique Mendl (1999), elle ne peut être utilisée que pour schématiser la relation. De plus, elle ne fait pas de distinction selon le type de stressueur ; or, comme nous l'avons vu, il existe un grand nombre de stressueurs différents et leurs effets sur la performance ne sont pas forcément identiques. De nouvelles théories vont donc émerger et mettre en évidence une relation bien plus complexe entre stress et performance.

II. 2. LES THEORIES DU DRIVE (HULL, 1943 ; ZAJONC, 1986).

Parallèlement à la théorie en U inversé, Hull propose la théorie du drive (Hull, 1943) qui postule une relation directe, linéaire entre activation (drive, arousal) et performance. Selon la théorie initiale de Hull (1943), l'augmentation de l'activation va permettre une amélioration de la performance (comme *output*) quand la réponse dominante de l'individu est correcte et une diminution de la performance quand la

réponse dominante est incorrecte. Dans ce contexte, une réponse est dite dominante lorsqu'il s'agit de la réponse qui domine dans le répertoire comportemental de l'individu. Cette théorie a notamment été développée à l'époque pour expliquer les différences de performance en situation d'apprentissage. La réponse dominante de l'apprenant est souvent incorrecte donc l'augmentation de l'activation va entraîner l'augmentation de la réponse dominante incorrecte. En revanche, une fois la réponse correcte apprise, l'activation va permettre à l'individu de fournir cette réponse en situation d'activation.

Cette théorie n'a finalement pas été très utilisée dans le domaine de la performance mais a été à l'origine des travaux de Zajonc (1986). Elle s'insère ainsi dans un grand champ théorique en psychologie sociale où autrui prend le statut de facteur de stress social. Ce courant nous fournit une piste intéressante dans notre domaine d'application puisque les internes en situation d'apprentissage exercent en situation de présence d'autrui. Infirmiers, anesthésistes, internes et/ou chirurgiens experts assistent à l'opération en cours, parfois même avec un objectif d'évaluation.

La théorie du drive de Zajonc (1986) cherche à expliquer des résultats très anciens de la littérature qui mettent en évidence qu'en situation de stress, la présence d'autrui peut avoir des effets facilitateurs sur la performance (Triplet, 1898) mais également des effets délétères (Pessin, 1933) sur la performance. Le premier effet est appelé dans la littérature un *effet de facilitation sociale* (Allport, 1924) tandis que le second effet est appelé un *effet d'inhibition sociale*. Zajonc met en évidence que l'effet de facilitation sociale apparaît lorsque la tâche proposée est simple ou bien maîtrisée par l'individu. Dans ce cas, la réponse dominante (ou automatique) qu'il va fournir est la réponse correcte : la présence d'autrui va donc améliorer la performance. En revanche, le second effet, appelé *inhibition sociale*, apparaît lorsque la tâche est complexe, non maîtrisée ou nouvelle pour l'individu. La réponse dominante (ou automatique) fournie par l'individu sera une réponse incorrecte, et dans ce cas, la présence d'autrui diminue la performance. D'après cette théorie, la présence d'autrui va augmenter le niveau de drive de l'individu et avoir les conséquences que nous venons de présenter selon si la tâche est simple ou complexe. Cette théorie a été utilisée et testée dans la littérature y compris sur des animaux (Zajonc, Heingartner & Herman, 1969). Cependant, cette théorie a été remise en

cause notamment parce que la notion de drive, d'activation, est une notion floue qui ne peut être mesurée directement. Les approches attentionnelles s'opposent donc aux théories du drive.

II. 3. LES APPROCHES ATTENTIONNELLES DE LA COGNITION SOCIALE.

Les approches attentionnelles sont basées sur les travaux de Cohen (1978) et de Kahneman (1973) selon lesquels le système attentionnel de l'individu a des capacités limitées. Ces approches postulent une diminution des capacités attentionnelles allouées à la tâche car le stress épuise les ressources cognitives disponibles pour la résolution de la tâche. Ainsi, les ressources restantes sont focalisées sur les indices centraux de la tâche, c'est le phénomène de focalisation attentionnelle (Cohen, 1978). Cette focalisation attentionnelle fait alors référence à la diminution de traitement des éléments périphériques dans une tâche au détriment des éléments centraux. Les éléments centraux correspondent aux éléments pertinents, nécessaires, pour résoudre une tâche tandis que les éléments périphériques correspondent aux éléments qui ne sont pas nécessaires pour résoudre une tâche. Dans cette approche, il est donc nécessaire de déterminer pour chaque tâche ce qu'est un élément central ou périphérique. Ainsi, si les éléments périphériques sont pertinents pour résoudre la tâche alors la performance sera moins bonne sous stress alors que si les éléments périphériques ne sont pas pertinents, la performance sera améliorée.

Dans cette approche, s'insère également la théorie du conflit distraction de Baron (1986). Selon ce dernier, la présence d'autrui entraîne une surcharge attentionnelle, qui cause en conséquence une focalisation de l'attention sur les indices centraux de la tâche (ou les indices pertinents). Cette focalisation attentionnelle a un effet sur la performance de l'individu qui est soit l'effet d'inhibition sociale, soit l'effet de facilitation sociale. L'effet d'inhibition sociale est observé lorsque les indices centraux sont nombreux ou que les indices périphériques sont facilitateurs. L'effet de facilitation sociale est observé lorsque les indices périphériques (e.g., non centraux ou non pertinents pour résoudre la tâche) sont nombreux et gênants pour

résoudre la tâche. Les travaux de Huguet et collaborateurs (Huguet, Galvaing, Monteil, & Dumas, 1999) s'inscrivent dans cette approche. Ces derniers ont utilisé la tâche de Stroop pour tester cette théorie. La tâche de Stroop (ou interférence de Stroop, 1935) fait référence à l'interférence créée par le sens des mots lorsque les individus doivent indiquer la couleur avec laquelle les mots sont écrits. Ainsi, lire le mot ROUGE écrit en rouge est plus rapide que lire le mot VERT écrit en rouge. Cet effet est dû au caractère automatique de la lecture, automatique dans le sens de non contrôlable (Bargh, 1996). Dans la tâche de Stroop par exemple, la couleur des mots est l'élément central de la tâche (puisque les individus doivent dire la couleur des mots) tandis que la sémantique est l'élément périphérique de la tâche. En utilisant cette tâche de Stroop, Huguet, Galvaing, Monteil, et Dumas, (1999) ont mis en évidence que la présence d'autrui (qu'il soit attentif à ce que fait la personne ou inattentif à ce qu'elle fait) augmente bien la focalisation attentionnelle. Les auteurs ont répliqué ce même résultat avec une tâche de Stroop modifiée, dans laquelle les mots présentés ne sont pas des noms de couleurs mais sont sémantiquement reliés à la couleur (i.e., soleil). Nous pouvons soulever une limite importante à cette étude : les auteurs utilisent le facteur de stress social « autrui ». Qu'en est-il avec un autre facteur de stress ? Cet effet existe-t-il toujours ? L'étude a été répliquée par Chajut et Algom (2003) sur une tâche de Stroop avec l'utilisation d'autres facteurs de stress (menace de l'égo, pression temporelle, difficulté de la tâche et bruit, inuit simultanément). Ils observent qu'en situation de stress élevé, la focalisation de l'attention est d'autant plus forte dans le cadre de résolution de la tâche de Stroop. D'après cette approche, le stress conduirait donc les individus à diminuer leur attention sur les éléments périphériques dans la résolution d'une tâche et à augmenter leur attention sur les éléments centraux.

Ainsi, d'après cette approche, nous pouvons prédire une augmentation de la performance sous stress lorsque les indices centraux sont pertinents pour résoudre la tâche (puisque l'attention de l'individu est focalisée sur ces indices centraux); mais en revanche, nous prédisons une diminution de la performance lorsque les indices centraux sont trop nombreux ou que les indices périphériques sont facilitateurs.

Ces théories dans le domaine de la cognition sociale postulent un effet de la présence d'autrui dans le sens d'une facilitation ou d'une inhibition sociale. La

principale différence tient surtout aux facteurs explicatifs et au statut que prend autrui pour l'individu qui réalise une tâche. Le débat entre les deux approches (théories du drive et approche attentionnelle) n'est pas encore clairement tranché dans la littérature. Toutefois, nous ne nous situons pas dans ces approches psycho-sociales pour plusieurs raisons que nous allons détailler à présent.

La principale critique que nous pouvons mettre rejoint directement notre problématique de terrain. Les études que nous venons de présenter sont réalisées en laboratoire dans un contexte très contrôlé et sur des tâches simples d'apprentissage (e.g., tâche de Stroop) faisant intervenir des processus de relativement bas niveau (comme la lecture). Or, comme nous avons pu le constater au travers du chapitre précédent, l'expertise chirurgicale est une tâche complexe (Wetzel et al., 2006) constituée de l'imbrication de plusieurs tâches simples et complexes, de tâches motrices et cognitives. Partant de cette observation, il nous est impossible de généraliser les résultats observés sur des étudiants réalisant un type d'exercice spécifique à notre population de référence qui exerce un type de chirurgie. Nous avons donc besoin de davantage de données issues de milieu professionnel chirurgical afin d'avancer dans la compréhension des conséquences du stress sur la performance des internes.

Puis, la seconde critique que nous pouvons émettre concerne les indicateurs de performance. Comme nous avons pu le remarquer précédemment la notion de performance est une notion complexe qui regroupe plusieurs éléments : le résultat de l'action et les mécanismes liés à la prise de décision. Ainsi, il s'agit bien de la performance dans sa double composante (e.g., résultat/état et déroulement/processus ; Bourgeois & Hubault, 2004) qui doit être prise en compte dans les études d'autant que comme le souligne Janelle (2002) la plupart des études s'intéressent à la performance comme *output* (e.g., score ou réponse) négligeant les mécanismes de construction de l'activité (e.g., efficacité).

Enfin, la troisième critique que nous pouvons observer est que majoritairement les études menées sur les effets du stress sur la performance des individus, que ce soit dans le monde professionnel ou non, négligent un aspect potentiellement important que sont les variables individuelles. En effet, la plupart des études induisent un stress chez les participants et observent les effets sur la performance émise (que celle-ci soit mesurée ou simplement observée). Or, comme nous l'avons vu précédemment, un

même facteur de stress environnemental peut induire des conséquences différentes chez les individus selon leur personnalité, leur vécu, mais également selon la quantité d'effort qu'ils fournissent. Il nous semble important de tenter de prendre en compte certaines de ces variables – et notamment le niveau d'anxiété de l'individu – afin d'affiner les observations et les conclusions que nous apportons au lien entre stress et performance. Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'anxiété est une réponse émotionnelle résultant d'une situation stressante ou menaçante. Il nous semble important dans notre approche d'étudier les effets du stress et de l'anxiété résultante sur la performance mesurée comme output et comme processus.

II. 4. LA THEORIE DE L'EFFICIENCE DE TRAITEMENT OU PROCESSING EFFICIENCY THEORY (PET ; EYSENCK & CALVO, 1992).

La Processing Efficiency Theory (ou « théorie de l'efficacité de traitement » en français ; Eysenck & Calvo, 1992) est une théorie spécialement développée pour mettre en évidence les effets du stress sur la performance et surtout les effets de l'anxiété résultante d'une situation de stress sur la performance et l'efficacité de traitement des individus.

Cette théorie a été formulée suite aux travaux d'Eysenck (1979 ; 1982) sur l'anxiété. La PET s'appuie sur la notion d'anxiété et sur la différence existante entre l'état d'anxiété et le trait d'anxiété. Nous avons vu précédemment que l'état d'anxiété fait référence à un sentiment transitoire de tension et d'appréhension ; tandis que le trait d'anxiété fait référence à des prédispositions stables chez l'individu à répondre de façon anxieuse à une situation menaçante. La PET s'appuie surtout sur la notion d'état d'anxiété qui serait déterminé par l'interaction entre le trait d'anxiété et une situation vécue comme menaçante ou stressante. Toutefois, étant donné qu'il est difficile de faire la distinction entre le trait d'anxiété et l'état d'anxiété puisqu'ils sont fortement corrélés ($r = .70$), les auteurs proposent de s'appuyer sur la notion d'anxiété cognitive.

Avant d'expliquer le rôle de l'anxiété cognitive dans la PET, il est nécessaire de s'appuyer sur la notion de mémoire de travail et sur les apports de Baddeley (1986). Selon Baddeley, le concept de mémoire de travail fournit une interface entre la perception, la mémoire à long terme et l'action, il a une capacité limitée qui permet de maintenir et stocker les informations. La mémoire de travail est constituée de trois composantes que nous avons présentées précédemment : le centre exécutif ; la boucle phonologique (ou boucle articulatoire) et le calepin visuo-spatial (ou bloc notes visuo-spatial). Selon Eysenck et Calvo (1992), l'anxiété cognitive empêche le stockage de l'information en affectant principalement le système central et la boucle articulatoire. En conséquence, le premier effet de l'anxiété cognitive est qu'elle détériore les capacités cognitives de l'individu. Ce dernier pense à autre chose en même temps qu'il essaye de réaliser sa tâche, il a ce qu'on appelle des pensées intrusives ou ruminations mentales. La conséquence directe est une réduction de sa capacité de stockage en mémoire de travail. Cette réduction des capacités attentionnelles cause des effets plus importants pour les tâches complexes puisqu'elles demandent des capacités importantes de stockage et de traitement d'informations. En retour, cette réduction de l'attention va avoir des effets directs sur l'efficacité de traitement de l'individu en situation de résolution de problème. En situation stressante, l'individu va ressentir cette anxiété cognitive et avoir des pensées intrusives ; sa mémoire de travail va être occupée et donc son efficacité de traitement va diminuer.

La seconde conséquence est que l'anxiété cognitive affecte le processus motivationnel de l'individu. Par le biais d'un processus d'auto régulation, l'individu va être capable de fournir des ressources motivationnelles additionnelles à travers un effort supplémentaire. Ainsi, d'après Eysenck et Calvo (1992), les participants les plus anxieux sont capables de maintenir leur performance en augmentant la quantité d'effort qu'ils allouent à la tâche. En retour, puisqu'ils sont occupés à fournir un effort supplémentaire, leur efficacité de traitement est affectée. Ainsi, selon cette théorie, le stress affecterait d'avantage l'efficacité de traitement que la performance des individus.

La PET fait donc des prédictions expérimentales différentes selon le niveau de difficulté de la tâche. Ainsi, les tâches complexes seront les tâches les plus affectées puisque ce sont celles qui nécessitent le plus de stockage en mémoire de travail. Ainsi, les prédictions que nous pouvons faire en situation de stress vont différer selon

le niveau d'anxiété de l'individu et le niveau de difficulté de la tâche. Le Tableau 6 ci-dessous illustre les prédictions expérimentales selon la PET.

Situation	Niveau de difficulté de la tâche	Niveau d'anxiété	Performance	Effizienz
Stress	Tâche simple	Bas niveau		
		Haut niveau	=	--
	Tâche complexe	Bas niveau	-	--
		Haut niveau	-	--

Tableau 6. Prédictions expérimentales selon la PET en situation de stress en fonction du niveau d'anxiété de l'individu et la difficulté de la tâche.

D'après Eysenck et Calvo (1992), dans le cas d'une tâche simple, les individus fortement anxieux pourront maintenir leur performance mais leur efficacité de traitement sera très affectée. En effet, les individus très anxieux fourniront davantage d'efforts pour avoir une bonne performance, ainsi ils arriveront à la maintenir. Cependant, l'effort supplémentaire qu'ils fournissent est coûteux en terme de mémoire de travail et explique qu'en retour leur efficacité de traitement sera affectée. Dans le cas d'une tâche complexe, et nécessitant du stockage en mémoire de travail, la performance sera affectée chez tous les participants et l'efficacité sera touchée plus fortement encore.

Les prédictions originelles de la théorie sont les suivantes :

1) L'anxiété a des effets délétères plus importants sur l'efficacité que sur la performance mesurée comme output.

De cette première prédiction découle directement une série de prédictions :

- Les individus fortement anxieux devraient avoir l'impression de fournir plus d'effort que les individus peu anxieux sur des tâches dans lesquelles leurs performances sont comparables.

- L'anxiété a typiquement des effets délétères sur une tâche secondaire réalisée en parallèle d'une autre tâche.

- L'anxiété va réduire les capacités de traitement disponibles pendant la réalisation d'une tâche.

- Puisque les facteurs motivationnels augmentent les efforts fournis, cela bénéficie davantage à la performance des individus les moins anxieux.

- La performance à une tâche centrale va être plus fortement affectée par une surcharge supplémentaire chez les individus fortement anxieux.

- L'altération de l'efficacité produite par l'anxiété peut être détectée par un temps de traitement allongé (plus le temps de réponse est long plus l'efficacité est altérée)

- L'effet de l'anxiété sur l'efficacité peut être détecté par des mesures psychophysiologiques (EMG : électromyogramme qui enregistre l'activité électrique des muscles).

2) Plus une tâche nécessite de la mémoire de travail et plus les effets aversifs sur la performance sont importants.

De cette seconde prédiction générale découlent directement quatre autres prédictions :

- Les effets de l'anxiété sur la performance à la tâche dépendent du niveau de ressources requis par la tâche.

- L'anxiété réduit la capacité de stockage transitoire.

- L'anxiété a des effets plus importants sur des tâches nécessitant une capacité de stockage importante.

- L'anxiété ne détériore pas nécessairement la performance sur les tâches qui n'impliquent pas le système central et la boucle articulatoire.

Ces différentes prédictions expérimentales ont été testées dans plusieurs études notamment dans le domaine sportif. La preuve expérimentale a notamment été amenée dans des études portant sur des tâches cognitives. Eysenck et Calvo (1992) qui avaient pourtant initialement pensé leur théorie pour avoir une applicabilité générale reconnaissent cependant l'intérêt de leur théorie pour les performances cognitives. Un certain nombre d'études ont donc permis d'apporter du soutien aux prédictions de la PET ; toutefois, toutes les prédictions n'ont pas été observées en même temps. Ainsi, certaines études n'ont pas pris en compte la distinction entre les niveaux de trait d'anxiété des participants (Williams, Vickers, & Rodrigues, 2002) ou n'ont pas mis en évidence de différence d'effets selon les niveaux de trait d'anxiété

des participants (Murray & Janelle, 2003). Une autre étude encore (Hardy & Hutchinson, 2007) a testé les prédictions de la PET dans le domaine sportif en utilisant une tâche d'escalade mais n'a pas pris en compte d'indicateurs d'efficacité. Plus précisément, les auteurs ont mené trois études expérimentales dans lesquelles ils ont relevé la performance, l'anxiété et les efforts des grimpeurs. Le niveau de difficulté des tâches à réaliser variaient en fonction du niveau de difficulté de la paroi à escalader et de la position du grimpeur (premier de cordée ou non). Les auteurs ont émis les hypothèses selon lesquelles les premiers de cordée allaient ressentir une anxiété plus importante que les « suiveurs » et qu'ils fourniraient également plus d'efforts. Des notes ont été attribuées par un juge indépendant expert dans la pratique. Ces experts notaient différents aspects comme « est-ce que le grimpeur a été gracieux ? » ou « le grimpeur a été capable de lire la route à grimper ». Cette technique de notation mélange les deux aspects de la performance, les rendant difficilement dissociables. Les résultats observés par Hardy et Hutchinson (2007) mettent en évidence qu'en situation d'anxiété, les participants fournissent davantage d'efforts ce qui leur permet de conserver, voire d'améliorer, leur performance. Cette étude fournit donc des éléments intéressants, ils confirment notamment l'idée que l'anxiété ressentie a des effets attentionnels et motivationnels.

Une étude de Wilson, Smith, Chattington, Ford et Marple-Horvat (2006) a été menée sur une tâche simulée de conduite de rallye et a réussi à tester la plupart des prédictions expérimentales. Les auteurs ont mesuré le niveau d'anxiété des participants et les ont répartis en deux groupes : un groupe avec un bas niveau d'anxiété et un groupe avec un haut niveau d'anxiété. Puis, le sentiment de menace a été induit expérimentalement. Dans la condition expérimentale induisant un faible niveau de menace, des consignes non-évaluatives ont été fournies aux participants. Ces derniers devaient faire de leur mieux et réaliser la course automobile le plus rapidement possible. Afin de renforcer le sentiment de non évaluation, la passation expérimentale était présentée comme permettant le recueil d'informations sur le simulateur de conduite. Puis, dans la condition expérimentale induisant un haut niveau de menace la passation expérimentale a été présentée comme réalisée afin d'être comparée à la passation d'autres participants. Un tableau avec des scores fictifs était affiché afin de renforcer le sentiment de compétition et il était dit aux participants que le gagnant devait remporter un prix de 50 pounds (environ 62 euros).

L'objectif de cette condition expérimentale était d'induire de l'anxiété situationnelle par l'utilisation de consigne induisant de la menace de l'ego. La performance (comme *output*) a été mesurée par le biais du temps nécessaire pour réaliser le parcours. L'efficacité des participants a été mesurée en terme d'efficacité du traitement visuel (taux de recherche), de mouvements réalisés avec le volant (mesuré à travers la colonne de direction) et de déplacement de la pédale d'accélérateur. Comme attendu, l'anxiété élevée a un effet délétère sur l'efficacité des participants notamment sur les indicateurs visuels (réponse pupillaire et variabilité des regards). Enfin, la performance (comme *output*) de tous les participants a été affectée quelque soit la condition expérimentale. En revanche, celle des individus les plus anxieux a été plus fortement affectée que les participants les moins anxieux. Cette étude confirme pour les auteurs l'utilisabilité de la PET au domaine sportif. Cependant, les résultats observés ne confirment pas complètement les prédictions expérimentales d'Eysenck et Calvo (1992). La théorie initiale prédit que l'efficacité sera plus fortement affectée que la performance et que ces effets seront encore plus importants chez les individus fortement anxieux. Les résultats observés par Wilson, Smith, Chattington, Ford et Marple-Horvat (2006) indiquent un effet plus important concernant la performance comme *output*. Ce résultat est cependant discutable, le temps de réponse est utilisé par certains chercheurs comme un indicateur d'efficacité (voir notamment les prédictions originelles d'Eysenck & Calvo, 1992) alors que dans l'étude de Wilson *et al.* (2006) le temps de réponse est utilisé comme un indicateur de performance. La tâche ne permet donc pas, à nos yeux, d'établir clairement une distinction entre les deux aspects de la performance et donc de tester de façon fiable les prédictions expérimentales.

Il convient d'ajouter que la récemment, la théorie du contrôle attentionnel (Eysenck, Derakshan, Santos, & Calvo, 2007) a été proposée comme une extension de la PET. Cette théorie dont les prédictions restent les mêmes que la PET en ce qui concerne l'efficacité et la performance *output* apporte davantage de précisions concernant les fonctions exécutives centrales en jeu dans la résolution d'une tâche.

- *Un exemple d'application de la PET en milieu médical.*

Peu d'études réalisées en milieu médical se sont appuyées théoriquement sur la PET (Eysenck & Calvo, 1992). Pour seul exemple, l'étude réalisée par Cummings et Harris en 2001, a été spécialement menée afin de mettre en évidence l'impact de l'anxiété sur l'exactitude du processus de prise de décision sur une tâche de diagnostic médical (étude présentée dans la section I.4.2.A précédente p. 91). Cummings et Harris (2001) n'ont d'ailleurs pas réussi à confirmer les prédictions de la théorie puisque les auteurs n'ont pas observé d'effet du niveau d'anxiété des participants en résolution de tâche compliquée alors qu'ils prédisaient une forte diminution de performance due à une accumulation d'informations en mémoire de travail.

Cependant, dans leurs deux études présentées, les auteurs n'ont pas fait la distinction entre performance *output* et efficacité de traitement. Leur objectif était uniquement de tester les prédictions relatives à l'anxiété cognitive, aux inquiétudes, sur la notion de performance comme *output*. Les prédictions n'ont donc pas été vérifiées sur l'*output* mais cela peut s'expliquer au regard de la théorie. En effet, la notion clé de la théorie est la notion de processus, d'efficacité, mais les auteurs ne l'ont pas prise en compte dans leur mesure de performance. Ainsi, l'efficacité de traitement des participants aurait peut être été modifiée en situation de stress. Les études que nous réaliserons devront bien articuler les deux aspects de la performance. Bien qu'en désaccord avec les prédictions originales de la PET, cette étude indique l'applicabilité de cette théorie à ce milieu professionnel et nous permet de relativiser les résultats observés par les auteurs.

Nous avons présenté dans cette seconde section les théories explicatives du lien stress et performance. Nous avons commencé par la théorie en U inversé de Yerkes et Dodson (1908), puis avons présenté les théories du drive et les approches attentionnelles de la cognition sociale. Ces théories sont certes des pistes de réflexion mais ne sont pas pertinentes au domaine professionnel et cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elles ne prennent en compte la performance que dans sa notion de résultat d'action négligeant les aspects de construction de l'activité. Puis, ces théories ne prennent pas en compte des aspects liés à la personnalité et susceptibles de modifier les effets du stress, notamment les aspects relatifs à la personnalité (comme le niveau d'anxiété). Nous avons donc proposé le cadre théorique qui nous a servi durant cette thèse, la Processing Efficiency Theory (PET ; Eysenck & Calvo, 1992) et qui fait des prédictions différentes selon le niveau d'anxiété des individus et la difficulté de la tâche prescrite. Enfin, nous avons présenté la seule étude testant les prédictions de la PET en milieu médical. Bien que n'allant pas dans le sens des prédictions initiales, cette étude peut servir à notre réflexion. Avant de présenter les différentes études que nous avons menées, nous allons définir plus précisément la problématique qui fut la nôtre en nous appuyant sur les éléments théoriques que nous avons préalablement présentés.

PROBLEMATIQUE GENERALE, OBJECTIFS ET METHODES

L'objectif général de ce travail de recherche est de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique. Pour répondre à cet objectif, nous avons commencé par déterminer le contexte général dans lequel évoluent les futurs chirurgiens orthopédistes. Nous avons vu qu'au cours de leur internat, les internes sont formés sur le mode du compagnonnage. Les futurs praticiens assistent les chirurgiens experts, ces derniers ayant pour rôle de leur transmettre leurs savoirs et savoirs-faire. Ils apprennent directement leur métier dans l'action. Ils mettent en œuvre leurs connaissances antérieures et en construisent de nouvelles : ils conceptualisent (Pastré, 2008 ; Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006 ; Vergnaud, 1990). Cette acquisition de nouvelles compétences leur permet de devenir progressivement expert dans leur pratique (Leplat, 1991). Cet apprentissage prend majoritairement la forme d'un apprentissage co-construit qui nécessite que l'interne soit acteur de sa formation.

Nous avons ensuite déterminé que les internes ont majoritairement à réaliser des activités de diagnostic (Hoc, 1990 ; Hoc & Amalberti, 1994). Ils sont donc dans une situation de résolution de problème nécessitant qu'ils élaborent une procédure pour atteindre leur but (Leplat & Hoc, 1983). Cette activité médicale et/ou chirurgicale de diagnostic est un problème de type « induction de structures » (Falzon, 1993 ; Hoc, 1987). Le chirurgien et/ou l'interne doivent inférer une structure à un ensemble de symptômes. Nous retenons également que ce qui fait problème pour un individu peut ne pas être perçu comme tel par un autre : ainsi nous prendrons également la notion de difficulté perçue de la tâche dans nos études. Puis, nous avons constaté que le contexte environnemental dans lequel ils exercent peut être problématique : le monde hospitalier est reconnu comme étant un environnement stressant. Les internes sont confrontés à diverses sources de stress dans leur quotidien, que ce soit des facteurs de stress liés à la pratique médicale en elle-même ou des facteurs de stress liés à la pratique chirurgicale (voir Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010 ; Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd & Darzi, 2006). De plus, dans leur formation, comme dans

d'autres formations professionnelles, aucun aspect lié à la gestion du stress n'est enseigné à ces futurs praticiens (Mongin, Dufour, Lattanzio & Champault, 2008). Ils doivent apprendre par eux même à ne pas être affectés par le stress professionnel dans leur pratique. Pourtant, les conséquences du stress sur les opérateurs sont réelles affectant entre autre leur santé, leur motivation et leur performance. En situation stressante, des recherches ont montré que les individus ont de moins bonnes performances sur des tâches nécessitant de la mémoire de travail (Ashcraft, 2002 ; Beilock, 2008 ; Burrows, 2002 ; Wickens, Stokes, Barnett, & Hyman, 1991), ils prennent moins en considération les hypothèses alternatives (Keinan, 1987 ; Spérandio, 1971, 1977) et ont de moins bonne performances perceptivo motrice (Matthews & Desmond, 2002 ; Van Galen & Van Huygevoort, 2000). En milieu médical, les études expérimentales portant sur les effets du stress sur la performance des internes sont peu nombreuses (Schull, Ferris, Tu, Hux, & Redelmeier, 2001 ; Wetzel, Kneebone, Woloshynowych, Nestel, Moorthy, Kidd, & Darzi, 2006). Toutefois, elles tendent à mettre en évidence un effet contradictoire du stress sur la performance cognitive. Certaines études mettent en évidence un effet délétère du stress (Cummings & Harris, 2001) alors que d'autres mettent en évidence un effet bénéfique du stress (LeBlanc & Bandiera, 2007). Concernant la performance motrice, plusieurs études ont confirmé un effet délétère du stress sur la performance motrice (Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov & Stergiou, 2010 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003 ; Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara & Panchanathan, 2008) alors que d'autres révèlent un effet bénéfique (Moorthy, Munz, Undre et Darzi, 2004). Afin de répondre plus précisément à cette question et de déterminer l'effet causal du stress sur la performance, une méta analyse a été réalisée sur 22 études et conclue en un effet principal du stress et une modulation par le statut. Ainsi, un stress important affecte la performance des internes et des experts ; et les internes sont plus affectés par le stress que les chirurgiens experts (Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010). Nous critiquons toutefois la méthodologie employée dans ces études et notamment le choix des indicateurs de performance utilisés par les auteurs. En effet, la performance est une notion multidimensionnelle qui se compose du comportement émis par l'opérateur (i.e., ce qui relève de l'action) et du résultat de son action (Bourgeois & Hubault, 2004 ; Campbell, 1990 ; Campbell, McCloy, Oppler & Sager, 1993). Or, les études citées

précédemment ne prennent en compte que la performance comme résultat d'action (score de reconnaissance, nombre d'erreurs, pourcentage de réponses correctes...) et négligent les aspects liés à l'efficacité de traitement. Nous voulons répondre à cette limite dans nos études. Nous proposons donc d'élargir la notion de performance en prenant en compte les aspects relatifs au résultat d'action et à l'efficacité de traitement mise en œuvre par les internes en situation de résolution de problème.

De plus, le stress pouvant générer de l'anxiété (e.g., Lazarus, 1999, 2000 ; Martens, Vealey & Burton, 1990 ; Spielberger, 1972), nous nous sommes penchés sur cette notion et avons conclu en l'importance de la prise en compte de ce facteur comme potentiel modérateur des effets du stress. Nous proposons donc un cadre théorique qui répond aux différentes limites que nous avons soulevé (la *Processing Efficiency Theory* ; Eysenck & Calvo, 1992) et qui nous amène à faire des prédictions différentes quant au lien stress-performance en fonction de la difficulté des tâches et du niveau d'anxiété des individus.

Nous défendons donc la thèse selon laquelle le stress va affecter la performance et l'efficacité de traitement des internes différemment selon le niveau de difficulté de la tâche à résoudre et selon leur niveau d'anxiété. Ainsi, nous postulons que le stress va affecter la performance comme résultat d'action et l'efficacité de traitement chez les internes interrogés pour les tâches les plus difficiles à résoudre, et ce quelque soit leur niveau d'anxiété. En revanche, pour les tâches les plus simples, nous postulons une diminution de la performance et de l'efficacité uniquement pour les internes les plus anxieux.

Afin de pouvoir tester expérimentalement ces hypothèses, nous avons besoin de déterminer ce qui dans l'activité des internes relève de la performance comme résultat d'action et ce qui dans l'activité relève de l'efficacité de traitement. Pour ce faire, nous avons besoin de réaliser une analyse d'activité. Cette première étape nous permettra de tester expérimentalement nos hypothèses relatives aux effets du stress sur la performance.

Nous développons dans la Partie 4 les appuis théoriques que nous mobilisons afin d'analyser l'activité « vertébroplastie ». Puis, nous présentons le dispositif utilisé (Etude 1). Cette première phase dans notre recherche nous a permis de déterminer les aspects centraux dans l'activité en question, à savoir la lecture et l'interprétation de radiographies et le positionnement des outils dans le corps du patient. Cette phase nous a également permis de déterminer les aspects constitutifs de la performance.

Par la suite, nous présentons des études expérimentales que nous avons mené afin de défendre notre thèse. Dans ces études, nous avons induit expérimentalement du stress et mesuré leur effet sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographie (Partie 5, Etude 2) et sur une tâche de simulation opératoire (Partie 5, Etude 3).

Partie empirique

L'objectif de cette partie empirique est de présenter les études que nous avons réalisées afin de tester nos hypothèses de recherche.

Cette partie se structure en 3 parties :

Partie 4 : Une analyse d'activité en chirurgie orthopédique.

Partie 5 : Les effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes en chirurgie orthopédique.

Partie 6 : Conclusion et perspectives de la thèse.

Partie 4. Une analyse d'activité en chirurgie orthopédique

Dans nos travaux, nous défendons l'idée que les études menées sur la performance professionnelle doivent prendre en considération non seulement le résultat de l'action mais également les stratégies cognitives mobilisées par les opérateurs. Nous avons donc besoin de déterminer ce qui dans l'activité est constitutif de la performance comme résultat d'action et ce qui est constitutif de la performance comme processus. L'objectif de ce chapitre est donc de présenter l'analyse de l'activité que nous avons menée en chirurgie orthopédique sur l'activité « vertébroplastie ». Nous commençons cette partie par déterminer notre approche théorique, puis nous présentons le dispositif mis en place et les principaux résultats obtenus.

I. L'APPORT DE L'ERGONOMIE A L'ETUDE DES SITUATIONS DE TRAVAIL

Dans le cadre de ce travail doctoral, nous nous intéressons aux internes en chirurgie orthopédique comme étant des individus apprenant leur métier, donc exerçant une activité, dans une activité encore plus étendue. Ainsi, étudier les effets du stress sur la performance d'internes en chirurgie nous amène à nous intéresser aux notions qui constituent le travail humain. Nous présentons dans cette première section les notions fondamentales qui constituent le travail humain et qui vont nous permettre d'analyser l'activité des chirurgiens orthopédistes. Pour cela, nous commençons par définir les notions de travail et d'activité. Puis, nous nous appuyons sur la théorie de la conceptualisation dans l'action pour comprendre l'organisation de l'activité.

I. 1. LE TRAVAIL

Le travail comporte non seulement l'activité effectivement réalisée par le sujet, les conditions de sa réalisation, les résultats effectifs de l'activité ainsi que les différentes interactions en découlant. Dans cette perspective, il convient de faire la distinction entre ce qui appartient au domaine des prescriptions et ce qui appartient au domaine du réel. Comme le rappellent Guérin, Laville, Daniellou, Duraffourg et Kerguelen (2001) l'activité de travail doit être étudiée au regard des conditions de sa réalisation et des résultats obtenus ; les uns n'existant pas indépendamment des autres (voir Figure 9 ci-après).

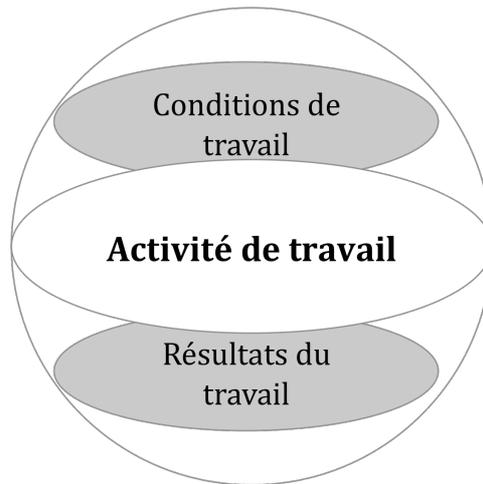


Figure 9. Représentation du Travail selon Guérin, Laville, Daniellou, Duraffourg et Kerguelen (2001), p.28

I. 1. 1. TACHE ET ACTIVITE DE TRAVAIL

Dès les travaux d'Ombredane et Favergé (1955), une distinction importante est apparue : la distinction entre tâche et activité. Nous allons voir que faire la distinction entre tâche et activité ne revient pas qu'à faire la distinction entre le « quoi » et le « comment » (Ombredane & Favergé, 1955) ; entre ce qui est à faire et ce qui est effectivement fait (Leplat & Hoc, 1983).

Puisque le travail tel qu'il est prescrit par celui qui en demande la réalisation n'est pas le travail tel qu'il est effectivement réalisé par l'opérateur, il existe un écart entre le travail prescrit et le travail réel (Rabardel, Carlin, Chesnais, Lang, Joliff, & Pascal, 1998).

Ce même écart se retrouve entre tâche prescrite et tâche effective. La notion de tâche fut définie dans les années soixante-dix comme étant « *un but donné dans des conditions déterminées* » (Léontiev, 1976). D'une façon simplifiée, la tâche serait donc « ce qui doit être fait ». En ce sens, elle relève de la prescription. La tâche prescrite étant la tâche conçue par celui ou celle qui en demande la réalisation - le prescripteur. C'est la tâche telle qu'elle est attendue, « *ce qui est à faire* » (Falzon, 2004, p. 24). Elle est susceptible de contenir tout ce qui est donné par l'organisation à

l'opérateur (matériel, environnement, collègues, etc). La tâche effective faisant quant à elle référence à ce qui est effectivement réalisé par le sujet, ce qui est mis en œuvre dans l'action. Cet écart entre les deux peut être révélé par l'observation de l'activité.

L'activité c'est « *ce qui est fait* » (Falzon, 2004, p. 24), « *ce qui est mis en œuvre par le sujet pour effectuer la tâche* » (Leplat, 1986, p. 10), « *ce que le travailleur fait réellement lorsqu'il est confronté à une situation concrète* » (Rabardel et al., 2002, p. 27). Toutefois, se limiter à cette approche de l'activité pourrait avoir pour conséquence d'oublier que l'activité est finalisée, qu'elle vise à un objectif et qu'elle a une signification dans l'action. Activité et tâche effective sont proches puisque l'activité a pour modèle la tâche effective (Leplat & Hoc, 1983). Elle englobe l'ensemble de succession des tâches effectives (celles qui sont données comme observation à l'ergonome ou au psychologue du travail) mais également les différentes représentations que l'opérateur se fait de sa tâche ; interprétation faite en fonction de ses compétences, de ses connaissances mais également des ressources et contraintes contextuelles (matériel, organisation, ...). En ce sens, l'activité comporte une part observable, constituée du comportement de l'opérateur, mais également une part inobservable, constituée de ses cognitions et représentations (Clot, 1996 ; Clot & Litim, 2008 ; de Montmollin, 2007 ; Leplat, 2001).

Nous utilisons la Figure 10 suivante proposée par Leplat (1997) afin d'illustrer les notions de tâches, d'activité, et leurs rapports.

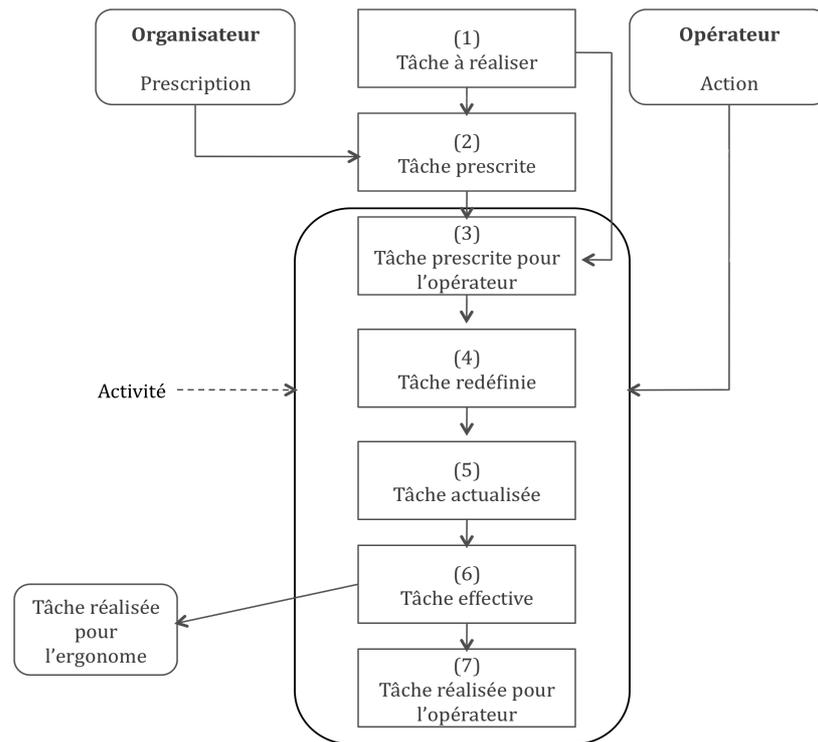


Figure 10. De la tâche à réaliser à l'activité décrite en termes de tâches. Lire a → b comme « b dépend de a ». Figure proposée par Leplat (1997, p. 17).

Cette représentation de Leplat (1997) nous rappelle bien que la tâche prescrite n'est pas la tâche effective, et illustre, selon nous, la finalité parfois oubliée de l'activité. Une tâche est d'abord prescrite par quelqu'un à un opérateur, qui se la réapproprie. Elle est adaptée et transformée par l'opérateur selon les antécédents, les compétences, les savoirs, les attentes, (etc.) de l'opérateur lui permettant ainsi de se la réapproprier.

I. 1. 1. a. La prescription de la tâche

Leplat et Hoc (1983) introduisent une distinction entre tâche prescrite explicite et tâche prescrite implicite. La tâche prescrite explicite correspond à la tâche dans laquelle on donne à l'opérateur non seulement le résultat à atteindre mais également la procédure et les étapes à suivre pour atteindre le résultat fixé. La tâche prescrite implicite est celle qui est donnée à l'opérateur par l'objectif qu'il doit atteindre. Elle n'explique pas le processus qu'il doit suivre, aucune indication n'est fournie sur les

étapes à enchaîner pour atteindre l'objectif. Toujours selon Leplat et Hoc (1983), toute tâche prescrite explicite comporte toujours une forme d'implicite, qui est le plus souvent liée aux contraintes matérielles. Le degré d'implicite ou d'explicite contenu dans une tâche a un effet non négligeable sur les opérateurs. Une tâche prescrite implicite (ou insuffisamment explicite) peut conduire l'opérateur à commettre des erreurs s'il est amené à choisir lui-même sa procédure ou une partie de sa procédure. En revanche, une tâche prescrite trop explicite peut le placer en simple position d'opérateur si, dans le cas où la situation réelle correspond à la situation théorique et qu'il n'a plus qu'à suivre des procédures. Cela aurait pour effet de diminuer le risque d'erreur.

Un parallèle est ici possible avec les études réalisées dans le domaine de la résolution de problème. Dans ce domaine, « l'espace de recherche » tel que décrit par Richard (1990) représente les différents états du problème et contient l'interprétation faite par l'expert, il peut donc être rapproché de la « tâche prescrite » (Leplat, 2004). « L'espace problème » (Newell & Simon, 1972) comporte l'interprétation faite par l'individu qui doit résoudre le problème, en ce sens elle est à rapprocher de la « tâche effective » (Leplat, 2004).

Dans le cas de l'activité vertébroplastie, la tâche prescrite correspond à la prescription de réalisation d'une vertébroplastie faite par la communauté d'experts. Autrement dit, il s'agit de la manière officielle de réaliser une vertébroplastie. La tâche prescrite explicite correspond à la tâche telle qu'elle est pensée par l'organisation. L'action chirurgicale « vertébroplastie » est très formalisée : il faut endormir le patient, repérer le niveau de la vertèbre fracturée, placer des trocars²³ dans la vertèbre, injecter du ciment pour la consolider et enfin réveiller le patient. Elle peut également contenir des aspects relatifs aux rôles des différents membres de l'équipe opératoire. En revanche, l'implicite de la tâche est plutôt lié aux circonstances particulières de la situation tel que l'état général du patient ou encore l'ambiance au sein de l'équipe chirurgicale. Quant à la tâche effective, elle relève de ce que fait effectivement le chirurgien lorsqu'il opère le patient. A ce stade, seulement on a réellement à faire avec ce que fait l'opérateur, avec son activité.

²³ Instrument chirurgical. Tige cylindrique longue et pointue surmontée d'un manche qui permet de faire des ponctions

I. 1. 1. b. Les deux facettes de l'activité

L'activité peut se concevoir sous deux angles différents et cette dualité dans l'approche nous intéresse d'autant plus qu'elle illustre, pour nous, l'activité en situation d'apprentissage. L'activité peut être constructive ou productive (Samurçay & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 2005). Ces deux formes d'activité semblent difficilement dissociables dans l'activité et nécessitent que l'on s'appuie sur les notions de *faire* et *d'agir* au sens de Rabardel (2005a, 2005b). Le *faire* est porteur d'une intentionnalité de la part de l'individu qui introduit une modification dans le monde. L'*agir* englobe le *faire* mais comporte aussi les rapports à soi, aux autres ou au monde (Rabardel, 2005a ; 2005b). Le *faire* et l'*agir* peuvent s'exprimer tous deux soit dans la capacité de l'individu, soit dans le pouvoir, qui est déterminé conjointement par l'interaction situation-individu. Pour Rabardel, le développement de ce *faire* et de cet *agir* est lié à la forme constructive et productive de l'activité.

Ainsi, l'activité constructive est à comprendre comme étant la forme d'activité qui transforme l'individu transformant lui-même le réel. Elle permet à l'individu de construire des capacités de faire et d'agir qu'il peut mettre en œuvre dans l'action. L'activité constructive a pour objectif le développement de l'individu. Elle s'inscrit dans une temporalité à moyen et long terme, dans le futur. Nous pouvons faire le parallèle avec les activités méta-fonctionnelles de Falzon (1994 ; 1996). Ainsi, l'activité constructive peut trouver ses origines dans les activités méta-fonctionnelles permettant à l'individu d'élaborer des connaissances qu'il pourra utiliser ultérieurement dans l'action. Ce parallèle est possible puisque « *les activités méta-fonctionnelles sont des activités non directement orientées vers la production immédiate, qui aboutissent à la construction de connaissances ou d'outils (matériels ou cognitifs) destinés à une utilisation ultérieure éventuelle et visant à faciliter l'exécution de la tâche ou à améliorer la performance* » (Falzon, 1996, p. 238).

L'activité productive a pour objectif la production de tâche, la transformation du réel et la réalisation d'un objectif. Elle se situe dans l'agir et s'exprime dans une situation particulière. Sa temporalité est donc bien plus courte que l'activité

constructive. Cette forme d'activité productive peut se rapprocher des activités fonctionnelles décrites par Falzon (1994) qui permettent le passage à l'action.

En décrivant ces deux versants de l'activité, Rabardel sous-tend l'idée que les deux formes d'activité sont tellement liées que l'une (l'activité productive) trouve ses origines dans l'autre (l'activité constructive). « *L'activité constructive s'enracine dans l'activité productive et en même temps s'en détache. Elle représente une sorte de perpétuelle adolescence de la puissance d'agir* » (Rabardel, 2005a, p. 6).

En se questionnant ainsi sur cette notion d'activité, nous nous situons dans une tradition française ergonomique. Ainsi, dans cette perspective faire l'analyse du travail consiste à analyser la tâche et les conditions techniques, sociales et organisationnelles dans lesquelles elle s'insère (Leplat, 2001). Pour d'autres encore qui s'interrogent sur cette approche, il convient d'aller plus loin (Clot, 1999). Pour ceux-là, l'activité réelle n'est pas « le réel de l'activité » (Clot, 2001). Dans cette approche alors l'activité comporte également « *ce qu'on cherche à faire sans succès et qui nous échappe, ce qu'on s'interdit de faire, ce qu'on fait sans vouloir le faire, ce qu'on fait pour ne pas faire ce qu'on nous demande de faire, autrement dit les activités suspendues, empêchées ou, au contraire déplacées* » (Clot, 1999, p.119).

Il convient dans cette perspective d'étudier non seulement le travail réel mais également les activités suspendues, contrariées ou empêchées et les contres activités (Clot, 1997). Nous devons pour cela coupler des méthodes directes d'observation à des méthodes indirectes.

Il est difficile de s'interroger sur l'activité sans se référer à la notion de schème.

I. 1. 2. LE SCHEME, L'ORGANISATION DE L'ACTIVITE

Théorisé dans un premier temps par Piaget (1967), le schème est défini comme « ... *ce qui, dans une action, est aussi transposable, généralisable, ou différentiable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions, ou applications de la même action* » (Piaget, 1967, p. 16). Nous comprenons de cette définition le schème comme étant un élément abstrait, une forme de connaissance qui organise l'action à partir du réel de la situation. A la suite des travaux de Piaget, Vergnaud développe la théorie des champs conceptuels afin de fournir un cadre aux « *activités cognitives complexes* ». C'est une théorie qui porte sur l'organisation de l'activité humaine. Cette théorie de Vergnaud (1990) a pour objectif de montrer que l'activité humaine est « *organisée, efficace, reproductible et analysable* » (Pastré, 2006). Elle s'appuie essentiellement sur les notions de schème et de situation.

Pour certains auteurs, le schème est « *le concept incontournable pour comprendre l'action humaine et son organisation* » (Pastré, 2011, p. 163) et il touche à « *tous les registres de l'activité : les gestes, les jugements et les raisonnements intellectuels, le langage, les interactions avec autrui et les affects* » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 43). Il permet de rendre compte de l'organisation de l'action humaine et il est à la source de l'action puisque « *le schème est une forme d'organisation de l'activité, dont la fonction première est d'engendrer l'activité* » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 43)

Le schème est défini par Vergnaud comme « *une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données* » (Vergnaud, 1990, p. 136).

Cette définition comporte l'idée que c'est bien l'organisation de la conduite humaine qui est invariante et que le schème illustre cette invariance de la conduite. Ainsi un schème n'est pas un stéréotype. Cette invariance de la conduite se retrouve pour une classe de situations données

Le schème est la partie généralisable dans l'action, il permet l'adaptation de l'opérateur à de nouvelles tâches. La notion de schème va, dans notre réflexion, nous permettre de comprendre l'organisation de l'activité des chirurgiens orthopédistes. Il

nous semble d'autant plus important de s'appuyer sur cette notion de schème que, comme Vergnaud l'indiquait en 2001, la plupart du temps il n'existe pas une seule bonne façon de régler les problèmes d'une certaine classe de situation mais plusieurs bonnes façons de le faire.

Dans une approche plus descriptive, Vergnaud (1990) indique qu'un schème est constitué de quatre éléments :

- **Les buts, sous buts et anticipations** qui correspondent à l'état final ou aux états intermédiaires à atteindre par l'individu.

- **Les règles d'action, de prise d'information et de contrôle sur l'activité.** Les règles permettent d'engendrer les actions à mettre en place, elles correspondent à la « *partie générative du schème* » (Vergnaud, 1998). Les règles d'action sont de type « si... alors... » et permettent la mise en place des actions ultérieures pour l'individu. Dans la situation, le contrôle est à comprendre comme les éléments que prend l'individu qui veut atteindre un but afin de vérifier le déroulement de son action. Plus précisément, « *les opérations de contrôle sont celles qui assurent l'observation du déroulement de l'action (des opérations d'orientation et des opérations d'exécution) et la comparaison du produit de l'action avec le but visé. Le contrôle peut porter sur chaque opération et son résultat, sur une partie des opérations ou bien seulement sur le produit final ; les conditions de l'orientation et de l'exécution qu'il permet en seront bien sûr affectées* » (Savoyant, 1979, cité dans Leplat, 2000, p. 120).

- **Les invariants opératoires** qui sont la part conceptuelle du schème. Ils représentent ce que l'individu tient pour pertinent (« concept en acte ») ou tient pour vrai (« théorème en acte ») dans l'action. Ces invariants sont dits « en acte » pour insister sur le fait qu'ils peuvent être tellement incorporés à l'action que difficilement verbalisables.

- **Les inférences en situation** qui permettent l'adaptation aux nouvelles situations à résoudre.

Pour Vergnaud, le schème est l'élément situé dans l'action, sans situation il n'y a pas de schème. En cela, ses travaux s'opposent à ceux de Piaget sur le développement cognitif puisque ce dernier cherchait les invariants dans l'activité.

Pour Piaget, les invariants opératoires peuvent être très génériques alors que pour Vergnaud, ils sont plus spécifiques et peuvent être liés à une profession. Dans cette lignée, une place importante est donnée à la situation. En ce sens, la conceptualisation est située. Dans ce contexte, on comprend pourquoi c'est bien la dyade schème / situation qui doit être prise en compte dans les analyses.

Le schème doit donc être compris comme une forme de connaissance sur l'action sans pour autant n'être qu'une accumulation de connaissances puisque les connaissances ne sont pas suffisantes à l'adaptation aux situations nouvelles. Afin de rendre l'action efficace, il va donc exister un processus de sélection dans les connaissances, processus qui s'appuie notamment sur les inférences de la situation.

Avec cette approche des schèmes nous abordons à nouveau sans vraiment la nommer la notion de compétence puisque dans cette approche, décrire la compétence professionnelle revient à décrire le schème associé. On comprend ainsi pourquoi Vergnaud (2001, 2006) a essayé de spécifier les critères permettant l'évaluation de la compétence. Il a proposé ainsi de définir la compétence par le biais d'une approche comparative. Une personne est plus compétente qu'une autre (ou qu'elle-même à un moment passé) si :

1) elle sait faire quelque chose de plus, 2) elle s'y prend mieux (rentabilité, technique..), 3) elle s'adapte à la situation à résoudre en choisissant la procédure à utiliser parmi plusieurs procédures possibles, 4) elle sait résoudre des situations nouvelles.

Cette approche de Vergnaud met bien en avant la capacité de l'opérateur à choisir son mode d'action parmi plusieurs possibles et à résoudre des situations nouvelles. Elle permet également de faire la distinction avec les habiletés qui seraient davantage à percevoir comme une routine de fonctionnement (donc permettant une économie cognitive), intériorisée et mise en place en parallèle à l'exécution d'autres tâches (Leplat & Pailhous, 1976 ; 1981). Dans la continuité avec cette notion d'habileté, Leplat (1991) observe que la compétence est très liée à d'autres notions entre autre celles d'habileté²⁴ mais également les notions d'expertise²⁵ ou de

²⁴ Traduit de l'anglais *skill*. Terme polysémique pouvant aussi bien faire référence à des capacités, qu'à une qualification ou à une routine - dans le sens d'automatisme. (de Montmollin, 2007)

capacité²⁶. Puis, il conclut que ces différents termes sont équivalents. Il utilise alors le terme de compétence « *tout en notant bien qu'il existe divers degrés de compétence* » (p. 265).

Dans la continuité des travaux que nous venons de présenter, Coulet propose récemment de définir la compétence comme étant « *une organisation dynamique de l'activité, mobilisée et régulée par un sujet pour faire face à une tâche donnée, dans une situation déterminée* » (Coulet, 2011, p. 17). Cette définition ne diffère pas forcément de ce que nous avons pu présenter précédemment mais articule les invariants des définitions précédentes et les différentes approches théoriques présentées, notamment celles de Vergnaud. L'objectif de Coulet étant par le biais de cette définition de « *permettre sa description et son évaluation dans une forme qui en respecte la double dynamique* » (Coulet, 2011, p. 18) ; c'est à dire avec l'idée que la compétence est le résultat d'un potentiel permanent chez l'individu et d'une adaptation à la situation.

Puisque notre recherche nous amène à nous intéresser à des internes en chirurgie qui conceptualisent dans l'action, nous nous sommes intéressés aux notions constitutives du travail humain. Nous devons donc dans notre approche comprendre l'activité mise en œuvre par les opérateurs afin de déterminer ce qui dans leur action constitue la performance output et les mécanismes de prises de décision qui participent à la performance : l'efficacité de traitement. Cela nous permettra de coupler à cette analyse une approche psycho-sociale dont l'intérêt est de comprendre les effets du contexte stressant sur l'activité.

²⁵ « *Sorte de connaissance opérative* » qui se caractérise par sa capacité à gérer les nouvelles situations (Johnson et al., 1987 ; cité par Leplat, 1991)

²⁶ Parallèle avec les capacités d'exécution (Pieron, 1962 ; cité par Leplat, 1991)

II. ETUDE 1 : UNE ANALYSE D'ACTIVITE EN CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE : LE CAS DE LA VERTEBROPLASTIE

Notre recherche a été menée sur une activité chirurgicale spécifique, à savoir la vertébroplastie. Cette activité a été choisie car c'est une chirurgie complexe, potentiellement dangereuse du fait de l'environnement nerveux de la vertèbre et c'est une chirurgie percutanée. De plus, et comme nous l'avons déjà indiqué c'est une opération que les internes n'ont pas l'occasion de réaliser seuls pendant leur internat de spécialité.

Dans ce type de chirurgie, et contrairement aux chirurgies « classiques » à foyer ouvert, le geste chirurgical est réalisé par le biais de petites incisions au travers de la peau. Ce type d'opération est réalisé sous amplificateur de brillance d'images fluoroscopique (i.e., appareil de radioscopie) car elle nécessite un contrôle fréquent - presque en temps réel - de la progression de l'outil ou du matériel mis en place dans le corps du patient. L'interne en formation observe le chirurgien réaliser son geste sur le patient et contrôler son geste sur amplificateur fluoroscopique. La Figure suivante illustre justement une chirurgie percutanée.



Figure 11. Vue d'une chirurgie percutanée au bloc opératoire. Image extraite de Vadcard, Tonetti et Dubois (2011).

La chirurgie percutanée nécessite une connaissance anatomique très poussée de la part des opérateurs ainsi qu'une bonne capacité de représentation mentale pour

mettre en relation 2D-3D. Les chirurgiens et internes doivent être capables de représentation mentale pour mettre en correspondance les deux dimensions du cliché de la radiographie avec les trois dimensions du corps humain pour comprendre et analyser l'incidence de leur geste sur la progression de leur instrument.

Dans le cas des chirurgies percutanées, comme dans le cas des chirurgies à foyer ouvert, la compréhension par l'interne de l'activité en cours est dépendante de deux éléments. Tout d'abord, l'interne doit pouvoir interpréter les décisions de l'expert quand aucune explication ne lui est fournie ou être capable de demander des explications à l'expert quand il en manque. Ensuite, la compréhension de l'interne est également dépendante de la capacité d'explicitation de l'expert. Or, la littérature a déjà mis en évidence les difficultés liées à la verbalisation en cours d'action (Bisseret, Sébillotte & Falzon, 1999).

La vertébroplastie est une opération percutanée qui consiste à injecter du ciment dans une vertèbre lésée ou fracturée par le biais de deux aiguilles canulées (également appelées trocars). La vertébroplastie est « *une intervention chirurgicale minimalement invasive ou [d'] une procédure interventionnelle, réalisée par voie percutanée, qui consiste à injecter du ciment radio opaque dans une fracture ostéoporotique douloureuse ou dans une fracture par compression néoplasique²⁷ ou dans un corps vertébral douloureux affaibli par une autre étiologie²⁸ » (American College of Radiology, 2009, p. 2) La Figure ci-dessous représente un trocart (aussi appelé canule) inséré dans une vertèbre.*

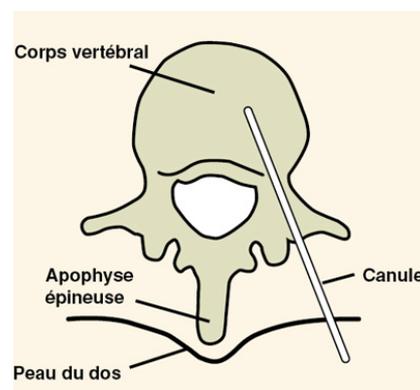


Figure 12. Introduction de la canule dans le corps vertébral d'une vertèbre²⁹.

²⁷ Peut désigner une tumeur ou un cancer

²⁸ Traduit de l'original par nos soins

²⁹ Image tirée du site internet « journal international de médecine » : <http://www.jim.fr/>

Cette pratique a été imaginée en France dès les années quatre vingt par le Dr. Galibert ; puis, elle a été mise au point par le Pr. Deramond (Galibert, Deramond, Rosat & Le Gars, 1987). Elle permet notamment la consolidation de la vertèbre et un effet antalgique.

Nous allons présenter plus spécifiquement l'analyse de l'activité que nous avons menée. Ce faisant, nous utiliserons certains termes anatomiques précis. Si le lecteur a besoin de spécifications sur l'anatomie de la colonne et des vertèbres, il peut se référer à l'Encart 2 ci-après.

Encart 2 – Rappel anatomique

Etant donné que nous allons employer un vocabulaire médical spécifique, nous allons présenter l'anatomie des vertèbres lombaires et thoraciques afin que le lecteur comprenne à quelle zone anatomique nous nous référons.

Le rachis humain :

Le rachis humain est constitué d'une partie mobile et d'une partie fixe. La partie mobile est constituée de 7 vertèbres cervicales, de 12 vertèbres thoraciques et de 5 vertèbres lombaires. La partie fixe est constituée du sacrum (fusion de 5 vertèbres) et du coccyx (de 3 à 5 vertèbres atrophiées). La Figure ci-dessous représente un rachis humain :

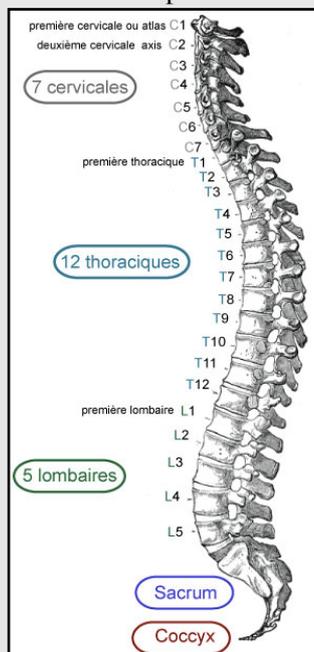


Figure 13. Rachis humain.

La vertébroplastie étant réalisée sur la partie mobile du rachis et notamment sur les vertèbres thoraciques et lombaires, nous allons présenter l'anatomie des différents types de vertèbres.

Les vertèbres lombaires :

Les vertèbres lombaires sont les cinq vertèbres basses de la colonne vertébrale. On les nomme L1, L2, L3, L4 et L5.

La vertèbre L5 est la plus basse d'entre elles, elle est en contact avec le sacrum. La L1 est en contact avec la dernière vertèbre thoracique.

Colonne vertébrale : 3- La vertèbre lombaire

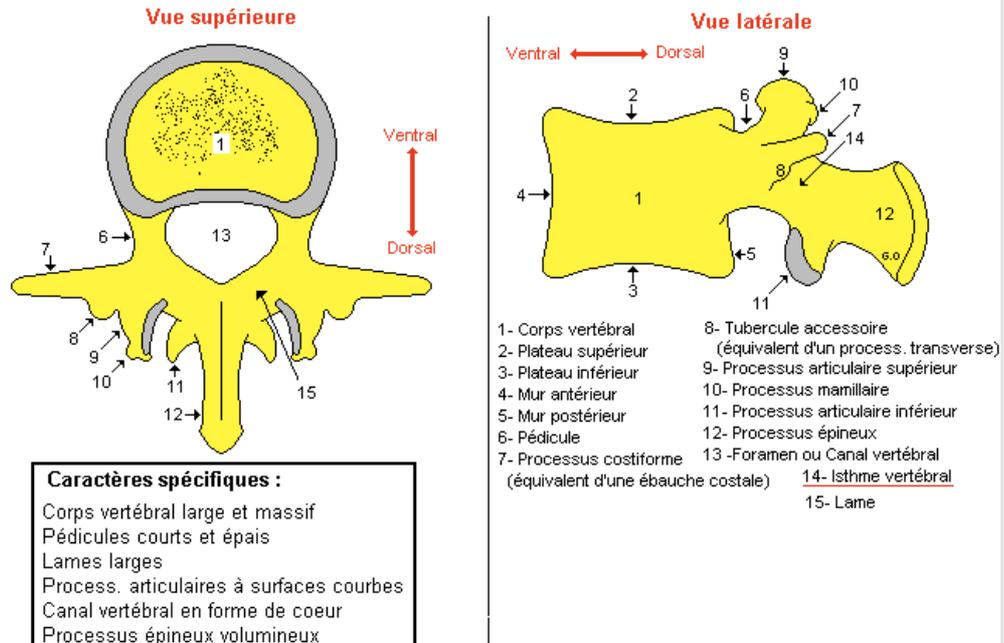
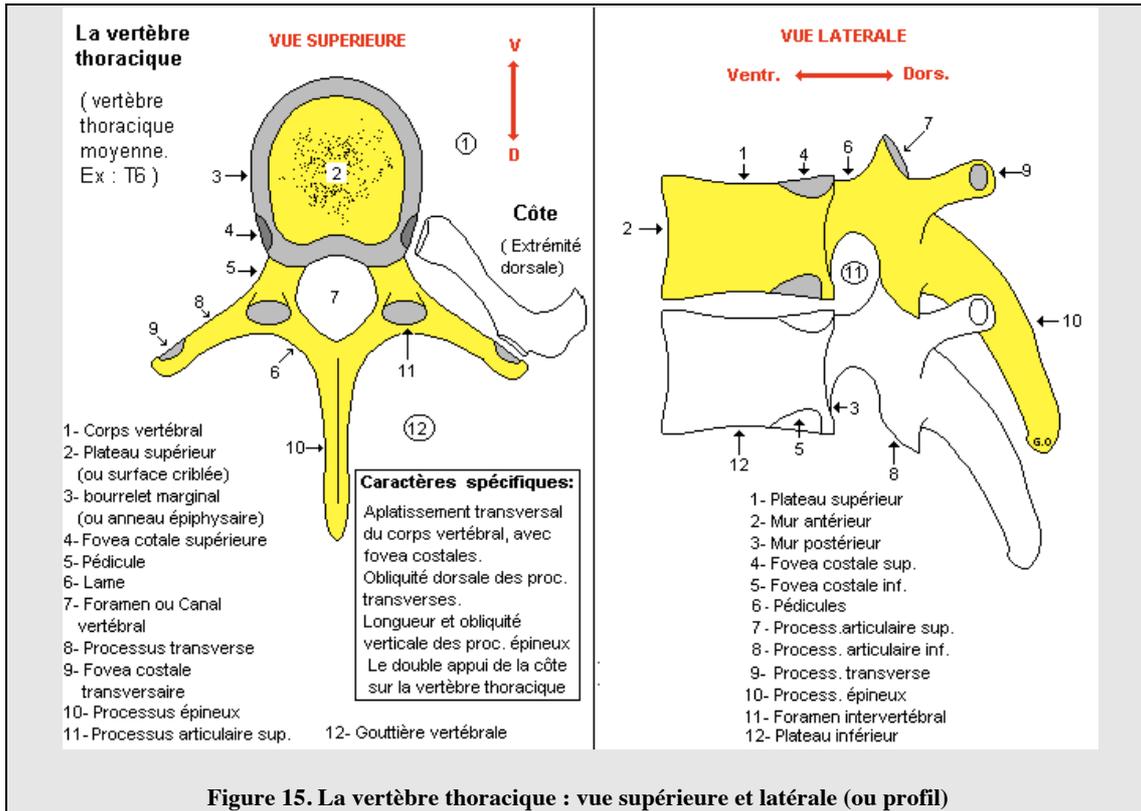


Figure 14. La vertèbre lombaire : vue supérieure et latérale (ou profil)

Les vertèbres thoraciques :

Les vertèbres thoraciques sont les douze vertèbres situées au dessus des vertèbres lombaires et en dessous des vertèbres cervicales. On les nomme T1, T2.. à T12.

La vertèbre T12 est la plus basse d'entre elles, elle est en contact avec la première vertèbre lombaire. La vertèbre T1 est en contact avec la dernière vertèbre cervicale.



Afin que le lecteur se familiarise avec la procédure générale, nous présentons ci-après le déroulé prototypique d'une vertébroplastie.

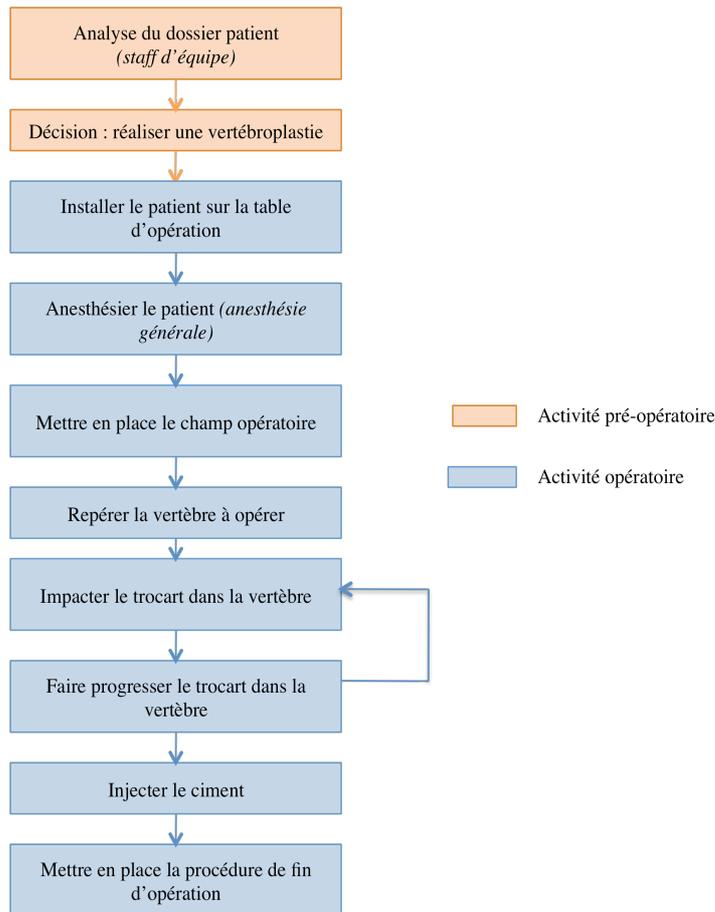


Figure 16. Déroulé prototypique de l'activité vertébroplastie

L'activité vertébroplastie est une activité dans laquelle un certain nombre d'étapes s'enchainent. En préalable à toute opération, les dossiers des patients sont présentés en réunion d'équipe (*staff*) chaque matin. A partir du récit de l'accident qui a conduit le patient à l'hôpital et des premières radiographies réalisées de la colonne vertébrale, le staff constitué de chirurgiens experts et d'internes décident de réaliser une vertébroplastie.

Au bloc opératoire, le patient est installé sur la table opératoire et endormi par l'anesthésiste (sous anesthésie générale). Le chirurgien participe à l'installation du patient sur la table opératoire. Lors d'une vertébroplastie, le patient est installé sur le ventre, on dit qu'il est « en décubitus ventral ». Le champ opératoire est installé, le dos du patient désinfecté (action réalisée par l'infirmière de bloc ou dans certains cas au CHU par l'interne). Une fois le champ opératoire installé, le geste chirurgical commence. Le chirurgien débute son geste en repérant le niveau de la vertèbre (ou des vertèbres) à opérer, pour cela il utilise l'appareil fluoroscopique et réalise un

marquage au feutre sur le dos du patient. Puis, il impacte le trocart dans la vertèbre en lui donnant l'inclinaison adéquate. Ensuite, il fait progresser le trocart dans la vertèbre jusqu'à la position qu'il juge appropriée. Puisque dans une vertébroplastie, deux trocarts sont installés, le chirurgien recommence la même action de l'autre côté (d'où la flèche indiquant un retour sur la Figure précédente). Ensuite, il injecte le ciment et procède à la fin de l'opération en prenant notamment des radiographies de la vertèbre consolidée. L'infirmier de bloc (ou l'interne) enlève ensuite le champ opératoire, désinfecte le dos du patient et met un pansement à l'endroit où les trocarts ont été insérés. Tout le geste chirurgical est réalisé sous contrôles radiographiques ; l'opérateur contrôle son activité en temps réel en prenant des radiographies d'incidence de « face » ou de « profil ».

Une incidence de « face » correspond à une radiographie prise au dessus du dos du patient. Une incidence de « profil » correspond à une radiographie prise par le côté du patient.

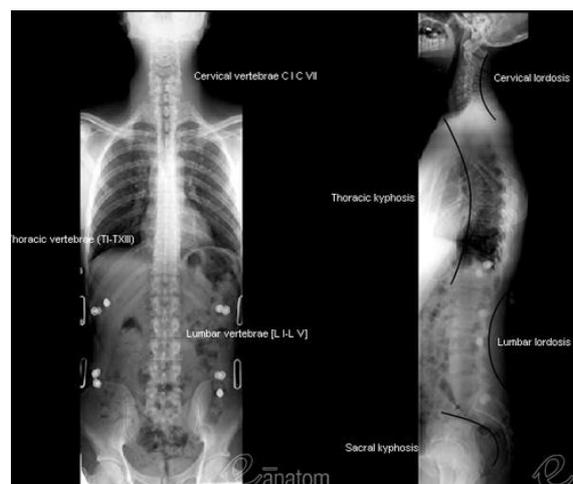


Figure 17. Incidence radiographique de face (à gauche) et de profil (à droite)

Dans la vertébroplastie, le but de l'opérateur est d'injecter du ciment afin de consolider la vertèbre lésée et d'obtenir un effet antalgique. Dans l'activité prototypique que nous venons de décrire, seules les phases suivantes sont réalisées par le chirurgien :

- « repérer la vertèbre à opérer »,
- « impacter le trocart dans la vertèbre »,
- « faire progresser le trocart »

- « injecter le ciment »

Les autres phases de l'activité sont réalisées par le collectif opératoire et non uniquement par le chirurgien. Puisque nous nous intéressons à l'activité des chirurgiens, nous avons focalisé notre attention sur ces grandes étapes opératoires.

III. LE DISPOSITIF DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE

L'observation, si elle permet d'accéder à la connaissance de l'activité réelle ne permet pas d'accéder aux processus qui la sous-tendent (Guérin, Daniellou et al., 1991). Et puisque l'activité est emprunte de la subjectivité de l'opérateur, il est nécessaire d'interroger ce dernier sur son activité pour la comprendre. Ainsi, nous avons utilisé plusieurs méthodes alliant observation et verbalisation afin de réaliser une analyse fine de l'activité permettant l'identification des connaissances que l'utilisation d'une seule méthode n'aurait pas permis. Nous présenterons les méthodes employées de façon linéaire afin de faciliter la compréhension. Cependant, sur le terrain, les méthodes ont été employées de façon croisée.

La Figure ci-après illustre la méthodologie que nous avons employée lors de cette analyse d'activité.

Méthodologie de l'analyse de l'activité :

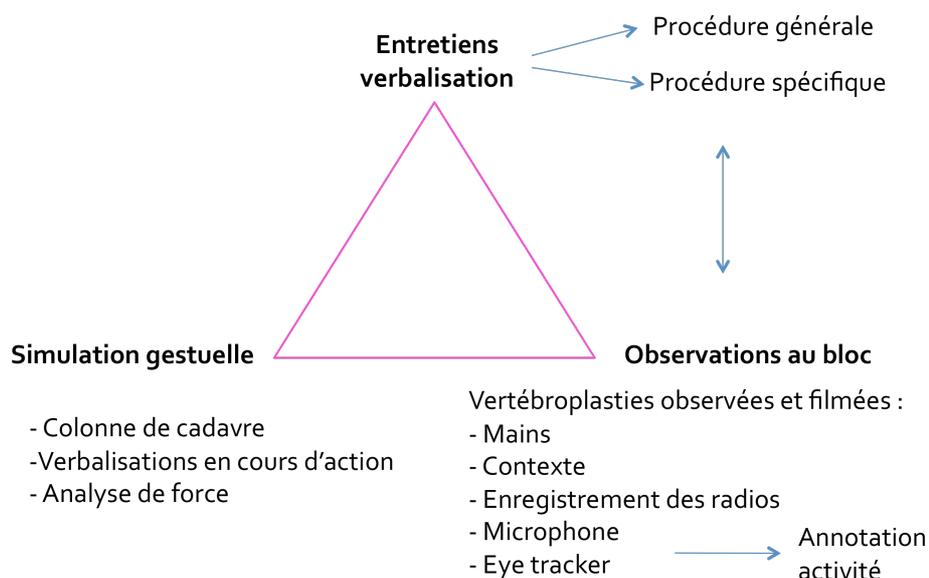


Figure 18. Méthodologie employée lors de l'analyse de l'activité "vertébroplastie"

En préalable à la mise en place du dispositif d'analyse de l'activité, l'expérimentateur (novice dans le milieu médical) a assisté à trois vertébroplasties afin de se familiariser avec le contexte, la procédure opératoire et le fonctionnement d'un bloc opératoire.

III. 1. L'UTILISATION D'ENTRETIENS DE VERBALISATION.

Les entretiens peuvent être réalisés sur l'activité de façon générale ou sur une activité qui vient d'être réalisée. Dans notre cas, deux types d'entretiens de verbalisation ont été réalisés : des entretiens a priori et des entretiens en auto confrontation.

II. 1. 1. LES ENTRETIENS A *PRIORI*.

Deux entretiens ont été réalisés auprès de deux chirurgiens experts en vertébroplastie.

Le choix des experts interrogés pour ces premiers entretiens est un aspect important dans la compréhension de l'activité. L'objectif de ces entretiens étant de se familiariser avec la procédure opératoire ainsi qu'avec la procédure générale, il s'est avéré nécessaire d'interroger des experts dont les compétences d'enseignement et d'explicitation sont reconnues par les pairs et les internes.

Méthode. Les entretiens ont été réalisés dans le cadre de rendez-vous qui se sont déroulés dans les bureaux des chirurgiens, après le staff du matin. Les entretiens ont été enregistrés avec enregistreur audio afin de permettre une retranscription *a posteriori*. Les deux chirurgiens que nous avons ainsi interrogés sont représentatifs de l'ensemble des techniques de vertébroplastie utilisables. Choisir deux experts qui utilisent deux techniques différentes nous a permis d'extraire les modalités communes aux deux procédures mais également d'insister sur les différences de modalités. Ces entretiens ont porté sur des aspects très généraux de la procédure opératoire.

L'objectif était notamment de comprendre les indications et contre-indications de ce type d'opération ainsi que les buts et sous buts de la procédure opératoire.

Chirurgien n°1 :

Le premier chirurgien interrogé est le professeur partenaire du projet (ancienneté : 17 ans). Ce chirurgien, habitué des situations de compagnonnage au bloc opératoire, a des capacités de verbalisation et d'explicitation permettant dans un premier temps de ne pas devoir faire trop de relances. Pour ce premier entretien, l'expérimentateur s'est mis dans une position d'écoute faisant des relances sur les thématiques à comprendre lorsque celles-ci n'étaient pas abordées spontanément ou qu'elles n'étaient pas suffisamment détaillées.

Afin d'illustrer ses propos, l'expert utilisait des manuels d'anatomie et une représentation plastique d'une colonne vertébrale afin de bien se faire comprendre et de montrer directement l'anatomie des vertèbres à l'expérimentateur novice dans ce domaine. Son objectif pédagogique était évident.

Le premier entretien a été retranscrit par écrit. Sa durée approximative est de 9 minutes. L'extrait ci-après est tiré de cet entretien et illustre l'objectif pédagogique de cet expert. (Une retranscription complète de l'entretien est fournie en annexe de ce document p. 329).

Extrait de la retranscription de l'entretien réalisé avec l'expert 1

Obs : Cervicale, thoracique et lombaire ?

Chir : Oui. Alors déjà moi je ne fais pas d'injection en cervicale

Obs : D'accord ?

Chir : Parce que je considère que c'est trop dangereux et on a d'autres moyens en cervicale qui est l'abord antérieur cervical qui est facile à faire s'il faut. Donc moi, je n'injecte pas en cervicale. En thoracique, c'est aussi dangereux parce que la moelle épinière est dans un canal qui est petit et s'il y a une fuite de ciment, immédiatement y'a une modification des fonctions de la moelle épinière, il peut y avoir une compression.

Obs : D'accord

Chir : Alors qu'au niveau lombaire, s'il y a une fuite c'est moins dangereux parce que là on a plus que des racines, schématiquement, hein ? jusqu'à partir de L2 environ y'a plus que des racines et la compression est beaucoup moins grave

Obs : D'accord

Chir : Ensuite, la morphologie de la vertèbre est différente. En thoracique, on a des pédicules qui sont petits donc on a affaire à une visée qui est souvent extra pédiculaire, qui est inter costo-transversaire c'est-à-dire qu'on passe entre la côte et la transverse et le pédicule alors qu'en lombaire, le pédicule est beaucoup plus gros et là on passe en trans pédiculaire c'est-à-dire qu'on va tout droit au travers de l'os

Cet extrait illustre l'entretien tel qu'il a été mené. Les relances de l'expérimentateur sont minimales, quasi inexistantes, le chirurgien était dans une posture explicative.

Ce premier entretien a permis de poser le cadre général de la vertébroplastie en spécifiant l'ensemble des possibles d'interventions, notamment ce qui relève des indications et contre indications. Nous apprenons que ce chirurgien ne réalise des vertébroplasties que sur des vertèbres lombaire ou thoracique ; d'autres techniques étant privilégiées pour les vertèbres cervicales. Concernant les indications thérapeutiques, le chirurgien nous indique qu'une vertébroplastie n'est réalisée que lorsque le patient souffre :

- de métastases vertébrales lytiques (type de métastase qui détruit l'os vertébral)
- d'hémangiomes vertébral symptomatiques (tumeur bénigne située au niveau des vertèbres) ou
- de fractures ostéoporiques algiques (fracture qui reste douloureuse après 6 semaines d'évolution)

Le CHU de Grenoble met au point une quatrième indication qui est la fracture ostéoporotique récente (fracture qui est arrivée depuis moins de 10 jours).

Grâce à ce premier entretien, nous avons également appris la distinction existante entre deux techniques en vertébroplastie. Ces techniques se distinguent sur la trajectoire donnée au trocart dans la vertèbre. Le premier trajet possible est « intra trans-pédiculaire », c'est à dire que le chirurgien fait passer l'outil directement au travers de l'os. Le second trajet possible est « extra pédiculaire intercostal transversaire », ce qui signifie que le chirurgien fait passer le trocart entre la côte et la transverse et le pédicule car la côte et le ligament intercostotransversaire élargissent la zone possible de passage du trocart au niveau pédiculaire. Ces deux techniques ressortent comme les deux seules possibles pour la réalisation d'une vertébroplastie. Cet expert nous indique que le choix de la technique dépend pour lui de la vertèbre à

opérer. Ainsi, dans le cas d'une opération portant sur des vertèbres lombaires, il choisit la technique « intra trans-pédiculaire » alors que sur une vertèbre thoracique il choisit la technique « inter costo-transversaire » sur les vertèbres thoraciques. Cette façon de choisir l'une ou l'autre des techniques n'est toutefois pas universelle puisque certains experts vont préférer utiliser toujours la même technique, à savoir la technique « intra trans-pédiculaire », comme c'est le cas pour le deuxième expert que nous avons interrogé.

Chirurgien n°2 :

Le second chirurgien que nous avons interrogé est reconnu par ses pairs comme n'utilisant qu'une seule technique quelque soit la vertèbre à opérer. Notre choix s'est donc porté sur ce second chirurgien afin de mener notre entretien (ancienneté = 10 ans). Comme préalablement, l'objectif pédagogique de ce chirurgien est évident. Il utilise une représentation plastique de colonne vertébrale et réalise des dessins afin d'illustrer ses propos. Toutefois, le niveau d'explicitation de cet expert différait de celui du premier expert. Bien que confirmant les informations relatives aux indications générales de la vertébroplastie ce chirurgien a davantage mis l'accent sur la progression détaillée de l'outil et l'importance des contrôles radiographiques dans la procédure opératoire.

Le second entretien a ensuite été retranscrit par écrit. Sa durée approximative est de 13 minutes. Ce chirurgien avait également un objectif pédagogique important mais son niveau d'explicitation était différent de celui du premier expert. La retranscription ci-après est extraite de cet entretien et illustre la capacité d'explicitation de l'expert. (Une retranscription complète de l'entretien est fournie en annexe de ce document p. 334).

Extrait de la retranscription de l'entretien réalisé avec l'expert 2

Obs : Et votre trocart vous le poussez jusqu'à quel niveau à peu près du corps vertébral ?

Chir : En faite on ne va pas le pousser jusque là le trocart (*montre le mur postérieur*).

En faite de face déjà, là on est toujours de face. On rentre ici. Plus on pousse et plus notre trocart va se positionner là, ensuite là, ensuite là puisqu'on va être convergent, je rentre comme ça, tac, tac, tac, tac, tac et à un certain moment, vous voyez un peu ? Là, on est de face, donc on fait un coup d'ampli et on est là. On enfonce. Un coup d'ampli je suis là, je suis

plus médiale, un coup d'ampli je suis là, ok ? je suis au milieu. Pareil pour l'autre. Dès que je suis là je m'arrête. Dès que mon trocart se positionne sur la paroi médiale de mon pédicule je m'arrête, d'accord ?

Ca veut dire quoi ? Parce que là c'est les parois du pédicule et dès que je suis dans mon pédicule je suis en sécurité. D'accord ? Si je suis dehors, je ne suis pas bien. D'accord ? Tant que je suis dans le pédicule je suis bien donc je rentre à l'extérieur du pédicule et là je suis toujours dans le pédicule ... Dès que j'arrive au mur médial du pédicule je m'arrête. Ca veut dire quoi ? Ca veut dire que si je continue je peux passer à travers le mur du pédicule d'accord ? Hein le pédicule c'est un peu ça. Si je suis là et que je pousse encore je peux transpercer le mur du pédicule et je peux rentrer dans le canal médullaire, d'accord ?

Obs : Oui

Chir : Dès que je suis là, je m'arrête. Et là qu'est-ce que je fais ? Je fais un coup d'ampli. Un coup d'ampli de profil.

Obs : D'accord

Chir : Alors là, je vais me mettre de profil, voilà, profil, hein ? De profil, je dois être ... si je suis bien positionné ... à l'entrée du corps vertébral. Je dois être là. D'accord ? Si je suis là de profil, en principe si je suis bien positionné, je dois être là. Ca veut dire quoi ? Ca veut dire que là je suis dans le corps vertébral, je ne suis plus dans le pédicule. D'accord ? Ici ca veut dire que je suis à l'entrée du corps vertébral, il n'y a plus de risque que je passe à travers la paroi du pédicule.

Cet extrait illustre bien le niveau d'explicitation du deuxième expert. Cet entretien avait pour permis de confirmer les informations obtenues par le premier entretien, notamment les indications générales de la vertébroplastie. Toutefois, l'expert s'est davantage attaché à expliquer la progression de l'outil et l'importance des contrôles radiographiques.

III. 1. 2. LES ENTRETIENS EN AUTO CONFRONTATION

Les entretiens en auto confrontation (ou verbalisations consécutives assistées ; Hoc & Leplat, 1983 ; Theureau, 1992) ont pour objectif de permettre l'explicitation de l'action en confrontant l'opérateur avec des traces de son activité, traces recueillies sous forme audio ou vidéo. L'avantage de cette technique est qu'elle permet de préserver le déroulement de l'activité réelle, ce qui dans le cas d'une activité menée au bloc opératoire est fondamentale.

Ces entretiens en auto confrontation ont été réalisés auprès de tous les chirurgiens dont l'activité réelle a été observée dans le cadre de vertébroplastie (voir paragraphe suivant II. 2). Pour chaque opération qui a ainsi été observée, et à chaque

fois que l'expérimentateur ne comprenait pas l'activité réalisée par le chirurgien et les raisons sous-jacentes, des verbalisations consécutives ont été mises en place. L'expérimentateur montrait alors les traces de l'activité au chirurgien opérateur et lui demandait des précisions. Les explications pouvaient porter sur la procédure opératoire et être du type : « *pourquoi avoir retiré votre trocart et avoir recommencé votre geste alors qu'il semblait passer correctement par le pédicule ?* » ou alors être moins contextuelles et du type « *le point de contact osseux que vous aviez choisi était au niveau du centre du pédicule, auriez-vous choisi le même point d'entrée si la vertèbre à opérer était d'un autre type ?* ».

Ces entretiens ont été une première façon d'approcher l'activité. Cependant, comme le souligne Leplat (2000), ils ne suffisent pas à eux seuls à appréhender l'activité humaine. En effet, « *les gens interrogés peuvent être plus ou moins capables d'exprimer des traits de leur activité ou de celle des autres, ou ils n'ont pas envie de le faire et travestissent plus ou moins ces traits* » (Leplat, 2000, p. 82). Afin donc d'éviter des effets de reconstruction ou des difficultés liés aux capacités de verbalisation, nous avons couplé les verbalisations à des observations de situations réelles.

III. 2. OBSERVATIONS D'ACTIVITE REELLE

Une campagne d'observation a été réalisée sur onze vertébroplasties. Afin de garder des traces de l'activité des chirurgiens et des internes une instrumentation complète a été mise en place pour chacune de ces opérations.

Matériel. Une première caméra, tenue à la main par un expérimentateur enregistrait un plan large du bloc opératoire avec le patient localisé au centre de l'image. Une seconde caméra, positionnée sur le scialytique³⁰, enregistrait les mains du chirurgien. Le son a été enregistré par micro canon dirigé vers le champ opératoire. Les radiographies prises en cours d'action par le chirurgien ont été enregistrées par le biais d'un enregistreur branché directement sur l'appareil radioscopique. Enfin, le

³⁰ Terme utilisé pour désigner le système d'éclairage utilisé dans le bloc opératoire.

chirurgien était équipé d'un oculomètre³¹ mobile. Le recueil de ces différents flux nécessitait la présence de deux observateurs au bloc opératoire. Les différents flux ainsi obtenus ont ensuite été synchronisés afin d'obtenir une seule trace de l'activité (voir Figure 19).

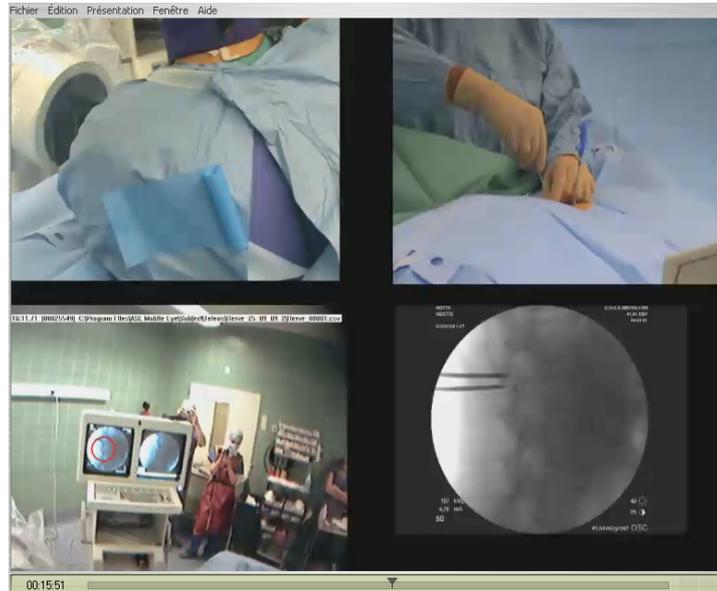


Figure 19. Trace de l'activité "vertébroplastie" après montage des différents flux récoltés.

Données. Onze vertébroplasties ont été enregistrés, réalisées par six chirurgiens différents. Le tableau ci-après fournit les informations sur les opérations observées. Nous avons attribué un code aux chirurgiens constitué de la lettre E (pour expert) et d'une lettre pour différencier les six opérateurs observés. Nous attribuons également un code pour le niveau de la vertèbre opérée constitué d'une lettre (L pour vertèbre lombaire et T pour vertèbre thoracique) et d'une lettre (qui correspond au niveau de la vertèbre lésée dans le rachis humain).

³¹ Quand cela était possible, qu'il n'était pas porteur de lunettes de vue et qu'il acceptait l'équipement.

N° opération	Chirurgien opérateur	Niveau de la vertèbre opérée	Pathologie
<i>Opération 1</i>	E1	T3	Fracture
<i>Opération 2</i>	E1	L3, L5, S1	Métastase
<i>Opération 3</i>	E1	L3	Tassement
<i>Opération 4</i>	E2	T12	Fracture
<i>Opération 5</i>	E1	L1	Tassement
<i>Opération 6</i>	E1	L2	Tassement
<i>Opération 7</i>	E2	T9	Tassement
<i>Opération 8</i>	E3	L1	Fracture récente
<i>Opération 9</i>	E4	L1	Fracture + tassement
<i>Opération 10</i>	E5	T11	Métastase
<i>Opération 11</i>	E6	L1	Tassement

Tableau 7. Tableau récapitulatif des caractéristiques des vertébroplasties enregistrées au cours de la campagne d'observation des situations réelles.

Ces différentes opérations ont été observées car elles illustrent les situations auxquelles les internes peuvent être confrontés dans leur pratique : on observe une diversité dans le type de vertèbre lésée (4 opérations sur des vertèbres thoraciques ; 7 opérations sur des vertèbres lombaires) et dans la pathologie dont souffre le patient (fracture, tassement ou métastase). Elles nous permettent donc d'accéder à des différences de pratique selon les variables de la situation.

Puisque nous nous intéressons principalement à l'activité réalisée par le chirurgien, nous nous sommes intéressés à la phase comprise entre le début du repérage de la vertèbre lésée et le moment où le chirurgien annonce au personnel présent la fin de l'opération. La durée moyenne des enregistrements vidéos est de 33,49 minutes (min = 14,57 minutes ; max = 52 minutes).

Codage des données. Les différentes traces de l'activité réelle ainsi obtenues ont ensuite été annotées par le biais du logiciel d'annotation « Noldus, The Observer XT ». Grâce au logiciel d'annotation, une trame d'annotation (ou *coding schème*) a été développée et a permis une annotation fine de l'activité. Pour chaque trace, les éléments suivants ont été codés :

1) **Le sujet**, c'est à dire la personne qui fait l'action. Il peut s'agir du chirurgien, de l'interne ou d'une autre personne (infirmier et/ou anesthésiste).

2) **Le comportement observé**, c'est à dire l'action réalisée par le sujet. Les comportements annotés sont les suivants :

- Les phases de l'opération. Afin de faciliter l'analyse des traces recueillies, l'activité a été découpée en respectant le décours temporel. L'opération se déroule en respectant la succession de plusieurs phases qui sont :

- « installer le patient »,
- « repérer la vertèbre lésée »,
- « impacter le trocart »,
- « insérer le trocart »,
- « préparer le ciment »,
- « injecter le ciment ».

La modalité « autre » a également été introduite dans le coding schème afin de laisser la possibilité aux expérimentateurs d'annoter une phase non prévue initialement. Cette succession de phase a toujours été observée dans les différentes observations réalisées et a été reconnue par les experts comme étant toujours vraie.

- Prendre une radio. Pendant une vertébroplastie, l'opérateur ne peut prendre que des radiographies d'incidence de « face » ou de « profil ».

- Traiter une radio. Cette action n'a été annotée que pour les opérations dans lesquelles le chirurgien était équipé d'un eye-tracker, nous permettant ainsi de déterminer la zone de la scène regardée. L'intérêt de cette action est de nous permettre de déterminer le type d'information recherché en cours d'action et de vérifier le type de représentation anatomique qu'il utilise pour prendre ses décisions. L'opérateur peut soit utiliser la radio « actuelle » (celle qu'il vient de prendre) soit la radio précédente.

- Les verbalisations. Dans cette action, nous avons fait la distinction entre ce que nous avons appelé du « dialogue » (les verbalisations qui ont pour objectif de lancer une discussion entre deux personnes ou plus) et ce que nous avons appelé des « verbalisations » (les verbalisations spontanées qui n'attendent pas de réponses, qui sont à visées explicatives ou injonctives). La modalité « autre » a

également été introduite dans le coding schème afin de laisser la possibilité aux expérimentateurs d'annoter une verbalisation non prévue initialement.

- Les gestes. Les gestes ont été annotés dans les phases « impacter » et « insérer les trocars ». Les gestes du chirurgien ont été décomposés en 3 éléments pour chaque main : les positions des paumes des mains, les types de préhension réalisées et les mouvements des mains. Le lecteur trouvera en annexe de ce document le détail de l'annotation gestuelle.

- Les connaissances mises en jeu. Cette action correspond aux connaissances que le sujet utilise en fonction de la phase opératoire. Les entretiens de verbalisations ont permis d'identifier un certain nombre de connaissances que les chirurgiens ont à leur disposition pour réaliser une vertébroplastie (connaissances que nous détaillons ci-après). Ainsi, pour les phases de « repérage de la vertèbre lésée », « d'impact », « d'insertion des trocars » et « d'injection du ciment » les connaissances mises en jeu par les acteurs de la situation ont été décrites.

3) **Le « modifieur »** correspond aux éléments susceptibles de modifier les comportements émis par l'opérateur. Ce sont des éléments qui ont trait aux outils employés, aux caractéristiques des patients, etc.

Toutes les traces ainsi recueillies ont été codées par deux expérimentateurs indépendants afin de minimiser les biais d'interprétation. En cas de conflit entre les deux juges, ces derniers commençaient par reprendre le passage sujet à désaccord ensemble. Si le désaccord persistait, un d'entre eux interrogeait l'expert opérateur.

III. 3. UN EXERCICE DE SIMULATION EN COMPLEMENT DU DISPOSITIF

Les deux techniques précédentes ne nous ont pas permis d'extraire des informations concernant la force nécessaire pour placer le trocart dans la vertèbre. Nous savons, par le biais des entretiens de verbalisation, que dans l'action « faire progresser le trocart » les chirurgiens ont des ressentis proprioceptifs différents selon

la zone anatomique qu'ils traversent. Ils indiquent pouvoir reconnaître grâce à la résistance de l'outil la zone dans laquelle l'outil se situe. Le rachis humain, et notamment les vertèbres humaines sont constituées de plusieurs zones (la corticale, le pédicule, le corps vertébral et le ligament intercostotransversaire). Ces différentes zones n'offrent pas la même résistance quand le chirurgien fait progresser son trocart. Les chirurgiens n'ont pas réussi à nous fournir des indications plus précises sur leurs ressentis proprioceptifs et sur leurs connaissances sur cet élément.

En complément de ces deux techniques que nous avons utilisées, nous avons donc mis en place une technique de protocole verbal dans sa forme la plus classique (Bisseret, Sébillotte & Falzon, 1999) à savoir la verbalisation simultanée. Afin de permettre au chirurgien de focaliser son attention sur ces ressentis proprioceptifs dans un cadre le plus proche possible de la réalité, nous avons mis en place un exercice de simulation sur colonne humaine de cadavre.

Matériel. L'exercice consistait à réaliser une partie de la vertébroplastie sur colonne humaine de cadavre. La colonne ayant été extraite du corps humain, le geste a été réalisé en vision directe et non sous contrôle radioscopique. Deux chirurgiens ont réalisé l'exercice (les deux mêmes chirurgiens que ceux auprès desquels ont été menés les entretiens de verbalisations). Les chirurgiens devaient placer leur trocart dans plusieurs vertèbres et expliquer à voix haute leurs ressentis. Les passations ont été enregistrées par le biais d'une caméra numérique afin de garder les traces de l'activité des chirurgiens.

La consigne fournie aux chirurgiens était inspirée des travaux de Peskin (1998 ; cité dans Bisseret, Sébillotte & Falzon, 2009). La consigne était la suivante : *« Je vous demande de penser tout haut pendant que vous insérez votre trocart dans la vertèbre. Dites tout ce que vous êtes en train de penser et tout ce que vous ressentez d'un point de vue force que vous mettez et retour de force. C'est juste comme si vous augmentiez le volume sonore » de vos associations d'idées, vos déductions, ou les moindres pensées qui vous passent pas la tête. Ne censurez rien. »*

Données. Sur les deux chirurgiens interrogés, seul l'un d'eux a respecté les consignes fournies. Le second chirurgien n'a pas été capable de verbaliser malgré les

nombreuses relances de l'expérimentateur. Il a indiqué en débriefing que la colonne vertébrale sur laquelle l'exercice a été réalisé différait pour lui de la réalité et que donc qu'il ne réussissait pas à ressentir des sensations différentes. Les données issues de la passation de ce chirurgien ne sont donc pas exploitables. Les données du premier expert ont été retranscrites afin de mettre en évidence de façon la plus objective possible ses ressentis proprioceptifs.

Le passage ci-après est extrait de la retranscription de la passation de l'expert. Il illustre le niveau d'explicitations fournies par l'expert. (Une retranscription complète de la passation est fournie en annexe de ce document p. 338).

Extrait de la retranscription de la passation de l'expert sur l'exercice de simulation

Chir : Mais c'est pas grave on va continuer... donc là je change un peu le point d'entrée, je suis un tout petit peu plus bas, je suis dans l'os... là ça gratte plus... c'est plus continu... donc là j'ai quand même plus l'impression d'être plus osseux, je tire un peu, je tire un peu, je retourne... Voilà là on sent très bien ça gratouille, on sent bien quand on est dans le spongieux, y a quand même une perception hein...

Obs : Ah oui tu sens...

Chir : Ah ouais ça n'a rien à voir avec quand j'étais dans le disque... bon je suis aidé aussi par la visualisation directe du disque... j'ai pas d'ampli mais je compense... voilà... là c'est une bonne visée... donc j'enlève...

Obs : OK

L'expert a essayé de focaliser toute son attention sur ses ressentis afin de les retranscrire aux expérimentateurs présents. Toutefois, la passation ayant eu lieu en vision directe et non en percutanée, l'expert a également pu utiliser des indices anatomiques pour se repérer.

IV. RESULTATS : UN MODELE DE L'ACTIVITE VERTEBROPLASTIE

La triangulation des méthodes que nous avons utilisée dans cette analyse de l'activité nous a permis d'identifier les schèmes associés à la vertébroplastie. Certains

schèmes ont été extraits grâce à aux entretiens, d'autres grâce aux observations de l'activité et d'autres enfin grâce à l'exercice de simulation. Nous nous référons aux trois sources de données pour présenter l'ensemble des schèmes liés à l'activité vertébroplastie.

Méthode d'analyse des résultats. Notre objectif était donc de construire un modèle de l'activité comprenant toutes les connaissances potentiellement utilisables par les experts en vertébroplastie et cela quelque soit la situation qui se présente aux opérateurs. A partir des différentes données que nous avons ainsi récoltées, nous avons extrait les éléments constitutifs du schème (au sens de Vergnaud, 1990). Nous avons dans un premier temps, essayé de cerner les buts, sous buts et anticipations de la vertébroplastie. Puis, nous avons essayé d'identifier les règles d'action, les prises d'information et de contrôle, invariants opératoires et les inférences en situation. Cette notion de contrôle est d'autant plus importante dans notre contexte que, comme nous l'avons déjà indiqué, l'activité vertébroplastie est une activité de résolution de problème pour les internes qui vont donc mettre en place un certain nombre de contrôles de leur action. De plus, puisque c'est une activité réalisée en percutanée, l'opérateur s'appuie sur des éléments de contrôle radiographiques pour évaluer son geste et la progression des trocars dans les vertèbres.

Nous avons déterminé six variables susceptibles de modifier l'activité « vertébroplastie ». Ces six variables sont :

V. 1) **La vertèbre lésée à opérer : thoracique ou lombaire.** L'activité mise en œuvre par le chirurgien diffère selon le niveau de la vertèbre à opérer. L'anatomie des vertèbres diffère. Une vertèbre thoracique a des pédicules plus petits qu'une vertèbre lombaire ce qui va modifier la trajectoire de l'instrument dans la vertèbre. De même, les risques encourus en cas de mauvaise trajectoire ne sont pas les mêmes.

V. 2) **La pathologie du patient : métastase, hémangiome, fracture algique ou fracture récente.** La pathologie dont souffre le patient va déterminer l'action à mettre en œuvre pour le chirurgien. Sa procédure sera susceptible d'être modifiée.

V. 3) **L'état de la vertèbre lésée : saine ou écrasée.** L'état de la vertèbre va déterminer l'activité du chirurgien. Une vertèbre peut être « saine » et dans ce cas elle

aura une apparence « normale » alors que si la vertèbre est « écrasée » sa structure sera modifiée. Dans ce cas, la trajectoire de l'outil ne sera pas la même.

V. 4) **L'état du rachis du patient : scoliotique ou non scoliotique.** Si le patient souffre d'une scoliose, son rachis vertébral diffère de celui d'un patient qui ne souffre pas de scoliose.

V. 5) **L'utilisation d'une réduction externe en pré-opératoire : oui ou non.** Une réduction externe peut être utilisée si le patient souffre de scoliose ou que sa vertèbre est écrasée. Une réduction externe consiste à installer le patient sur la table opératoire de telle sorte que la vertèbre lésée retrouve un aspect plus « normal ». La réduction peut consister à mettre des poids sur les pieds du patient afin de tirer sur son rachis et d'ouvrir la vertèbre.

V. 6) **L'état du mur postérieur de la vertèbre lésée : intègre ou non intègre.** L'état de la vertèbre et notamment du mur postérieur peut déterminer la position finale du trocart dans la vertèbre. Si le mur postérieur est « non intègre » dans ce cas le trocart ne doit pas être poussé trop profondément dans la vertèbre pour ne pas que le ciment se diffuse dans le corps du patient.

Hormis la variable 5 « utilisation d'une réduction externe », toutes ces variables sont connues du chirurgien grâce à l'étude du dossier patient en pré-opératoire. La variable 5 découle directement de l'état du patient et de sa vertèbre.

L'analyse des différentes données obtenues nous a permis d'extraire neuf grands schèmes dans l'activité « vertébroplastie ». Nous les présentons dans le Tableau ci-après.

Activité	Schème
Vertébroplastie	Repérer la vertèbre lésée
	Créer un repère cutané
	Placer le trocart
	Impacter le trocart
	Faire progresser le trocart
	Ressentir la progression du trocart
	Injecter le ciment
	Interpréter une radiographie de face
	Interpréter une radiographie de profil

Tableau 8. Les schèmes de l'activité "vertébroplastie"

Les schèmes liés à l'identification de la vertèbre à opérer :

Deux schèmes sont identifiés comme liés à l'identification de la vertèbre à opérer :

- Le premier schème « repérer la vertèbre lésée » a pour but de déterminer spatialement le niveau de la vertèbre à opérer. Le chirurgien va mettre en place des actions différentes selon si la vertèbre à opérer est une vertèbre lombaire ou thoracique. Il utilise les registres « visuel » et « proprioceptif » pour contrôler son action.
- Le second schème « créer un repère cutané » a pour objectif de marquer visuellement la future position des trocars. Le chirurgien indique par le biais d'un marquage au feutre la position estimée de chaque pédicule de la vertèbre. Pour cela, il utilise les registres « visuel » et les radiographies de « face » et de « profil ».

Les schèmes liés à l'insertion des trocars :

Quatre schèmes sont identifiés comme liés à l'insertion des trocars :

- Le premier schème « placer le trocart » permet au chirurgien de déterminer le point d'entrée cutané de son instrument dans le corps du patient.
- Le second schème « impacter le trocart » a pour objectif de permettre au chirurgien de commencer l'insertion du trocart dans la vertèbre du patient. Cette étape est identifiée par les experts comme étant importante car la direction qui sera donnée à l'instrument dans l'os déterminera la trajectoire de l'outil dans la vertèbre. Le point de contact osseux diffère selon le type de vertèbre à opérer (lombaire ou thoracique) et selon l'état de la vertèbre du patient (vertèbre saine ou écrasée).
- Le troisième schème « faire progresser le trocart » a pour objectif de faire progresser le trocart dans la vertèbre jusqu'à sa position finale ou le ciment sera injecté. Le trocart passe d'abord par le pédicule, puis progresse dans le corps vertébral. Le passage du pédicule est le moment le plus critique de l'opération car les conséquences d'une mauvaise trajectoire peuvent être graves pour le patient. En revanche, une fois dans le corps vertébral, c'est la « zone de sureté » du chirurgien, tout risque étant écarté. Le chirurgien utilise uniquement de registre des radiographies pendant cette phase.

- Le quatrième schème « ressentir la progression du trocart » permet au chirurgien de savoir la zone anatomique traversée. A partir de ces ressentis proprioceptif, le chirurgien peut faire des inférences sur la position de son trocart dans la vertèbre. Ce schème, plus que les autres, s'acquière par la pratique et nécessite une grande concentration de la part des opérateurs pour être « à l'écoute » de leur ressentis. Ce schème est apparu comme l'un des plus difficile à extraire de l'activité, il est tellement incorporé à l'action que difficilement explicitable pour les experts.

Le schème lié à la consolidation de la vertèbre lésée.

- Le schème « injecter du ciment » a pour objectif de consolider la vertèbre lésée. Il s'agit de faire diffuser le ciment correctement dans la vertèbre afin d'obtenir la consolidation souhaitée et l'effet antalgique recherché. Le chirurgien prépare son ciment, teste sa viscosité manuellement et l'injecte par les trocarts dans la vertèbre en utilisant le registre de la radio pour prendre les informations nécessaires à son contrôle de l'activité.

Les schèmes liés à l'interprétation des radiographies.

Deux schèmes sont identifiés comme liés à l'interprétation des radiographies :

- Le schème « interpréter une radiographie de face » a pour objectif de permettre au chirurgien d'avoir une bonne représentation du corps et de l'anatomie du patient sans en avoir une vision directe. La vertèbre lésée et ces différentes composantes doivent être placées spécifiquement dans l'incidence radio pour fournir de bonnes indications au chirurgien. Ce dernier contrôle un certain nombre d'éléments sur sa radio pour juger qu'elle est correcte ou incorrecte.
- Le schème « interpréter une radiographie de profil » a le même objectif que le schème précédent mais sur une incidence de profil.

Ces deux schèmes sont identifiés par les experts comme fondamentaux dans l'activité vertébroplastie. Une mauvaise interprétation des radiographies peut conduire à l'échec de l'opération et avoir des conséquences graves pour le patient.

La mise en évidence de ces neuf schèmes nous a permis pour chacun d'eux d'extraire les invariants opératoires et inférences qui guident l'activité. A partir de ces informations, nous avons développé un modèle de l'activité composé d'une soixantaine de règles qui modélisent l'activité (voir Tableau 9 ci-après).

Légende des informations présentées dans le Tableau :

V = Visuel

RP = radio de profil

P = Proprioceptif

R = Radio

RF = radio de face

PARTIE EMPIRIQUE

Tableau 9. Le modèle de l'activité "vertébroplastie"

Opérateurs	V1 : Vertèbre : Lombaire / Thoracique	V2: Pathologie: Métastase/ Hémangiome/ FractureAlgique/ FractureRécente	V3 : Etat vertèbre: Saine/ Ecrasée	V4 : Etat rachis : NonScoliose/ Scoliose	V5 : Réduction externe: Oui/Non	V6 : Mur postérieur: Intègre/ NonIntègre	No control	Contrôles	Registres
Repérer vertèbre	L	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	11	L'épineuse de L4 est alignée avec les os iliaques	V
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	63	L'épineuse de C7 est proéminente	V, P
Créer un repère cutané	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	12	La ligne passant à l'aplomb des deux pédicules de la vertèbre représente l'axe transversal de la vertèbre	RP, V
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	13	La ligne passant à l'aplomb des pédicules droits des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal droit	RF, V
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	14	La ligne passant à l'aplomb des pédicules gauches des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal gauche	RF, V
Placer le trocart	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	15	Le point d'entrée cutané est situé sur l'axe transversal de la vertèbre	V, RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	16	Le point d'entrée cutané est situé à l'extérieur de l'axe longitudinal pédiculaire par rapport aux épineuses	V, RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	17	Le trocart est dirigé vers le corps vertébral avec une inclinaison d'environ 15° par rapport à l'axe sagittal	V
Impacter le trocart	L	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	20	Le point de contact osseux est situé entre le processus transverse et la facette de l'arc interneural	RF
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	21	Le point de contact osseux est situé sur le processus transverse	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S	NS/S	O/N	I/N	22	Le point de contact osseux est situé au niveau du centre du pédicule	RP
	L/T	M/H/FA/FR	E	NS/S	O/N	I/N	23	Le point de contact osseux est situé au niveau de la partie supérieure du pédicule	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	24	Le point de contact osseux est situé au niveau de l'extrémité des processus transverses dans le plan transverse	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	25	Le point de contact osseux est situé sur la ligne transverse à la limite externe du pédicule	RF

PARTIE EMPIRIQUE

Opérateurs	V1 : Vertèbre : Lombaire / Thoracique	V2: Pathologie: Métastase/ Hémangiome/ FractureAlgique/ FractureRécente	V3 : Etat vertèbre: Saine/ Ecrasée	V4 : Etat rachis : NonScoliose/ Scoliose	V5 : Réduction externe: Oui/Non	V6 : Mur postérieur: Intègre/ NonIntègre	No control	Contrôles	Registres
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	26	Le point de sortie pédiculaire est situé sur la ligne transverse au centre du pédicule	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	27	Le point final de l'insertion est situé sur la ligne transverse au niveau de l'épineuse dans l'axe longitudinal	RF
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	28	Le point de sortie pédiculaire ne doit pas être situé au-delà du centre du pédicule sur la ligne transverse	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	29	Le point de sortie pédiculaire est situé à mi-hauteur du pédicule dans le plan sagittal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	30	Le point final de l'insertion est situé dans la partie antérieure du corps vertébral	RP
Pousser le trocart	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	31	Si l'extrémité du trocart est située au centre du pédicule sur la face alors elle doit se situer en sortie pédiculaire dans le plan transversal	RF, RP
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	42	Si le trocart est extra-osseux en avant du processus transverse il peut léser la plèvre pariétale	
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	43	Si le trocart est extra-osseux de quelques centimètres en avant et à droite de la côte il lèse l'aorte	
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	44	Si le trocart est extra-osseux de quelques centimètres en avant et à gauche de la côte il lèse la veine cave inférieure	
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	45	Si le trocart est extra-osseux de quelques millimètres en avant et à gauche de la côte au niveau T8 il peut léser la veine pulmonaire et l'oreillette pulmonaire gauche	
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	46	Si le trocart est extra-osseux de quelques millimètres au niveau du pédicule vers l'intérieur de la vertèbre alors il lèse le canal vertébral	
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	47	Si le trocart est extra-osseux de quelques millimètres au niveau du pédicule vers le bas alors il lèse les racines dans leur trajet foraminaux (foramens intervertébraux)	

PARTIE EMPIRIQUE

Opérateurs	V1 : Vertèbre : Lombaire / Thoracique	V2 : Pathologie: Métastase/ Hémangiome/ FractureAlgique/ FractureRécente	V3 : Etat vertèbre: Saine/ Ecrasée	V4 : Etat rachis : NonScoliose/ Scoliose	V5 : Réduction externe: Oui/Non	V6 : Mur postérieur: Intègre/ NonIntègre	No control	Contrôles	Registres
Ressentir la progression du trocart	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	32	Une corticale offre une résistance au trocart supérieure à Y	P
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	33	Le pédicule offre une résistance au trocart inférieure à X	P
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	34	Le corps vertébral offre une résistance au trocart inférieure à X	P
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	35	Le ligament intercostotransversaire offre une résistance au trocart comprise entre X et Y	P
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	36	Le ligament intercostotransversaire provoque une sensation de grattement au passage du trocart	P, ouïe
	L/T	FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	37	Si la vertèbre est fracturée et que la qualité d'os du patient n'est pas trop ostéoporotique alors le pédicule offre une résistance supérieure à celle du corps vertébral au passage du trocart	P, Dossier
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	38	Si le patient souffre d'une tumeur ostéocondensante alors le pédicule et le corps vertébral offrent une résistance identique et très élevée au passage du trocart	P, Dossier
	L/T	FA	S/E	NS/S	O/N	I/N	39	Si le patient souffre d'une fracture ancienne le pédicule offre une résistance supérieure à celle du corps vertébral au passage du trocart	P, Dossier
	L/T	M	S/E	NS/S	O/N	I/N	40	Si le patient souffre d'une tumeur ostéoclastique alors le pédicule et le corps vertébral offrent une résistance identique et très faible au passage du trocart	P, Dossier
	L/T	M/H	S/E	NS/S	O/N	I/N	41	Si l'os du patient est ostéoporotique et que la vertèbre n'est pas fracturée alors le pédicule et le corps vertébral offrent une résistance identique et peu élevée au passage du trocart	P, Dossier
Injecter ciment	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	48	Le contrôle de l'injection du ciment se fait en continu	R
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	49	Si le ciment est injecté dans la partie antérieure du corps vertébral il crée un noyau dur qui lutte contre la compression	RP

PARTIE EMPIRIQUE

Opérateurs	V1 : Vertèbre : Lombaire / Thoracique	V2 : Pathologie: Métastase/ Hémangiome/ FractureAlgique/ FractureRécente	V3 : Etat vertèbre: Saine/ Ecrasée	V4 : Etat rachis : NonScoliose/ Scoliose	V5 : Réduction externe: Oui/Non	V6 : Mur postérieur: Intègre/ NonIntègre	No control	Contrôles	Registres
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	51	Si le ciment est trop fluide il y a des risques de fuites de ciment	V
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	52	Le ciment doit être de consistance filaire pour être injecté	V
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	53	Une fuite de ciment vers l'arrière (dans le canal sacré) comprime la moëlle épinière et risque de modifier ses fonctions	R
	L	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	54	Une fuite de ciment vers l'arrière (dans le canal sacré) comprime les racines	R
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	55	Une fuite de ciment dans le foramen intervertébral comprime et stresse la racine	R
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	61	Un trajet intermédiaire extra-osseux augmente les risques de fuites de ciment par la dégradation qu'il provoque dans la paroi osseuse	R
Injecter ciment	L/T	FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	50	Si le patient souffre d'une fracture ancienne alors l'effet de la vertébroplastie est moins efficace que si la fracture est récente	Dossier
	L/T	M/H	S/E	NS/S	O/N	N	60	Si le patient souffre d'une tumeur alors les risques de dégradation du mur postérieur augmentent	Dossier
	L/T	FA	S/E	NS/S	O/N	I/N	57	Si le patient souffre d'une traumatologie ancienne alors les risques de fuite de ciment sont augmentés pendant l'injection à cause de la compression	R, Dossier
	L/T	FR	S/E	NS/S	O	I/N	56	Si le patient souffre d'une traumatologie récente avec réduction externe qui est peu compressive alors les risques de fuite de ciment ne sont pas augmentés pendant l'injection	R, Dossier
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	N	I/N	58	Si le patient souffre d'une traumatologie sans réduction externe alors les risques de fuite de ciment pendant l'injection sont plus importants à cause de la compression	R, Dossier
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	N	59	Si le mur postérieur de la vertèbre n'est pas intègre alors les risques de fuites de ciment sont plus importants pendant l'injection	R, Dossier
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	62	Si l'os du patient est porotique alors les risques de fuites de ciment sont augmentés pendant l'injection	R, Dossier

PARTIE EMPIRIQUE

Opérateurs	V1 : Vertèbre : Lombaire / Thoracique	V2: Pathologie: Métastase/ Hémangiome/ FractureAlgique/ FractureRécente	V3 : Etat vertèbre: Saine/ Ecrasée	V4 : Etat rachis : NonScoliose/ Scoliose	V5 : Réduction externe: Oui/Non	V6 : Mur postérieur: Intègre/ NonIntègre	No control	Contrôles	Registres
Choisir la technique utilisée	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	18	Le trajet du trocart peut être intra trans pédiculaire	RF, RP
	T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	19	Le trajet du trocart peut être extra pédiculaire intercostal transversaire	RF, RP
Définir face	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	1	Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	2	Si les pédicules sont situés symétriquement par rapport aux épineuses alors la radio est une face dans le plan transverse	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	3	Si les disques intervertébraux sont visibles alors la radio est une face dans le plan sagittal	RF
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	4	Si la radio est une face dans les plans transverse et sagittal alors c'est une radio de face	RF
Définir profil	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	5	Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S	NS/S	O/N	I/N	6	Si les plateaux sont strictement parallèles alors la radio est une radio de profil dans le plan frontal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	E	NS/S	O/N	I/N	64	Si les plateaux sont parallèles de façon relative alors la radio est une radio de profil dans le plan frontal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	7	Si les arches sous-pédiculaires du foramen intervertébral sont superposées alors la radio est un profil dans le plan transversal et frontal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS	O/N	I/N	8	Si les côtes droite et gauche sont superposées alors la radio est un profil dans le plan transversal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	9	Si les interlignes articulaires postérieurs sont superposés alors la radio est un profil dans le plan transversal	RP
	L/T	M/H/FA/FR	S/E	NS/S	O/N	I/N	10	Si la radio est un profil dans les plans transversal et frontal alors c'est une radio de profil	RP

Ce modèle de l'activité nous a permis de modéliser l'activité « vertébroplastie ». Nous pouvons constater que l'activité suit un protocole établi.

La Figure suivante illustre l'activité depuis le repérage de la vertèbre lésée jusqu'au choix du point d'entrée cutané pour le trocart.

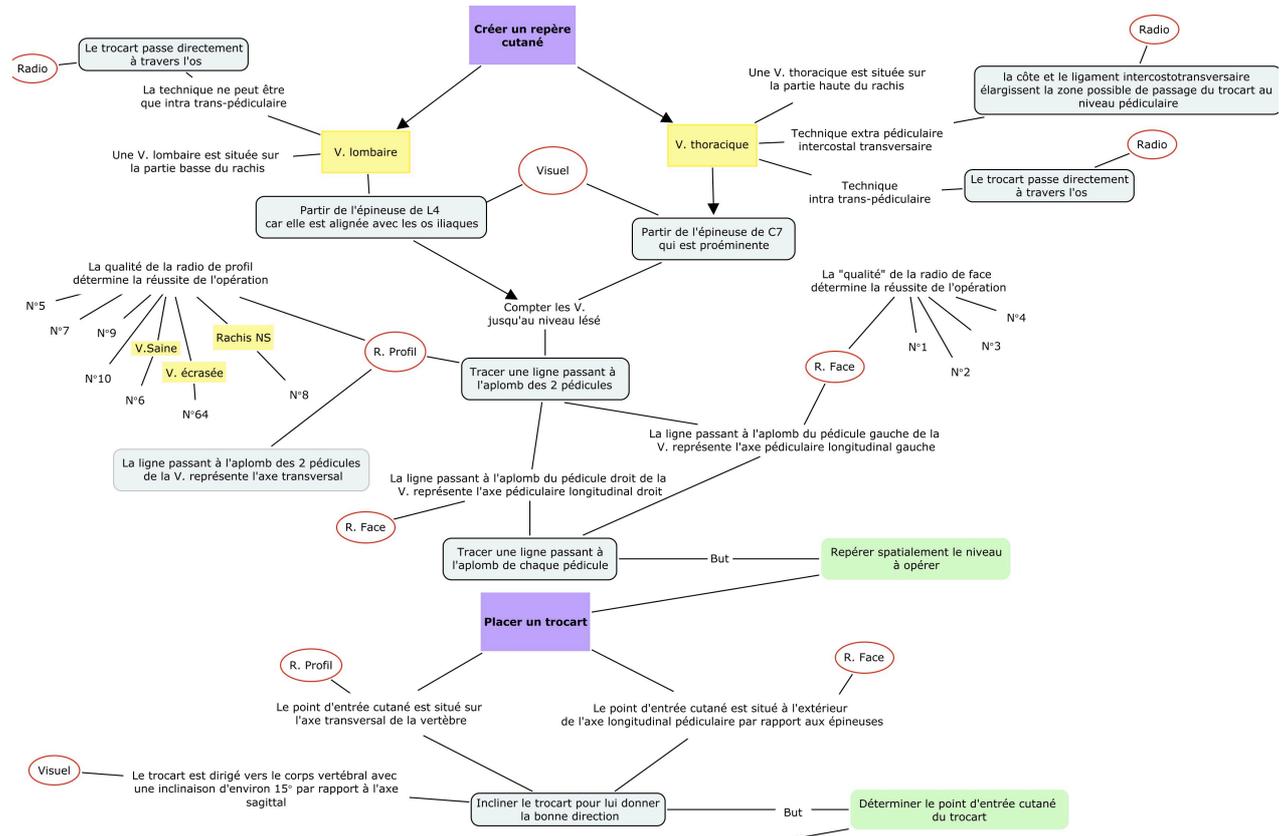


Figure 20. Modélisation de l'activité "vertébroplastie" _Partie 1

Pour commencer, le chirurgien repère le niveau de la vertèbre à opérer et crée un repère cutané. Il repère le niveau de la vertèbre par palpation :

- Si la vertèbre lésée est une lombaire, il utilise la palpation du sacrum pour trouver le niveau relatif de L4.
- Si la vertèbre lésée est une thoracique, il utilise la palpation pour trouver le niveau général de C7

Il utilise ensuite les contrôles radiographiques et une règle pour compter et retrouver le niveau relatif de la vertèbre lésée. Ensuite, il repère précisément le niveau de la vertèbre. Il utilise pour cela un marqueur et une règle. Il commence par repérer sous contrôle radio de profil le niveau relatif des deux pédicules, puis il trace une

ligne horizontale (l'axe transversal). Il passe ensuite sous contrôle de face pour repérer précisément les pédicules de la vertèbre. Les incidences radios qu'il prend à ce moment doivent respecter un certain nombre de critères qui seront garants de la qualité de l'image. Ces critères sont les suivants :

- la vertèbre doit être centrée dans l'incidence radio,
- les plateaux supérieurs et inférieurs doivent être alignés,
- les pédicules doivent être symétriques par rapport à l'épineuse

Ces critères peuvent légèrement différer selon l'état de la vertèbre (saine ou écrasée) et selon l'état du rachis du patient (scoliotique ou non scoliotique). Le respect de ces critères permet d'obtenir une incidence radio qui représente le corps du patient sans déformation. Ainsi, lorsque le chirurgien contrôle son geste en cours d'activité les interprétations qu'il en fait sont correctes. En revanche, un non respect ou un mauvais respect de ces critères peut le conduire à une erreur dans l'interprétation de la progression de son outil dans le corps du patient et conduire à un trajet extra osseux dont les conséquences peuvent être plus ou moins graves pour le patient. Afin de s'aider à interpréter la qualité des incidences radios le chirurgien utilise également les vertèbres supérieures et inférieures de la vertèbre lésée. Il utilise notamment les plateaux supérieurs et inférieurs de ces radios pour juger de la bonne représentation du rachis du patient.

Une fois le niveau de chaque pédicule repéré, il les marque sur le dos du patient. Le repérage des pédicules lui permet de trouver son point d'entrée cutané. Il impacte ensuite son trocart au niveau du point d'entrée cutané dans le corps du patient. La position du point d'entrée cutané dans le pédicule diffère selon le type d'incidence radio qu'il prend. S'il prend une radio de profil, alors le point d'entrée cutané est situé sur l'axe transversal de la vertèbre. En revanche, s'il prend une radio de face, alors le point d'entrée cutané est situé à l'extérieur de l'axe longitudinal pédiculaire par rapport aux épineuses. Il incline ensuite son trocart de façon à traverser le pédicule sans risquer de faire un trajet extra osseux.

La Figure suivante illustre l'activité vertébroplastie depuis l'insertion cutanée du trocart jusqu'au moment où le chirurgien prépare le ciment à injecter.

PARTIE EMPIRIQUE

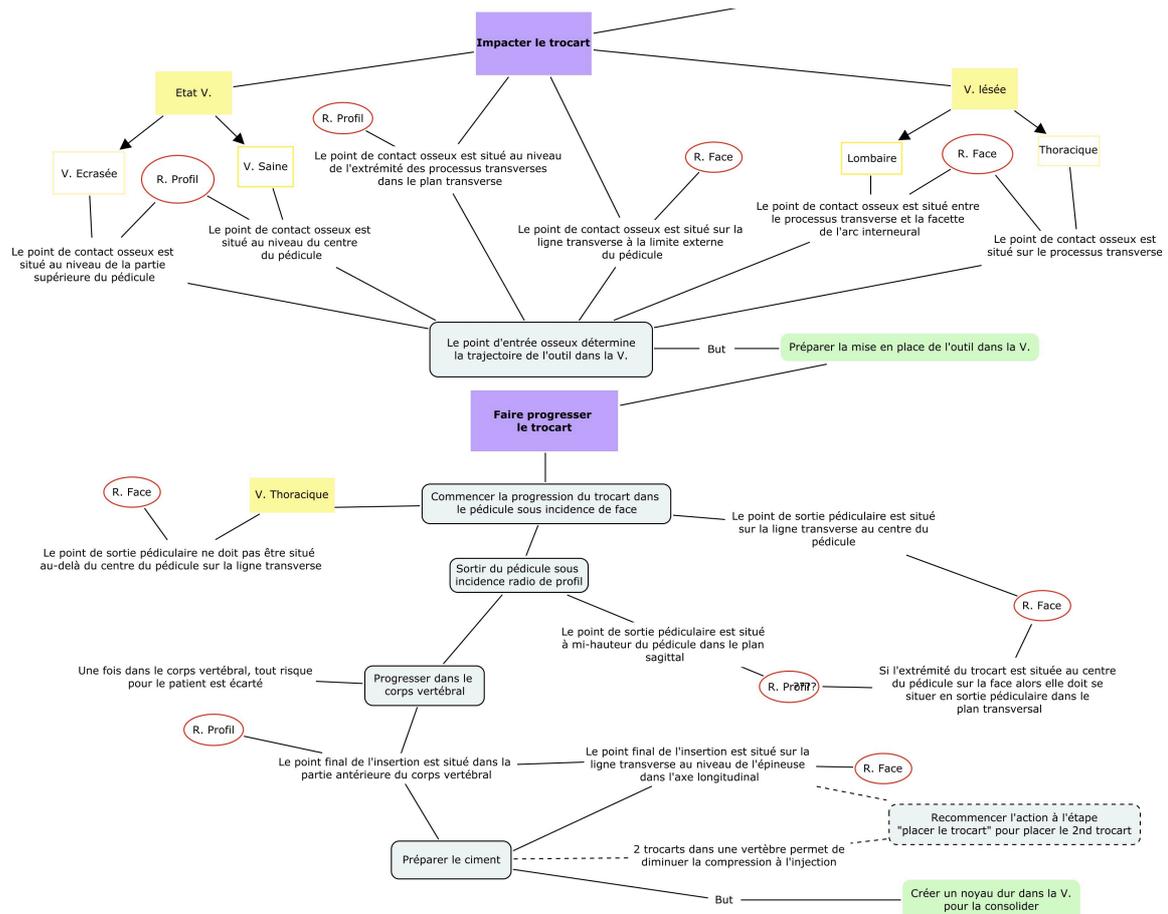


Figure 21. Modélisation de l'activité "vertébroplastie" _Partie 2

Le chirurgien détermine le point d'entrée osseux du trocart dans le pédicule de la vertèbre. La position du point d'entrée est déterminée par l'état de la vertèbre (saine ou écrasée) et par le type de vertèbre lésée (lombaire ou thoracique). La partie la plus délicate de l'opération commence à partir du moment où le trocart est impacté dans l'os du patient. Une fois le trocart impacté, la trajectoire de l'outil dans l'os ne peut plus être modifiée hormis en l'enlevant. Une fois le point d'entrée osseux déterminé, le chirurgien fait progresser le trocart dans la vertèbre. Cette progression s'effectue en deux étapes : la traversée du pédicule et la traversée du corps vertébral. La traversée du pédicule est la zone la plus dangereuse car c'est une zone anatomique petite et les risques de trajectoires extra osseuses sont dangereux pour le patient. La traversée du pédicule s'effectue sous contrôle radio de face pour avoir une vision totale du pédicule. Puis, une fois arrivé au point de sortie pédiculaire, dont la position diffère selon le type de vertèbre opérée, le chirurgien passe sous contrôle radio de profil. Enfin, il fait progresser le trocart dans le corps vertébral jusqu'à sa place définitive, à

savoir dans la partie antérieure du corps vertébral. Cette position est choisie car injecter le ciment dans la partie antérieure de la vertèbre permet de créer un noyau dur qui va lutter contre la compression. Une fois le trocart dans le corps vertébral, le chirurgien est dans une zone de sûreté. Le chirurgien installe deux trocarts dans chaque vertèbre lésée. Une fois les deux trocarts installés, il prépare le ciment acrylique et l'injecte.

IV. CONCLUSION ET DISCUSSION DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE

L'objectif de cette analyse de l'activité était de déterminer ce qui dans l'activité « vertébroplastie » correspond à des aspects de performance comme résultat de l'activité et ce qui correspond à des aspects liés à l'efficacité de traitement. Le dispositif que nous avons mis en place pour cette analyse a été choisi pour permettre d'identifier les éléments constitutifs des schèmes (Vergnaud, 1990). Dans cet objectif, nous avons choisi de mettre en place une triangulation des méthodes, cette approche ayant déjà démontré son efficacité (Guilbert & Lancry, 2007). Notre dispositif d'analyse de l'activité allie des entretiens de verbalisation, des observations de situation réelles et un exercice de simulation. Les chirurgiens experts que nous avons interrogés ont réalisé des verbalisations simultanées et consécutives. Le modèle ainsi créé décrit la situation « vertébroplastie », les règles d'action, les contrôles et les invariants opératoires de l'activité. Cette triangulation des méthodes nous a permis de mettre l'accent sur deux schèmes fondamentaux dans l'activité : les schèmes liés à l'insertion du trocart et les schèmes liés à l'interprétation des radiographies. Ce modèle nous a permis de comprendre l'importance des contrôles radiographiques. Les chirurgiens en plus de contrôler leur activité par le biais des incidences face et profil, contrôlent également la qualité des incidences radiographiques qu'ils prennent. Ils utilisent notamment pour cela la vertèbre supérieure à la vertèbre lésée et la vertèbre inférieure. Cette analyse de l'activité nous a permis de déterminer ce qui constitue l'efficacité de traitement des opérateurs. Pour ce qui est de la performance comme

output, cette notion correspond à la bonne mise en place des trocarts dans la vertèbre et au noyau dur crée dans la vertèbre après injection. La bonne mise en place du trocart dans la vertèbre est évaluée par le respect des critères de la traversée du pédicule et du corps vertébral par l'outil.

Limites de l'analyse de l'activité. Nous pouvons toutefois soulever deux limites apparues dans notre analyse d'activité. Tout d'abord, les entretiens et l'exercice de simulation n'ont pu être réalisés qu'auprès de deux experts en vertébroplastie. Ces deux experts ont l'avantage d'utiliser des techniques différentes dans la réalisation de leur geste donc cela nous a permis d'extraire des connaissances complémentaires. Cependant, interroger d'autres chirurgiens aurait peut être pu nous permettre d'extraire des connaissances supplémentaires. L'observation de vertébroplasties directement au bloc opératoire avait pour objectif de pallier cette limite. Cependant, certains experts n'ont été observés qu'au cours d'une seule opération, limitant la variabilité des observations. La multiplication des situations d'observations pour chacun d'entre eux aurait peut être pu être une source d'informations supplémentaire. Toutefois, la lourdeur du protocole et les conjonctions opératoires n'ont pas rendu possible cet élément. La mise en place du dispositif nécessitait la présence de deux expérimentateurs, voir trois lorsque le chirurgien acceptait d'être équipé de l'eye-tracker ; ce qui est assez couteux en terme d'organisation. De plus, l'observation de ces onze vertébroplastie a nécessité la présence d'un expérimentateur aux réunions de staff d'équipe pendant plusieurs mois. Il aurait également été intéressant de proposer l'exercice de simulation à d'autres chirurgiens afin de limiter les difficultés de verbalisation que nous avons observées. Cependant, le protocole n'a pas rendu cela possible, puisque nous ne disposions que d'un simulateur qui ne pouvait être utilisé que par deux chirurgiens (un opérateur de chaque côté de la colonne).

La seconde limite que nous pouvons soulever tient en la difficulté que nous avons eue pour faire verbaliser simultanément les experts que ce soit dans l'exercice de simulation ou dans l'observation au bloc opératoire. Cette limite n'est pas spécifique à notre analyse mais illustre une fois encore la difficulté qu'ont les experts à mettre des mots sur ce qu'ils font. Les verbalisations en cours d'action ayant été pour certains chirurgiens quasi impossibles, ce sont surtout des verbalisations consécutives qui nous ont permis de construire notre modèle d'activité. Nous sommes

cependant bien conscients que les verbalisations consécutives augmentent le risque de reconstruction (Leplat, 2000).

Afin de mettre en évidence des effets délétères du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes et de tester nos hypothèses, nous avons besoin de comprendre ce qui dans l'activité correspondait à de la performance output et ce qui correspond à de l'efficacité de traitement. Nous avons donc eu besoin de mener une analyse d'activité. Pour cela, nous avons utilisé une triangulation des méthodes alliant entretiens de verbalisation, observation d'activité et exercice de simulation. Ces méthodes nous ont permis d'élaborer un modèle de l'activité comprenant les schèmes mobilisés par les experts, schèmes que doivent acquérir les internes. Nous avons notamment mis l'accent sur l'importance de l'interprétation des radiographies pour permettre la réussite de la vertébroplastie et sur le positionnement des trocars dans la vertèbre, avec notamment la traversée pédiculaire qui est un moment délicat de l'opération.

Partie 5. Les effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes en chirurgie orthopédique

L'objectif de cette partie est de présenter les études réalisées afin de tester expérimentalement nos prédictions relatives aux effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes en chirurgie orthopédique. Maintenant que nous avons déterminé ce qui dans l'activité relève de la performance et ce qui relève de l'efficacité de traitement, nous pouvons mettre en place des protocoles expérimentaux répondant à notre problématique. Nous présentons dans cette partie les deux études menées sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies, puis sur une tâche de simulation opératoire.

I. INTRODUCTION

Notre objectif est de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique. Nous nous situons dans une démarche de formation professionnelle puisque déterminer les effets du stress sur la performance nous permettra de mettre en place des outils de formation adaptés au contexte professionnel en jeu. En nous appuyant sur la littérature existante que nous avons présentée précédemment, nous avons commencé par défendre l'idée selon laquelle la performance professionnelle devait être conceptualisée comme comprenant les aspects relatifs au résultat de l'action mais également les aspects relatifs à la prise de décision, l'efficacité de traitement. Nous avons donc déterminé par le biais de l'étude 1 ce qui dans l'activité « vertébroplastie » correspondait aux deux aspects de la performance. L'analyse de l'activité nous a également permis de déterminer deux sous-tâches centrales dans l'activité « vertébroplastie », à savoir la lecture et l'interprétation de radiographies et la mise en place des trocars dans la vertèbre.

Nous pouvons à présent déterminer plus précisément les effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes. En nous appuyant sur la Processing Efficiency Theory (Eysenck & Calvo, 1992), nous postulons que le stress va affecter la performance et l'efficacité de traitement des internes différemment selon le niveau de difficulté de la tâche à résoudre et selon leur niveau d'anxiété. Plus précisément, nous postulons que le stress va affecter la performance *output* et l'efficacité de traitement chez les internes interrogés pour les tâches les plus difficiles à résoudre, et ce quelque soit leur niveau d'anxiété. En revanche, pour les tâches les plus simples, nous postulons une diminution de la performance et de l'efficacité uniquement pour les internes les plus anxieux. Pour tester ces prédictions expérimentales, nous adoptons une approche expérimentale. Nous avons réalisé deux études. La première porte sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies. Après avoir mesuré le niveau d'anxiété des participants, nous leur avons fait évaluer des radiographies issues de vertébroplastie, en condition expérimentale neutre et en condition expérimentale stressante. Puis, dans une seconde étude, nous avons fait réaliser une vertébroplastie sur une boîte de simulation en condition expérimentale neutre et stressante.

II. ETUDE 2 : LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE DES INTERNES DANS UNE TACHE DE LECTURE ET D'INTERPRETATION DE RADIOGRAPHIES

Notre objectif est de montrer que le stress affecte les capacités cognitives des internes dans une tâche de lecture et d'analyse de radios en altérant leur efficacité de traitement. Comme nous avons pu le constater préalablement, la tâche de lecture et d'interprétation de radiographies est un aspect fondamental dans la réalisation de la pratique chirurgicale ; il est donc nécessaire de comprendre les stratégies utilisées. Cependant, puisque nous avons également un objectif de formation professionnelle, nous avons besoin de comprendre les stratégies cognitives utilisées par les experts pour analyser une radiographie. Pour cela, nous interrogeons également des experts en vertébroplastie. Leurs passations nous permettront de comparer les stratégies mises en œuvre par les internes au regard de celles utilisées par les experts afin de former les internes à analyser une radiographie de façon efficace.

L'étude a été conçue de manière à vérifier les hypothèses de la théorie de l'efficacité de traitement (Eysenck & Calvo, 1992). Nous postulons une diminution globale de la performance et de l'efficacité de traitement en condition expérimentale stressante. Plus précisément, nous prédisons que dans le cadre de la résolution de tâches simples, les internes les plus anxieux maintiendront leur performance sous stress tandis que leur efficacité de traitement sera fortement affectée. Dans le cadre de la résolution de tâches complexes, nous nous attendons à observer une diminution de performance et d'efficacité de traitement chez tous les participants quel que soit leur niveau d'anxiété.

Nous avons utilisé la technique d'information à la demande (Rimoldi, 1963 ; voir Bisseret, Sébillotte et Falzon, 1999). Cette technique consiste à contraindre l'opérateur à demander les informations dont il a besoin afin de résoudre une situation de travail. En général « *il s'agit de simuler une situation courante pour un expert étudié et dans laquelle on sait qu'il met en œuvre la procédure que l'on veut mettre au jour. On présente donc au sujet une situation de départ offrant un minimum*

d'information et le sujet doit poser des questions pour obtenir des informations qu'il juge nécessaires pour aboutir au résultat » (Bisseret, Sébillotte & Falzon, 1999, p. 85).

Cette technique présente l'avantage de mettre en évidence l'efficacité de traitement des participants et la stratégie de résolution de problème qu'ils utilisent (Rimoldi, 1963) en révélant les informations prélevées dans l'environnement, informations qui permettent au participant de prendre sa décision. Nous avons choisi d'utiliser la même technique en modifiant la procédure générale. Contrairement à la technique classique, nous avons choisi de laisser le participant interagir seul avec le matériel dont il dispose. Pour cela, nous avons choisi d'utiliser la technique du cache électronique en version informatisée (voir Bisseret, Sébillotte & Falzon, 1999, p. 90). Le participant est face à un problème de diagnostic, il prélève lui-même les informations dont il a besoin pour résoudre son problème. Nous avons couplé cette technique à une analyse des mouvements oculaires afin de comprendre l'ordre de traitement des informations. Ainsi, nous pourrions émettre des hypothèses quant à l'importance de certaines zones anatomiques dans la résolution du problème.

Méthode

Participants

Six internes (dont 3 hommes) ont participé à cette étude. Deux chirurgiens hommes ont également réalisé l'étude afin de servir de référent concernant les stratégies cognitives utilisées. La moyenne d'âge des chirurgiens est de 36,5 ans ($ET = 6.4$) et la moyenne d'âge des internes est de 26,6 ans ($ET = 1.9$). Les données de trois sujets ont dû être exclues des analyses : les données relatives à une radio sont manquantes pour un expert et un interne tandis que les mesures physiologiques d'un interne n'ont pas fonctionné. Les données de 4 internes et d'un expert sont donc exploitables pour notre étude (*expert* : 32 ans ; *internes* : $M = 27.5$; $ET = 1.7$). En moyenne, les internes sont en 3^{ème} année d'internat ($ET = 1.15$) au moment de leur

passation. L'expert³² a déjà réalisé 5 vertébroplasties au moment de sa passation et a assisté à plus de 5 vertébroplasties au cours de sa pratique. Les internes ont réalisé 0,5 vertébroplasties en moyenne ($ET = 1$) et ont assisté à 2,5 vertébroplasties en moyenne ($ET = 1$). Concernant le niveau de maîtrise auto-déclaré des participants, l'expert déclare maîtriser la technique vertébroplastie à 5 sur une échelle en 7 points tandis que les internes déclarent avoir une maîtrise de 2,25 en moyenne ($ET = 1.26$) sur la même échelle. De plus, nous avons complété nos mesures par une mesure d'intérêt ressenti pour la pratique. Nous souhaitons, grâce à cette question, vérifier que les participants se sentent réellement investis par la pratique de la vertébroplastie et que donc leur passation serait faite sérieusement. L'expert déclare un intérêt maximal pour sa formation et sa pratique chirurgicale. Les internes déclarent ressentir un intérêt important pour leur formation générale ($M = 6$; $ET = 1.15$) et pour leur future pratique ($M = 5.5$; $ET = 1.73$).

Matériel

Tâche expérimentale. L'exercice proposé aux participants consistait à analyser une série de douze radiographies issues d'opérations réalisées au bloc opératoire et enregistrées dans le cadre de l'étude 1. Les participants devaient émettre un jugement sur la validité de la position du trocart dans la vertèbre. Les radios étant issues d'opérations préalables, la validité ou l'invalidité de la position du trocart correspondait à la réponse donnée par l'expert chirurgien. Ces radios ont été choisies car elles sont prototypiques des critères de validité du modèle de connaissances. Le choix des radios proposées résulte du croisement entre les variables « type de radio » (radio de face vs de profil), « avancée du trocart » (impacté dans l'os vs position finale) et « validité de la position du trocart » (valide vs invalide). Le croisement de ces variables engendre un ensemble de douze radios de trois niveaux de difficulté différents (facile, moyen, difficile).

³² L'expert a été déclaré comme tel bien qu'il soit « jeune » dans sa pratique de vertébroplastie car c'est un chirurgien confirmé qui pratique très fréquemment des chirurgies percutanées complexes faisant intervenir des compétences transférables à celles nécessaires dans la vertébroplastie (rotation mentale, transfert du 2D en 3D...). Il est donc reconnu comme expert par ses supérieurs dans la pratique de la vertébroplastie.

Niveau	Incidence	Nombre de trocart	Position du trocart
Facile	Profil	1	Finale
	Profil	2	Finale
Moyen	Profil	1	Impactée
	Profil	2	Impactée + finale
Difficile	Face	1	Impactée
	Face	2	Impactée

Tableau 10. Constitution du matériel selon l'incidence des radiographies et la position du trocart.

Les radios de niveau faciles sont des radios d'incidence de profil avec le trocart en position finale. Les radios de niveau intermédiaire sont également des radios d'incidence de profil avec pour l'une d'elle le trocart en position impactée et pour l'autre un trocart impacté et un second trocart en position finale. Enfin les radios de niveau difficile sont des radios d'incidence de face avec le trocart (ou les trocarts) en position impactée. Un exemple du détail d'une des radiographies est présenté en annexe de ce document (p. 351).

Les 12 radios ont été réparties en deux tâches de 6 radios chacune, comprenant 2 radios de chaque niveau. Un expert partenaire du projet a validé le choix des radios ainsi que les deux tâches comme étant de niveau équivalent. Un programme informatique réalisé sous MatLab a permis de présenter les différentes radiographies cachées par une matrice de 12x12 cases (144 cases).

Inductions expérimentales. Le stress a été induit par le biais de facteurs de stress socio évaluatifs et temporels. Ces inducteurs ont été choisis car ce sont des facteurs de stress auxquelles les internes sont fréquemment confrontés dans leur pratique (se référer au chapitre 3 pour une présentation des stressors en chirurgie). Afin d'induire le stress évaluatif, une caméra était disposée sur trépied, face aux participants de telle sorte à filmer leur passation. Il leur était indiqué que la passation était filmée afin de servir comme moyen d'évaluation et que leur comportement serait analysé afin d'être comparé à celui des autres internes. Le stress temporel était quant à lui induit par le biais d'une consigne indiquant aux participants qu'ils ne disposaient que de 30 secondes pour analyser chaque radio. De plus, un expérimentateur surveillait le temps mis par le participant et lui indiquait qu'il devait aller plus vite. Dans la condition non stressante, la seule consigne donnée aux

participants était de prendre leur temps pour réaliser l'analyse de chaque radio et de répondre le plus correctement possible.

Mesure d'anxiété. La forme trait de l'inventaire d'anxiété situationnelle et trait d'anxiété (Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970 ; IASTA en français) a été utilisée pour déterminer le niveau d'anxiété individuel. L'échelle d'anxiété-trait se compose de 20 phrases évaluant l'état d'anxiété générale du sujet. Le participant indique l'intensité de ses sentiments sur une échelle de Lickert en 4 points variant de « *presque jamais* » à « *presque toujours* ». Un score compris entre 20 (faible) et 80 (élevé) est calculé pour chaque participant après avoir constaté que l'indice d'homogénéité était excellent ($\alpha = 0,88$). La traduction franco-canadienne de Gauthier et Bouchard (1993) a été utilisée. Une mesure de niveau de stress situationnel a été également réalisée par le biais de l'item « A cet instant, vous sentez-vous : » de « *pas du tout stressé* » à « *très stressé* » sur une échelle de Lickert en 11 points. Cette question a été posée une première fois avant le début de la passation, une seconde à la fin de la première tâche et une troisième fois à la fin de la seconde pour nous permettre de vérifier l'induction expérimentale.

Effort. En adéquation avec la Processing Efficiency Theory (Eysenck & Calvo, 1992) nous avons vérifié le niveau de difficulté auto-déclaré de l'exercice. Cette mesure est prise par le biais de l'item « Avez-vous trouvé l'exercice demandé » de « *très facile* » à « *très difficile* » sur une échelle de Likert en 7 points. De même, un item mesurant la quantité d'effort auto-rapporté a été administré sur une échelle en 11 points allant de « *aucun effort* » (0) à « *effort maximal* » (10). Ces items ont été remplis par chaque participant à la fin de chaque condition (stressante et non stressante).

Fréquence cardiaque. Le rythme cardiaque, communément utilisé comme mesure physiologique de stress, a été mesuré en utilisant un amplificateur électrocardiogramme *Biopac* et le module ECG 100. Les électrodes ont été placées de façon à entourer le cœur (une première électrode sous la clavicule droite et les deux autres sur les côtes).

Conductance cutanée. La résistance galvanique a été choisie comme indicateur complémentaire de stress et a été enregistrée via la centrale d'acquisition *Biopac* et le module *GSR 100*. Deux électrodes ont été placées sur le majeur et l'index de la main non dominante du participant. La conductance cutanée a été mesurée en continu lors de la passation.

Données d'analyse visuelle. Les mouvements oculaires ont été enregistrés par le biais d'un l'eye-tracker (Tobii) installé sur PC, enregistrant et analysant tous les mouvements oculaires. L'eye-tracker permet d'enregistrer les directions des regards et les mouvements des yeux. L'analyse permet de mettre en évidence, à partir des trajets oculaires, les lieux de fixation, les temps de fixation, les zones d'intérêt sur les différentes radiographies et les taux de fixation. Ces derniers font référence au nombre total de fixations et à la durée de chaque fixation pendant la tâche (Williams, Davids, Burwitz, & Williams, 1994).

Temps de réponse. Le temps de réponse des participants a été enregistré par le biais du logiciel *MatLab* installé sur l'ordinateur support de visualisation des radios. Cette mesure correspond au temps nécessaire au participant pour émettre son jugement. Ce temps correspond donc à la durée écoulée entre le début de l'analyse de la radio et l'émission de sa réponse.

Performance. La performance correspond au score global en reconnaissance de validation ou d'invalidation de trajectoire des trocarts. Pour chaque participant, un score sur 6 a été calculé à chaque tâche.

Efficiences. L'efficacité de traitement correspond au temps de réponse des participants ainsi qu'à leurs données d'analyse visuelle. Toutefois, le concept d'efficacité a été enrichi de plusieurs variables supplémentaires. Nous avons intégré les verbalisations en cours d'action (expliquant le pourquoi des prises de décision) comme indicateur de l'efficacité de l'individu ; ainsi que le sens de l'erreur commise (e.g., valide la radio alors qu'elle est non valide ou l'inverse). Une analyse qualitative permet d'utiliser ces indicateurs en s'appuyant sur le modèle de connaissances développé précédemment.

Procédure

Les différentes passations expérimentales ont eu lieu dans la salle de réunion de l'équipe de chirurgie orthopédie au CHU de Grenoble. A leur arrivée en salle, le déroulement général de l'étude était expliqué aux participants. Puis, ils étaient équipés des systèmes de relevés de fréquence cardiaque et de résistance galvanique de la peau. Après contrôle de leur position face à l'écran, de la luminosité de la salle et après calibration de l'oculomètre, un premier relevé de mesures physiologiques était réalisé pour servir de niveau de référence. A ce moment de la passation, les participants remplissaient le questionnaire d'anxiété trait, ainsi que l'item d'anxiété situationnelle. Après induction expérimentale, un essai de familiarisation était proposé à chaque participant. La radio était d'abord présentée en indice pendant 300 ms³³, afin de permettre le repérage spatial du trocart et donc de permettre au participant de commencer l'analyse de la radio dans la zone concernée. Puis, la radio apparaissait sur l'écran en taille normale sous le damier informatisé. Le participant devait dévoiler, en cliquant dessus, les cases qui lui étaient nécessaires et suffisantes pour indiquer si la position du trocart dans la vertèbre était valide ou invalide selon lui (voir Figure 22 pour exemple). Après l'exercice de familiarisation, la tâche expérimentale pouvait commencer. Une fois l'exercice fini, le programme restituait pour l'expérimentateur les coordonnées des cases décochées ainsi que le temps écoulé entre deux cases révélées. Les mesures physiologiques étaient enregistrées tout au long de la passation. En même temps qu'ils découvraient la radio, les participants devaient verbaliser et expliquer ce qui leur permettait de prendre leur décision. L'enregistrement audio débutait automatiquement lorsque le participant cliquait sur la première case de chaque radio et s'arrêtait lorsqu'il émettait sa réponse. Lorsque l'interne estimait avoir toutes les informations nécessaires pour émettre son jugement, il indiquait en cliquant sur l'icône appropriée s'il validait ou non la trajectoire du trocart. A la fin de l'exercice, le participant remplissait les items d'effort et d'anxiété situationnelle. Cette procédure était réalisée dans les deux conditions stressante et non stressante avec randomisation intra sujet. Entre les deux passations, une pause de cinq minutes environ était laissée aux participants pour qu'ils puissent se relaxer et revenir à leur niveau d'activation physiologique de base. Un expérimentateur, qui s'occupait

³³ La durée de présentation de l'indice a été pré testée préalablement auprès d'un expert partenaire du projet.

exclusivement des mesures physiologiques, vérifiait que le participant revenait bien à son niveau d'activation de base avant de donner le signal pour la seconde passation.

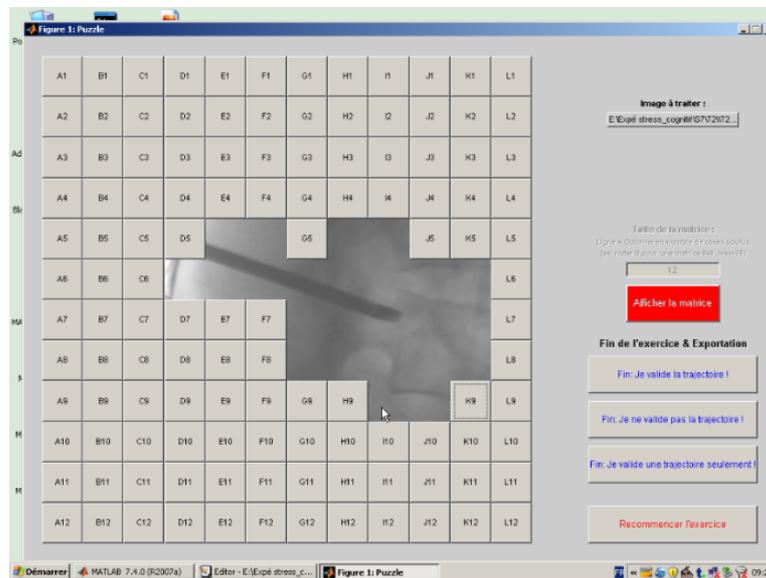


Figure 22. Expérience TID : Exemple de radiographie présentée sous matrice.

Résultats

Etant donné que différents enregistrements ont été réalisés pour cette étude, il a été nécessaire de synchroniser les différents flux obtenus dans un premier temps pour chaque participant avant de réaliser tout traitement.

Vérifications expérimentales

Inductions expérimentales. Concernant l'induction de stress, les participants n'ont pas déclaré avoir ressenti plus d'anxiété lors de la passation stressante ($M_{CS} = 3.2$; $ET = 1.48$) que lors de la passation non stressante ($M_{NS} = 2.8$; $ET = 1.9$), $t < 1$. Nous pouvons également ajouter que les participants n'utilisent que le bas de l'échelle pour indiquer leur niveau d'anxiété ressenti alors que l'échelle était en 11 points. L'expert quant à lui, ne trouve pas de différence au niveau de stress ressenti entre les deux passations expérimentales.

Niveau d'anxiété générale. Un score d'anxiété général a été calculé pour chaque participant. L'expert n'est pas de nature anxieuse puisqu'il obtient le score minimal de 20 sur 80. En revanche, les internes sont plus anxieux puisqu'ils ont un score moyen de 35.25 ($ET = 4.4$) ; cependant aucun d'eux n'a de personnalité anxieuse au sens de Spielberger (1983). Nous ne pouvons donc pas au vu de notre échantillon tester les différentes prédictions de la PET, notamment les prédictions d'Eysenck et Calvo (1992) pour des individus fortement anxieux.

Mesure d'effort. L'expert a déclaré ne pas avoir fourni plus d'effort dans la passation stressante que dans la passation non stressante. Les internes n'ont en moyenne pas déclaré devoir fournir plus d'effort dans la passation stressante ($M_{CS} = 4.25$; $ET = 2.9$) que dans la passation neutre ($M_{CN} = 3.5$; $ET = 3.1$), $t < 1$. Nous pouvons également observer une grande variabilité interindividuelle entre les internes.

Mesures physiologiques. Les mesures physiologiques de fréquence cardiaque et de conductance cutanée relevées en continu ont été moyennées pour chaque participant, par radiographie. Puis, les données ont été normalisées par rapport à la mesure prise au repos. Les participants ne sont pas plus « activés » au niveau cardiaque en condition neutre qu'en condition stressante ($M_{CN} = 106.5$; $M_{CS} = 108.7$), $t(29) = -1.29$, $p < .206$. Les mesures galvaniques, également indicateur du niveau de stress ressenti par les participants, vont dans le même sens ($M_{CN} = 130.1$; $M_{CS} = 133.4$; $t(23) = -0.99$, $p < .330$).

Test des hypothèses

Bien que nos mesures auto rapportées et nos mesures physiologiques ne soient pas significatives, cela ne remet pas en cause le test de nos hypothèses puisque comme nous le verrons dans cette section, nous observons tout de même des différences entre les deux conditions expérimentales.

Performance. En condition neutre, l'expert évalue correctement chaque radio qui lui est présentée. Dans la condition stressante, il fait deux erreurs de validation sur les

radios les plus faciles obtenant un score de 4 sur 6. Au regard de la PET, nous nous attendions à ce que la performance de l'expert, qui est un individu peu anxieux, soit affectée sur les tâches les plus complexes, or nous observons l'inverse.

La performance des internes est tendanciellement dégradée en condition stressante, $t(4) = 2,236, p = 0,089$. Les internes ont un score de performance plus élevé en condition neutre ($M_{CN} = 3.75$; Min = 3 ; Max = 4) qu'en condition stressante ($M_{CS} = 3$; Min = 2 ; Max = 4). Deux internes maintiennent leur performance quelque soit la condition expérimentale.

En condition neutre, la distribution des différentes erreurs commises par les participants est plutôt homogène au sein des 3 blocs de complexité puisqu'ils commettent 3 erreurs de validation sur les radios de chaque niveau (facile, intermédiaire, difficile). En revanche, en condition stressante, ils commettent 2 erreurs sur les radios faciles, 6 erreurs sur les radios intermédiaires et 6 erreurs sur les radios difficiles. De plus, ce sont les tâches les plus complexes qui sont les plus dégradées comme le suggère la théorie du processus efficient car selon Eysenck et Calvo (1992) ce sont celles qui nécessitent le plus de stockage en mémoire de travail de la part des participants.

Efficienc e de traitement. Comme indiqué précédemment, nous utilisons le temps de réponse³⁴ des participants, le type d'erreurs qu'ils commettent, leurs comportements oculaires et leurs verbalisations comme indicateurs d'efficience.

Temps de réponse des participants. Tous les participants mettent en moyenne plus de temps à réaliser la tâche en condition non stressante ($M_{CN} = 43.12$; $ET = 4.39$) qu'en condition stressante ($M_{CS} = 26.59$; $ET = 2.79$) et cela de façon significative $t(29) = 4,517, p < .001$; respectant ainsi les consignes de pression temporelle. Lorsque nous détaillons les temps mis par les participants, nous pouvons observer que l'expert met certes plus de temps en condition neutre ($M_{CN} = 74.6$) qu'en condition stressante ($M_{CS} = 37.5$) mais il met en moyenne plus de temps que les internes qui sont très rapides dans leur analyse dans les deux conditions ($M_{CN} = 35.3$; $M_{CS} = 23$). Cette rapidité que les internes mettent à analyser les radios, notamment dans la situation neutre dans laquelle il leur était précisé qu'ils pouvaient prendre tout leur temps pour

³⁴ Les temps sont exprimés en secondes

analyser les radios, peut être un des hypothèses explicatives des erreurs qu'ils commettent.

Quantité d'informations visuelles et type d'erreurs commises. Il est important de comprendre la façon dont les radios ont été analysées ainsi que le type d'erreur qui a été commis par les participants car la nature même de l'erreur peut nous amener des informations sur les stratégies cognitives des participants en situation de stress.

En moyenne, l'expert décoche 34,8 cases ($ET = 8$) en condition neutre tandis qu'il décoche 27,66 cases en condition stressante ($ET = 6,1$). Il prend donc plus d'informations visuelles afin d'émettre son jugement en condition neutre qu'en condition stressante. De plus, et comme nous l'avons déjà observé, l'expert commet deux erreurs dans la condition expérimentale stressante, ces erreurs sont commises sur les radios pour lesquelles il prend le moins d'informations visuelles ($N = 21$). Enfin, il apparaît que dans la condition stressante, l'expert invalide des trajectoires qui sont en réalité valides. Nous pouvons donc émettre d'hypothèse selon laquelle il fait preuve de davantage de précaution dans la condition expérimentale stressante préférant invalider les radios par manque de temps.

Pour ce qui est des internes, ils ont également la même tendance à décocher plus de cases en condition neutre ($M = 35.04$; $ET = 15.8$) qu'en condition stressante ($M = 29.79$; $ET = 11.3$) et cette différence est significative $t(23) = 2,054$, $p = 0,052$. Les internes prennent donc plus d'informations visuelles en situation neutre. Ce résultat n'est pas très surprenant puisqu'ils disposent également de plus de temps en situation neutre donc ils ont le temps de faire une analyse plus complète. Cependant et contrairement à l'expert, ce n'est pas sur les radios pour lesquelles ils prennent le moins d'informations qu'ils commettent le plus d'erreurs ($M_{\text{faux}} = 32.48$; $ET = 15.33$; $M_{\text{juste}} = 32.41$; $ET = 12.85$).

Concernant le type d'erreur qu'ils commettent, les internes invalident majoritairement des trajectoires qui sont en réalité valides quelle que soit la situation, mais ils le font encore plus fortement en situation de stress. En effet, ils invalident 5 trajectoires sur 9 en situation neutre contre 8 trajectoires sur 12 en situation stressante. Les internes interrogés semblent donc également faire preuve de davantage de précaution dans la condition expérimentale stressante. Les participants de notre étude semblent donc

contrebalancer le fait qu'ils prennent leur décision sous pression temporelle par davantage de précaution dans leur jugement.

Verbalisations. Concernant les verbalisations émises par nos participants, des retranscriptions ont permis d'observer qu'aucun d'entre eux ne verbalise spontanément que ce soit en condition stressante ou en condition neutre. Cette absence de verbalisation spontanée peut être le signe que tous se concentrent. Les seules verbalisations émises le sont après relance de l'expérimentateur et visent uniquement à retranscrire les zones observées après analyse. Elles sont donc toutes du type « *ben je cherche le trocart, puis la vertèbre... et le trocart passe bien par le pédicule... donc je valide la trajectoire* ». Les participants indiquent qu'ils cherchent le trocart, la vertèbre, le pédicule et le point d'entrée du trocart dans la vertèbre ; le niveau de détail dans l'expression de leur analyse reste très superficiel. Il s'est avéré difficile dans cette étude pour les internes et l'expert d'expliquer leur choix et l'analyse cognitive qu'ils font en cours d'action.

Comportements oculaires et stratégies cognitives. Afin de mettre en évidence les comportements oculaires des participants et leurs stratégies cognitives, une mise en correspondance entre les cases de la matrice (144 cases par radio) et la zone anatomique sur la radio a été réalisée. Pour chaque radio analysée par les participants, quatre grandes zones ont été marquées : la vertèbre lésée, la vertèbre supérieure (celle juste au dessus de la vertèbre lésée), la vertèbre inférieure (celle juste en dessous de la vertèbre lésée) et le (ou les) trocart(s). Un exemple de cette mise en correspondance est disponible en annexe de ce document. Ce choix de découpage a été réalisé puisque, suite à l'analyse de l'activité, nous avons découvert l'importance de ces quatre grandes zones pour réaliser le geste vertébroplastie. Les autres cases de la radiographie ont été marquées comme vides. Pour chaque radio, nous avons regardé le nombre de fixations par zones d'intérêt ainsi que la durée de ces fixations. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant. La durée des fixations par zone est notée FL tandis que le nombre de fixation par zone est noté FC.

PARTIE EMPIRIQUE

		FL_Trocart	FL_Vert.lésée	FL_Vert.sup	FL_Vert.inf	FC_Trocart	FC_Vert.lésée	FC_Vert.sup	FC_Vert.inf
Expert	Facile	55,5	55,3	4,3	0,5	1845	1837	143	17
	Neutre	41,4	40	13,3	1	1382	1245	445	35
	Difficile	65,6	101,9	25,8	10,2	2186	3390	859	338
	Facile	18	19,3	1,1	0	599	644	38	1
	Stress	16,4	17,8	3	0,1	549	595	100	3
	Difficile	62	96,6	2,7	3,4	2068	3224	90	113
Novices	Facile	15,8 (5,1)	18,4 (6,5)	3,2 (2)	0,4 (0,9)	526,8 (170,6)	615,2 (217,6)	106,2 (67,8)	13,8 (31,4)
	Neutre	14 (5,5)	14,5 (8)	1,8 (2,3)	0,7 (1,3)	470 (186)	310,5 (376,2)	62,1 (78,1)	22,4(43,2)
	Difficile	13,9 (16,5)	22,4 (16,8)	7 (6)	3 (3)	463,7 (550,9)	748,5 (562,8)	234,4 (201,6)	100,7 (100,1)
	Facile	11,5 (5,2)	12,9 (5,4)	1 (1,1)	0 (0)	384,6 (175,1)	430,1 (181,9)	34 (36,6)	0,5 (1,4)
	Stress	10,9 (5,5)	11,2 (5,6)	2,1 (1,7)	0,3 (0,4)	364,3 (184,7)	376 (187,9)	70,6 (57,4)	9,2 (14,6)
	Difficile	9,9 (8,83)	15,12 (8,47)	0,30 (0,44)	5,4 (3,66)	330,38 (294,73)	504,88 (282,78)	10,5 (15,3)	180,62 (122,5)

Tableau 11. Comportements oculaires des participants selon la tâche réalisée, le niveau de difficulté des radios évaluées et les zones d'intérêt principales.

Il apparaît que l'expert regarde davantage les principales zones d'intérêt en situation neutre ($M_{CN} = 1143.5$; $ET = 1039.6$) qu'en situation stressante ($M_{CS} = 668.67$; $ET = 989.3$), $t(11) = 3,677$, $p = 0,004$. De même, on observe un effet significatif de la durée des fixations dans les principales zones d'intérêt, $t(11) = 3,712$, $p = 0,003$ puisque l'expert regarde plus longtemps les zones d'intérêt en situation neutre ($M_{CN} = 33.56$; $ET = 31,28$) qu'en situation stressante ($M_{CS} = 20.03$; $ET = 29,65$). Ce même résultat se retrouve de façon tendancielle en détail pour chacune des zones d'intérêt $ps < 0,15$ sauf pour la vertèbre inférieure, $ps = ns$. Ainsi, l'expert a tendance à analyser moins fréquemment et moins longtemps les zones d'intérêt relatives au trocart, à la vertèbre lésée et à la vertèbre supérieure en situation stressante. En revanche, il regarde aussi peu fréquemment et aussi longtemps la vertèbre inférieure.

Concernant les comportements oculaires des internes, on observe un effet significatif du nombre d'indices visuels pris, $t(95) = 2,745$, $p = 0,007$. Les internes regardent davantage les principales zones d'intérêt en situation neutre ($M = 306.2$; $ET = 358$) qu'en situation stressante ($M = 224.6$; $ET = 240$). De façon détaillée, le nombre de fixations oculaires des internes n'est pas identique selon les zones d'intérêt analysées. On observe un effet tendanciel des internes à regarder moins fréquemment le trocart en situation stressante ($M = 359.8$; $ET = 216$) qu'en situation neutre ($M = 486.8$; $ET = 335.5$), $t(23) = 1,696$, $p = 0,103$. On observe également un effet significatif du nombre de fois où les internes regardent la vertèbre supérieure, $t(23) = 2,756$, $p = 0,011$. Ils regardent moins fréquemment la vertèbre supérieure en situation de stress ($M = 38.3$; $ET = 46$) qu'en situation neutre ($M = 134.2$; $ET = 145.6$). En revanche, il n'y a pas d'effet de la condition expérimentale sur les zones relatives à la vertèbre lésée ($p > .15$) et à la vertèbre inférieure ($p > .45$).

En ce qui concerne la durée des fixations dans les principales zones d'intérêt on observe un effet significatif, $t(95) = 3,381$, $p = 0,001$. Les internes regardent plus longtemps les principales zones d'intérêt en situation neutre ($M = 9.6$; $ET = 10.6$) qu'en situation stressante ($M = 6.7$; $ET = 7.2$). De façon détaillée, la durée des fixations des internes oculaires des internes n'est pas identique selon les zones d'intérêt analysées. On observe un effet significatif de la durée des fixations sur les zones relatives à la vertèbre lésée, $t(23) = 2,493$, $p = 0,02$ et à la vertèbre supérieure,

$t(23) = 2,758$, $p = 0,01$. Les internes regardent moins longtemps ces deux zones d'intérêt en situation stressante ($M_{VL} = 13$; $ET_{VL} = 6.5$ et $M_{VS} = 1.1$; $ET_{VS} = 1.38$) qu'en situation neutre ($M_{VL} = 18.4$; $ET_{VL} = 11.4$ et $M_{VS} = 4$; $ET_{VS} = 4.3$). En revanche, on n'observe qu'une tendance de la part des internes à regarder moins longuement le trocart en situation stressante, $t(23) = 1,696$, $p = 0,10$ avec des durées de fixation moins longues en condition de stress ($M = 10.78$; $ET = 6.47$) qu'en condition neutre ($M = 14.6$; $ET = 10$). Les résultats concernant la vertèbre inférieure ne sont pas significatifs, $p > 0,4$.

Ces principaux résultats nous permettent de dire qu'en condition de stress induit par pressions évaluative et temporelle, les comportements oculaires des internes interrogés sont modifiés. Les internes regardent moins fréquemment et moins longuement certaines zones d'intérêt principales. Ce résultat n'est pas surprenant dans la mesure où les participants disposent de plus de temps en condition neutre donc ils peuvent faire des analyses plus longues et plus fréquentes ; cela dit ces analyses sont intéressantes dans la mesure où elles nous indiquent ce que privilégient les participants en situation de pression temporelle.

Afin de mettre en évidence les stratégies cognitives des participants en situation neutre et en situation stressante, nous nous sommes intéressés aux zones d'intérêt que cherchaient à voir les participants (i.e., cases qu'ils ont effectivement décochés) et à la séquence de leurs fixations (i.e., liaisons entre les zones d'intérêt). Comme précédemment, nous avons utilisé le découpage des radiographies en grandes zones anatomiques (trocart, vertèbre lésée, vertèbre supérieure et vertèbre inférieure) et en plus nous avons, pour chacune des 3 vertèbres, réalisé un découpage plus précis. Ce découpage correspondait aux zones anatomiques suivantes : le plateau inférieur, le plateau supérieur, le corps vertébral, le mur postérieur, le mur antérieur, le pédicule droit et le pédicule gauche. Concernant le (ou les) trocart(s), un découpage supplémentaire a pris en compte le point d'entrée du trocart dans la vertèbre ainsi que l'extrémité de l'outil.

Les stratégies cognitives de l'expert.

Le tableau ci-dessous représente le pourcentage de cases décochées par l'expert dans chaque grande zone d'intérêt ; il nous permet de mettre en évidence les stratégies cognitives de l'expert en condition neutre et en condition stressante.

Tache	Niveau	Radio	Trocart	Vertèbre lésée	Vertèbre supérieure	Vertèbre inférieure	Cases Vides
Neutre	Facile	R1	100	81	11	0	33
		R2	94	100	0	0	20,6
	Intermédiaire	R3	92	92	25	0	39
		R4	78,5	92	50	0	32,5
	Difficile	R5	77,7	100	92	60	31
		R6	92,5	100	100	60	23
Stress	Facile	R1	100	95	10,5	0	21
		R2	100	100	0	0	24
	Intermédiaire	R3	58	71	28,5	0	21,8
		R4	90	100	25	18	25
	Difficile	R5	85	100	57	50	35,5
		R6	100	100	42	18,75	7

Tableau 12. Pourcentage de cases décochées par l'expert dans les principales zones d'intérêt selon le niveau de stress et le niveau de difficulté des radios.

De façon générale, nous pouvons observer que l'expert décoche autant de cases dédiées au trocart dans la condition neutre ($M = 89.1$; $SD = 9$) que dans la condition stressante ($M = 88.8$; $SD = 16$). Nous observons la même chose concernant la vertèbre lésée. L'expert décoche autant de cases dédiées à la vertèbre lésée dans la condition neutre ($M = 94.1$; $SD = 7$) que dans la condition stressante ($M = 94.3$; $SD = 11$). Ces deux éléments ne sont pas surprenants puisque la consigne indiquait de valider (ou d'invalider) la trajectoire du trocart dans la vertèbre, il était nécessaire de voir correctement ces éléments pour émettre un jugement. Concernant les éléments périphériques à la vertèbre lésée sur lesquels l'expert peut s'appuyer pour émettre son jugement, nous observons les éléments suivants : nous remarquons une tendance de

l'expert à décocher moins de cases relatives à la vertèbre supérieure en condition stressante ($M = 27.1$; $ET = 20$) qu'en condition neutre ($M = 46.3$; $ET = 42$) ; $t(5) = 1,91$, $p = 0,114$. Nous notons également que l'expert décoche autant de cases relatives à la vertèbre inférieure en condition stressante ($M = 14.4$; $ET = 19$) qu'en condition neutre ($M = 20$; $ET = 30$), $t < 1$. Afin de comprendre plus précisément les stratégies utilisées par l'expert, nous nous sommes intéressés au nombre de cases vides qu'il décochait. Cet élément nous semble important car il peut être également révélateur de l'état dans lequel se trouvaient nos participants pendant l'étude. En effet, cocher des cases « vides » peut permettre aux participants d'avoir plus de temps pour prendre leur décision. Les résultats de l'expert mettent en évidence qu'il a eu tendance à décocher moins de cases vides dans la tâche stressante ($M = 22.3$; $ET = 9$) que dans la tâche neutre ($M = 29.8$; $ET = 6,8$) et cela de façon tendancielle $t(5) = 1,92$, $p = 0,112$.

Concernant maintenant la stratégie utilisée selon le niveau de difficulté de la radio, nous pouvons noter que l'expert utilise les indices périphériques à la vertèbre lésée. La vertèbre supérieure est quasi toujours utilisée quelle que soit la tâche et surtout pour les radios de niveau intermédiaire ou difficile. Plus spécifiquement, l'expert utilise le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Comme nous l'avons vu dans l'étude 1, le parallélisme des plateaux est un garant de la bonne qualité de la radio. Dans l'étude 1, nous avons extrait la connaissance selon laquelle « si les plateaux sont parallèles alors la radio est une radio de profil dans le plan frontal » (radio profil). Les experts s'appuient sur cette connaissance pour vérifier que l'incidence de la radio est correcte et que donc les plans anatomiques sont également parallèles. L'utilisation de cette connaissance ressort ici dans toutes les radios de profil (radios 1 à 4 de la tâche 1 et 2).

Dans la tâche neutre :

Les Figures ci-après représentent les stratégies cognitives suivies par l'expert.

Radios de niveaux facile et intermédiaire (incidence de profil) :

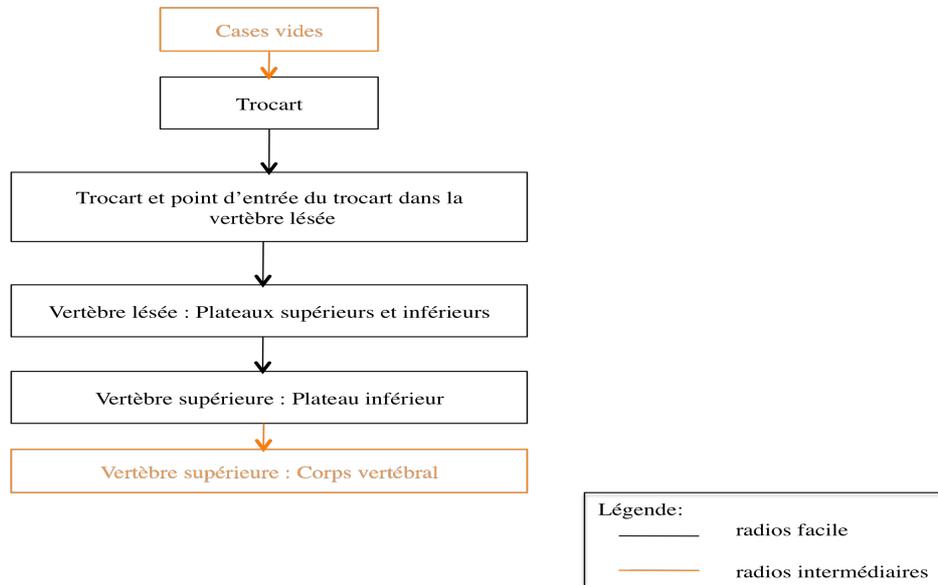


Figure 23. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveaux facile et intermédiaire dans la tâche neutre.

En ce qui concerne la stratégie de l'expert, pour les radios de niveaux faciles et intermédiaires, il fait une recherche systématique en se concentrant sur le trocart, la vertèbre lésée et la vertèbre supérieure. Il commence par décocher le trocart, il cherche ainsi à vérifier l'orientation de l'outil car il sait qu'il doit être dirigé avec une inclinaison de 15° dans la vertèbre. Puis, il vérifie la position du point d'entrée osseux dans la vertèbre sachant que la traversée du pédicule est l'élément déterminant pour émettre sa décision. Il décoche ensuite les plateaux supérieurs et inférieurs de la vertèbre lésée. Cela lui permet d'avoir une vision globale de la vertèbre. Cela lui permet également (et surtout) de vérifier la qualité de l'incidence radiographique, pour cela il s'appuie sur le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Il sait que les plateaux des vertèbres doivent être parallèles pour que l'incidence radio soit correcte. Ce contrôle lui permet d'émettre son jugement de validité ou d'invalidité.

Concernant le niveau intermédiaire, nous pouvons noter que l'expert a eu des difficultés afin de repérer spatialement le trocart dans la vertèbre, il a donc commencé son analyse par des cases vides. De plus, à la fin de son analyse, il décoche davantage

le corps vertébral de la vertèbre supérieure, il cherche ainsi davantage à vérifier les critères relatifs à la qualité de l'incidence de la radio.

Radio difficile (incidence face) :

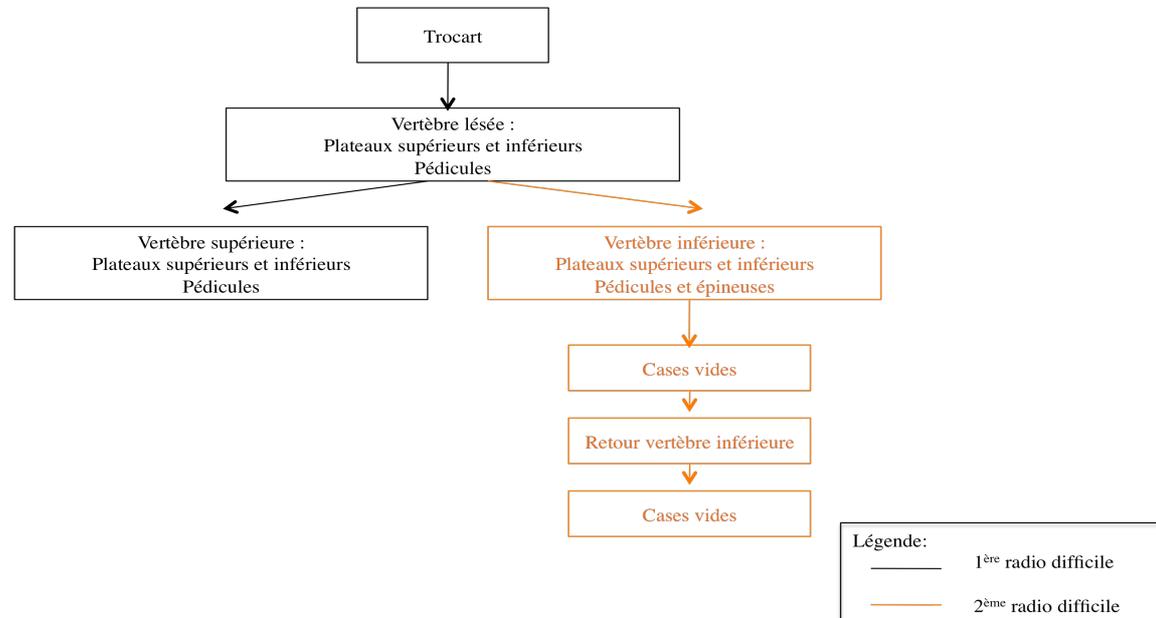


Figure 24. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveau difficile dans la tâche neutre.

Concernant les radios difficiles, l'expert suit également une analyse très linéaire passant du trocart, à la vertèbre lésée, à la vertèbre supérieure et enfin à la vertèbre inférieure, quand il lui manque encore des informations. Il cherche de façon plus importante que pour les radios neutres des informations concernant la qualité de l'incidence radiographique. Il cherche à vérifier le positionnement des plateaux dans l'espace, la symétrie des pédicules par rapport à l'épineuse et il vérifie ces informations dans les vertèbres lésées et supérieures. Pour les radios faciles, il se contentait du plateau inférieur de la vertèbre supérieure, cette fois, il utilise presque toute la vertèbre supérieure pour émettre son jugement. Pour la seconde radio difficile, il s'appuie également sur la vertèbre inférieure. Il cherche à avoir une parfaite représentation de la position spatiale du rachis. L'analyse qu'il a faite de cette deuxième radio montre que l'expert a eu une hésitation avant d'émettre sa réponse. Après avoir cherché la vertèbre inférieure il s'est arrêté un moment avant de chercher de nouvelles informations dans la vertèbre inférieure. Puis, il a de nouveau décoché des cases vides avant d'émettre son jugement final. Il indiquera ultérieurement avoir

décoché ces cases vides afin de gagner du temps et continuer de vérifier les critères relatifs à la qualité de la radio et au point d'entrée du trocart dans le pédicule. Ces incidences difficiles nécessitent que l'expert prolonge mentalement le trocart dans le pédicule puis dans la vertèbre. Il focalise donc son attention sur ce point d'entrée pédiculaire et sur l'orientation du trocart, ces deux éléments lui permettent de projeter mentalement la trajectoire du trocart dans la vertèbre.

En résumé, dans la condition neutre, l'expert analyse les radiographies en vérifiant des éléments relatifs aux connaissances suivantes :

- La position du point d'entrée osseux
- La position du point de sortie pédiculaire
- La qualité de l'incidence radiographique

Ces trois éléments sont recherchés systématiquement dans l'analyse qu'il fait des radiographies. Ils participent aux schèmes « impacter le trocart », « faire progresser le trocart » et « interpréter les radios ». Ces schèmes sont fondamentaux pour que l'expert interprète les radiographies.

Dans la tâche stressante :

Radios de niveaux facile et intermédiaire (incidence de profil) :

Concernant les quatre premières radios évaluées (niveau facile et intermédiaire), l'expert suit à priori la même stratégie d'analyse que dans la tâche non stressante. La différence observée tient dans le nombre d'informations visuelles prises sur la vertèbre supérieure : l'expert ne décoche que le minimum d'informations visuelles sur le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. De plus, à la fin de son analyse, il revient presque systématiquement et pour chaque radio sur la vertèbre lésée.

PARTIE EMPIRIQUE

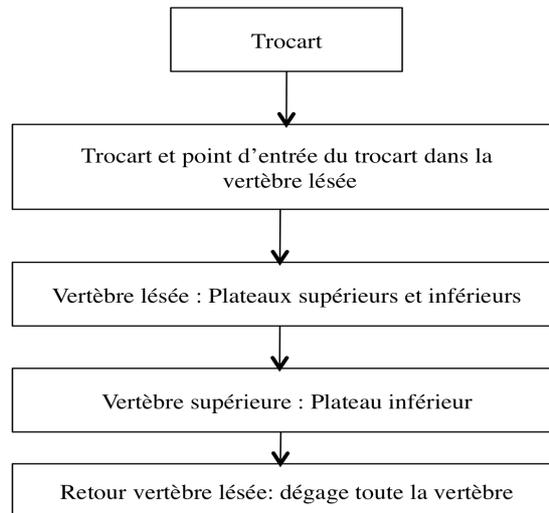


Figure 25. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveaux facile et intermédiaire dans la tâche stressante.

Comme précédemment, l'expert s'appuie sur les connaissances relatives à la qualité de l'incidence de la radio, au point d'entrée du trocart dans la vertèbre et à la position finale du trocart dans la vertèbre. Après avoir fini d'analyser ses radios, il indique que le plus important est d'abord de savoir si la qualité de la radio est correcte : si elle est correcte il peut émettre un jugement, si elle n'est pas correcte, il invalide directement la trajectoire, ne pouvant se fier à ce qu'il voit. Puis, il indique vérifier le point d'entrée osseux du trocart dans le pédicule. Ses décisions dépendent en grande partie de ces aspects.

Nous remarquons également que l'expert commet ses deux erreurs de validation de trajectoire sur ces radios. Pour l'une de ces erreurs, il suit rigoureusement sa stratégie habituelle. Pour l'autre, il change sa technique et ne cherche que le trocart et la vertèbre lésée, il ne vérifie pas la qualité de l'incidence de la radio avec le plateau inférieur de la vertèbre supérieure.

Radio difficile (incidence face) :

Concernant les radios difficiles, nous pouvons remarquer que l'expert utilise de nouveau une stratégie linéaire, mais que les connaissances auxquelles il a recours sont modifiées. Cette fois, et contrairement aux radios difficiles dans la condition neutre, il ne vérifie que succinctement le parallélisme des plateaux en s'appuyant sur le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Il ne prend pas en compte le plateau supérieur de la vertèbre supérieure, ni d'ailleurs sur les pédicules. Il se contente de

cette information sur la vertèbre inférieure. Il minimise donc les critères de vérification de validité de l'incidence radio.

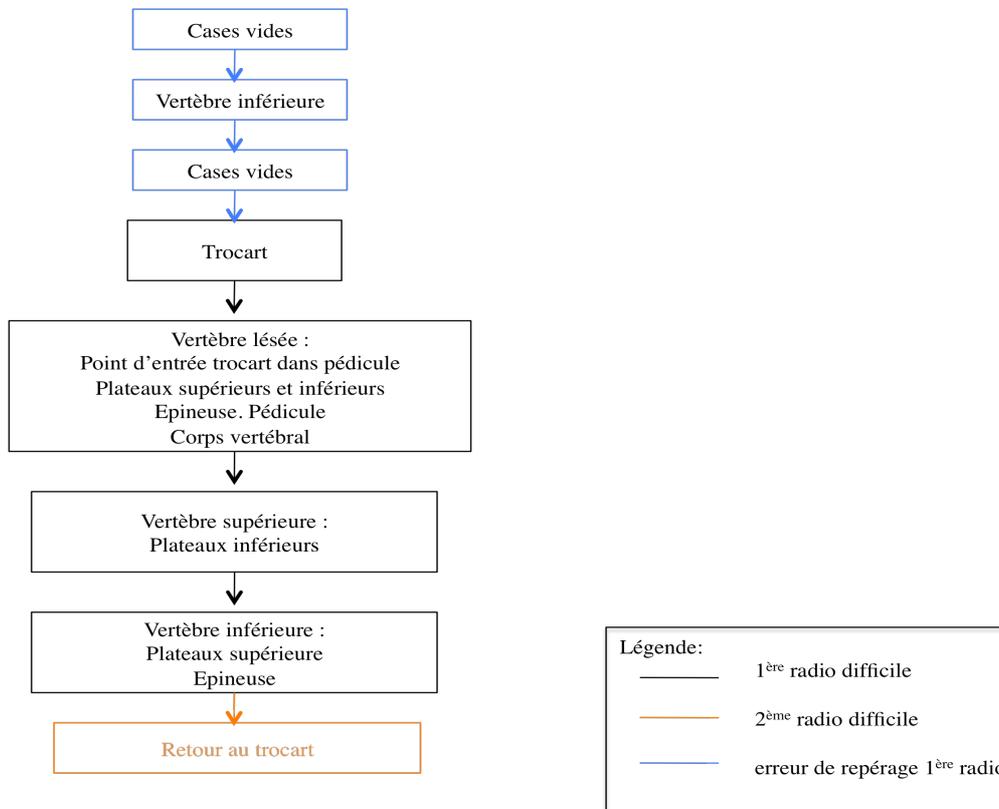


Figure 26. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveau difficile dans la tâche stressante.

Nous pouvons également ajouter que dans le cadre de la 2^{ème} radio difficile, l'expert fait à la fin de son analyse linéaire un retour au trocart. Il décoche les cases correspondantes à l'extrémité des trocarts (2 trocarts dans la radio 6). Il a voulu vérifier l'inclinaison des trocarts dans la vertèbre puisque comme nous l'avons vu dans l'étude 1, l'inclinaison est un critère de validité de l'orientation du trocart. Elle lui permet aussi de projeter mentalement la trajectoire du trocart dans la vertèbre.

Nous pouvons également ajouter que, au début de son analyse, l'expert fait une erreur dans le repérage spatial du trocart dans la radio. Cette erreur semble l'avoir déstabilisé au début de son analyse. Toutefois, dès lors qu'il retrouve le trocart il repart sur sa stratégie habituelle.

En résumé, dans la condition stressante, l'expert mobilise les schèmes « impacter le trocart », « faire progresser le trocart » et « interpréter les radios ». Il

confirme ainsi l'importance des ces schèmes dans la lecture et l'interprétation de radiographies. Toutefois, par manque de temps, il néglige le schème lié à l'interprétation des radiographies pour les radios les plus difficiles. Son efficience de traitement est modifiée.

Les stratégies cognitives des internes.

Afin de mettre en évidence les stratégies cognitives des internes, nous avons procédé de la même façon que pour l'expert.

Tache	Niveau	Radio	Trocart	Vertèbre lésée	Vertèbre supérieure	Vertèbre inférieure	Cases Vides
Neutre	Facile	R1	75 (10)	95 (9)	42 (17)	3 (5)	24 (13)
		R2	86 (10)	96 (7)	28 (25)	14 (28)	25 (10)
	Intermédiaire	R3	94 (8)	92 (17)	41 (27)	0	39 (10)
		R4	70 (12)	88 (25)	36 (21)	13 (25)	41 (8)
	Difficile	R5	61 (11)	90 (21)	48 (24)	75 (50)	30 (15)
		R6	64 (18)	92 (17)	96 (7)	48 (34)	21 (9)
Stress	Facile	R1	97 (6)	82 (25)	14 (10)	0	25 (6)
		R2	90 (11)	96 (8)	29 (20)	0	33 (11)
	Intermédiaire	R3	69 (14)	79 (27)	36 (17)	0	33 (7)
		R4	73 (32)	88 (25)	21 (14)	14 (9)	25 (9)
	Difficile	R5	86 (20)	98 (5)	30 (23)	39 (21)	15 (16)
		R6	77 (30)	98 (3)	34 (23)	60 (36)	18 (13)

Tableau 13. Pourcentage moyen de cases décochées par les internes dans les principales zones d'intérêt selon le niveau de stress et le niveau de difficulté des radios.

Comme pour l'expert, ce tableau nous permet de mettre en évidence les stratégies des internes dans leur analyse de radiographies.

Nous observons que les internes semblent décocher moins de cases relatives au trocart dans la condition neutre ($M = 74.9$; $ET = 16$) que dans la condition

stressante ($M = 81.9$; $ET = 6.8$) mais cette différence n'est pas significative $t(23) = -1.55$, $p = 0.13$. Concernant la vertèbre lésée, il n'y a pas d'effet principal de la condition sur le pourcentage de zone découverte, les internes prenant autant d'informations visuelles en condition neutre ($M = 91.9$; $ET = 15.6$) qu'en condition stressante ($M = 89.8$; $ET = 18.3$), $p = ns$. De même, il n'y a pas d'effet de la condition expérimentale sur le nombre d'informations visuelles prises au niveau de la vertèbre inférieure : les internes prennent aussi peu d'informations visuelles au niveau de la vertèbre inférieure en condition neutre ($M = 25.3$; $ET = 37.8$) qu'en condition stressante ($M = 18.7$; $ET = 28$), $p = ns$. En revanche, on observe un effet principal de la condition expérimentale sur le pourcentage de zone découverte de la vertèbre lésée et sur le nombre de cases vides décochées. Les internes découvrent moins de zones relatives à la vertèbre supérieure en condition stressante ($M = 27.17$; $ET = 18.3$) qu'en condition neutre ($M = 48.4$; $ET = 29.6$), $t(23) = 4.29$, $p < 0.001$. De même, ils décochent moins de cases vides en condition stressante ($M = 24.8$; $ET = 12$) qu'en situation neutre ($M = 30$; $SD = 14$), $t(23) = 2.016$, $p = 0.056$.

Globalement, dans leur stratégie de résolution de problème, les internes semblent avoir un schéma des connaissances à valider afin de répondre à la question posée et vont donc mobiliser leurs connaissances dans cet objectif. Ils cherchent le trocart, le point d'entrée du trocart dans la vertèbre et les pédicules lorsqu'ils sont visibles. Cependant, une des internes ne résout pas le problème de la même façon que les autres puisqu'elle utilise une stratégie « minimaliste ». Ainsi, puisque les stratégies utilisées diffèrent entre les internes nous présenterons les données de cette interne indépendamment de celles des autres.

*Données des trois internes utilisant la même stratégie de résolution de problème***Dans la tâche neutre :**

La Figure ci-après illustre les décisions prises par les internes en situation neutre.

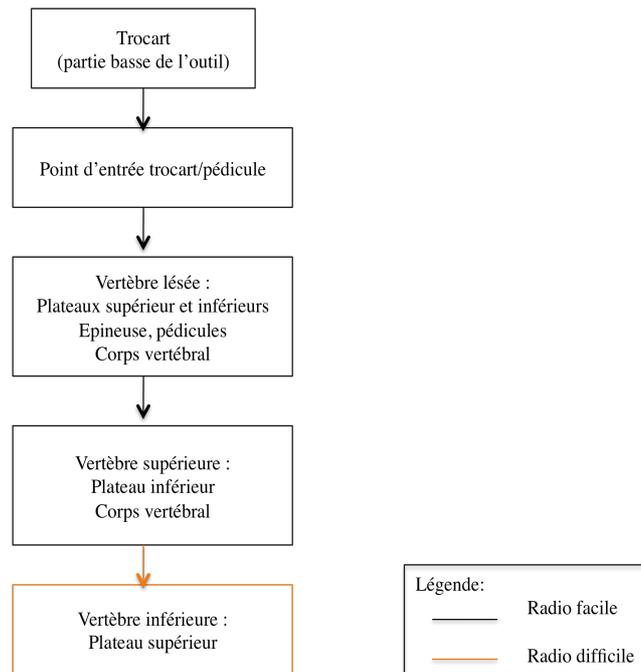


Figure 27. Stratégie utilisée par les internes dans l'analyse des radios dans la tâche neutre.

Dans la condition neutre, les internes ont tendance à ne décocher qu'une partie du trocart. Ils utilisent la partie basse de l'outil, celle qui est en contact avec le pédicule. Ils vérifient ainsi le point d'entrée du trocart dans le pédicule et le passage du pédicule. Ils cherchent à vérifier que le point d'entrée osseux du trocart soit bien situé au centre du pédicule. Cependant, ils ne décochent pas tout l'outil alors même que cela pourrait être un indicateur de la direction, de l'instrument. Ils ne cherchent donc pas à projeter mentalement l'outil dans la vertèbre. Pour ce qui est de l'interprétation de la qualité des incidences radio, ils utilisent les plateaux des vertèbres, en comparant les plateaux supérieurs et inférieurs de la vertèbre lésée avec le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Ils savent que ces plateaux doivent être parallèles pour que la qualité de l'incidence radio soit acceptable. Ils utilisent également les pédicules de la vertèbre supérieure, qui pour les radios de face doivent

être situés de façon symétrique par rapport à l'épineuse. Dans les cas des radiographies les plus difficiles, ils utilisent également le plateau supérieur de la vertèbre inférieure afin d'émettre leur jugement. Ils connaissent donc l'importance de la qualité de l'incidence de la radiographie.

En résumé, dans la condition neutre, ces 3 internes analysent les radiographies en vérifiant des éléments relatifs aux connaissances suivantes :

- La position du point d'entrée osseux
- La position du point de sortie pédiculaire
- La qualité de l'incidence radiographique

Ces trois éléments sont recherchés systématiquement dans l'analyse qu'ils font des radiographies. Ils correspondent aux schèmes « impacter le trocart », « faire progresser le trocart » et « interpréter les radios ». Ces schèmes sont connus par les internes comme étant fondamentaux dans l'interprétation de radiographies.

Dans la tâche stressante :

La Figure ci-après représente les décisions prises par les internes en situation stressante.

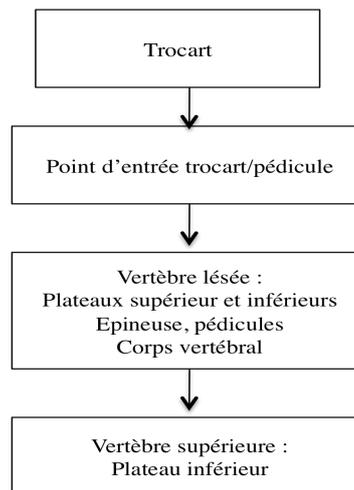


Figure 28. Stratégie utilisée par les internes dans l'analyse des radios dans la tâche stressante.

Dans la condition expérimentale stressante, les internes interprètent toutes les radiographies de la même façon, quels que soient leur niveau de difficulté. Ils

commencent par décocher la totalité du trocart ; puis, ils vérifient le point de contact osseux de l'outil avec le pédicule. Ensuite, ils analysent la vertèbre lésée puis passent au plateau supérieur. Toutefois, la modification importante dans leur stratégie cognitive tient dans le fait que sous stress, ils ne vont quasiment plus vérifier la qualité de l'incidence de la radiographie. Ils ne décochent qu'une ou deux cases relatives au plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Ils se contentent de tirer des hypothèses sur le parallélisme des plateaux à partir de ce peu d'informations qu'ils prennent. On observe un phénomène de focalisation de leur attention au niveau des indices centraux de la radiographie, c'est-à-dire la vertèbre lésée et l'outil.

En résumé, dans la condition stressante, ces 3 internes mobilisent les schèmes « impacter le trocart », « faire progresser le trocart » et « interpréter les radios ». Toutefois, leur efficacité de traitement est modifiée puisqu'ils ne mobilisent pas le schème lié à l'interprétation des radiographies, ils ne cherchent pas à vérifier correctement le parallélisme des plateaux.

Données de l'interne utilisant une stratégie de résolution de problème différente

Comme nous l'avons indiqué précédemment, une interne utilise une stratégie « minimaliste », c'est-à-dire qu'elle ne prend que le minimum d'informations visuelles sur la radio au niveau des différentes zones anatomiques quelque soit la condition expérimentale faisant un focus au niveau de la vertèbre lésée.

Dans la tâche neutre :

Les figures ci-dessous représentent les décisions prises par cette interne dans la condition neutre. Cette interne analyse différemment les radiographies selon leur niveau de difficulté. Comme l'expert, elle utilise les mêmes stratégies pour toutes les incidences de profil et les mêmes stratégies pour les incidences de face.

Radios de niveaux facile et intermédiaire (incidence de profil) :

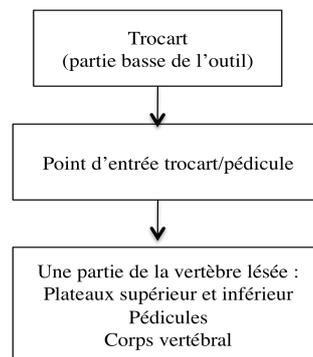


Figure 29. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios faciles et intermédiaires de la tâche neutre.

Contrairement à ses collègues, cette interne ne prend des informations que sur la vertèbre lésée et pour émettre son jugement, elle en décoche presque la totalité. Elle commence son analyse par vérifier que le trocart est bien impacté au centre du pédicule. Puis, elle vérifie la trajectoire du trocart dans le pédicule sans pour autant le décocher en totalité. Elle vérifie que le trocart traverse le pédicule en son milieu. Elle se focalise presque exclusivement sur la trajectoire du trocart dans la vertèbre. Lorsqu'elle décoche les plateaux supérieurs et inférieurs de la vertèbre lésée, c'est dans l'objectif de vérifier qu'ils sont symétriques l'un par rapport à l'autre. Elle pense ainsi vérifier l'incidence radiographique, ce qui n'est pas le cas puisque le parallélisme doit être vérifié avec la vertèbre supérieure et/ou inférieure.

Radios de niveau difficile (incidence de face) :

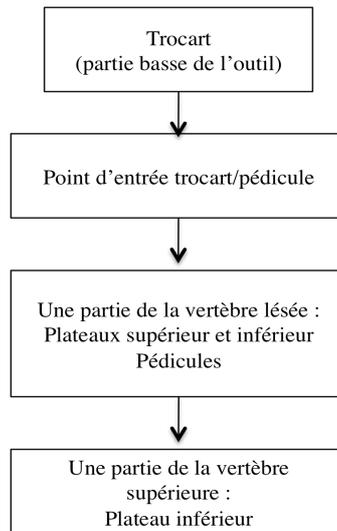


Figure 30. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios difficiles de la tâche neutre.

Pour ce qui est des radiographies les plus difficiles, l'interne ne décoche que le contour haut et bas de la vertèbre lésée ; elle ne décoche pas la totalité de la vertèbre comme elle le faisait pour autres radios. En revanche, et contrairement à ce qu'elle fait pour les radiographies de niveaux facile et intermédiaire, elle s'appuie sur la vertèbre supérieure en décochant en moyenne quatre cases représentant le plateau inférieur de la vertèbre supérieure. Ce comportement nous indique que l'interne sait qu'elle doit vérifier l'incidence de la radiographie afin de valider la trajectoire du trocart. Elle mobilise, pour les incidences de face, des schèmes qu'elle ne mobilisait pas pour les incidences de profil. En revanche, alors que pour les radios de niveau difficile elle aurait dû projeter mentalement le trocart dans la vertèbre (puisqu'il est juste impacté dans le pédicule) elle ne le fait pas. Elle ne cherche pas à anticiper la progression du trocart et ne vérifie pas l'inclinaison du trocart.

En résumé, en condition neutre, cette interne analyse les radiographies avec une stratégie minimaliste. Elle focalise toute son attention sur la vertèbre lésée et sur la position du trocart dans la vertèbre. Pour les incidences de niveau facile et intermédiaire, elle mobilise principalement les schèmes « impacter le trocart » et « faire progresser le trocart ». Elle ne vérifie pas l'incidence de la radiographie par le biais des vertèbres supérieures et/ou inférieures. Elle ne mobilise pas les schèmes liés

à l'interprétation des radios. Pour les incidences de niveau difficile, elle mobilise principalement les schèmes « impacter le trocart » et « interpréter les radios ». Elle n'a pas encore acquis d'automatismes dans l'analyse des radiographies, contrairement aux autres internes qui sont dans une stratégie plus linéaire et proche de celle de l'expert.

Dans la tâche stressante :

En condition stressante, l'interne ne fait quasiment plus de distinction selon le niveau de difficulté de la vertèbre à analyser. Nous présentons donc sa stratégie de façon conjointe. La Figure suivante représente les décisions prises par cette interne dans la condition expérimentale stressante.

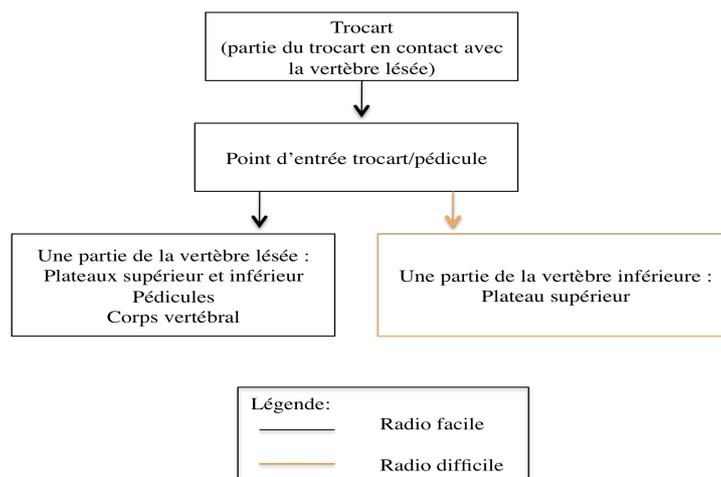


Figure 31. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios de la tâche stressante.

Dans la condition expérimentale stressante, l'interne résout le problème en accentuant encore davantage le focus au niveau de la vertèbre lésée et en ne prenant que très peu d'informations visuelles.

Elle commence par chercher le point d'entrée osseux du trocart dans le pédicule, elle vérifie qu'il est impacté au centre du pédicule. Puis, pour analyser les radios faciles, elle prend quelques informations au niveau de la vertèbre lésée. Elle cherche notamment à vérifier que les pédicules sont symétriques l'un par rapport à l'autre. Elle vérifie l'incidence de la radio en comparant les plateaux inférieurs et

supérieurs de la vertèbre lésée, comme elle le faisait dans la condition neutre, sauf que sous pression temporelle elle ne décoche pas la totalité des plateaux. Pour analyser les radiographies les plus difficiles (i.e., incidence de face), cette interne décoche quelques cases du plateau supérieur de la vertèbre inférieure. Ainsi, comme dans la condition neutre, l'interne sait qu'il faut vérifier l'incidence de la radiographie afin de valider la trajectoire du trocart mais encore une fois elle ne met en jeu cette connaissance que pour les radios d'incidence de face. De plus, la différence la plus importante que nous notons est que pour les radios difficiles, elle ne regarde pas la vertèbre lésée. Cette interne se contente de vérifier le point d'entrée osseux du trocart.

Nous pouvons ajouter que cette interne commet quatre erreurs en situation de stress et elle commet ces erreurs sur les radios de niveau intermédiaire et difficile, soit les radios pour lesquelles elle prend le moins d'informations visuelles.

En résumé, en condition stressante, cette interne accentue encore sa stratégie minimaliste. Elle se focalise sur le trocart et la traversée du pédicule. Pour les incidences de niveau facile et intermédiaire, elle mobilise principalement les schèmes « impacter le trocart » et « faire progresser le trocart ». Pour les incidences difficiles, elle mobilise les schèmes « impacter le trocart » et dans une moindre mesure « interprétation des radiographies ». Son efficacité de traitement est donc modifiée dans la condition stressante.

Synthèse des résultats - étude TID

Les résultats de cette étude étant assez denses, nous proposons au lecteur une synthèse des principaux résultats obtenus pour l'expert et les internes.

Cette étude ne révèle pas d'effets significatifs des inductions expérimentales, les participants ne se déclarant pas plus anxieux et n'étant pas plus activés physiologiquement en condition expérimentale stressante. Cependant, nous observons des effets sur la performance et sur les différents indicateurs de l'efficacité de traitement que nous ne pouvons expliquer que par nos manipulations expérimentales.

▪ Expert :

Nous observons chez l'expert des effets de la condition expérimentale stressante sur la performance et l'efficacité de traitement.

Performance :

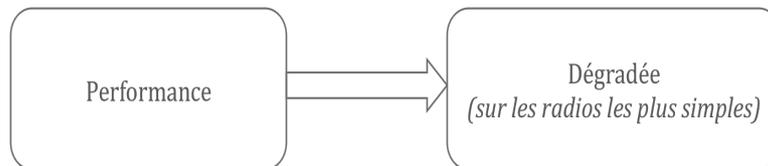


Figure 32. Synthèse des effets observés sur la performance de l'expert dans la condition expérimentale stressante.

Efficiency de traitement :

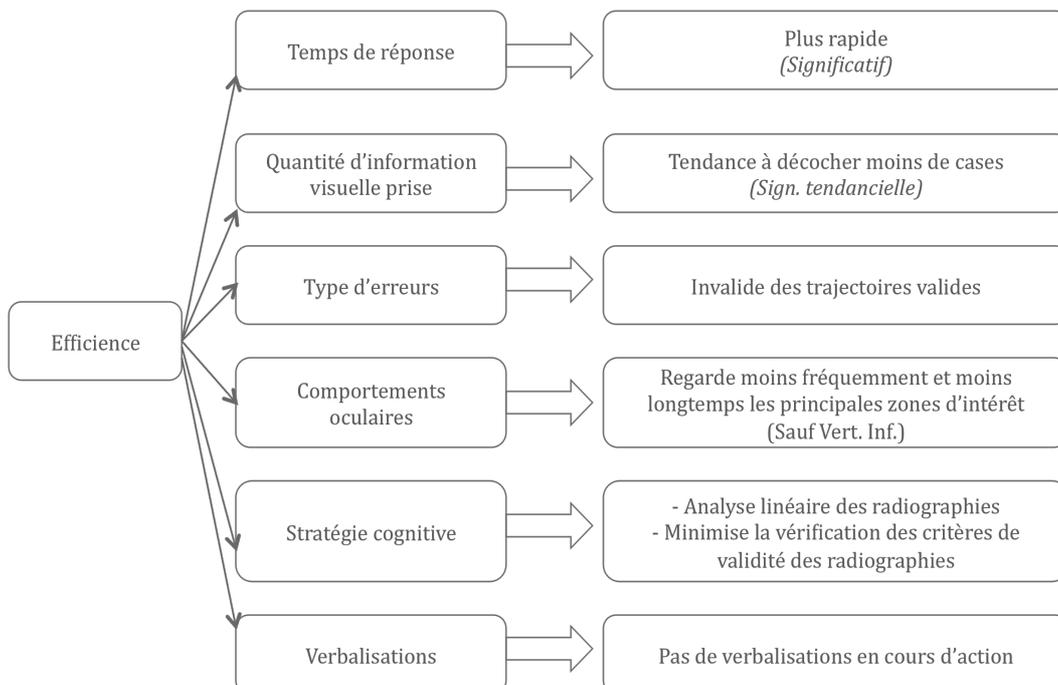


Figure 33. Synthèse des effets observés sur l'efficacité de traitement de l'expert dans la condition expérimentale stressante.

▪ **Internes :**

Nous observons chez les internes des effets de la condition expérimentale stressante sur la performance et l'efficacité de traitement.

Performance :

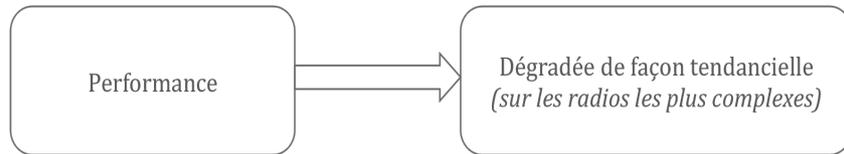


Figure 34. Synthèse des effets observés sur la performance des internes dans la condition expérimentale stressante.

Efficacité de traitement :

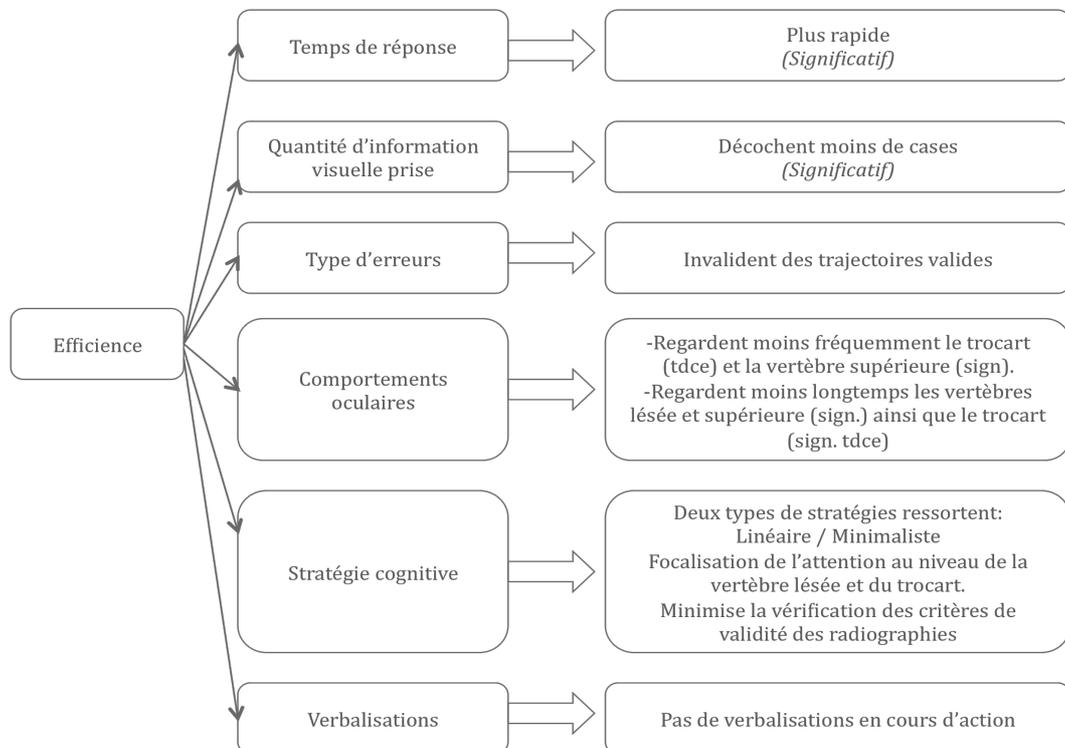


Figure 35. Synthèse des effets observés sur l'efficacité de traitement des internes dans la condition expérimentale stressante.

Discussion de l'étude 2

Cette étude avait pour objectif de mettre en évidence les effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes. L'objectif sous-jacent est de voir s'ils négligent certains aspects dans la lecture et l'interprétation de radiographies, nous pourrions ainsi cibler ces aspects dans leur formation professionnelle. Nous avons utilisé la technique d'information à la demande (TID ; Rimoldi, 1963 ; Bisseret, Sébillotte et Falzon, 1999) que nous avons informatisée. Puis, nous avons présenté une série de radios aux participants pour lesquelles nous avons manipulé le niveau de difficulté. Les participants ont analysé les radiographies en condition neutre et en condition stressante, induite par un facteur de stress temporel et un facteur de stress évaluatif.

Les principaux résultats nous permettent d'observer une tendance de nos participants à être moins performants en condition expérimentale stressante, commettant davantage d'erreurs de validation de trajectoires. Ce résultat semble aller dans le sens des principaux résultats de la littérature (voir Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010). Puisque nous avons induit, dans cette étude, des facteurs de stress externes à la tâche (stresseurs environnemental et social), nous nous attendions selon les travaux de LeBlanc (2009) à observer une diminution de la performance des internes. Nous observons également une modification de l'efficacité de traitement des internes en situation de stress. En effet, il nous a semblé important dans le cadre de l'étude d'une activité professionnelle, non seulement de prendre en compte cette notion d'efficacité de traitement (qui correspond au ratio entre la performance obtenue et les efforts investis dans la tâche) mais également en enrichissant cette notion. N'utiliser que le temps de réponse des participants, bien qu'en partie révélateur de l'activité cognitive réalisée par les sujets, ne nous aurait pas permis d'appréhender la notion d'efficacité de traitement dans sa complexité et sa globalité. Nous avons donc pris en compte les aspects relatifs aux comportements oculaires des participants (e.g., stratégies d'analyse visuelle, quantité d'informations visuelles recherchées...), aux types d'erreurs commises, à leurs stratégies cognitives et aux verbalisations. Dans cette étude, les participants ont mis moins de temps à prendre leur décision dans la condition stressante, respectant ainsi la consigne

temporelle qui leur a été donnée. Plus important, nous avons surtout observé une modification des comportements oculaires des participants. Les participants ont pris moins d'informations visuelles en situation stressante qu'en situation neutre. Ils ont moins analysé de zones anatomiques en situation stressante qu'en situation neutre et ont regardé moins longtemps les zones anatomiques à leur disposition. Sous l'effet du stress, les participants ont analysé moins longtemps et fréquemment des zones pourtant décisives à leur prise de décision.

Enfin, la variable « verbalisation » ne s'est pas avérée satisfaisante, puisqu'aucun de nos participants n'a été capable de verbaliser l'activité produite. Ce résultat n'est pas si surprenant puisqu'il est déjà apparu dans la littérature que les opérateurs ont des difficultés à expliciter ce qu'ils font en même temps qu'ils le font (Vermersch, 1999 ; Clot, 2000). Nous pouvons également émettre l'hypothèse que la tâche que les participants ont eu à réaliser était une tâche complexe qui nécessitait du stockage en mémoire de travail rendant ainsi très difficile toute verbalisation complémentaire. En revanche, la notion de « type d'erreur commise » a été intéressante dans cette étude et nous a permis de mettre en évidence que nos participants ont eu tendance à faire preuve de davantage de précaution sous stress, comme s'ils avaient compensé le manque de temps dont ils disposaient par une plus grande prudence dans leur décision.

Enfin, cette étude nous a permis d'observer l'utilisation de stratégies différentes chez les internes et chez les experts. Nous observons une stratégie de résolution de problème assez linéaire chez nos participants qui cherchent en priorité le trocart, puis la vertèbre lésée, vérifient le point d'entrée du trocart dans les pédicules, et enfin s'appuient sur la vertèbre supérieure pour valider l'incidence de la radiographie. La vertèbre inférieure n'est que très peu utilisée par les participants. Elle est surtout utilisée dans le cadre des radiographies complexes. Dans la condition expérimentale stressante, ces stratégies sont modifiées, nos participants minimisent la vérification des critères de validité de la radio. Ils émettent des décisions sans être sûrs que la radio répond effectivement aux critères de validité d'une bonne radio. On observe une sorte de focalisation de l'attention des participants sur les indices qu'ils estiment centraux pour leur prise de décision. Ils négligent les indices périphériques (la vertèbre supérieure et la vertèbre inférieure) qui sont pourtant indicateurs de la bonne validité de la radio. De façon plus importante, une des internes, dont la

stratégie est déjà minimaliste en condition neutre, focalise son attention sur le point d'entrée osseux du trocart en condition stressante.

Il apparaît que les internes que nous avons interrogés sont en train d'acquérir des automatismes dans la lecture de radiographies. Ils savent que certains éléments sont centraux dans cette tâche comme le point d'entrée du trocart et le passage du pédicule. Cependant, ils ne vérifient pas toujours l'incidence radio qu'ils évaluent. Nous souhaitons permettre aux internes d'acquérir, par le biais de l'entraînement notamment, des automatismes dans la lecture de radiographie. Cette acquisition d'automatismes permettra la mise en place de schèmes plus puissants (Amalberti, 2001 ; Leplat, 2011). Ainsi, la mise en place de ces automatismes permettra aux internes de ne pas être affectés en condition professionnelle stressante (voir les théories du drive ; Hull, 1943 ; Zajonc, 1986). En formation professionnelle, l'accent devra être mis sur ces aspects.

Limites de l'étude

Cette étude comporte un certain nombre de limites qui ne nous permettent pas d'émettre des conclusions définitives. Tout d'abord, nous sommes conscients que le faible échantillon de personnes interrogées ne nous permet pas de tester rigoureusement les prédictions de la théorie du processus efficient d'Eysenck et Calvo (1992) et de généraliser nos résultats à l'ensemble des internes en chirurgie. Il convient donc de prendre ces résultats avec précaution. Il aurait été intéressant d'avoir un échantillon plus important afin de gagner en puissance statistique (Howell, 1998). Cependant, la spécificité de l'activité n'a pas rendu cela possible. Une réplication serait intéressante pour confirmer ces premiers résultats et devra porter sur une activité plus fréquemment réalisée que la vertébroplastie.

Ensuite, une seconde limite que nous relevons concerne le fait que nos participants ne se déclarent pas plus stressés en condition expérimentale stressante qu'en condition neutre. Ils n'ont pas non plus été plus activés physiologiquement en condition stressante de façon significative. Deux explications peuvent être avancées. La première concerne nos inductions expérimentales, la seconde concerne nos indicateurs de stress (mesure auto déclarée et mesures physiologiques). Concernant

les inductions expérimentales, il est possible que notre induction expérimentale ait été trop faible. En effet, les stressseurs étaient induits en début de passation stressante. Puis, les participants devaient évaluer les six radios. Entre chaque radio, l'expérimentateur devait relancer la procédure informatique et les enregistrements des mesures physiologiques ce qui a induit du temps « blanc » entre chaque radio pouvant ainsi faire retomber le niveau de stress et d'activation des participants. Des relances effectuées entre chaque radio auraient pu nous éviter cela et auraient pu nous permettre de conserver un niveau de stress tout au long de la passation. Il est peut-être également possible que nos participants ne se sentent pas plus stressés car notre opérationnalisation n'a pas induit du stress mais autre chose, du type menace de soi par exemple. Cette explication ne nous semble pas tenable puisque d'autres auteurs ont utilisé cette opérationnalisation (alliant pression temporelle et menace évaluative) et ont observé un effet sur leur indicateurs de stress (voir LeBlanc & Bandiera, 2007 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann, & Darzi, 2003). Concernant justement nos indicateurs de stress, les mesures de contrôle des manipulations que nous avons proposées n'étaient peut-être pas appropriées. Concernant les mesures auto-déclarées, l'échelle que nous avons proposée n'est peut-être pas appropriée à la population interrogée. Nous avons proposé une échelle de Lickert en 11 points, les participants ont majoritairement utilisé le bas de l'échelle. D'autres études ont confirmé qu'il est difficile pour les chirurgiens (experts et/ou internes) de reconnaître que leur travail est stressant. La tâche que nous avons proposée ne diffère pas beaucoup de ce que les internes doivent faire dans leur quotidien professionnel. Ils doivent analyser des radiographies rapidement et en présence de leur supérieurs ou d'experts. Reconnaître ce qu'ils font au quotidien comme étant stressant alors qu'ils pratiquent depuis plusieurs années est difficile pour eux (Wetzel et al., 2006). Ce résultat n'est pas surprenant et a déjà été mis en évidence par d'autres auteurs. Les chirurgiens s'imaginent le stress comme tellement inhérent à leur pratique qu'ils imaginent que le fait de le reconnaître est un signe de faiblesse ; ils pensent que c'est un facteur avec lequel « ils doivent faire » (Arora et al. 2009 ; Sexton, Thomas et Helmreich, 2000). Concernant l'absence de différence pour les mesures physiologiques, notre absence de résultat peut également s'observer par la faible taille de l'échantillon. De précédentes études ont utilisé la fréquence cardiaque comme indicateur du stress ressenti (Becker, Ellis, Goldsmith, & Kaye, 1983 ; Payne & Rick, 1986). D'autres études ont déterminé

que l'activation cardiaque des internes est plus élevée que celle des experts (voir Arora et al., 2010). Ces études sont réalisées sur des échantillons plus importants que le notre (entre 10 et 20 participants environ). Notre absence de résultat peut donc s'expliquer par le manque de puissance statistique. Les débriefings réalisés par la suite avec les internes indiquaient pourtant qu'ils avaient trouvé la passation stressante comme un peu plus stressante que la passation neutre. Une prochaine étude devra donc veiller à utiliser une combinaison de facteurs inducteurs de stress plus importants et proposer des mesures de stress plus fines.

Enfin, la dernière série de limites que nous pouvons soulever consiste en la nature du matériel choisi. Tout d'abord, la tâche que nous proposons aux participants d'émettre un jugement quant à la validité ou à l'invalidité de la trajectoire du trocart dans la vertèbre est discutable. En effet, nous avons décontextualisé des radiographies issues d'actes chirurgicaux. Les participants ne disposaient pas de toutes les informations nécessaires pour émettre leur jugement, nous les avons obligés à émettre un jugement alors qu'il leur manquait une partie des informations. Nous leur avons proposé une réponse à choix forcé, ce qui ne correspond pas en tout point à la pratique quotidienne. Notamment, dans leur pratique, et comme nous l'avons vu au cours de l'analyse de l'activité, ils mettent en concordance une radio de face et une radio de profil pour valider une décision. Or, dans notre étude nous ne leur avons proposé qu'une seule incidence radiographique. Nous avons également observé qu'ils utilisent des indicateurs comme les pathologies associées, l'état général du patient, la qualité de l'os et à la structure de la colonne vertébrale. Dans notre étude, nous ne leur avons fourni aucune indication relative au dossier patient, alors que ces informations auraient pu leur permettre de modérer leur jugement. Nous avons fait le choix de ne leur présenter qu'une partie des informations pour nous concentrer sur les stratégies qu'ils adoptent dans une lecture de radio. Ainsi, les internes pouvaient soit répondre « je valide la trajectoire » soit répondre « je l'invalidé » ; nous n'avons pas proposé de modalité de réponse neutre du type « je ne sais pas ». Les réponses fournies auraient peut être été différentes si nous avions proposé cette modalité de réponse. L'étude suivante essaiera de répondre à cette limite en essayant de proposer une simulation de l'activité plus proche de celle réalisée au bloc opératoire.

Nous avons présenté une première étude expérimentale réalisée afin de mettre en évidence les effets du stress sur la performance des internes dans une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies. Afin de tester nos hypothèses, nous avons utilisé la technique d'information à la demande que nous avons informatisée. Cette technique nous a permis de mettre en évidence que dans une situation expérimentale stressante, induite par pression temporelle et évaluation sociale, les performances des internes et de l'expert tendent à être modifiées. Notamment, tous les participants négligent les aspects relatifs aux critères de vérification des incidences radiographiques. Cette étude est une première réponse à notre problématique bien que nous n'ayons pas pu tester rigoureusement nos prédictions au regard de la PET. La prochaine étude devra tenter de répondre aux limites que nous avons soulevées et proposer notamment une tâche plus proche de celle réalisée au bloc opératoire.

III. ETUDE 3 : LES EFFETS DU STRESS SUR LA PERFORMANCE DES INTERNES DANS UNE TACHE DE SIMULATION OPERATOIRE

L'étude précédente que nous avons menée nous a permis de mettre en évidence une modification de l'efficacité de traitement en condition expérimentale stressante. Toutefois, nous avons émis un certain nombre de critiques à l'encontre de la méthodologie que nous avons employée. Nous avons tout d'abord critiqué le fait que nos participants ne se sont pas déclarés plus stressés en condition expérimentale stressante. Nous avons émis plusieurs explications possibles de cette absence de résultat mais penchons pour l'explication selon laquelle nos inducteurs de stress n'étaient pas assez forts. Nous avons également émis des réserves sur les mesures auto déclarées que nous avons utilisées, notamment sur notre mesure d'effort. Nous avons observé que les participants n'ont pas déclaré devoir fournir plus d'effort dans la passation expérimentale stressante que dans la passation expérimentale neutre. Or, afin de tester les prédictions de la Processing Efficiency Theory (Eysenck & Calvo, 1992) nous avons besoin que cette mesure soit discriminante. Nous utiliserons donc une autre mesure d'effort qui ne soit pas sous forme d'échelle de Lickert afin d'encourager les participants à répondre le plus honnêtement possible. Enfin, dans cette première étude expérimentale nous avons présenté aux internes des radiographies issues d'opérations réelles. Nous leur avons demandé d'émettre un jugement sur la validité de ces radiographies alors qu'il leur manquait une partie des informations nécessaires. Nous souhaitons proposer une seconde étude qui réponde à ces critiques.

Au cours de l'analyse d'activité, nous avons compris l'importance dans l'opération du bon positionnement des trocarts dans la vertèbre. Les conséquences d'une erreur pourraient être graves pour les patients. Nous souhaitons donc proposer aux internes de réaliser une vertébroplastie sur boîte de simulation. La conjonction de ces deux études nous permettra de déterminer plus précisément les effets du stress sur la performance comme résultat d'action et l'efficacité de traitement des internes. Cependant, puisque nous proposons aux internes de réaliser une simulation de

vertébroplastie et que cette tâche diffère de l'activité réelle, nous avons besoin de comprendre les stratégies cognitives qu'utiliseraient les experts pour réaliser cette simulation. Nous avons donc également réalisé l'étude sur des experts afin de nous assurer de la validité de la simulation et d'effectuer des comparaisons légitimes.

Nos hypothèses de recherche sont les mêmes que celles émises dans l'étude précédente. Cependant, comme les internes n'ont jamais réalisé de vertébroplastie, nous considérons cet exercice comme difficile pour eux. Les débriefings post expérimentaux confirment d'ailleurs que les internes ont trouvé la tâche difficile. Dans ce cadre, et en nous appuyant sur la Processing Efficiency Theory (Eysenck & Calvo, 1992), nous postulons une diminution de performance et d'efficacité pour tous les internes en condition expérimentale stressante.

Méthode

Participants.

Les participants de cette étude sont 2 chirurgiens experts et 2 internes, tous des hommes droitiers. La moyenne d'âge des experts est de 31 ans ($Min = 30$; $Max = 32$) et celle des internes est de 29 ans ($Min = 27$; $Max = 31$). Les experts pratiquent régulièrement des vertébroplasties bien qu'ils déclarent avoir une maîtrise moyenne de la pratique ($M = 3,5$; $ET = 0,7$). L'un des deux experts (que nous appellerons E1) indique avoir une maîtrise de la pratique de 3 sur une échelle de 7 tandis que le second (que nous appellerons E2) estime avoir une maîtrise moyenne de 4 sur 7 points. Ces experts sont plutôt jeunes dans leur pratique puisque E1 pratique depuis 1 an tandis que E2 pratique depuis 2 ans en tant que chirurgien. E1 étant nouveau au CHU de Grenoble au moment de sa passation, il n'a pas été observé dans sa pratique au cours de l'étude 1. En revanche, E2 a participé à l'étude 1 et a été observé plusieurs fois au bloc opératoire. Ces experts ont été choisis car ils nous sont indiqués comme étant des experts qui réalisent très souvent des gestes percutanés et qui réalisent des vertébroplasties au CHU au moment des passations (ils ont déjà réalisé 5 vertébroplasties au moment de leur passation et ont assisté à plus de 5 vertébroplasties au cours de leur pratique). Les internes sont des novices puisqu'ils n'ont jamais pratiqué de vertébroplasties. En revanche, ils ont tous deux déjà assisté à plusieurs

vertébroplasties (entre 2 et 5). L'un d'eux a déjà participé au geste opératoire en tenant le trocart sous la supervision d'un expert. En moyenne, ils sont en 4^{ème} année d'internat ($Min = 3$; $Max = 5$) au moment de leur passation. Ils estiment avoir une maîtrise moyenne de la pratique ($M = 3,5$; $ET = 0,7$). Tout comme les experts précédemment, l'un des internes (que nous appellerons I1) indique avoir une maîtrise de 3 sur une échelle de 7 la pratique tandis que le second (que nous appellerons I2) estime avoir une maîtrise de moyenne de 4 sur 7 points.

Matériel.

Tâche expérimentale. L'exercice proposé consiste pour les participants à réaliser une partie du geste opératoire de la vertébroplastie sur la vertèbre L3. Dans cet objectif, nous avons construit une boîte de simulation. Une partie de colonne vertébrale artificielle (allant du sacrum à la vertèbre L1) de marque Sawbones® a été utilisée pour les différentes passations expérimentales. Nous avons inséré dans cette colonne artificielle une vertèbre L3³⁵ à double densité, également de marque Sawbones®. L'ensemble était disposé dans une caisse en polypropylène au milieu de micro billes en plastique (voir Figure 36 ci dessous).



Figure 36. Boîte de simulation constituée d'une colonne en résine et d'une vertèbre à double densité L3 disposée au milieu de micro billes.

³⁵ La vertèbre L3 était changée pour chaque passation expérimentale.

Le couvercle de la boîte en plastique a été découpé et une planche de polystyrène a été insérée afin de permettre aux participants d'effectuer les marquages nécessaires au repérage de la vertèbre à opérer (voir Figure 37 ci dessous).



Figure 37. Boîte de simulation complète avec couvercle permettant le repérage de la vertèbre à opérer.

L'exercice consistait à réaliser une partie de la vertébroplastie avec un seul trocart (repérer la vertèbre L3, impacter et insérer le trocart). Un expérimentateur s'occupait de l'amplificateur de brillance d'images fluoroscopiques (e.g., appareil de radioscopie) et le manœuvrait selon les ordres de l'opérateur, afin de reproduire le plus fidèlement possible les conditions réelles du bloc opératoire. Les participants disposaient du même matériel que celui utilisé habituellement au bloc (règle de repérage, feutre ...). Les opérateurs devaient repérer la vertèbre à opérer (Vertèbre L3), impacter le trocart dans la vertèbre et l'insérer jusqu'à la position qu'ils estimeraient être satisfaisante dans la réalité pour injecter du ciment. La boîte de simulation a été construite de façon à essayer de reproduire le plus fidèlement possible les conditions de l'activité réelle. La Figure ci-après représente en rouge les étapes opératoires que les participants doivent réaliser.

PARTIE EMPIRIQUE

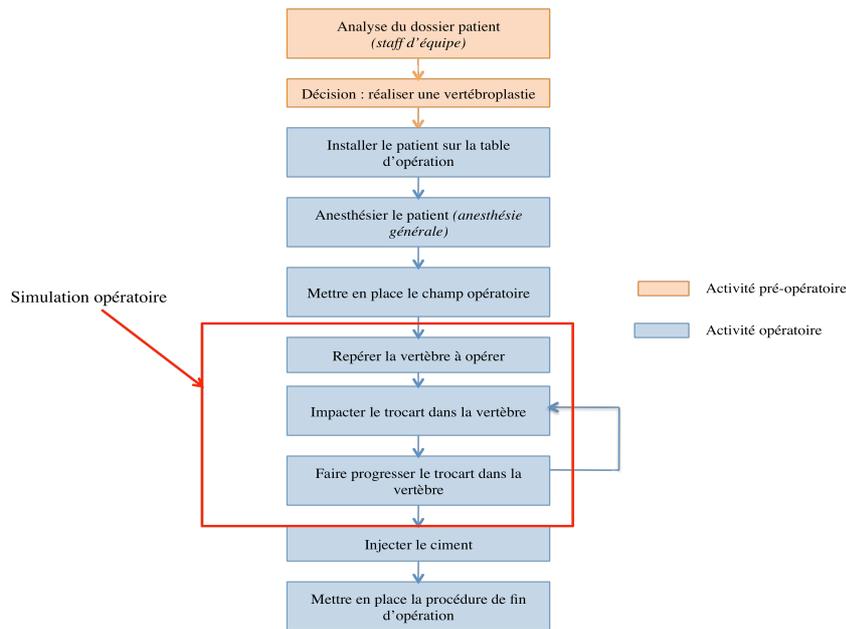


Figure 38. Déroulé de l'exercice de simulation "vertebroplastie".

Inductions expérimentales. Le stress a été induit par le biais de trois facteurs de stress : un facteur socio évaluatif, un facteur temporel et un facteur lié à l'équipement. Afin d'induire le stress évaluatif, deux caméras étaient disposées dans le bloc opératoire. Il était indiqué que la passation était filmée afin de servir comme moyen d'évaluation et que les comportements seraient analysés afin d'être comparés à celui des autres internes. En condition expérimentale stressante, nous insistions notamment sur le fait que les gestes opératoires seraient analysés. Le facteur de stress temporel était induit par le biais d'une consigne indiquant aux participants qu'ils devaient être le plus rapide possible dans la réalisation de leur geste et qu'il ne disposaient que de 10 minutes pour placer les trocars correctement. De plus, un expérimentateur surveillait le temps mis par le participant et lui indiquait qu'il devait aller plus vite. Le stress lié à l'équipement a été induit par une consigne relative au nombre de radios autorisées pour réaliser le geste opératoire. L'expérimentateur insistait sur le fait qu'il était important de prendre le moins de radios possible pour réaliser le geste, il effectuait des relances à chaque radio prise du type « *attention à ne prendre que les radios nécessaires !* ». Dans la condition non stressante, la seule consigne donnée aux participants était de prendre tout leur temps pour réaliser le geste opératoire. De plus, dans chaque condition, il était demandé aux participants de

verbaliser en cours d'action. L'ordre de passation des deux conditions expérimentales était contrebalancé pour chaque participant.

Mesures d'anxiété. Comme dans l'étude précédente, le niveau d'anxiété trait des participants a été mesuré par le biais de l'IASTA (Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970).

Des mesures complémentaires de stress situationnel et d'anxiété situationnelle ont également été réalisées. Le stress situationnel a été mesuré par le biais de l'item « En ce moment, vous sentez-vous : » de « *pas du tout stressé* » à « *très stressé* » sur une échelle de Lickert en 7 points. L'anxiété situationnelle a été mesurée par le biais de l'item « En ce moment, vous sentez-vous : » de « *pas du tout anxieux* » à « *très anxieux* » sur une échelle de Lickert en 7 points. Ces questions ont été posées une première fois avant le début de la passation expérimentale, et une seconde à la fin de la passation expérimentale. Ces items ont été mêlés à des distracteurs afin de permettre aux participants de répondre le plus honnêtement possible.

Effort. En adéquation avec la Processing Efficiency Theory (Eysenck & Calvo, 1992) nous avons vérifié le niveau d'effort auto-déclaré de l'exercice. Nous avons utilisé l'échelle d'effort intellectuel (Zijlstra, 1993) comme mesure unidimensionnelle de l'effort mental. Les propriétés psychométriques de l'outil ont été établies (Zijlstra, 1993). Cette échelle consiste en un axe vertical numéroté de 0 à 150, qui comporte trois niveaux à 0 (pour « pas du tout d'effort »), 75 (pour « un effort modéré ») et 150 (pour « un effort très exigeant »). Les participants doivent cocher le niveau sur l'échelle qu'ils estiment refléter l'effort mental qu'ils ont investi dans la tâche. L'outil est reconnu comme étant un indicateur de l'efficacité de traitement (Zijlstra, 1993, p. 137).

Fréquence cardiaque. Comme dans l'étude précédente, le rythme cardiaque a été mesuré en utilisant un amplificateur électrocardiogramme *Biopac* et le module ECG 100.

Radiographies. Les radiographies réalisées en cours d'action et prises avec l'amplificateur de brillance d'images fluoroscopiques ont été enregistrées sous forme de film par le biais de l'appareil « *Pinnacle Video Transfert* ».

Enregistrement des passations. Les différentes passations ont été enregistrées par le biais de deux caméras de marque Sony. Une première caméra sur trépied était placée au pied du lit opératoire de telle sorte à filmer la passation en cours. Une seconde caméra également sur trépied était disposée sur la table d'opération, au niveau de la tête du patient. Cette caméra filmait plus précisément les mains et gestes des participants sur la boîte de simulation. Les deux caméras ainsi placées ont permis d'enregistrer le geste dans sa globalité sans perte d'informations. Les différents flux obtenus ont été synchronisés pour chaque participant afin de n'obtenir qu'un seul flux.

Annotations de l'activité. Les passations ont été annotées par le biais du logiciel Noldus « the Observer XT » en utilisant la méthodologie présentée dans le cadre de l'étude 1. Le « coding schème » employé dans cette étude (présenté en annexe de ce document, p.340) est un extrait du modèle de connaissance. Seules les connaissances propres aux vertèbres lombaires apparaissent dans le coding schème utilisé. Chaque passation a été annotée, notamment les connaissances mobilisées par les participants pour réaliser la simulation. Cette annotation nous permet de déterminer l'efficacité de traitement des participants. Comme pour les observations réalisées dans l'étude 1, les gestes ont également été annotés.

Performance. La performance correspond au jugement relatif au placement des trocars (réussite vs. non réussite). Ce jugement a été émis par l'expert partenaire du projet, à partir de la radiographie représentant la position finale du trocar dans la vertèbre.

Efficacité. Dans cette étude, l'efficacité correspond au temps mis pour les participants pour réaliser leur geste opératoire, aux verbalisations en cours d'action et aux connaissances mobilisées pour résoudre le problème, connaissances mises en

évidence grâce à une analyse qualitative des passations expérimentales et à l'annotation de l'activité sous Noldus.

Procédure.

Toutes les passations expérimentales ont été réalisées au bloc opératoire de chirurgie orthopédique du CHU de Grenoble. Les expérimentations ont été réalisées en fin de journée, à la fin des plannings opératoire. La procédure expérimentale étant légèrement différente pour les internes et les experts, nous les expliquerons de façons séparées afin de faciliter la lecture.

Procédure des experts :

A leur arrivée au bloc opératoire et pendant qu'ils s'équipaient (tablier de plomb et gants antiradiation) le déroulé général de l'exercice était expliqué aux experts. Puis, ces derniers remplissaient le premier questionnaire expérimental. L'exercice était ensuite réalisé. Lorsqu'ils s'estimaient satisfaits de la position du trocart dans la vertèbre, les experts l'indiquaient à l'expérimentateur. Puis, ils remplissaient le questionnaire post expérimental avant d'être remerciés.

Procédure des internes :

A leur arrivée au bloc opératoire, le déroulé général était expliqué aux internes. Puis, ils étaient équipés du système de relevés de fréquence cardiaque avant de s'équiper des tabliers de plomb et des gants antiradiations. Ils remplissaient ensuite le premier questionnaire expérimental. Puis, un premier relevé de fréquences cardiaque était réalisé pour servir de niveau de référence. Les inductions expérimentales étaient réalisées à ce moment. Les internes réalisaient alors leur geste opératoire et lorsqu'ils s'estimaient satisfaits de la position du trocart dans la vertèbre, ils l'indiquaient à l'expérimentateur. Ils remplissaient ensuite le questionnaire post expérimental avant d'être remerciés. Un second rendez-vous était ensuite programmé. Ce n'est qu'à la fin de la seconde passation que les objectifs réels de l'étude ont été présentés aux internes.

Le schéma ci-après représente la méthodologie expérimentale employée dans l'étude.

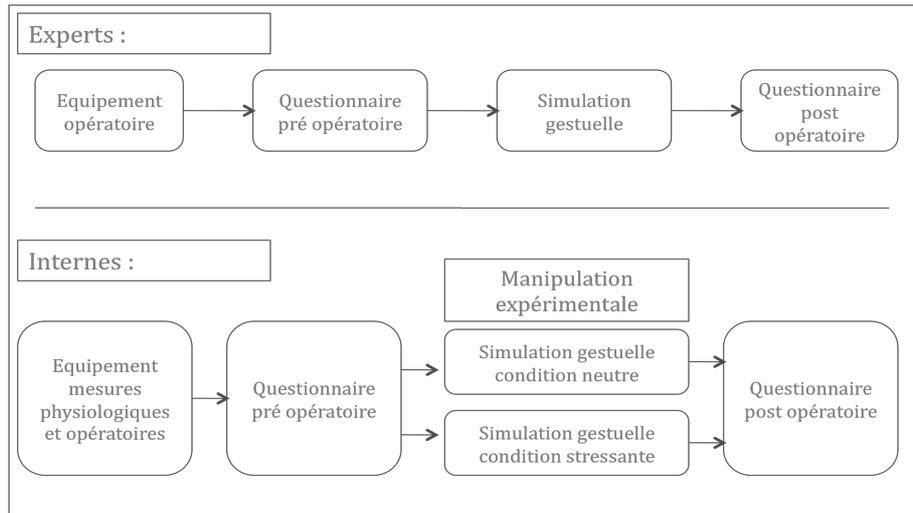


Figure 39. Protocole de l'étude 3 sur boîte de simulation.

Nous présentons ci-après les différentes connaissances que peuvent mobiliser les internes et/ou experts pour opérer la vertèbre L3. Ces connaissances sont extraites du modèle de connaissance de l'étude 1 et correspondent à celles qui sont spécifiques aux vertèbres lombaires.

Opérateurs	Contrôles	N° Modèle
Repérer vertèbre (RV)	Lombaire: L'épineuse de L4 est alignée avec les os iliaques	11
	Tracer ligne passant à l'aplomb des deux pédicules de la vertèbre représente l'axe transversal de la vertèbre	12
	Tracer ligne passant à l'aplomb des pédicules droits des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal droit	13
	Tracer ligne passant à l'aplomb des pédicules gauches des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal gauche	14
	Choisir la technique intra trans pédiculaire (L ou T)	18
	Autre	
Impacter Trocart (IT)	RP: Le point d'entrée cutané est situé sur l'axe transversal de la vertèbre	15
	RF: Le point d'entrée cutané est situé à l'extérieur de l'axe longitudinal pédiculaire par rapport aux épineuses	16
	Le trocart est dirigé vers le corps vertébral avec une inclinaison d'environ 15° par rapport à l'axe sagittal	17
	L-RF: Le point de contact osseux est situé entre le processus transverse et la facette de l'arc interneural	20

PARTIE EMPIRIQUE

	V Saine-RP: Le point de contact osseux est situé au niveau du centre du pédicule	22
	V Ecrasée-RP: Le point de contact osseux est situé au niveau de la partie supérieure du pédicule	23
	RP: Le point de contact osseux est situé au niveau de l'extrémité des processus transverses dans le plan transverse	24
	RF: Le point de contact osseux est situé sur la ligne transverse à la limite externe du pédicule	25
	Autre	
Pousser Trocart (PT)	RF: Le point de sortie pédiculaire est situé sur la ligne transverse au centre du pédicule	26
	RF: Le point final de l'insertion est situé sur la ligne transverse au niveau de l'épineuse dans l'axe longitudinal	27
	RP: Le point de sortie pédiculaire est situé à mi-hauteur du pédicule dans le plan sagittal	29
	RP: Le point final de l'insertion est situé dans la partie antérieure du corps vertébral	30
	Si l'extrémité du trocart est située au centre du pédicule sur la face alors elle doit se situer en sortie pédiculaire dans le plan transversal	31
	Autre	
Injecter le ciment (TEO)	Trocart extra osseux au niveau du pédicule vers l'intérieur de la vertèbre = canal vertébral	46
	Trocart extra osseux au niveau du pédicule vers le bas = racines dans leur trajet foraminaux	47
	Autre	
Définir Radio Face	Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée	1
	Si les pédicules sont situés symétriquement par rapport aux épineuses alors la radio est une face dans le plan transverse	2
	Si les disques intervertébraux sont visibles alors la radio est une face dans le plan sagittal	3
	Si la radio est une face dans les plans transverse et sagittal alors c'est une radio de face	4
Définir Radio Profil	Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée	5
	Si les plateaux sont strictement parallèles alors la radio est une radio de profil dans le plan frontal	6
	Si les plateaux sont parallèles de façon relative alors la radio est une radio de profil dans le plan frontal	64
	Si les arches sous pédiculaires du foramen intervertébral sont superposées alors la radio est un profil dans le plan transversal et frontal	7
	Si les côtes droite et gauche sont superposées alors la radio est un profil dans le plan transversal	8
	Si les interlignes articulaires postérieurs sont superposés alors la radio est un profil dans le plan transversal	9
	Si la radio est un profil dans les plans transversal et frontal alors c'est une radio de profil	10

*Résultats***Information méthodologique sur la présentation des résultats :**

Les résultats de cette étude sont très denses. Nous présentons donc dans un premier temps les résultats de la passation des experts. Puis, dans un second temps nous présentons nos tests d'hypothèses sur les résultats des internes.

Résultats des experts.....p.229

Résultats des internes.....p.243

a. Résultat de la passation des experts

Avant leur passation, les experts se déclarent être pas du tout nerveux et stressés ($M = 1$), ni anxieux par la passation ($M = 1.5$). Ils se déclarent également plutôt confiants ($M = 5$) dans leur prestation, contents et curieux ($M = 5.5$) et indiquent être plutôt calmes ($M = 6$). Les deux experts sont donc dans un état d'esprit qui nous semble être plutôt serein avant leur passation.

Concernant la réalisation de leur geste, les experts mettent en moyenne 11,93 minutes à réaliser l'exercice demandé ($ET = 3,83$). E1 met 9 minutes et 22 secondes pour repérer la vertèbre L3, impacter et placer son trocart. E2 met quant à lui 14 minutes et 64 secondes à réaliser son geste. Le tableau ci-dessous indique le temps mis par chaque expert dans la réalisation du geste opératoire et de ses sous-étapes³⁶.

	E1	E2
Durée total du geste	9.22	14.64
Repérer L3	3.50	9.4
Impacter & insérer le trocart	5.31	5.24

Tableau 14. Temps (exprimé en minutes) mis par les experts pour réaliser le geste opératoire et les sous-étapes du geste.

³⁶ Nous avons gardé le même découpage en étape et sous-étapes de l'activité que celles que nous avons déterminées dans l'étude 1.

L'expert E2 met donc environ 2,5 fois plus de temps que E1 pour repérer la vertèbre L3. En réalité cette différence de temps est juste imputable au fait que l'expert E2 suivant la consigne de verbalisation nous explique les deux façons différentes qu'il utilise afin de repérer une vertèbre lésée lombaire basse. Nous reviendrons plus en détail sur cet aspect lorsque nous présenterons les stratégies cognitives mobilisées par les experts. Nous pouvons également noter que les deux experts mettent le même temps à impacter et insérer le trocart, élément semblant confirmer qu'ils ont une maîtrise équivalente du geste.

Concernant le nombre de radiographies prises en cours d'action, l'expert E1 prend 28 radios pendant son geste tandis que l'expert E2 en prend 67 au cours du geste opératoire. Le tableau ci-dessous indique le détail des incidences radiographiques prises.

	Incidence de face	Incidence de profil	Nombre total de radios
E1	12	16	28
E2	49	18	67

Tableau 15. Nombre de radiographies prises en cours d'action par expert et selon le type d'incidence.

Ce tableau nous indique que les différences concernant le nombre de radiographies prises par incidences de face. En effet, l'expert E2 prend 4 fois plus de radiographies de face que l'expert E1. En revanche, le nombre de radiographies d'incidence de profil n'est pas différent entre les deux experts.

Afin de comprendre les stratégies cognitives des experts, il est surtout intéressant d'analyser le nombre de radiographies prises par l'incidence en fonction de l'étape opératoire en cours. Ainsi, un découpage plus précis du nombre de radiographies prises nous révèle que la principale différence observée entre les deux experts tient à l'étape « repérer la vertèbre L3 ». Cette différence s'explique encore par le fait que E2 montre les deux techniques que les internes peuvent utiliser pour trouver L3.

	Etape opératoire	Incidence de face	Incidence de profil	Nombre total de radios
E1	Repérage	2	10	12
	Impacter & Insérer le trocart	10	6	16
E2	Repérage	31	12	43
	Impacter & Insérer le trocart	18	6	24

Tableau 16. Nombre de radiographies prises en cours d'action par l'expert selon l'incidence et l'étape opératoire en cours.

Ce tableau nous informe clairement sur les différences dans l'utilisation des radiographies entre les experts. L'expert E2 prend beaucoup plus de radios d'incidence de face dans la phase de repérage cutané que ne le fait l'expert E1 (E2 = 31 ; E1 = 2). De même, mais de façon moins extrême, l'expert E2 prend davantage de radiographies de face dans la phase « impacter et insérer le trocart » (E2 = 18 ; E1 = 10).

Une analyse qualitative des comportements des experts nous fournit un certain nombre d'indices et nous permet de mettre en évidence les stratégies cognitives qu'ils utilisent. Nous présenterons de façon indépendante les données de chaque expert en suivant le déroulement temporel opératoire.

a. 1. Stratégie de l'expert E1 :

- Etape « repérer la vertèbre L3 ».

Le Tableau n°17 ci-après représente le nombre de fois où l'expert a mobilisé chaque connaissance dans cette étape. Pour exemple, l'expert a cherché à 3 reprises à placer la vertèbre L3 au milieu de l'incidence radio.

Nous pouvons remarquer, données quantitatives à l'appui, l'importance du réglage de l'appareil de brillance fluoroscopique, qui concerne 9 connaissances sur les 14 mises en œuvre dans cette phase. Nous détaillerons plus précisément la stratégie cognitive de l'expert ci après.

<i>Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée</i>	3
<i>L'épineuse de L4 est alignée avec les os iliaques</i>	6
<i>Tracer ligne passant à l'aplomb des deux pédicules de la vertèbre représente l'axe transversal de la vertèbre</i>	3
<i>Tracer ligne passant à l'aplomb des pédicules gauches des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal gauche</i>	2
<i>Nombre total de connaissances mobilisées</i>	14

Tableau 17. Connaissances mises en œuvre par l'expert E1 dans la phase "repérer le vertèbre L3".

Afin de repérer la vertèbre L3, l'expert E1 indique dans un premier temps utiliser les radios de profil puis vérifier ensuite sur une radiographie d'incidence de face que la vertèbre repérée est correcte. En effet, dans cette étape opératoire on observe que les 10 radiographies de profil sont prises consécutivement, ce n'est qu'ensuite qu'il finit son repérage sur les deux radiographies de face.

La stratégie de cet expert suit les stratégies mises en évidence par le modèle de connaissances dans l'étude 1, à un élément près. Dans l'analyse de l'activité, nous avons déterminé que pour trouver une vertèbre lombaire, il est nécessaire de s'aider du sacrum (connaissance n°11 du modèle) parce que « *l'épineuse de L4 est alignée avec les os iliaques* ». Cet expert ne suit pas cette stratégie. Il commence son repérage au niveau d'une lombaire haute (L2). Cependant, rapidement il se rend compte que cette technique ne lui permet pas de trouver L3, donc il recommence sa recherche en repartant du sacrum. Il place sa règle face à l'appareil au niveau de ce qu'il suppose être le sacrum, prend une radio afin de valider la position dans l'espace et remonte jusqu'à la vertèbre L3. Une fois la vertèbre L3 trouvée, il marque sur la boîte de simulation la position de la vertèbre. Sur les 10 radiographies de profil qu'il prend, seules 5 répondent aux critères de validité d'une radio correcte. La moitié des radios qu'il prend à cette étape sont des radios qui lui servent à régler son appareil et la position de la colonne à opérer dans l'espace. Puis, une fois le niveau de la vertèbre d'intérêt trouvé, l'expert cherche sur des radios de face le niveau du pédicule. Il indique cependant une différence avec ce qu'il ferait habituellement « *normalement on sent les épineuses, là on les sent pas donc on se décale de 2-3 doigts environ* ». Puis une fois le pédicule repéré, l'expert trace le point d'entrée sur la boîte de simulation.

La Figure ci-après illustre les étapes suivies par l'expert dans cette étape.

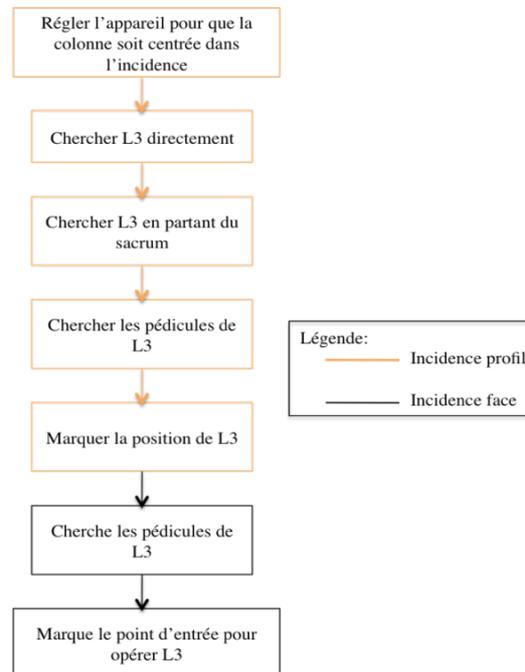


Figure 40. Etapes suivies par l'expert E1 dans l'étape « repérer la vertèbre L3 ».

A ce stade, le chirurgien E1 mobilise les mêmes connaissances dans cet exercice qu'il ne le ferait au bloc opératoire si ce n'est qu'il ne peut pas utiliser le registre proprioceptif pour repérer la vertèbre.

- Etape « *impacter et insérer le trocart* ».

Le tableau ci-après représente les connaissances mobilisées par l'expert E1 dans cette étape. Comme nous pouvons le constater, seules deux connaissances mises en œuvre par l'expert E1 ont pour objectif de vérifier la position de l'amplificateur de brillance. La majeure partie des autres connaissances (18/24) mises en œuvre concerne la progression du trocart dans la vertèbre. Enfin, une connaissance qui n'apparaissait pas dans le modèle de connaissance a été mise en œuvre 4 fois par l'expert. Nous préciserons cela par la suite.

<i>RF: Le point d'entrée cutané est situé à l'extérieur de l'axe longitudinal pédiculaire par rapport aux épineuses</i>	2
<i>L-RF: Le point de contact osseux est situé entre le processus transverse et la facette de l'arc interneural</i>	2
<i>Le trocart est dirigé vers le corps vertébral avec une inclinaison d'environ 15° par rapport à l'axe sagittal</i>	3
<i>RF: Le point de sortie pédiculaire est situé sur la ligne transverse au centre du pédicule</i>	3
<i>Si l'extrémité du trocart est située au centre du pédicule sur la face alors elle doit se situer en sortie pédiculaire dans le plan transversal</i>	3
<i>Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée</i>	2
<i>RP: Le point de sortie pédiculaire est situé à mi-hauteur du pédicule dans le plan sagittal</i>	3
<i>RP: Le point final de l'insertion est situé dans la partie antérieure du corps vertébral</i>	2
<i>Autre</i>	4
<i>Nombre total de connaissances mobilisées</i>	24

Tableau 18. Connaissances mises en œuvre par l'expert E1 dans la phase "impacter et insérer le trocart".

Dans cette étape opératoire, le geste de l'expert se décompose en deux sous étapes : une première étape échouée et une seconde étape correcte.

Dans la première sous étape, il prend 8 radios (6 incidences de face et 2 incidences de profil, dans cet ordre). Comme nous l'avons déjà observé dans l'étude 1, le début du geste opératoire est fait par contrôle radiographique de face ; puis le contrôle en sortie pédiculaire et la progression du trocart dans le corps vertébral sont fait sous incidence de profil. Au début de l'étape « impacter et insérer le trocart », l'expert nous indique « *donc une fois qu'on a notre repérage, on entre par notre point, on va palper la transverse [...] on palpe la transverse, on remonte par la transverse on va trouver l'articulaire, comme ça on a le point d'entrée [osseux]* ». Pendant qu'il nous explique cela, l'expert cherche la transverse et prend des radios de face pour vérifier son point d'entrée osseux. Quand il est satisfait de son point de contact osseux, il indique « *ok donc là théoriquement je pense que le pédicule est comme ça donc on se met sur le tiers supérieur post latéral du pédicule* ». Par cette phrase, l'expert précise une connaissance que nous avons extraite dans le modèle de connaissance. Nous avons extrait la connaissance (n°25) selon laquelle « le point de contact osseux est situé sur la ligne transverse à la limite externe du pédicule » pour une vertèbre lombaire ou thoracique sur une radio de face. L'expert mobilise cette

connaissance en la précisant selon ses propres connaissances et sa pratique. Etant satisfait de son point d'entrée osseux, l'expert fait alors progresser légèrement son trocart sous contrôle radios de face (1 radio prise). Il indique alors « *ok mais le trocart est trop droit, je dois l'incliner* » faisant ainsi référence à la connaissance 17 du modèle de connaissance selon laquelle « le trocart est dirigé vers le corps vertébral avec une inclinaison d'environ 15° par rapport à l'axe sagittal ». Puis, prenant une radio de face il dit « *ok tant qu'on est dans le rond du pédicule de face en théorie y'a pas de souci* ». Il demande ensuite à passer sous contrôle de profil afin de voir jusqu'où il est allé. Les radios de profil lui indiquent alors que le trocart n'est pas incliné vers le corps vertébral, il monte dans l'espace intervertébral. L'expert bien qu'ayant mobilisé la connaissance selon laquelle le trocart devait être incliné n'a pas contrôlé la progression réelle de son outil. Il a énoncé cette connaissance, a essayé d'incliner un peu l'outil une fois que celui-ci été déjà impacté puis a surtout cherché à vérifier sa position dans le pédicule. A ce moment, l'expert demande aux expérimentateurs ce qu'il fait, enlève le trocart et recommence son geste depuis le début. Ce que nous avons appelé la première sous-étape s'arrête donc là.

Dans la seconde sous-étape (celle qui consiste au placement correct du trocart), l'expert recommence en suivant exactement la même procédure que celle suivie dans la première sous-étape. Il prend comme précédemment 8 radios pour faire son geste. La seule exception que nous notons est qu'en plus de vérifier la position du trocart dans le pédicule, il vérifie l'inclinaison de son outil dès le moment où il l'a impacté dans l'os. Au moment de la sortie du trocart du pédicule sur les incidences de face, l'expert indique « *quand on arrive au bord médial du pédicule on doit être au niveau du mur postérieur de la vertèbre, sinon c'est qu'on est trop en arrière* ». Cette connaissance qu'il verbalise spontanément confirme et précise une série de connaissances que nous avons identifiées au cours de l'étude 1 (voir connaissances n°26, 29 et 31). Le chirurgien demande donc à passer sous radio de profil afin de contrôler son trocart. Il prend 5 radios de profil pour faire progresser son trocart et finalement en valider la position. Il dira « *ok donc là je suis dans mon corps vertébral donc y'a pas de soucis [...] et on peut injecter* ».

En réalité, comme il en conviendra dans l'entretien post expérimental, la position du trocart qu'il a validée est trop ascendante. Dans la réalité, il indique qu'il

aurait cherché à ce que son trocart soit davantage incliné. Il indique également en débriefing utiliser un marteau pour réaliser son geste opératoire. Nous ne disposons pas de ce matériel au bloc opératoire car au cours des vertébroplasties observées dans l'étude 1 nous n'avions pas vu d'experts utiliser de marteau. Les experts observés jusqu'à présent préféraient faire progresser manuellement l'outil afin de ressentir les zones anatomiques traversées et de ne pas perdre le contrôle de la progression du trocart. Cet expert préfère quant à lui utiliser le marteau afin de ne pas être « *emporté* » (ses propos) par le biseau du trocart qui modifie sa trajectoire.

La Figure ci-après illustre les différentes étapes suivies par l'expert dans cette phase.

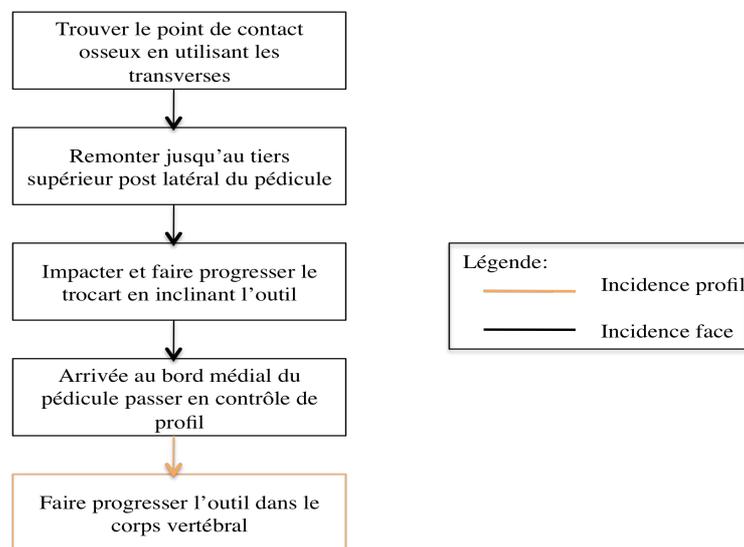


Figure 41. Etapes suivies par l'expert E1 dans l'étape « impacter et insérer le trocart dans une vertèbre L3 ».

Au niveau de la validation des incidences radiographiques, que ce soit dans l'étape « repérer la vertèbre L3 » ou dans l'étape « impacter et insérer le trocart », l'expert indique surtout, par son comportement et ses verbalisations, vérifier que la vertèbre à opérer est bien au centre de l'incidence. Tous les contrôles qu'il fait sont réalisés pour atteindre cet objectif. Cet élément correspond à des connaissances extraites dans le modèle par le biais de l'étude 1 (connaissances n°1 et 5 du modèle).

Nous avons représenté cette sous étape par la Figure suivante.

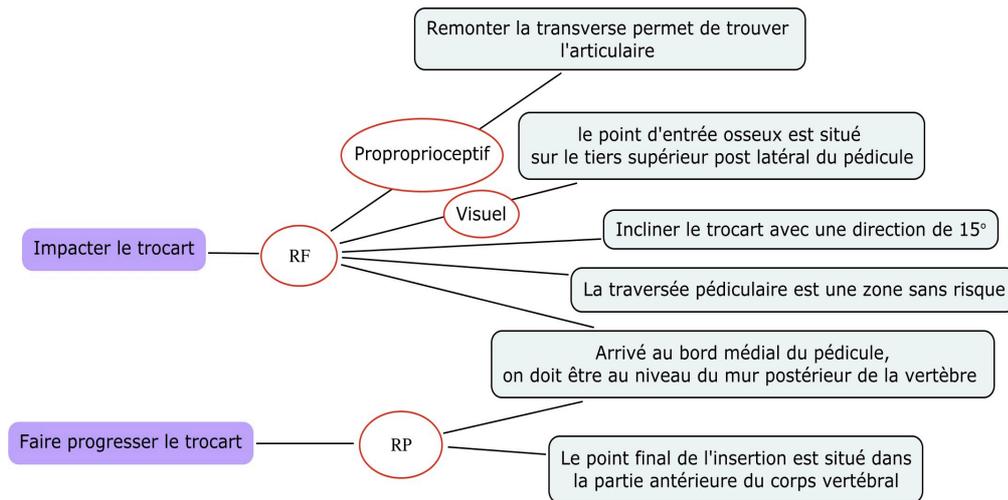


Figure 42. Stratégie utilisée par l'expert E1, connaissances mobilisées et contrôles effectués

En résumé de la passation de cet expert, nous retenons qu'il mobilise les mêmes connaissances qu'il ne le ferait en activité réelle sur patient. Il contrôle son activité par le biais des contrôles radiographiques de face et de profil. Cependant, il ne peut utiliser le registre proprioceptif pour contrôler son activité autant que ce qu'il ne le ferait sur patient, à cause de la nature de la boîte de simulation.

a. 2. Stratégie de l'expert E2 :

- Etape « repérer la vertèbre L3 ».

Le tableau ci-après représente les connaissances mobilisées par l'expert E2 dans cette étape. Nous pouvons remarquer que, encore plus fortement pour cet expert, les connaissances relatives à l'importance du réglage de l'appareil de brillance fluoroscopique, sont majoritaires (25/45). De plus, les 15 connaissances que nous avons appelées « R_Autre » ou « RF_Autre » sont également des connaissances relatives au réglage de l'amplificateur. Nous les présentons ci-après. Cinq connaissances concernent le marquage spatial de la vertèbre sur la boîte de simulation.

<i>L'épineuse de L4 est alignée avec les os iliaques</i>	6
<i>Si les pédicules sont situés symétriquement par rapport aux épineuses alors la radio est une face dans le plan transverse</i>	18
<i>Si la vertèbre concernée est placée au centre de la radio alors elle n'est pas déformée</i>	1
<i>Tracer ligne passant à l'aplomb des pédicules gauches des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal gauche</i>	3
<i>Tracer ligne passant à l'aplomb des pédicules droits des vertèbres représente l'axe pédiculaire longitudinal droit</i>	2
<i>Autre / radios</i>	4
<i>Autre / radios face</i>	11
<i>Nombre total de connaissances mobilisées</i>	45

Tableau 19. Connaissances mises en œuvre par l'expert E2 dans la phase "repérer le vertèbre L3".

Dans la réalisation de son geste opératoire, le chirurgien expert E2 met surtout l'accent sur l'importance du bon réglage de l'amplificateur de brillance radioscopique.

La première phase du repérage est également réalisée sous contrôle radioscopique de profil et a pour objectif de déterminer la position spatiale de la vertèbre à opérer. Dans un premier temps, il ne s'occupe pas du réglage de l'amplificateur et de la qualité des incidences qu'il prend. Son objectif est uniquement de repérer le niveau de la vertèbre d'intérêt. L'expert E2 suit donc la même procédure que celle employée par l'expert E1 en commençant son repérage par le sacrum. E2 utilise des aiguilles pour indiquer le niveau de chaque vertèbre. Il enfonce une aiguille au niveau de ce qu'il pense être L5, prends une radio pour confirmer son hypothèse, et continue ainsi jusqu'à trouver L3 et les pédicules de L3. Il indique que « *normalement [il] palpe la colonne, cherche le milieu et plante l'aiguille* » et qu'il est préférable d'utiliser plusieurs aiguilles afin de ne pas avoir à les déplacer et de prendre ses repères visuels. Dans cette phase de repérage, l'expert prend 10 incidences de profil. Puis, il nous indique qu'une seconde technique consiste à utiliser une règle et à compter de la même façon. Pour nous montrer cette seconde technique, l'expert E2 prend 2 radios supplémentaires.

Etant dans une démarche pédagogique, l'expert nous fournit des indications sur la technique à utiliser pour repérer une vertèbre thoracique. Ensuite, une fois le niveau de la vertèbre repéré, l'expert passe sous incidence de face. Toujours dans une

démarche d'explication, il nous indique qu'il va pouvoir faire des incidences de face strictes car la colonne artificielle n'a pas de lordose ou de kyphose. Si cette dernière avait souffert de lordose ou de kyphose, il aurait fallu incliner l'appareil fluoroscopique. Il commence donc à chercher les pédicules de L3 afin de repérer le point d'entrée cutané mais pour cela, il va régler la position de son amplificateur de sorte à obtenir des radios qui ne soient pas déformées. Il prend une série de 16 radiographies de face afin d'aligner les plateaux de la vertèbre à opérer. Cet élément est intéressant car jusqu'à présent nous avons surtout noté l'importance d'avoir des plateaux alignés pour des radiographies de profil (voir connaissances n°6 et 64) ; or cet expert vérifie également ce critère sur des incidences de face. Puis, une fois les plateaux alignés, l'expert E2 indique qu'il cherche à « aligner l'épineuse au milieu des pédicules » ce qui correspond à une connaissance extraite préalablement (connaissance n°2). Il prend pour cela une série de 12 radios. Lorsqu'il est satisfait du réglage de l'amplificateur, il cherche le pédicule avec une règle en prenant 3 radios supplémentaires. Une fois le point d'entrée cutané situé à l'extérieur de l'axe longitudinal pédiculaire par rapport aux épineuses (connaissance n°16), il le marque au marqueur.

La Figure ci-après représente les différentes étapes suivies par l'expert E2 dans la phase « repérer la vertèbre L3 ».

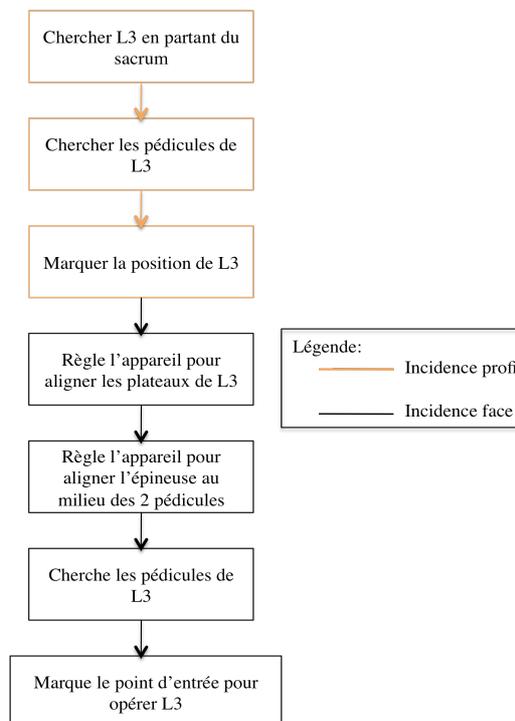


Figure 43. Etapes suivies par l'expert E2 dans l'étape « repérer la vertèbre L3 ».

Nous pouvons majoritairement remarquer que cet expert diffère de l'expert E1 dans l'importance qu'il attribue à la validation des critères de l'incidence de face. Tandis que E1 réglait son appareil en début de repérage cutané et en incidence de profil pour que la colonne soit bien centrée, cet expert insiste surtout sur la position de la vertèbre dans l'incidence. Ce comportement traduit l'importance d'avoir une image dans laquelle la vertèbre n'est pas déformée, avoir une bonne image radio permet d'être sûr de la validité des décisions prises. En effet, si la vertèbre est située sur la périphérie de l'incidence radiographique, sa représentation en sera déformée.

Etape « impacter et insérer le trocart ».

Dans cette étape, et contrairement à l'étape précédente, l'expert ne fournit presque plus d'explication. Il commence son geste en cherchant le point de contact osseux. Pour cela, il palpe la vertèbre avec son trocart et cherche à placer son trocart sur la ligne transverse, à la limite externe du pédicule (connaissance n°25). Il le positionne une première fois mais après contrôle radio trouve son point d'entrée osseux un peu externe. Donc, il repositionne son trocart un peu plus en interne et l'impact dans la vertèbre. Après 5 radios supplémentaires, il indique « *là je suis limite parce que je suis en train de toucher la corticale interne et ça j'aime pas* ». A ce stade, l'expert E2 a déjà pris 8 radiographies. Il décide de vérifier sa trajectoire sur une incidence de profil et observe qu'en effet sa trajectoire est trop interne. Il ressort son trocart et le repositionne sur le point de contact osseux qu'il avait choisi initialement, celui qu'il avait jugé trop externe. Il fait progresser son trocart sous incidence de face (4 radios prises). Puis, sous incidence de profil il cherche à contrôler le point de sortie pédiculaire. Observant qu'il est « *bien, je peux continuer car j'ai passé le point critique* » il fait progresser son trocart sous incidence de profil jusqu'à valider son point final d'insertion. Toutefois, avant de valider définitivement sa position, il demande à repasser sous incidence de face où il cherche de nouveau à voir les pédicules et à aligner l'épineuse au milieu des 2 pédicules (connaissance n°2). Puis, dès qu'il est de nouveau satisfait par le réglage de son amplificateur de brillance, il valide définitivement la position de son trocart.

La Figure ci-après illustre les différentes étapes suivies par l'expert E2 dans la phase « impacter et insérer le trocart ».

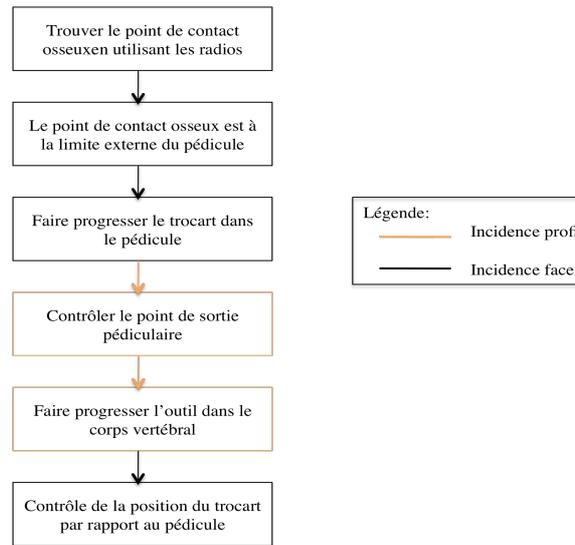


Figure 44. Etapes suivies par l'expert E2 dans l'étape « impacter et insérer le trocart dans une vertèbre L3 ».

La Figure ci-après représente cette sous-étape, les contrôles réalisés et les connaissances mobilisées par l'expert.

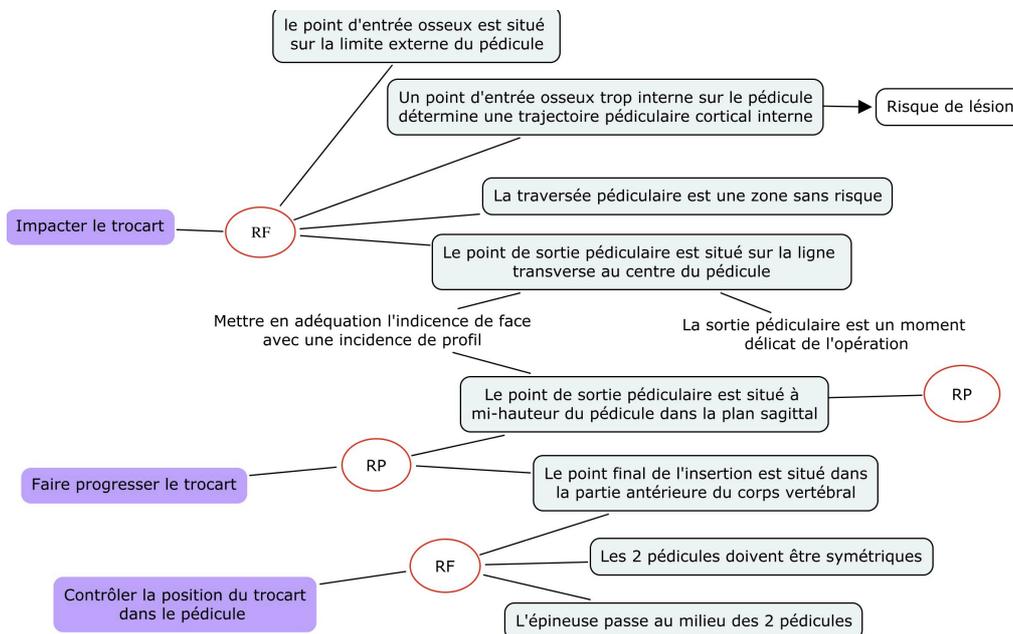


Figure 45. Stratégie suivie par l'expert E2 dans la sous étape insérer le trocart

Après avoir fini son geste, l'expert indique avoir trouvé cet exercice plus difficile que dans la réalité. Il précise que les patients opérés ont pour la plupart des os

porotiques, ainsi il contrôle énormément son activité par le biais de ses ressentis proprioceptifs alors qu'ils sont inexistantes selon lui sur la boîte de simulation. Il ne pouvait se guider et contrôler son activité que par les radios, chose qu'il n'aurait pas faite sur un vrai patient. Cette différence de matériel explique pourquoi à la fin de son opération il repasse en radio de face pour contrôler le passage du pédicule. Il ne contrôle en réalité jamais la traversée du pédicule une fois que le trocart est dans sa position définitive.

En résumé de la passation des experts, nous retenons que l'activité vertébroplastie sur boîte de simulation diffère légèrement de l'activité vertébroplastie sur patient. Notamment, malgré le choix que nous avons fait d'une vertèbre de double densité, les participants ne peuvent contrôler leur activité en s'aidant du registre proprioceptif. Hormis cette différence, les mêmes connaissances et les mêmes schèmes d'action sont mobilisés et mobilisables par les opérateurs que dans l'activité réelle. La validité externe de la tâche n'est confirmée que dans une moindre mesure.

b. Résultats de la passation des internes

Vérifications expérimentales.

Inductions expérimentales. Concernant l'induction de stress, les participants ne se sont pas déclarés plus stressés en condition expérimentale stressante qu'en condition non stressante ($M_{CS} = 2$; $M_{NS} = 2$). Les internes n'utilisent que le bas des échelles pour indiquer leur niveau de stress ressenti alors que les échelles étaient en 11 points.

Niveau d'anxiété. Les internes ne se sont pas déclarés plus anxieux en condition expérimentale stressante qu'en condition non stressante ($M_{CS} = 2$; $M_{NS} = 3$). Les internes n'utilisent que le bas des échelles pour indiquer leur niveau d'anxiété ressenti alors que les échelles étaient en 11 points.

Mesure d'effort. Les internes n'ont pas déclaré devoir fournir plus d'effort en condition expérimentale stressante qu'en condition non stressante (condition stressante : $M_{CS} = 25$; $ET_{CS} = 7$; condition non stressante : $M_{NS} = 27.5$; $ET_{NS} = 3.53$), $t < 1$.

Fréquence cardiaque. En moyenne, la fréquence cardiaque des internes n'a pas été plus élevée en condition expérimentale stressante qu'en condition non stressante (condition stressante : $M_{CS} = 90.42$; $ET_{CS} = 0.08$; condition non stressante : $M_{NS} = 97.05$; $ET_{NS} = 1.94$), $t < 1$.

Test des hypothèses.

Bien que nos mesures auto rapportées et nos mesures physiologiques ne soient pas significatives, cela ne remet pas en cause le test de nos hypothèses puisque comme nous le verrons dans cette section, nous observons tout de même des différences entre les deux conditions expérimentales.

Performance. La position des trocarts placés par les internes n'est pas jugée comme correcte par l'expert, que ce soit en condition neutre ou en condition stressante.

Efficienc e de traitement. Plusieurs indicateurs nous servent à appréhender le concept d'efficienc e de traitement des internes parmi lesquels le temps mis pour résoudre la situation problème, le nombre de radiographies prises, le nombre de mouvements réalisés, le type de gestes réalisés ainsi que les stratégies cognitives employées. Nous détaillerons ci-dessous chaque indicateur.

Temps de passation. Le premier interne ne respecte les consignes fournies concernant le temps de passation. En condition stressante, les internes disposaient de 10 minutes maximum pour réaliser leur geste, il a dépassé ce temps limite et ce malgré les relances de l'expérimentateur.

	I1	I2
Durée total du geste	15.4	10
Repérer L3	4.3	2.2
Impacter & insérer le trocart	11	7.8

Tableau 20. Temps (exprimé en minutes) mis par les internes pour réaliser le geste opératoire et les sous étapes du geste en condition stressante.

En condition expérimentale stressante, les internes ont tendance à mettre plus de temps pour réaliser leur geste et les différentes sous étapes ($M = 12,7$) qu'en condition expérimentale neutre ($M = 10,4$) ; $t(5) = 2,415$, $p = 0,06$.

Nous devons relativiser cette donnée et préciser qu'au bout des 10 minutes imparties, les expérimentateurs ont indiqué au premier interne que la passation était terminée. Cependant, puisque nous souhaitions lui permettre de terminer son geste afin d'avoir accès à ses stratégies de résolution de problème, nous lui avons autorisé à finir tout en le pressant afin de maintenir un climat stressant. Le second interne place son trocart en 10 minutes.

Nombre de radiographies prises. Aucun interne ne respecte les consignes fournies concernant le nombre de radiographies prises. En condition stressante, les internes devaient prendre le moins de radios possibles et n'utiliser que des radiographies les plus importantes pour réaliser leur geste, tous deux n'ont pas respecté dépassé cette consigne et ce malgré les relances de l'expérimentateur.

Concernant le nombre de radiographies prises en cours d'action, l'interne I1 prend 50 radios pendant son geste tandis que l'interne I2 en prend 54 au cours du geste opératoire. Le tableau ci-dessous indique le détail des incidences radiographiques prises.

	Incidence de face	Incidence de profil	Nombre total de radios
I1	33	17	50
I2	44	10	54

Tableau 21. Nombre de radiographies prises en cours d'action par interne et selon le type d'incidence en condition stressante.

Il est également intéressant d'analyser le nombre de radiographies prises par l'incidence en fonction de l'étape opératoire en cours. Ainsi, un découpage plus précis du nombre de radiographies prises nous révèle que la principale différence observée entre les deux internes tient à l'étape « Impacter et insérer le trocart ».

	Etape opératoire	Incidence de face	Incidence de profil	Nombre total de radios
I1	Repérage	7	4	11
	Impacter & insérer le trocart	26	13	39
I2	Repérage	3	3	6
	Impacter & insérer le trocart	41	7	48

Tableau 22. Nombre de radiographies prises en cours d'action par interne selon l'incidence et l'étape opératoire en cours en condition stressante.

En condition expérimentale stressante, les internes prennent plus de radios pour réaliser leur geste ($M = 22,2$) qu'en condition expérimentale neutre ($M = 14,6$) ; $t(13) = 2,603, p = 0,02$.

Nombre et type de gestes réalisés. Les gestes n'ont été codés que dans la phase « impacter et insérer le trocart ». Nous pouvons noter que les internes réalisent plus de mouvements en condition stressante ($M = 236$) qu'en condition neutre ($M = 86,5$).

Afin de permettre une comparaison plus précise, les annotations gestuelles ont été décomposées selon le type de préhension en gestes fins et gestes de force. Les gestes fins correspondent aux préhensions ne faisant intervenir que les doigts contrairement aux gestes de force qui font intervenir toute la main ou le poignet. Les gestes fins sont composées des préhensions suivantes : key-pinch, tridigitale pulpo-pulpaire, bidigitale pulpo-pulpaire, tip-pinch, digitale pulpaire, interdigitale latéro-latérale, interdigitale latéro-latérale pulpaire et tetradigitale pulpaire pollici-tridigitale (voir annexe de ce document p.340). De façon générale à la vertébroplastie, les internes font majoritairement des préhensions fines dans leur geste. Cette observation n'est pas surprenante, étant donné le type d'opération qu'ils réalisent et qui nécessite davantage de gestes fins. Cependant, nous observons de façon descriptive que les internes font en moyenne plus de gestes fins en condition stressante ($M = 80$) qu'en condition non stressante ($M = 42,5$) et plus de gestes de force en condition stressante ($M = 12,5$) qu'en condition non stressante ($M = 8$). Ce résultat pourrait être à relativiser puisque les internes étant plus longs à réaliser leur geste en condition stressante qu'en condition neutre, ils disposent de plus de temps pour faire des gestes. Cependant, le résultat suivant indique bien un effet du stress sur leurs mouvements.

Afin de tester les effets du stress sur le type d'action réalisée par les internes, nous réalisons un chi-deux. Nous observons que le stress induit expérimentalement a un effet sur le type d'action réalisée ($\chi^2 = 27,9$; $ddl = 6$; $p < .001$) par les internes. Cet effet est notamment observé sur le nombre de mouvements réalisés puisque nous nous attendions à ce qu'ils fassent plus de mouvements en condition stressante qu'en condition neutre (effectif attendu : 434,2 ; effectif observé : 472). Cet effet est également observé sur le nombre de connaissances mobilisées. Nous reviendrons sur cet aspect dans la sous section suivante.

Stratégies cognitives des internes. En moyenne, les internes mobilisent plus de connaissances en condition expérimentale stressante ($M = 59$) qu'en condition expérimentale neutre ($M = 47$). Toutefois, nous allons voir que même si en effet ils ont davantage recours à des connaissances sous condition stressante, ce sont en réalité des connaissances qu'ils utilisent plusieurs fois car ils n'arrivent pas à les mettre en œuvre. Comme attendu, l'efficacité de traitement des internes a été modifiée sous stress. Le stress induit par les consignes expérimentales semble avoir modifié leurs stratégies cognitives si bien que les internes utilisent moins de connaissances différentes pour résoudre leur vertébroplastie. Nous nous attendions (par le biais des effectifs attendus) à ce qu'ils utilisent davantage de connaissances sous stress que ce qu'ils ne font (effectif attendu : 142,7 ; effectif observé : 118).

Afin d'avoir une plus grande visibilité sur les stratégies de résolution de problème des internes, nous présentons dans la section suivante leurs résultats de façon séparée. Nous commençons par fournir un descriptif de chacune de leur passation puis effectuons une comparaison entre les deux conditions expérimentales.

b. 1. Les stratégies cognitives de l'interne I1

- *En condition neutre :*

Etape « repérer la vertèbre L3 ».

L'interne I1 réalise le repérage de la vertèbre L3 exclusivement sous contrôle radioscopique d'incidence de profil. Il commence son repérage de la vertèbre lésée en partant du sacrum ; puis en utilisant une règle et un feutre il marque sur la boîte de simulation le niveau des vertèbres L4 et L3. Enfin, dans un dernier temps, il cherche le niveau des pédicules en utilisant la règle.

La Figure ci-après illustre la série d'étapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 ».

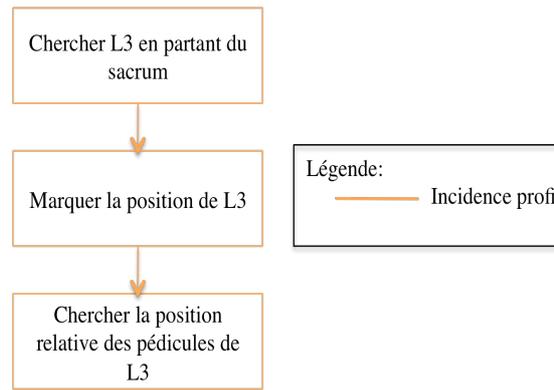


Figure 46. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 »

Dans cette phase, l'interne ne cherche pas le point d'entrée cutané. De plus, à aucun moment de cette phase, l'interne I1 ne règle son appareil d'images fluoroscopique alors que la vertèbre n'est pas centrée dans l'incidence. Cette phase de repérage est donc pour cet interne uniquement l'occasion de repérer spatialement la position relative de la vertèbre à opérer. Contrairement à ce que font les experts, cet interne ne cherche pas le point d'entrée cutané. Cette phase opératoire est absente de la stratégie de l'interne I1.

Etape « impacter et insérer le trocart ».

Au début de cette phase, l'interne muni du trocart, utilise la pointe de ce dernier pour trouver le point de contact osseux. N'ayant pas de point d'entrée cutané, il place approximativement son trocart au niveau du repérage spatial qu'il a fait de L3 puis l'insère jusqu'à trouver son point de contact osseux. Les 3 premières radios qu'il prend lui servent à repérer le point de contact osseux, ce sont des radios de face. Il cherche à placer son trocart entre le processus transverse et la facette de l'arc interneural mobilisant ainsi la connaissance n°20 du modèle. A ce moment de son geste, l'interne I1 prend des incidences radiographiques dans lesquelles il est possible de voir le sacrum. On peut noter qu'il pointe le trocart vers ce qu'il pense être L3, mais ce qui est L4. Il impacte le trocart dans la vertèbre et le fait progresser droit dans la boîte de simulation. Son point de contact osseux étant situé trop haut dans le pédicule et son trocart n'étant pas incliné, l'interne se rend rapidement compte que son trocart est trop ascendant et qu'il se dirige vers l'espace intervertébral. Il ressort donc son trocart de la vertèbre. Il reprend ensuite le même point de contact osseux et

incline son trocart mobilisant ainsi la connaissance n°17 du modèle selon laquelle le trocart doit être dirigé vers le corps vertébral avec une inclinaison de 15°. Puis, il fait de nouveau progresser son trocart. Entre le moment où il ressort son trocart, l'impacte de nouveau et demande à passer sous incidence de profil car pense être en sortie pédiculaire l'interne ne prend que 3 radiographies de face. La dernière radiographie de face prise révèle que le point de contact osseux est de nouveau trop ascendant, que le trocart n'est pas assez incliné et qu'il part en direction de l'espace intervertébral. L'interne ne réussit pas à réaliser son geste. Il passe sous incidence de profil pour vérifier la trajectoire de son trocart. Il juge cette dernière mauvaise car trop ascendante. Son trocart est également loin de la sortie pédiculaire puisqu'il n'est en réalité qu'au niveau de l'apophyse épineuse.

A ce moment de la simulation, les expérimentateurs arrêtent l'interne. En effet, les expérimentateurs ont constaté depuis le début du geste que l'interne n'a pas opéré la bonne vertèbre, il est positionné sur L4, son repérage de la position de la vertèbre à opérer n'était pas correct.

La Figure ci-après illustre la série d'étapes suivies par I1 dans la phase « impacter et faire progresser le trocart ».

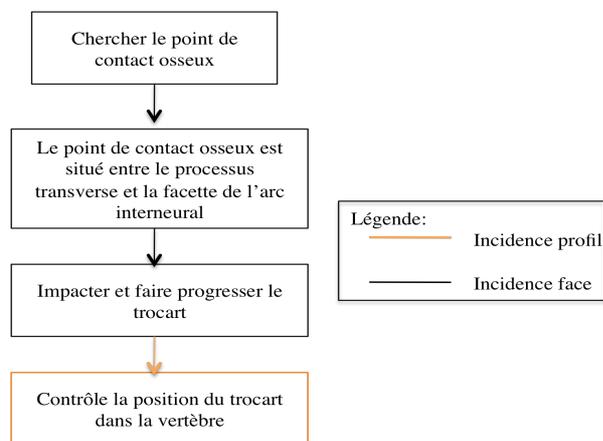


Figure 47. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase "impacter et insérer le trocart"

En conclusion de la passation de cet interne, nous pouvons observer qu'un certain nombre de connaissances ne sont pas mobilisées. Tout d'abord, nous notons une absence totale de réglage de l'appareil fluoroscopique. L'interne ne règle jamais la position de la colonne ou de la vertèbre dans l'incidence. Cet élément est pourtant

très important comme nous avons pu le constater dans l'étude 1 puisqu'il est garant de la position de la vertèbre dans l'espace et donc de la progression de l'outil dans le corps du patient. Nous avons également au cours de l'étude 1 mis en évidence l'importance des contrôles radios fréquents afin de contrôler au mieux la progression du trocart dans les différentes zones anatomiques. Cet interne ne contrôle que peu son geste. Les positions du trocart en sortie pédiculaire n'ont pas été contrôlées, le trocart aurait pu léser le canal vertébral (connaissance n°46) ou les racines dans le trajet foraminal (connaissance n°47). En termes de performance, la position finale du trocart dans la vertèbre n'est pas jugée correcte.

La Figure ci-après illustre la stratégie mise en œuvre par l'interne dans sa passation. Les ronds rouge indiquent les contrôles radio qu'il réalise, en fond vert les erreurs qu'il commet et n'arrive pas à rétablir.

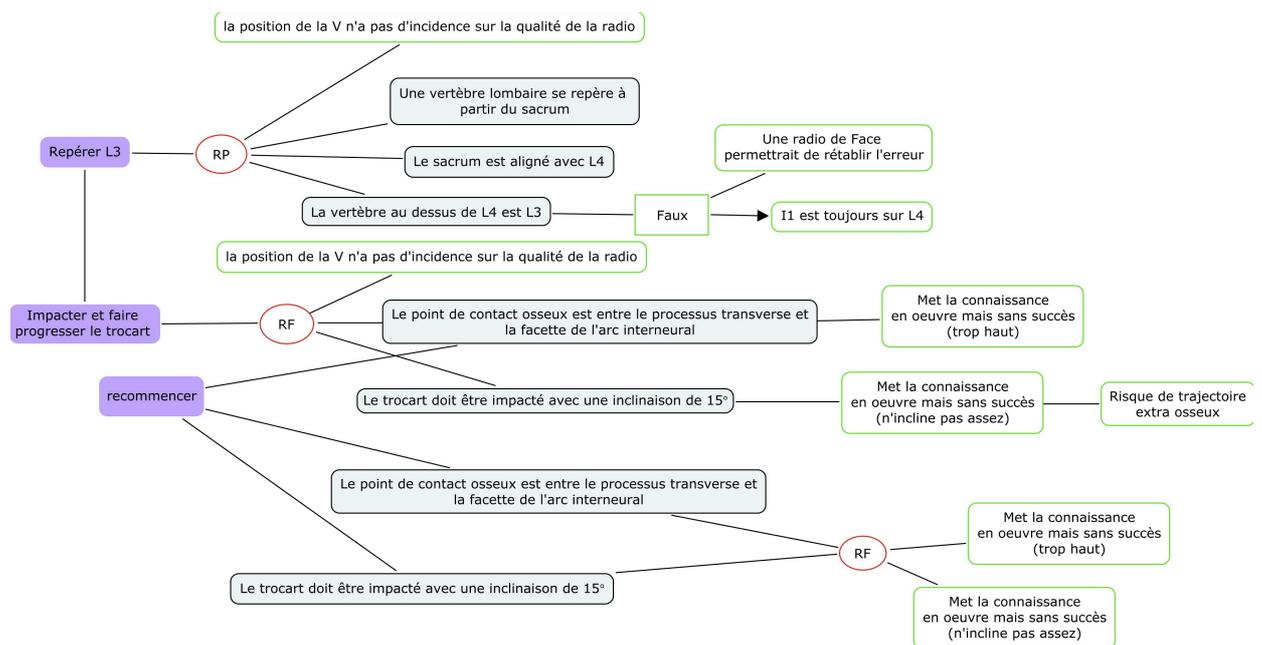


Figure 48. Stratégie mise en œuvre par l'interne I1 dans la passation neutre

Il est intéressant de noter que dans cette passation, l'interne met en œuvre des connaissances mais n'arrive pas à le faire de façon correcte.

- *En condition stressante :*

Etape « repérer la vertèbre L3 ».

En condition stressante, l'interne I1 utilise une stratégie classique dans la réalisation de cette première phase opératoire. Il commence son repérage sous incidence de profil, et cherche L3 en partant du sacrum. Il utilise une règle afin de se guider et remonte chaque vertèbre jusqu'à être sur L3. Puis, une fois la vertèbre repérée, il réalise un marquage au feutre sur la boîte de simulation. Il passe ensuite sous incidence de face afin de repérer les pédicules de L3 et donc son point d'entrée cutané. Il passe plusieurs minutes afin de régler son amplificateur et la position de la vertèbre dans l'incidence. Une fois satisfait de l'incidence il utilise une règle pour définir la position spatiale du pédicule. Puis, il réalise un nouveau marquage sur la boîte de simulation.

La Figure ci-après illustre la suite d'étapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » de la condition expérimentale stressante.

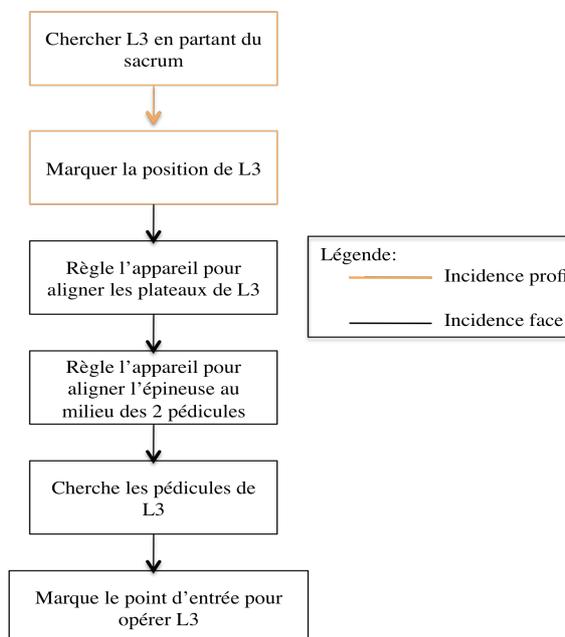


Figure 49. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » dans la condition expérimentale stressante

En résumé de cette première phase opératoire, nous pouvons noter que cet interne utilise une stratégie cognitive très proche de celle de l'expert E2 dans sa phase de repérage de vertèbre. L'interne I1 a passé cette condition expérimentale une dizaine de jours après avoir passé la condition neutre. Or dans sa première passation expérimentale, il s'est trompé de vertèbre et a opéré L4 jusqu'à ce qu'un expérimentateur lui demande de vérifier la vertèbre opérée. Avant même de commencer son geste en condition expérimentale stressante, l'interne I1 a rappelé son erreur aux expérimentateurs et a indiqué qu'il ne devait pas la reproduire. Sa première passation semble avoir modifié la stratégie qu'il utilise dans cette passation. Contrairement à la phase expérimentale neutre, il prête plus d'attention aux critères de réglage de l'amplificateur, à la position du trocart dans l'incidence et choisit un point d'entrée cutané pour commencer son geste. Dans cette première partie du geste, son efficience de traitement semble améliorée par rapport à la condition neutre.

Etape « impacter et insérer le trocart ».

Le geste devait être réalisé en 10 minutes. L'interne ayant mis 4,3 minutes pour repérer L3 il ne lui reste théoriquement que 5,7 minutes pour positionner son trocart. En réalité, l'interne utilise tout ce temps uniquement pour déterminer son point de contact osseux. Il prend 25 radios dans le laps de temps imparti afin de trouver son point d'entrée osseux. Il cherche *le point de contact osseux [qui] est situé sur la ligne transverse à la limite externe du pédicule* (connaissance n°25) mais n'arrive pas à impacter son trocart. Ainsi, son outil glisse à plusieurs reprises sur la colonne en résine de la boîte de simulation mais n'arrive pas à l'impacter dans la vertèbre. Devant la difficulté qu'il éprouve à impacter son trocart, il a même l'impression pendant son geste d'avoir cassée la colonne en résine, ce qui en réalité ne fut pas le cas. Il apparaît que durant tous les essais qu'il réalise, il ne règle à aucun moment la position de l'appareil radioscopique. S'il avait réglé la position de l'appareil afin d'obtenir une qualité d'image correcte, il aurait compris son erreur et aurait vu que la position de la vertèbre dans l'espace était telle que la représentation mentale qu'il se faisait de son outil dans la vertèbre n'était pas correcte. Il indique même « *mon point d'entrée est bien là mais ça dérape* ».

La Figure ci-après représente l'étape suivie par l'interne dans la phase « impacter et insérer le trocart ».

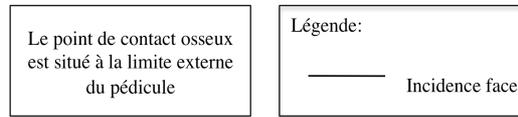


Figure 50. Etape suivie par l'interne I1 dans la phase « impacter et insérer le trocart » dans la condition expérimentale stressante

En conclusion de la passation expérimentale stressante de cet interne, il est important de noter l'incapacité qu'il a eue à corriger son geste afin de déterminer son point de contact osseux. Il est resté focalisé sur sa stratégie, ne réussissant pas à sortir de son schéma de réflexion afin de rétablir son erreur et de poursuivre son geste. Il n'a pas vérifié les critères de validité des incidences radios qu'il a utilisées. Son efficacité de traitement a été affectée dans cette partie opératoire.

Au bout des 10 minutes imparties, l'expérimentateur propose à l'interne de passer sous contrôle radiographique de profil afin de voir ce qui s'est passé. Le contrôle radiographique de profil permet à l'interne de comprendre que son outil dérapait sur la colonne en résine, il essayait d'impacter son trocart dans l'espace intervertébral et non sur le pédicule.

La Figure ci-après illustre la stratégie employée par l'interne dans la condition stressante.

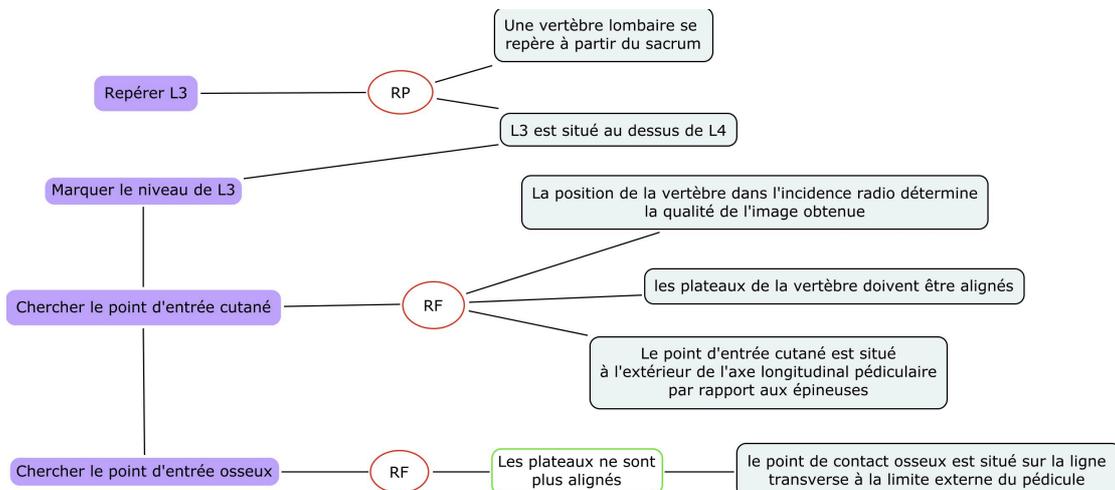


Figure 51. Stratégie mise en œuvre par l'interne I1 dans la passation stressante

b. 2. Les stratégies cognitives de l'interne I2

- En condition neutre :

Etape « repérer la vertèbre L3 ».

L'interne I2 utilise la stratégie classique de repérage de la vertèbre lésée lombaire. Il commence son repérage sous incidence de profil, commence en cherchant le sacrum puis remonte jusqu'à L3 en utilisant une règle. Ensuite, il passe sous contrôle radio de face et cherche le « bord externe du pédicule ». Une fois le bord externe du pédicule repéré, il fait le marquage au feutre du point de contact cutané.

La Figure ci-après illustre la suite d'étapes suivies par l'interne dans la phase « repérer la vertèbre L3 ».

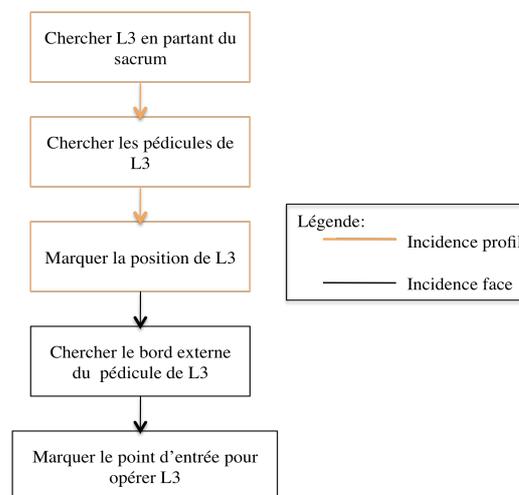


Figure 52. Suite d'étapes suivies par l'interne I2 lors de la phase "repérer la vertèbre L3"

Dans cette phase, l'interne I2 met en place une stratégie de repérage de la vertèbre telle que classiquement enseignée par les experts. En revanche, il ne contrôle pas la qualité de ses incidences radios. L'interne prend différentes précautions, notamment en prenant une dernière incidence pour vérifier son repérage. Sur sa dernière incidence, il cherche à avoir une incidence comprenant le sacrum et une partie large de la colonne afin de vérifier que la vertèbre qu'il s'apprête à opérer est

L3. Il cherche également validation de son repérage auprès des expérimentateurs en leur demandant « *on est d'accord ?* ».

Etape « impacter et insérer le trocart ».

La partie de cette phase opératoire est assez classique pour l'interne qui respecte les procédures enseignées par les experts. Pour commencer, l'interne I2 cherche dans un premier temps à centrer la vertèbre dans l'incidence radiographique. Il demande à avoir le contrôle sur les réglages de l'appareil radio afin de régler la position de l'amplificateur sur ces différents axes. Puis, une fois qu'il a jugé son incidence de face correcte, il cherche le pédicule, le point de contact osseux et fait progresser son trocart. Il vérifie la progression de son trocart jusqu'à être arrivé sur le bord médian du pédicule. Puis, il passe en incidence de profil. Il prend alors une radio et se rend compte que sa trajectoire est trop ascendante. Il cherche alors à orienter son trocart de façon à ce que sa trajectoire soit plus descendante. Il force pour faire progresser le trocart qui dérape et traverse le pédicule. A partir de ce moment, on observe un changement dans la stratégie cognitive de l'interne. Dans la première partie de son geste opératoire il était assez « scolaire », respectant les consignes fournies. A partir du moment où son trocart dérape et où il recommence son geste, il n'est plus aussi rigoureux dans l'utilisation qu'il fait des contrôles. Il recommence son geste sous incidence de profil. Il fait progresser son trocart dans le pédicule et ne passe sous incidence de face que lorsqu'il est arrivé au bord médian du pédicule. Il indique « *je vais vérifier de face que j'ai pas passé le mur médian du pédicule pour être sûr que je ne sois pas dans le canal* ». Il fait progresser son trocart dans la vertèbre, puis prend une radio de profil pour contrôler sa progression. Satisfait de son incidence il dit « *je vais progresser doucement* ». A ce moment là, l'interne ne vérifie pas les critères relatifs au réglage de l'amplificateur et à la position de la vertèbre dans la radio. Alors qu'il montrait une attention particulière à cet aspect du geste au début, il ne s'occupe plus du réglage de son amplificateur. Il utilise alors une radiographie qui n'est pas satisfaisante puisque la vertèbre est mal positionnée et déformée dans l'incidence. Il fait progresser son trocart dans la vertèbre puis demande une nouvelle prise de radio. Il indique alors « *on voit pas le mur antérieur parce qu'il faudrait monter la table ... mais a priori c'est bon hein* ». Il fait alors à nouveau progresser

son trocart et valide sa position sur une dernière radio de profil tout en indiquant à nouveau qu'on ne voit pas le mur antérieur. Il passe alors de face pour valider définitivement sa position. Il dit « *bon j'ai de bonnes sensations, pas trop facile donc à priori je suis dedans* ». Il prend deux radiographies de face et juge ne pas être assez convergent. Il cherche alors à modifier l'inclinaison de son trocart de façon à ce qu'il soit davantage descendant tout en le faisant de nouveau progresser avant de valider définitivement la position du trocart dans la vertèbre. En terme de performance, la position finale du trocart dans la vertèbre n'est pas jugée comme correcte, le trocart étant en réalité sorti du corps vertébral. Le manque de contrôle radio au moment de la progression du trocart n'a pas permis à l'interne de détecter son erreur.

La Figure ci-après représente la suite d'étapes suivies par l'interne I2 dans la phase « impacter et faire progresser le trocart ».

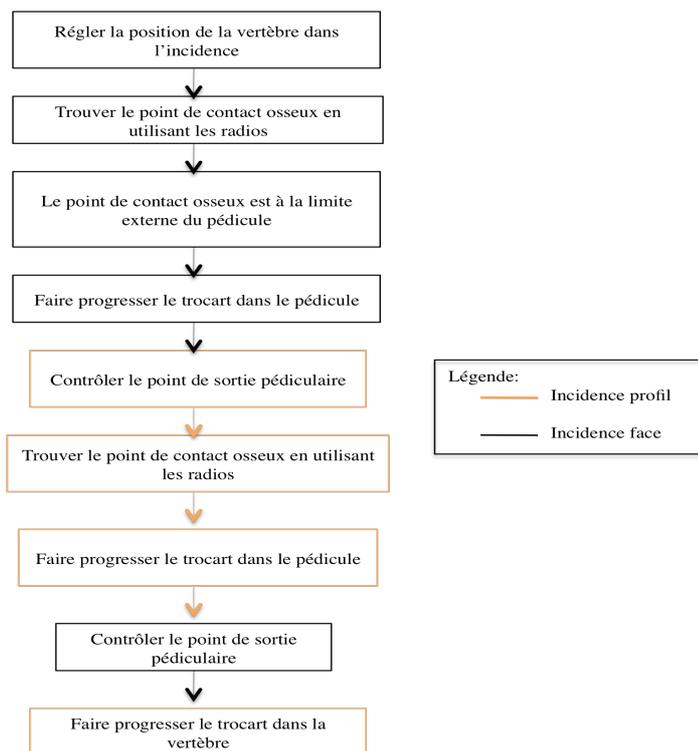


Figure 53. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase "impacter et insérer le trocart"

La Figure ci-après illustre la stratégie employée par l'interne dans la condition neutre.

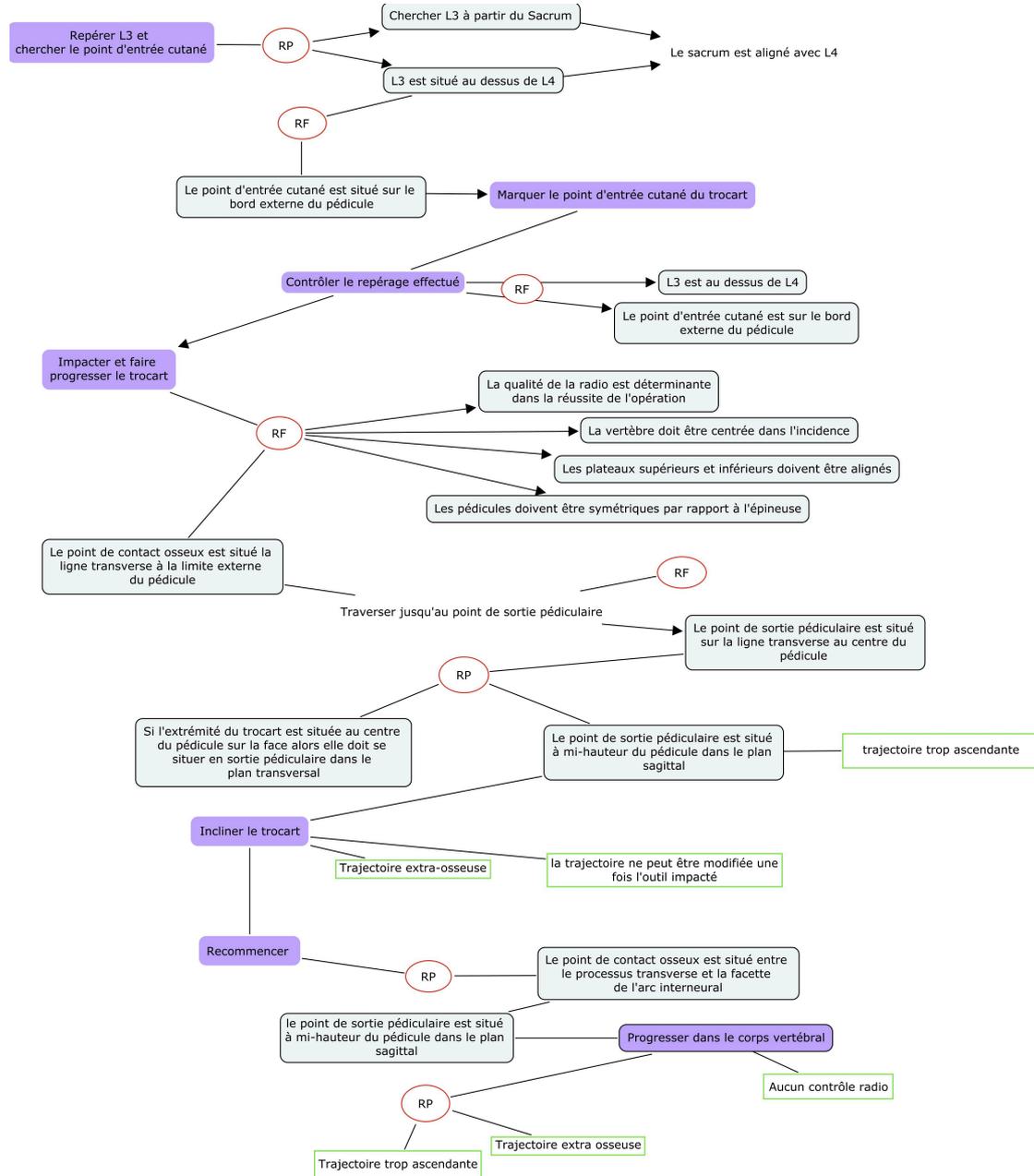


Figure 54. Stratégie mise en œuvre par l'interne I2 dans la condition neutre

En conclusion de la passation de cet interne, nous pouvons retenir qu'il a commencé l'insertion de son trocart en utilisant un certain nombre de connaissances relatives au contrôle du réglage de l'amplificateur et de la position dans la vertèbre. Il a utilisé une technique classiquement enseignée sachant que la traversée du pédicule

était l'élément le plus délicat de son geste. Cependant, une fois confronté à une erreur, il ne vérifie plus les critères de réglage de l'amplificateur, si bien qu'il termine son geste en validant une trajectoire sur des incidences qu'il sait pourtant incorrectes. De la même façon, il réalise son geste sous incidence de profil alors que cette incidence ne lui permet pas d'avoir une bonne représentation du pédicule et donc de vérifier sa traversée pédiculaire. Il ne met rien en œuvre pour rétablir son geste.

- *En condition stressante :*

Etape « repérer la vertèbre L3 ».

L'interne I2 réalise son repérage de la vertèbre lésée de façon classique, c'est à dire en commençant sous contrôle de profil et en remontant à partir du sacrum jusqu'à L3 en s'aidant d'une règle. Puis une fois le niveau général de L3 repéré et marqué sur la boîte de simulation, il passe sous incidence de face afin de repérer la position des pédicules. Une fois le pédicule à opérer trouvé, il marque sa position au feutre.

La Figure ci-après illustre la suite d'étapes suivies par l'interne I2 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » dans la condition expérimentale stressante.

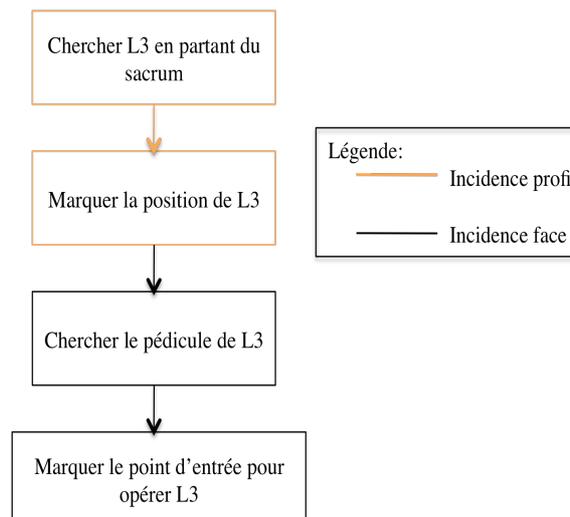


Figure 55. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » dans la condition expérimentale stressante

La technique qu'utilise cet interne ne diffère presque pas de la phase neutre si ce n'est qu'il est moins précis dans sa recherche. En phase neutre, il avait cherché les pédicules de L3 sous radio de profil et le bord externe du pédicule sous incidence de face. En condition stressante, il ne cherche que grossièrement le niveau de la vertèbre et le pédicule.

Étape « impacter et insérer le trocart ».

L'interne commence cette phase de l'opération par régler la position de l'amplificateur. Il cherche à avoir « *les épineuses centrées dans l'incidence* » (connaissance n°2). Une fois satisfait, il commence à impacter son trocart dans le pédicule de L3. Il va recommencer son geste 6 fois car sa trajectoire est toujours trop ascendante dans le pédicule. Son trocart part dans la direction du canal intervertébral. N'arrivant pas à réaliser son geste, il passe sous incidence de profil. Il recommence alors son geste en impactant le trocart et en le faisant progresser sous profil. Puis, une fois son trocart bien impacté il repasse sous face pour vérifier « *s'il n'a pas franchi le mur médial du pédicule pour être sûr qu'il est bien dans le canal et qu'il reste bien dans le pédicule* » (connaissance n°31). Satisfait de sa position, il fait progresser son trocart en prenant deux contrôles de face. Puis, il demande à repasser sous profil où il termine la progression de son outil. Il valide sa position en indiquant « *je suis un peu tangent au plateau supérieur, il aurait fallu que je sois un peu plus plongeant, j'ai été un peu déboussolé par les sensations, voilà...* ».

La Figure ci-après illustre les étapes suivies par l'interne I2 dans la phase « impacter et insérer le trocart ».

PARTIE EMPIRIQUE

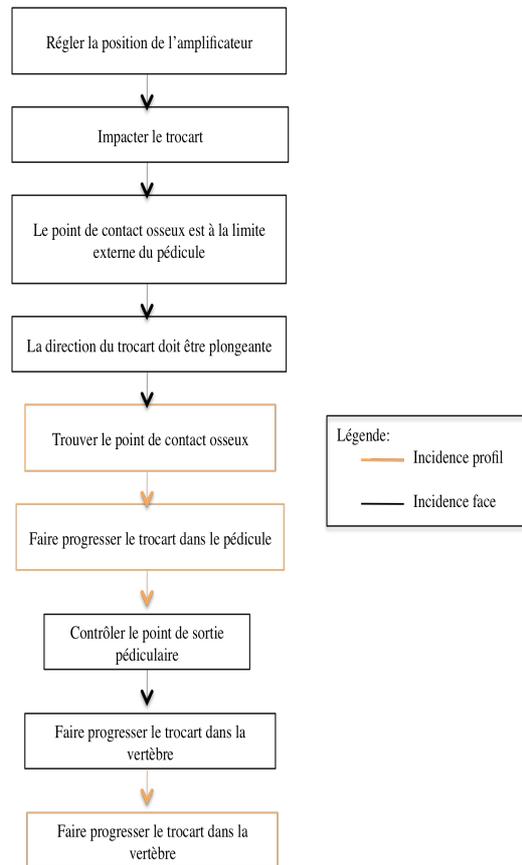


Figure 56. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase « impacter et insérer le trocart » dans la condition expérimentale stressante

Cet interne rencontre les mêmes difficultés que l'interne I1 à impacter son trocart dans la vertèbre. Nous aurions pu penser que cette difficulté est due à la nature même de la colonne en résine qui ne permet pas d'impacter le trocart comme dans un os humain, cependant, ils n'ont pas rencontré ce problème en condition neutre, cela ne peut donc pas être le fait du matériel. Nous posons l'hypothèse selon laquelle cette difficulté serait plutôt due à un manque de contrôle radiographique. En effet, même si l'interne I2 règle son amplificateur en début de geste opératoire, il ne vérifie qu'une partie des critères de validité d'une radio. En l'occurrence, il néglige la position relative de la vertèbre dans l'incidence. Il cherche à centrer l'épineuse par rapport aux pédicules mais ce n'est pas suffisant pour avoir une représentation spatiale de la position de la vertèbre dans la boîte de simulation. Ainsi, il ne dirige pas son geste avec la bonne inclinaison dans la vertèbre. Comme dans la condition neutre, il valide une position de trocart dont il n'est pas satisfait et qu'il sait invalide.

Concernant les verbalisations, cet interne ne verbalise pas en cours d'action mais il explique ce qu'il cherche à faire consécutivement à son action.

La Figure ci-après illustre la stratégie employée par l'interne dans la condition stressante.

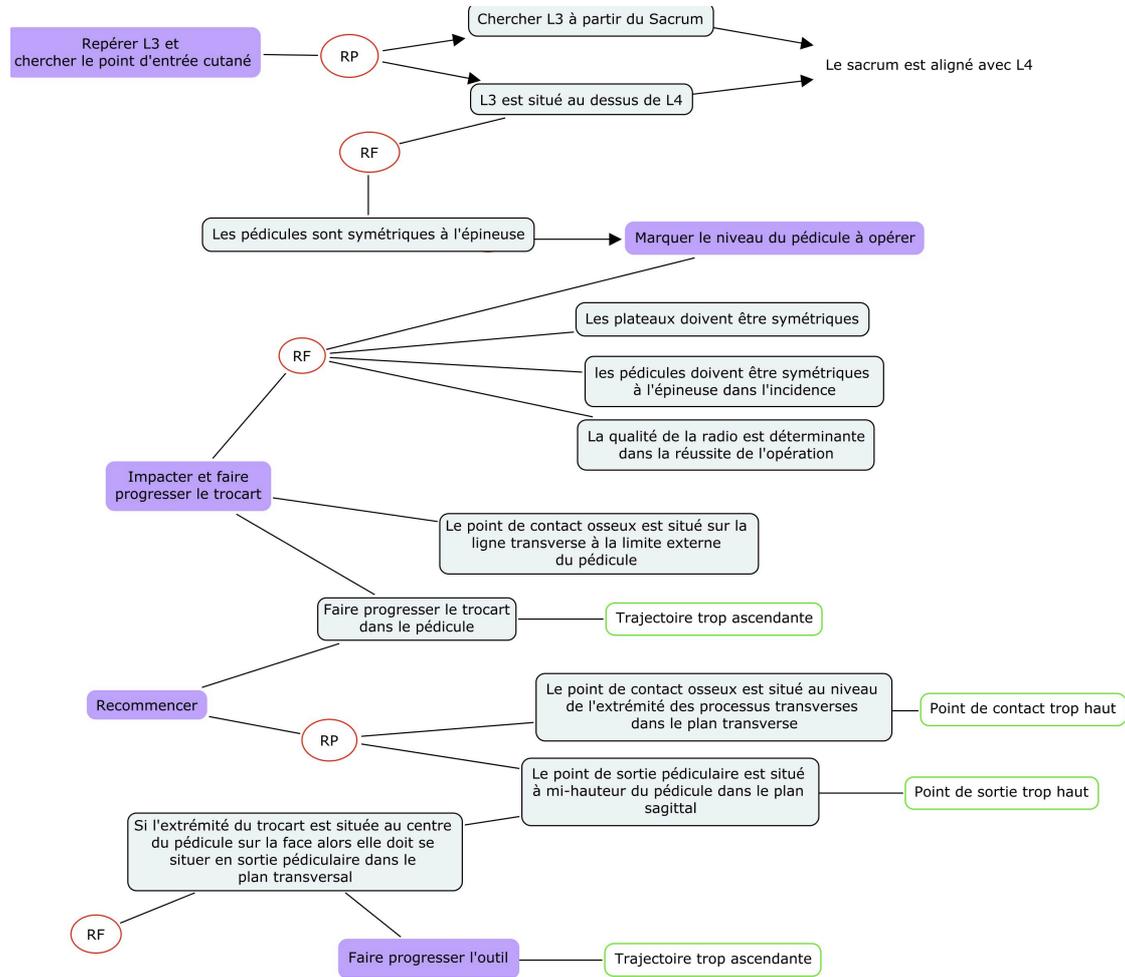


Figure 57. Stratégie suivie par l'interne I2 en condition stressante

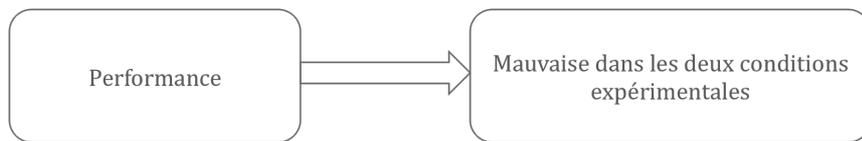
En résumé de la passation de la condition stressante de cet interne, nous remarquons également le manque de contrôles de validité des critères radiographiques et des erreurs dues aux trajectoires du trocart. L'interne cherche à modifier l'inclinaison de son trocart une fois celui-ci impacté, ce qui n'est pas possible. De plus, il réalise l'insertion du trocart dans le pédicule sous incidence de profil ce qui augmente la difficulté de la tâche et le risque d'erreurs puisque les possibilités de contrôles d'action sont minimisées.

Synthèse des résultats - étude simulation

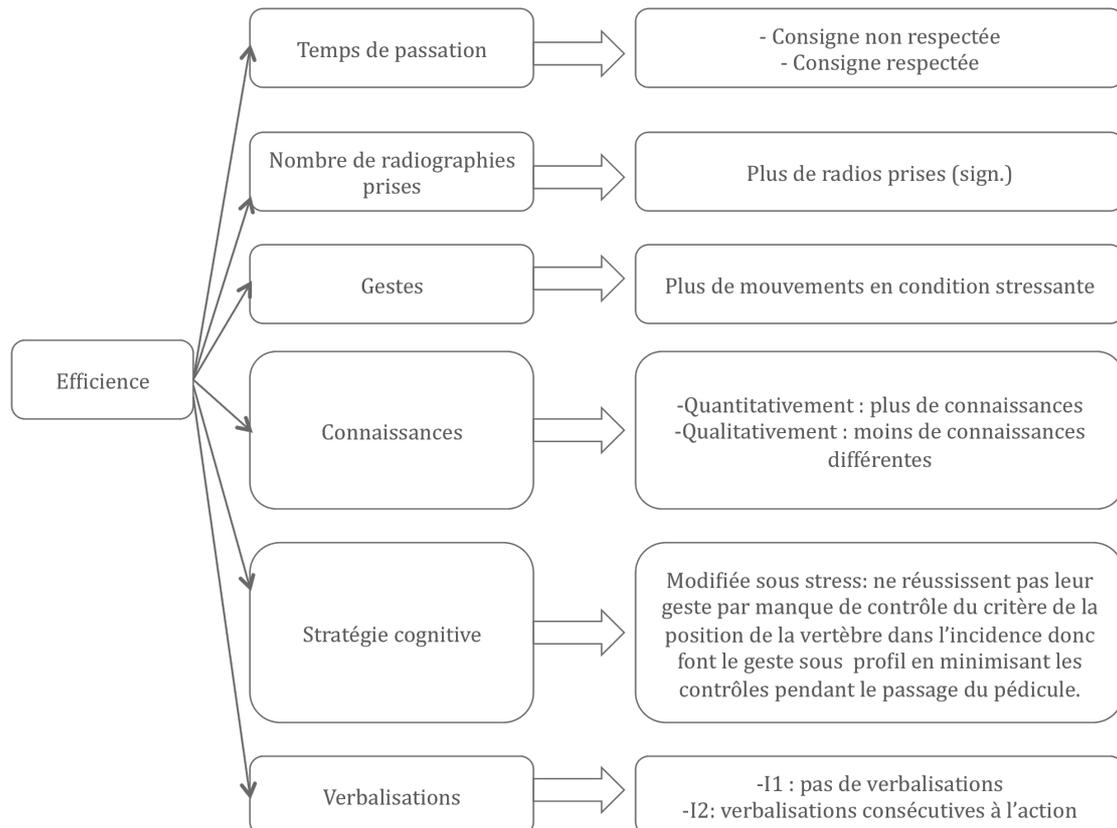
Les résultats de cette étude étant assez denses, nous proposons au lecteur une synthèse des principaux résultats obtenus par les internes.

Cette étude ne révèle pas d'effets significatifs des inductions expérimentales, les internes ne se déclarent pas plus anxieux et n'étant pas plus activés physiologiquement en condition expérimentale stressante. Cependant, nous observons des effets sur la performance et sur les différents indicateurs de l'efficacité de traitement que nous ne pouvons expliquer que par nos manipulations expérimentales.

Performance :



Efficacité de traitement :



Discussion de l'étude 3

Cette étude avait pour objectif de tester les effets du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes lors d'une tâche de vertébroplastie. Afin de répondre à cet objectif, nous avons réalisé une boîte de simulation contenant une partie d'un rachis humain en résine. Cependant, avant de tester expérimentalement les effets du stress chez les internes, nous avons eu besoin de tester la validité externe de la tâche que nous proposons aux internes afin de nous assurer que les stratégies mises en œuvre par les internes sur boîte de simulation soient identiques à celles mobilisées au bloc opératoire. Deux experts ont réalisé l'exercice de simulation. Les résultats des experts tendent à confirmer les données préalablement observées chez les experts en résolution de situation réelle. Les résultats de la passation des experts mettent en évidence que la tâche sur boîte de simulation a une validité limitée : certes les experts peuvent mobiliser les mêmes connaissances que sur patient, toutefois ils ne peuvent utiliser le registre proprioceptif pour contrôler leur action. Nous devons tenir compte de cette limite lors de l'interprétation des résultats des internes. L'objectif sous-jacent de cette étude est de voir si les internes négligent certains aspects dans l'activité, afin de pouvoir cibler ces aspects dans le cadre de la formation professionnelle. Nous avons demandé aux internes du service de réaliser une vertébroplastie sur la vertèbre L3. Le contexte environnemental des internes a été manipulé (neutre vs. stressante) par l'induction de facteurs de stress temporel, évaluatif et matériel.

Puis, cette étude nous fournit des indications importantes quant aux aspects de l'activité que les internes négligent en situation réelle sur boîte de simulation. Les internes négligent notamment les aspects relatifs aux contrôles de leur activité et au réglage de l'amplificateur.

En situation expérimentale stressante, les internes ne se déclarent pas plus stressés qu'en situation neutre. Cependant, nous observons des différences de traitement entre les deux conditions expérimentales. Tout d'abord, nous notons que les internes ne respectent pas les consignes fournies. L'un d'eux ne réussit pas son geste opératoire dans le temps imparti tandis que le second finit juste dans les 10 minutes. En revanche, les deux internes prennent plus de radios en condition

expérimentale stressante. L'ensemble des indicateurs que nous avons pris afin d'appréhender notre concept d'efficience de traitement semble indiquer une diminution de l'efficience de nos participants en condition stressante. Ce résultat semble aller dans le sens de la littérature (Arora, Sevdalis et al., 2010 ; LeBlanc, 2009). Bien qu'observé sur ces deux internes, ce résultat devra être confirmé par d'autres études. La tâche à résoudre étant un exercice difficile pour les internes puisqu'ils ne l'ont jamais pratiqué, nous nous attendions à observer une diminution de la performance et de l'efficience de traitement des internes (Eysenck & Calvo, 1992). Cependant, l'exercice était peut être trop difficile pour les internes qui ne l'ont pas réussi non plus en condition neutre.

Limites de l'étude

Bien que nous ayant permis d'extraire des informations importantes quant aux aspects de l'activité négligés en situation réelle et ceux dégradés par le stress, cette étude comporte un certains nombres de limites qui encore une fois ne nous permettent pas d'émettre de conclusions définitives. Tout d'abord, le faible échantillon d'internes observés ne nous permet pas de tester rigoureusement les prédictions de la théorie du processus efficient d'Eysenck et Calvo (1992) et de généraliser nos résultats à l'ensemble des internes en chirurgie. Il convient donc de prendre les résultats avec précaution. Un échantillon plus important aurait permis de gagner en puissance statistique (Howell, 1998). Cependant, la spécificité de l'activité n'a pas rendu cela possible. Une réplique serait intéressante pour confirmer ces résultats et devra porter sur une activité plus fréquemment réalisée que la vertébroplastie. En revanche, bien que réalisée sur deux internes cette étude met en évidence un effet du stress sur les processus de prise de décisions des internes en chirurgie orthopédique. Cette étude nous permet également de mettre en évidence les stratégies cognitives utilisées par les internes en situation de résolution de problème ce qui ne s'observe pas classiquement.

Une seconde limite que nous pouvons soulever est la lourdeur du protocole expérimentale. Bien que répliquable, le protocole nécessite plusieurs expérimentateurs, un bloc opératoire de chirurgie et du temps pour les internes qui acceptent de participer pendant leur temps de travail. Cette lourdeur rend difficile l'augmentation de l'échantillon de l'étude.

Ensuite, une seconde limite que nous relevons concerne le fait que nos participants ne se déclarent pas plus stressés en condition expérimentale stressante qu'en condition neutre. Ils n'ont pas non plus été plus activés physiologiquement en condition stressante de façon significative. Comme dans l'étude 2, les explications peuvent concerner les inductions expérimentales ou les indicateurs de stress (mesure auto déclarée et mesures physiologiques). Concernant les inductions expérimentales, la conjonction des inducteurs de stress que nous avons choisis n'a pas semblé être assez forte. Nous avons certes observé des différences entre nos conditions expérimentales mais contrairement à l'étude 2 nous ne pouvons pas savoir clairement à quoi sont dus nos effets. La seule différence entre les conditions expérimentales étant la présence de stressseurs, nous leur attribuons les effets observés. Il est apparu qu'entre les relances de l'expérimentateur dans la condition stressante, le contexte au bloc opératoire était assez calme. Les passations ayant lieu au bloc orthopédie en fin de journée, le personnel était absent. Il n'y avait donc que les deux expérimentateurs et l'interne. La présence d'un bruit aurait rendu l'environnement plus en adéquation avec celui observé en journée. Il aurait donc été intéressant d'ajouter ce facteur de stress comme dans l'étude de Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov, et Stergiou (2010) qui avait utilisé du bruit comme inducteur de stress professionnel. Une prochaine étude devra veiller à ne pas reproduire cette erreur. Comme dans l'étude 2, nous pouvons avancer l'idée selon laquelle notre opérationnalisation n'a pas induit du stress mais un autre facteur. Toutefois, puisque d'autres auteurs ont utilisé le même type d'opérationnalisation et ont observé un effet sur les indicateurs de stress (voir LeBlanc & Bandiera, 2007 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann, & Darzi, 2003), cette explication ne nous semble pas tenable. Concernant les mesures auto-déclarées de stress, nous avons changé l'échelle afin de permettre aux internes de répondre honnêtement. Le manque de puissance statistique nous semble être l'explication de l'absence de résultat observé. Comme précédemment, la principale difficulté dans ce travail tient du fait que les internes n'arrivent pas à reconnaître ce qu'ils font au comme étant stressant pour eux (Wetzel et al., 2006). Ce résultat n'est pas surprenant et a déjà été mis en évidence par d'autres auteurs (Arora et al. 2009 ; Sexton, Thomas et Helmreich, 2000). Les débriefings réalisés avec les internes nous ont pourtant permis d'observer qu'ils ont trouvé les deux passations comme étant stressantes et

difficiles, et que la passation stressante était plus stressante que la passation neutre à cause de la pression temporelle et de la limite de radios prises.

De prochaines études devront veiller à répondre à ces limites afin de nous permettre de progresser encore dans la compréhension des effets du stress sur la performance médicale.

Nous avons présenté dans cette partie deux études réalisées afin de mettre en évidence les effets du stress sur la performance d'internes. Une première étude a été réalisée sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies (*étude 2*), une seconde étude sur une tâche de simulation opératoire (*étude 3*). Bien que participantes à la compréhension des effets causaux du stress, nos études ne nous permettent pas de conclure définitivement sur l'existence de ces effets. Pour autant, elles montrent tout de même une modification des stratégies de prises de décision, les schèmes mobilisés par les internes étant moins riches et moins soumis à des actions de contrôles de l'activité en condition stressante.

Partie 6. Conclusion générale et perspectives de la thèse

L'objectif de ce chapitre est de développer les perspectives de ce travail doctoral. Avant de présenter globalement les résultats obtenus, nous rappelons l'objectif général de ces travaux. Nous faisons également le point sur les différentes limites que nous avons rencontrées dans notre démarche. Pour finir, nous nous interrogeons sur la visée applicative de ces travaux. Dans cette perspective, notre réflexion nous amène à nous interroger sur les stratégies de gestion de stress des internes alors que justement rien ne leur est enseigné dans leur formation sur ces aspects. Nous présentons une technique issue des recherches sur la régulation émotionnelle pouvant permettre aux internes de ne pas voir leur performance et leur efficacité de traitement modifiées en situation de stress. L'utilisabilité de cette technique au domaine de la gestion du stress a été testée. Enfin, nous concluons sur ces travaux.

I. CONCLUSION

L'objectif général de ce travail de recherche est de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique. La visée applicative qui découle de cet objectif est de faciliter leur apprentissage en leur proposant des outils de formation adaptés au contexte dans lequel ils évoluent. Dans un premier temps, nous avons cherché à déterminer ce qui constitue la performance professionnelle en chirurgie orthopédique. Puis, nous avons tenté de déterminer les effets du stress sur la performance par le biais d'une approche expérimentale.

Les internes en chirurgie sont formés sur le mode du compagnonnage par des experts de la pratique qui ont pour rôle de leur transmettre leurs savoirs et savoir faire. Ils accompagnent les chirurgiens en exercice qui doivent non seulement tenir leur rôle de professionnel auprès des patients mais également leur rôle d'enseignant auprès des internes. Ce contexte de formation professionnel nous a rapproché de la théorie de la conceptualisation dans l'action (Vergnaud, 1990) puisque les internes sont dans une situation d'apprentissage dans laquelle ils construisent leurs connaissances dans l'action et par l'action. Ce mode de formation peut être d'autant plus difficile dans le cas des chirurgies percutanées puisque l'action réalisée par l'expert n'est pas directement observable si ce n'est au travers des radiographies prises en cours d'action. La compréhension dans ce type de situation est dépendante de la capacité d'interprétation des internes et de la capacité d'explicitation de l'expert (Vadcard, Tonetti & Dubois, 2011).

Cette forme particulière d'apprentissage a lieu dans un milieu professionnel reconnu comme stressant (Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi & Kneebone, 2010 ; Estry-Béhar, 1997 ; Wetzel, et al., 2006). Nous avons donc cherché à déterminer plus précisément les effets du stress sur la performance des individus et avons constaté que de nombreux travaux ont été menés sur la question et le stress est aujourd'hui reconnu pour avoir des effets néfastes sur la performance (Ashcraft & Kirk, 2001 ; Beilock, 2008 ; Beilock & Carr, 2005 ; Eysenck, 1992 ; Keinan, 1987 ; Kellogg, Hopko & Ashcraft, 1999 ; Sperandio, 1971, 1977 ; Wickens,

Stokes, Barnett & Hyman, 1991). En milieu médical, la situation est quelque peu différente puisque rares sont les études menées avec des paradigmes expérimentaux pour répondre à la question (Arora, Sevdalis et al., 2010). Certaines études ont cherché à mettre en évidence un lien corrélationnel entre stress et performance par le biais d'entretiens menés avec des chirurgiens (Arora, Sevdalis, et al., 2009 ; Wetzel, et al., 2006). Des études utilisant des approches expérimentales ont ensuite tenté de conforter ces résultats. La majeure partie des études met en évidence un effet délétère du stress sur la performance des chirurgiens et/ou internes (Cummings & Harris, 2001 ; Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara, & Panchanathan, 2008 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003 ; Siu, Suh, Mukherjee, Oleynikov, & Stergiou, 2010), mais d'autres études révèlent un effet contraire si bien que les internes obtiennent de meilleures performances quand ils sont stressés (LeBlanc & Bandiera, 2007 ; LeBlanc, Woodrow, Sidhu & Dubrowski, 2008). Nous avons essayé de comprendre cette différence observée et sommes arrivés à la conclusion selon laquelle le facteur de stress serait la source de l'explication : lorsque le facteur de stress est lié directement à la tâche (i.e., une tâche difficile, une tâche menaçante), la performance se trouve facilitée alors que si le facteur de stress est plus contextuel par rapport à la tâche (i.e., environnemental) alors la performance serait détériorée (Arora, Sevdalis, Nestel, Woloshynowych, Darzi, et Kneebone, 2010 ; Driskell, Johnston et Salas, 2001 ; LeBlanc, 2009). Nous avons également observé que les études menées sur la performance tendent à utiliser des indicateurs de performances relatifs au résultat de l'action des individus (e.g., score, pourcentage de réponse correcte) et négligent les indicateurs relatifs à l'activité mise en œuvre par les individus. Nous sommes partis du postulat selon lequel la performance professionnelle ne pouvait être appréhendée comme un simple résultat d'action. Nous avons tenté de défendre l'idée dans cette thèse que pour appréhender la notion de performance professionnelle, il était important d'étudier la performance comme une notion complexe constituée certes du résultat de l'action mais également du comportement mis en jeu pour arriver au résultat de l'action : l'efficacité de traitement. Cette idée nous a conduits à mener une analyse de l'activité afin de déterminer ce qui relève de la performance *output* et ce qui relève de la performance *efficience* (Etude 1).

CONCLUSION

Par la suite, nous avons tenté de tester nos hypothèses relatives aux effets du stress en nous appuyant sur la *Processing Efficiency Theory* (Eysenck & Calvo, 1992). Les principaux résultats de cette thèse tendent à mettre en évidence un effet délétère des conditions stressantes sur la performance et une modification de l'efficacité de traitement des internes en situation de stress. Nous avons notamment observé une modification de la performance et de l'efficacité de traitement des internes sur une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies (Etude 2) en condition expérimentale stressante. Comme nous avons pu l'observer, ce résultat est concordant avec d'autres données de la littérature (Cummings & Harris, 2001 ; Kahol, Leyba, Deka, Deka, Mayes, Smith, Ferrara, & Panchanathan, 2008 ; Moorthy, Munz, Dosis, Bann & Darzi, 2003).

Nous avons également mis en évidence une modification de l'efficacité de traitement des internes dans une simulation opératoire de vertébroplastie (Etude 3). Toutefois, nous n'avons pas observé de différence de résultat en ce qui concerne la performance de nos internes. Nous avons obtenu un effet plancher si bien que nos internes ont raté l'exercice demandé, ce dernier s'est peut-être avéré être trop difficile pour les internes.

Il ressort de ces études un certain nombre de limites qui ne nous permettent pas de généraliser nos résultats à tous les internes, ni même de conclure définitivement quant aux effets du stress sur leur performance. Tout d'abord, nous n'avons pas réussi à ce que les internes ou experts se déclarent effectivement plus stressés en condition expérimentale stressante ou soient plus activés physiologiquement. Nous avons utilisé plusieurs stressseurs environnementaux dont nous avons observé l'existence dans le service hospitalier. Il est apparu par le biais des entretiens de débriefing que les internes apprennent à faire avec le stress si bien que nos stressseurs n'ont peut être pas été suffisamment forts pour observer un effet physiologique ou déclaratif. Ce résultat n'est pas si surprenant, les chirurgiens et internes en médecine éprouvent des difficultés à parler du stress qu'ils ressentent dans leur pratique (Arora, et al., 2009 ; Sexton, Thomas, & Helmreich, 2000 ; Wetzel et al., 2006). Le stress est un facteur tellement présent dans la pratique que le reconnaître pourrait revenir à renier une partie de ce qu'ils font. Une conjonction de facteurs de stress plus importants aurait peut être pu nous éviter cet écueil.

CONCLUSION

Nous n'avons pas réussi dans ce travail doctoral à tester rigoureusement les prédictions expérimentales d'Eysenck et Calvo (1992). Pourtant, il nous semble que cette théorie est susceptible de nous fournir des informations importantes quant aux aspects de la performance dégradée en situation de stress. Elle met notamment l'accent sur les modérateurs de la relation stress-performance (niveau d'anxiété individuelle et difficulté de la tâche). Il aurait été intéressant de tester l'existence de ces modérateurs chez les internes, cependant, la taille de notre échantillon ne nous a pas permis de le faire. Il apparaît donc que nous avons choisi un modèle théorique qui s'est avéré être trop contraignant pour notre situation de référence. La littérature mettant déjà en évidence un effet délétère du stress sur la performance en médecine (Arora, Sevdalis et al., 2010 ; LeBlanc, 2009) nous n'avions pas besoin, étant donné la nature de notre échantillon, d'être si rigoureux.

D'un point de vue théorique, cette thèse participe à montrer l'importance de la compréhension et de la définition des concepts étudiés. En effet, il convient selon nous d'étudier la notion de performance professionnelle comme étant une notion bien plus complexe que celle étudiée la plupart du temps, en psychologie sociale notamment. Certes, il aurait été plus aisé de n'étudier la performance que comme *output* mais nous aurions négligé un aspect central de l'activité. Cet apport de notre recherche n'a été rendu possible que par le choix que nous avons fait de la pluridisciplinarité. Une partie importante de ce travail a donc consisté en la construction de ce concept d'efficience de traitement.

D'un point de vue pratique, cette thèse met en évidence l'importance des effets du stress sur les processus de prise de décision. Même si la performance n'est pas nécessairement toujours affectée par le stress, les processus conduisant les internes à émettre leur décision sont en revanche affectés. Ce travail met donc l'accent sur la nécessité de prendre en compte cet élément dans le processus de réflexion entourant les internes en formation. Tout d'abord, il nous paraît important de poursuivre les études sur les effets du stress en milieu médical en prenant en compte les aspects d'efficience de traitement. Ceci permettrait à la communauté de chercheurs d'amener une réponse plus précise quant aux effets du stress sur la performance des praticiens. Puis, il nous paraît nécessaire de proposer aux internes des outils de formation complémentaires adaptés aux effets du stress.

- *Un EIAH en complément de la formation aux gestes percutanés.*

Le projet TELEOS ayant pour objectif de faciliter l'apprentissage des gestes percutanés pour les futurs praticiens, et à partir des résultats observés, un Environnement Informatique d'Apprentissage Humain (EIAH) a été mis en place.

L'EIAH TELEOS est actuellement mis à disposition des internes du CHU de Grenoble et est en cours de test. Cet EIAH permet aux internes, mais également aux experts, de réaliser des vertébroplasties, depuis la phase de repérage de la vertèbre lésée jusqu'à la mise en place des trocars dans cette dernière.

Pendant l'exercice, le simulateur informatique enregistre les traces des actions de l'apprenant afin d'émettre un diagnostic sur les connaissances qu'il a mises en jeu. Lorsque l'apprenant valide la trajectoire et la position de son trocart, le résultat est enregistré. L'environnement produit alors un feed-back à l'apprenant à l'aide de trois dispositifs : l'interne est ainsi dirigé soit vers un autre problème à résoudre, soit vers des cours en ligne, soit vers la consultation d'un cas clinique. Le modèle de l'activité développée dans l'analyse de l'activité est à la source de l'environnement. L'activité mise en œuvre par les opérateurs est comparée au modèle de l'activité développé. L'écart résultant de la comparaison fournit des indications sur les éléments acquis et ceux à acquérir. Selon les résultats observés, des rétroactions sont fournies à l'interne. Actuellement, l'accent est surtout mis dans le simulateur sur les aspects de l'activité que nous avons observés comme étant les plus affectés sous stress à savoir la lecture et l'interprétation de radiographies et le positionnement du trocart. L'avantage de ce type d'environnement est qu'il est possible de s'entraîner sur un cas clinique avant de pratiquer l'opération. Pour cela, il suffit d'entrer le scanner du patient sur le simulateur.

L'architecture générale de cet environnement est présentée dans la Figure ci-après.

CONCLUSION

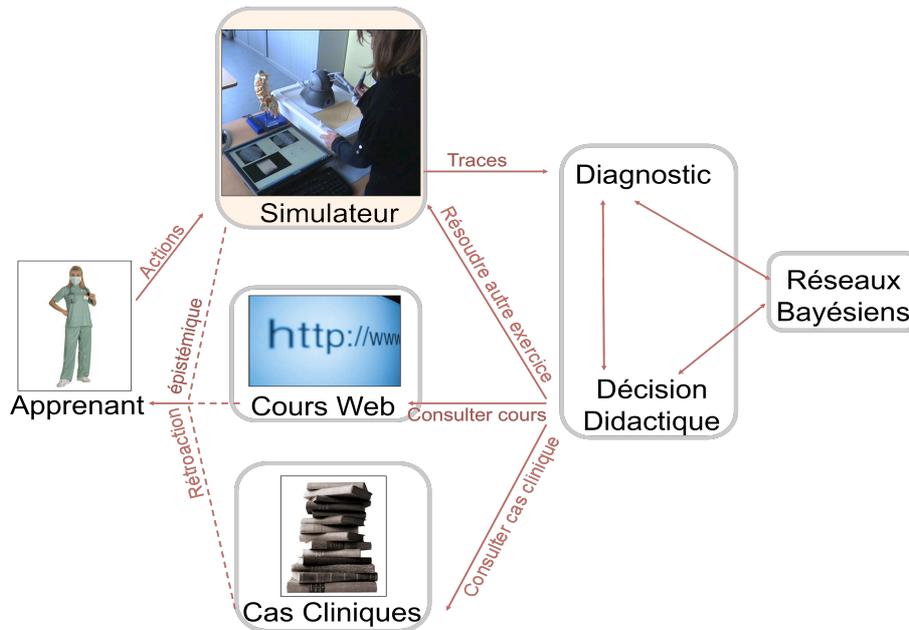


Figure 58. Architecture de l'EIAH TELEOS 2

L'environnement TELEOS2³⁷ comporte trois dispositifs (Luengo, Larcher & Tonetti, 2011) :

- **Un simulateur informatique** : Cette partie de l'architecture est constituée d'un simulateur qui propose à l'apprenant de résoudre un problème. Il permet à l'interne de réaliser une partie de l'opération vertébroplastie, il peut agir sur le trocart (repérer la vertèbre lésée, impacter et positionner le trocart) et prendre les contrôles radiographiques nécessaires (incidence de face et de profil).

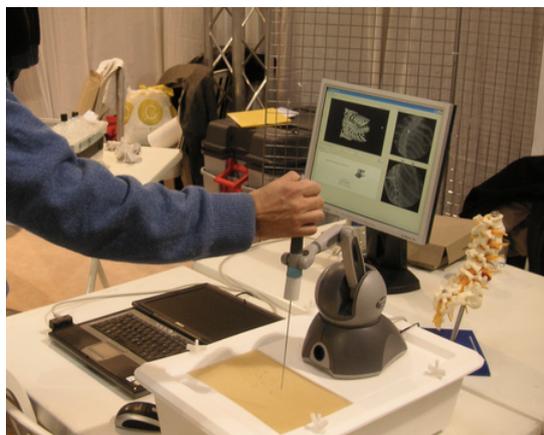


Figure 59. Simulateur TELEOS avec apprenant

³⁷ TELEOS2 porte spécifiquement sur la vertébroplastie. Un premier projet a permis de développer TELEOS 1 sur un autre type d'opération percutanée : le vissage sacro-illiaque.

CONCLUSION

La figure précédente représente le simulateur TELEOS tel qu'il est actuellement utilisé. Il comporte un dispositif haptique, le dispositif Phantom Omni^{®38}. Ce dispositif permet de fournir des retours de force à l'interne permettant de reproduire les zones anatomiques du rachis. Ainsi, l'interne a les sensations de traverser les zones anatomiques lorsqu'il fait progresser son trocart.

L'interne a également la possibilité de prendre des radiographies de face et de profil tout en réalisant son geste, afin de contrôler son activité (voir Figure 60). La qualité des radios prises étant équivalente à celles prises au bloc.



Figure 60. Exemple de radiographie générée avec le simulateur

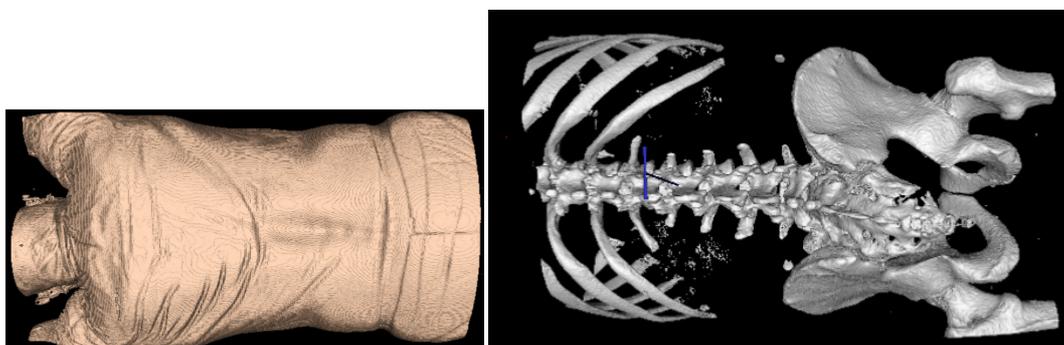


Figure 61. Exemple de modélisation de corps d'un patient

Une fois l'exercice de simulation terminé, TELEOS analyse les traces de l'activité de l'apprenant et en fonction le dirige vers un des deux (ou les deux) dispositifs complémentaires. L'interne peut ainsi être dirigé soit vers des cours soit vers des cas cliniques pour compléter son apprentissage.

³⁸ Le Phantom est un bras articulé dont l'extrémité est rattachée à un stylet.

CONCLUSION

- **Des cours Web sémantiques** : Cette partie est constituée de cours réalisés à partir des données fournies par les enseignants experts du domaine. Ils permettent à l'apprenant d'accéder à une partie théorique sur la vertébroplastie.
- **Des cas cliniques** : Cette partie de l'architecture est composée de cas clinique fournis par le CHU. Dans un dossier de cas clinique, se trouvent toutes les informations relatives au patient, les différentes radios et les scanners depuis son admission à l'hôpital jusqu'à sa sortie. L'objectif de cette partie est de fournir des illustrations de différents cas selon les objectifs de formation propre à l'apprenant.

Nous avons jusqu'à présent mis l'accent sur l'importance de la maîtrise de la tâche par les internes en proposant notamment un outil de formation adapté au contexte dans lequel les internes évoluent. Cet outil permet aux internes d'acquérir une expertise dans la tâche « vertébroplastie ». L'acquisition de cette expertise permettra de mettre en place des automatismes dans la résolution de cette activité, ce qui permettra de réduire les effets délétères du stress. L'idée sous-jacente est que plus une tâche est maîtrisée, moins il y a de chances qu'elle soit affectée par le stress. Nous proposons, en complément de cette maîtrise de l'activité, de permettre aux internes de maîtriser également le stress qu'il ressent et les émotions liées. Pour cela, nous dirigeons nos travaux vers les stratégies de coping et les stratégies de régulation émotionnelle.

II. PERSPECTIVES DE RECHERCHE : APPRENDRE A GERER SON STRESS

Nous souhaitons mettre l'accent sur l'apprentissage d'une technique permettant aux internes de faire face au stress et aux émotions qu'ils ressentent afin de ne pas être affectés dans leur pratique. Pour cela, nous nous appuyons sur les stratégies de coping et de régulation émotionnelle utilisables dans le milieu professionnel. Après avoir défini ces notions, et tenté de délimiter leur efficacité nous présentons une technique dont nous testons l'applicabilité dans une étude princeps.

II. 1. LES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS

Nous avons vu que l'exposition à un facteur de stress professionnel peut être cause d'émotions, d'affects chez l'individu. Plusieurs techniques existent afin de permettre aux individus d'apprendre à gérer leurs émotions, parmi lesquelles le *coping* et la régulation émotionnelle (Gross & Thompson, 2007, p. 9).

Afin de gérer leur stress au travail et les émotions qui en découlent, les individus peuvent :

- soit avoir recours à des techniques nécessitant qu'ils fournissent des efforts et qu'ils soient conscients de ce qu'ils font, et dans ce cas on parle de « coping »
- soit avoir recours à des techniques qui relèvent presque du domaine des automatismes et qui sont mises en œuvre de façon inconsciente, et dans ce cas on parle de « régulation émotionnelle ».

II. 1. 1. LE COPING

Plusieurs traductions du mot anglo-saxon *coping* existent en Français, comme « stratégies d'ajustement » (Bruchon-Schweitzer & Dantzer, 1998 ; Dantzer, 1989 ; Paulhan & Bourgeois, 1995 ; Pezet-Langevin, 1997 ; Ponnelle & Lancry, 2002) ou « stratégies de maîtrise » (Leplat, 1997). Nombreux sont les travaux qui tentent de définir le concept puisque Graziani et Swendsen (2004) relèvent qu'il existe plus de 30 définitions du terme (p.76). Le concept apparaît pour la première fois dans les travaux de Lazarus (1966) où il fait référence à l'ensemble des stratégies et réactions élaborées pour « faire face » aux situations menaçantes, stressantes.

Le concept est enrichi dans les travaux de Lazarus et Launier (1978) dans lesquels il désigne les processus utilisés par l'individu afin de réduire l'impact d'une situation stressante sur son bien-être. Folkman et Lazarus (1980) font référence aux efforts que fait l'individu pour maîtriser, réduire ou tolérer les exigences qui excèdent ses ressources. En 1984, les auteurs le définissent comme : « *l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux constamment en évolution mis en place pour manager des demandes spécifiques externes et/ou internes qui sont évaluées comme épuisant ou excédant les ressources de l'individu*³⁹ » (Lazarus & Folkman, 1984, p. 141). Dans le coping, l'accent est mis sur la notion d'efforts que l'individu doit fournir pour maîtriser ses émotions. Il s'agit donc d'un processus volontaire mis en place par quelqu'un qui essaye de maîtriser une situation.

Cette définition s'insère directement dans l'approche transactionnelle du stress développée par les mêmes auteurs (Lazarus & Folkman, 1984) que nous avons présentée. D'après cette définition, les stratégies de coping sont donc un processus puisque mises en place par un individu actif, en réaction à une situation particulière contextualisée. Elles impliquent donc une certaine flexibilité de la part de l'individu qui peut changer de stratégie selon la situation qu'il affronte. Cet aspect implique une évaluation constante de la situation. L'individu évalue donc la situation source de stress (évaluation primaire) et les ressources dont il dispose pour faire face (évaluation secondaire). En fonction de ces évaluations, il met en place une ou plusieurs stratégies de coping.

³⁹ Traduit de l'original : « *coping as constantly changing cognitive and behavioral efforts to manage specific external and/or internal demands that are appraised as taxing or exceeding the resources of the person.* » (p. 141)

II. 1. 2. LA REGULATION EMOTIONNELLE

La régulation émotionnelle est définie par Gross et Thompson (2007) comme l'ensemble des processus qui peuvent être soit automatiques et contrôlés, soit conscients et inconscients, et qui peuvent se produire avant ou après l'activation d'une émotion. L'objectif est d'en amplifier, d'en maintenir ou d'en diminuer l'intensité. Dans cette perspective, l'accent est mis sur le fait que les processus peuvent être mis en place de façon automatique et inconsciente. De plus, en utilisant des stratégies de régulation émotionnelle, l'individu peut chercher à amplifier son émotion (ou les émotions) ressentie(s) contrairement au coping. La régulation émotionnelle comprend également des actions non émotionnelles prises pour atteindre des objectifs non émotionnels (Scheier, Weintraub, & Carver, 1986). De plus, la littérature sur la régulation émotionnelle « *inclut des processus non pris en compte dans le coping comme la régulation de l'expression de l'émotion ou les aspects physiologiques de l'émotion* » (Gross, 1999 ; p. 556).

II. 2. LES FONCTIONS DES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS

II. 2. 1. LES FONCTIONS DU COPING

Le coping a deux fonctions principales (Lazarus & Folkman, 1984 ; Lazarus & Launier, 1978) qui sont de 1) modifier la situation-problème et dans ce cas on parle de « coping centré sur le problème » ou de 2) maîtriser les émotions associées et dans ce cas on parle de « coping centré sur l'émotion ».

En ce sens, le coping devient modérateur de la relation existante entre la situation stressante et la réponse émotionnelle qui en résulte.

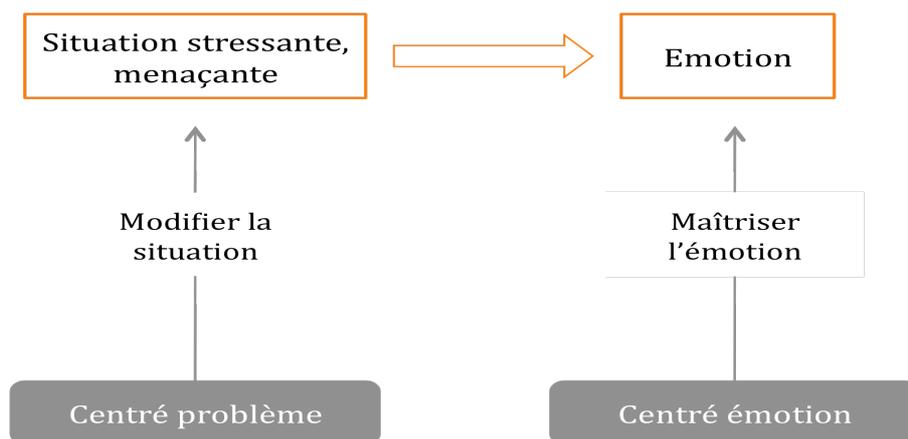


Figure 62. Les fonctions du coping

Le coping centré sur le problème consiste en la réévaluation de la situation. L'idée de cette forme de coping étant de maîtriser la situation. Il s'agit notamment de réévaluer la situation, de la comprendre afin d'en minimiser l'impact. Il va s'agir par exemple d'adopter des comportements comme travailler jusqu'à la dernière minute d'un examen pour maîtriser la tâche (intellectualisation) ou changer d'emploi (fuite, déni). Ces stratégies peuvent être orientées tant vers l'environnement que vers la personne (Lazarus & Folkman, 1984).

Le coping centré sur les émotions consiste à gérer les émotions induites par la situation stressante. Il s'agit dans ce cas de permettre aux individus d'apprendre à contrôler leurs réponses émotionnelles (physiologiques ou comportementales). Il va s'agir par exemple de consommer des substances (tabac, alcool.. fuite) ou encore d'avoir recours à la pensée magique (relativiser ou mettre à distance la situation stressante). Les deux types de coping ne sont pas indépendants et exclusifs, ils peuvent être utilisés conjointement.

D'autres auteurs se réfèrent parfois à la technique d'évitement (Endler & Parker, 1990 ; Paulhan, 1994) comme étant une troisième stratégie de coping. Toutefois, la majorité des auteurs s'accorde plutôt sur l'existence des deux grandes stratégies.

La littérature utilise parfois une autre distinction basée sur la conséquence du coping pour l'individu. Suite à une méta-analyse réalisée en 1985, Suls et Fletcher préfèrent parler d'un « coping évitant » et d'un « coping vigilant ». Le coping évitant regroupe les techniques plutôt passives stratégies comme l'évitement, la fuite, le déni, le fatalisme... Le coping vigilant regroupe les techniques plutôt actives comme la vigilance, l'implication, la réévaluation... Cette même dichotomie se retrouve dans

d'autres travaux (Billing & Moos, 1981). En 2001, Bruchon-Schweitzer souligne la parenté entre ces deux classifications. Le coping évitant se rapprochant du coping centré sur l'émotion puisque l'individu va mettre en place des actions, comportements visant à éviter la situation problème. Le coping vigilant se rapproche du coping centré sur le problème puisque l'individu va plutôt mettre en place des actions, comportements dirigés vers l'affrontement de la situation problème. Cette même parenté a d'ailleurs déjà été soulignée par Lazarus et Folkman (1984).

II. 2. 2. LES FONCTIONS DE LA REGULATION EMOTIONNELLE

De la même façon que les études réalisées dans le domaine du stress, la littérature sur la régulation émotionnelle fait la distinction entre deux types de régulations émotionnelles. La régulation émotionnelle « *peut tout aussi bien se référer à la façon dont les émotions régulent quelque chose comme les pensées, les (réponses) physiologiques ou le comportement (régulation par l'émotion) ou à la façon dont les émotions sont elles-mêmes régulées (la régulation des émotions)* » (Gross & Thompson, 2007, p. 7).

Autrement dit, il existe une « régulation centrée sur les antécédents » et une « régulation centrée sur les réponses émotionnelles » (Gross, 1998 ; 2001 ; 2002).

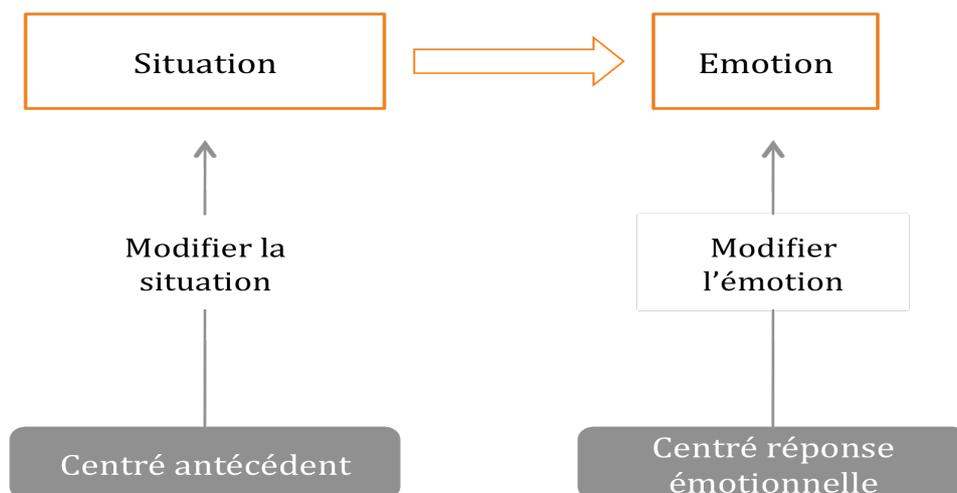


Figure 63. Les fonctions de la régulation émotionnelle

CONCLUSION

La régulation centrée sur les antécédents intervient avant l'apparition des réponses émotionnelles. C'est une stratégie dite préventive mise en place avant même que l'émotion soit complètement activée (Krauth-Gruber, 2009 ; p. 33). Elle fait référence aux stratégies que l'on utilise afin de réévaluer la situation émotionnelle, de la comprendre et d'en minimiser l'impact. Cette forme de régulation a pour fonction de modifier la situation problème pour l'individu et de prévenir les émotions indésirables.

Le second type de régulation est centré sur les réponses et intervient donc une fois que le processus émotionnel est enclenché. Egalement appelée technique de suppression, cette régulation émotionnelle consiste à permettre aux individus de contrôler leurs réponses émotionnelles. Il s'agit donc des stratégies que l'on emploie afin d'inhiber nos réponses émotionnelles. La régulation centrée émotion a pour fonction de modifier les réponses émotionnelles spécifiques fournies par l'individu au niveau du ressenti, physiologique, ou expressif. Le parallèle est donc évident entre la régulation centrée sur les antécédents et le coping centré sur le problème et la régulation centrée sur les réponses et le coping centré sur les émotions.

	Coping	Régulation émotionnelle
Situation	Menaçante, stressante	Toute situation déclenchant une émotion
Objectif	Réduire ou tolérer les effets de la situation	Amplifier, maintenir ou diminuer les effets de la situation
Caractéristique	- Processus contrôlé / conscient	- Processus contrôlé / conscient - Processus automatique / inconscient
Fonctions	1. Modifier la situation menaçante, stressante = centré problème	1. Modifier la situation = centré antécédents
	2. Maîtriser les émotions ressenties = centré émotion	2. Maîtriser les émotions ressenties = centré réponse émotionnelle

Figure 64. Comparaison entre les stratégies de coping et la régulation émotionnelle

En résumé, les différences entre régulation émotionnelle et stratégie de coping tiennent en 1) la nature de la situation inductrice d'émotion, 2) l'objectif visé par l'individu quant il a recours à l'une ou l'autre de ces stratégies et 3) les caractéristiques du processus sous-jacent.

II. 3. LES TECHNIQUES UTILISEES EN MILIEU MEDICAL

En milieu médical, plusieurs études ont été menées afin de déterminer les techniques les plus fréquemment utilisées pour faire face au stress professionnel.

Une étude menée auprès du personnel médical (aide soignant, infirmier et cadre infirmier), révèle que le type de stratégie adoptée dépend du poste occupé (Mariage & Schmitt-Fourrier, 2006). Ainsi, les infirmiers ont majoritairement recours au coping centré sur l'émotion tandis que les cadres infirmiers ont majoritairement recours au coping centré sur la tâche. Les cadres « *investiraient plus le faire et l'agir, en correspondance avec leur poste où l'engagement s'inscrit dans l'action et la décision* » (Mariage & Schmitt-Fourrier, 2006, p. 12). La formation serait ainsi pour les auteurs déterminante dans l'utilisation de l'une ou l'autre stratégie de coping.

Dans une étude portant spécifiquement sur les chirurgiens, plusieurs techniques ont été révélées (Wetzel et al., 2006) ; les éléments clés de ces techniques sont la reconnaissance du stress comme étant un facteur de risque et des problèmes, le contrôle de soi-même et de la situation. Plus précisément, les chirurgiens interrogés indiquent utiliser les stratégies suivantes :

- reconnaissance précoce des risques : les chirurgiens apprennent à détecter dès les premiers signes de leur apparition, les indicateurs de stress internes (fréquence cardiaque, pensée altérée..).
- s'arrêter et prendre du recul : les chirurgiens indiquent arrêter parfois ce qu'ils font pour gagner du temps et prendre du recul. Cela leur permet de reprendre le contrôle de la situation pour réévaluer la situation et prendre une décision.
- le contrôle de soi-même : cette technique prend différentes formes, les chirurgiens peuvent faire de la relaxation physique, prendre de la distance quand la situation est trop stressante en quittant le bloc opératoire pendant quelques minutes par exemple ou encore se parler mentalement pour se donner des instructions.
- le contrôle de la situation : pour reprendre le contrôle de la situation stressante, les chirurgiens indiquent essayer de réévaluer la situation, prendre une décision en étudiant les hypothèses alternatives, planifier les étapes à suivre,

essayer de ne pas montrer leur stress aux équipes, prendre le leadership et se montrer directif pour résoudre le problème.

II. 4. L'EFFICACITE DES TECHNIQUES DE GESTION DE STRESS

La question de l'efficacité réelle de ces techniques se pose. Cependant, puisque leur objectif est de maîtriser ou de réduire l'impact d'une situation sur le bien-être physique ou psychologique de l'individu, la question de l'efficacité de ces techniques se pose en terme d'effet sur le bien-être de l'individu. Les études portent donc majoritairement sur les effets bénéfiques pour la santé. Notre objectif se posant en terme d'amélioration de la performance, nous nous focalisons davantage sur cet aspect cognitif, qui reste moins étudié dans la littérature.

II. 4. 1. L'EFFICACITE DES STRATEGIES DE COPING

L'efficacité des stratégies de coping sur l'individu n'est pas clairement définie puisqu'elle est intimement liée à la situation dans laquelle se trouve l'individu et à des caractéristiques individuelles. Il n'y aurait donc pas de stratégie efficace en soi, une stratégie pouvant être efficace pour un individu dans une situation sur un type de critère et ne pas l'être pour un autre critère ou dans une autre situation. Cependant, comme le rappellent Suls et Fletcher (1985) avoir recours à une stratégie de coping est plus adaptatif que ne pas y avoir recours du tout.

Concernant les effets sur la performance, certaines études révèlent l'importance d'un coping centré sur le problème. Dans le domaine sportif, les études révèlent qu'un coping centré sur l'émotion serait inadéquat et amènerait à de moins bonnes performances (Finch, 1994 ; cité dans Dinca & Rosnet, 2007). En revanche, un coping centré sur le problème permettrait une meilleure atteinte des objectifs fixés (Kim & Duda, 2003) et de meilleurs résultats (Gaudreau & Blondin, 2004). Plus récemment, une étude de Dinca et Rosnet (2007) révèle que face à un stress modéré, il

n'y aurait pas de différence entre les conséquences d'un coping centré sur les émotions ou sur le problème. Les conséquences d'un coping orienté vers les émotions ne sont donc pas encore clairement définies dans la littérature mais les conséquences d'un coping centré sur le problème révèlent plutôt une amélioration des performances.

II. 4. 2. L'EFFICACITE DES STRATEGIES DE REGULATION EMOTIONNELLE

Peu d'études dans le domaine de la régulation émotionnelle portent spécifiquement sur les effets sur la performance. Ces études étant majoritairement menées en psychologie clinique, leur objectif vise plutôt la compréhension des effets sur la santé des individus. Plusieurs études ont montré que les deux types de régulation émotionnelle ont des conséquences différentes au niveau affectif, cognitif et social. Au niveau cognitif (niveau qui nous intéresse le plus dans nos recherches), il semble que la régulation centrée sur les réponses émotionnelles soit la plus coûteuse en terme de ressources cognitives tandis que la réponse centrée sur les antécédents serait la moins coûteuse (voir Gross, 2001 ; 2002). En effet, la régulation centrée sur les émotions demande un contrôle constant de la part des individus afin de ne pas émettre de réponses émotionnelles occupant donc une partie de la mémoire de travail. La conséquence directe étant un effet délétère sur la performance des individus. En revanche, la régulation centrée sur les antécédents permettrait de libérer de la mémoire de travail n'ayant ainsi pas de conséquences sur la performance (Gross, 2001 ; 2002).

La stratégie la plus adaptative pour les internes en chirurgie serait donc l'utilisation d'un coping centré sur le problème ou d'une régulation émotionnelle centrée sur les antécédents afin de permettre aux ressources cognitives d'être disponibles pour la réalisation de la tâche.

Dans cette veine, des études révèlent qu'afin de réguler ses émotions négatives liées à un événement précis, il semblerait important de lui trouver une signification. L'idée avancée étant que plus on comprend un événement émotionnel, mieux on

parvient à le surmonter et à y faire face (Wilson & Gilbert, 2008). Comprendre un événement nous permettrait ainsi de moins y penser et d'avoir des réactions émotionnelles moins vives lorsque nous sommes de nouveau confronté au même événement émotionnel. Cette idée de donner du sens à ce que nous vivons n'est pas nouvelle. Des travaux récents, menés en psychologie clinique notamment, montrent qu'adopter un type de questionnaire particulier (abstrait ou concret) peut avoir différentes conséquences sur la régulation d'émotions négatives (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009). D'après les travaux de Kross et collaborateurs, le niveau de questionnaire abstrait revient à s'interroger sur le *pourquoi* je ressens telle ou telle émotion (e.g., pourquoi je suis en colère ? quelles sont les raisons sous jacentes ?). Ce type de questionnaire va activer des représentations abstraites de l'événement émotionnel ainsi que les émotions négatives qui y sont rattachées. En retour, cela va empêcher le développement des ruminations dysfonctionnelles⁴⁰ responsables de l'apparition et du maintien de l'émotion négative. Le niveau de questionnaire concret revient à s'interroger sur le *quoi* de l'événement (e.g., « qu'est-ce que j'ai ressenti comme émotion ? »). Ce type de questionnaire a pour conséquence directe de réactiver la situation émotionnelle pour l'individu qui doit la revivre pour pouvoir l'analyser. Ce type de questionnaire est source de ruminations dysfonctionnelles qui vont avoir pour conséquence le maintien de l'émotion négative. De ce point de vue, un questionnaire de type abstrait permettrait une meilleure adaptation fonctionnelle qu'un questionnaire de type concret.

Ainsi, au regard de ces travaux, si les internes analysent de façon abstraite les émotions qu'ils ressentent dans une situation stressante cela leur permettrait de comprendre, de donner du sens à ce qu'ils vivent. Les ruminations dysfonctionnelles étant ainsi empêchées ce qui n'affecterait pas leur efficacité de traitement. La conséquence directe serait de libérer de la mémoire de travail qui pourrait être directement utilisable dans la résolution du problème à traiter.

⁴⁰ Pensées intrusives en lien avec des événements négatifs. Ces ruminations sont dites dysfonctionnelles car elles empêchent l'individu de s'engager dans des processus de résolution de problème.

CONCLUSION

Les travaux dans le domaine vont plus loin et précisent que l'effet du niveau de questionnement dépend également de la perspective adoptée par l'individu lorsqu'il analyse la situation émotionnelle (Nigro & Neisser, 1983). Analyser une situation émotionnelle peut se faire de deux façons : soit l'individu revit directement la situation source d'émotion, soit il la revit de façon indirecte. Selon Kross, Ayduk et Mischel (2005), il s'agit dans le premier cas de revivre une situation émotionnelle en tant qu'acteur (aussi appelée perspective auto immergée ou 1^{ère} personne). Dans le second cas, il s'agit de revivre la situation en tant qu'observateur (aussi appelée perspective auto distanciée ou 3^{ème} personne). Cette perspective consiste à analyser un événement comme s'il arrivait à une autre personne, à un « soi distant ». Adopter une perspective auto distanciée permettrait de se représenter l'événement émotionnel en termes encore plus abstrait qu'en utilisant uniquement le type de questionnement abstrait (Kross, Ayduk & Mischel, 2005). Ainsi, les ruminations dysfonctionnelles auraient encore moins de chances d'apparaître (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Ray, Wilhelm & Gross, 2008).

Cette technique a surtout été testée pour mesurer les effets sur les affects des individus. Dans une étude menée en 2005 (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; étude 1), Kross et collaborateurs demandent à leurs participants de se souvenir d'une situation dans laquelle ils ont ressenti une grande colère. Puis, ils leur ont demandé d'analyser l'événement rappelé en adoptant soit une perspective auto distanciée, soit une perspective auto immergée. Cette prise de perspective était combinée soit à une analyse des raisons sous jacentes aux émotions ressenties (e.g., abstrait, pourquoi) soit à une analyse des émotions ressenties (e.g., concret, quoi). Les résultats observés indiquent que le type de questionnement auto distancié lié à un questionnement de type pourquoi implique moins de colère que les trois autres conditions expérimentales, ce qui permettrait une meilleure adaptation émotionnelle. Ayduck et Kross (2008) précisent ultérieurement que ce type de questionnement permet de façon générale à l'individu de ressentir moins d'affects négatifs et pas uniquement moins de colère.

D'autres travaux avancent des résultats contradictoires de ceux présentés précédemment. Ces travaux sont également issus de la psychologie clinique et s'appuient sur les observations de patients dépressifs. Ces derniers ont tendance à

rappeler leurs souvenirs sur un mode assez général avec peu de rappels liés à des aspects concrets de la situation (Nolen-Hoeksema, 1991 ; Watkins, 2004). En conséquence, ces patients se focalisent sur eux-mêmes, leurs ressentis, ce qui en conséquence cause des ruminations dysfonctionnelles et augmente les émotions négatives (Nolen-Hoeksema, 1991; Watkins & Teasdale, 2004). Plusieurs travaux vont donc souligner l'importance des aspects concrets dans le fonctionnement adaptatif. Dans une étude menée en 2006, (Philippot, Baeyens & Douilliez, 2006 ; étude 3) les auteurs induisent de l'anxiété chez leurs participants. Pour cela, ils leur indiquent qu'ils vont être évalués sur leur expression orale, à travers un entretien dans lequel ils doivent s'exprimer pendant 10 minutes. Puis, les auteurs induisent les conditions expérimentales. Dans la condition appelée « listage de pensées spécifiques », les participants doivent évoquer leur peurs et inquiétudes de façon la plus précise possible. Dans la condition appelée « listage de pensées générales » les participants doivent évoquer le contexte émotionnel dans lequel ils sont. L'objectif est de les exposer à l'état émotionnel sans pour autant le spécifier. Puis, dans la condition contrôle, les participants doivent se distraire avant leur passation. Les résultats obtenus mettent en évidence que l'intensité émotionnelle après avoir spécifié les pensées, c'est-à-dire dans la condition de pensée spécifique, est beaucoup plus faible que dans les autres conditions expérimentales. Ainsi, dans une situation négative, spécifier volontairement les éléments contextuels et émotionnels permettrait de diminuer l'intensité émotionnelle (Philippot, Schaefer, & Herbertte, 2003 ; Philippot, Baeyens & Douilliez, 2006). De plus, se concentrer sur des aspects concrets d'une situation permettrait une meilleure adaptation améliorant la résolution de problème et facilitant le traitement des émotions (Stöber & Borkovec, 2002).

Ces deux théories s'opposent donc dans la littérature. En 2008, Wimalaweera et Moulds ont tenté de répliquer les études de Kross réalisées en 2005 (Kross, Ayduk et Mischel, 2005) et n'ont pas observé les prédictions originales à savoir que les participants en condition auto-distanciée dans la modalité « pourquoi » n'ont pas une meilleure adaptation émotionnelle que les autres participants. Wimalaweera et Moulds critiquent alors la technique de prise de distance dans une situation émotionnelle car selon les auteurs cette technique s'apparenterait à une technique d'évitement puisqu'elle nécessite une analyse en tant qu'observateur de la scène. Or,

le souvenir d'une situation émotionnelle doit être réalisé de la même façon que lorsqu'il a été vécu (Moulds, 2009). A savoir, qu'une situation vécue comme acteur doit être analysée en tant qu'acteur, sans quoi l'analyser en tant qu'observateur ne serait rien d'autre qu'une stratégie d'évitement.

Devant les résultats obtenus par Wimalaweera et Moulds, Ayduk et Kross ont essayé d'expliquer l'apparente contradiction observée (Ayduk & Kross, 2009). Ces derniers après avoir observé un ensemble de problèmes expérimentaux (notamment un manque de puissance statistique), concluent en la supériorité de la prise de distance associée à un questionnement abstrait (e.g., pourquoi) pour permettre une meilleure adaptation fonctionnelle. Puis, en s'appuyant sur les données récoltées par Wimalaweera et Moulds, Ayduk et Kross observent que les participants en condition distanciée ne sont pas plus dans l'évitement des émotions que les autres participants.

Bien que la littérature s'oppose sur la façon la plus efficace d'analyser une situation émotionnelle (de façon abstraite ou concrète), il semble que l'analyse de situation à distance et associée à un questionnement abstrait permet effectivement une gestion émotionnelle plus efficace. L'utilisation de cette technique dans le domaine de la performance n'a pour l'instant pas été testée, les études se focalisant pour l'instant presque uniquement sur le ressenti émotionnel. Dans la mesure où cette technique (que ce soit une analyse concrète de la situation ou une analyse abstraite de la situation selon les auteurs) permettrait réellement une diminution des ruminations dysfonctionnelles, elle devrait en retour permettre de maintenir performance et efficacité de travail. Il s'avère donc d'autant plus important de mesurer l'efficacité de cette technique puisque si elle apparaît comme réellement efficace elle pourrait être apprise aux internes comme une stratégie de gestion émotionnelle.

Nous testerons l'applicabilité de cette technique dans l'étude suivante de cette thèse (Etude princeps) en posant les hypothèses correspondant aux deux champs théoriques présentés.

Encadré : Etude princeps - Une technique issue de la régulation émotionnelle comme protecteur de la performance au travail

Selon les travaux de Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009), nous nous attendons à ce qu'une perspective auto-distanciée (analyse à la 3^{ème} personne) permette aux participants de maintenir une bonne performance que ce soit dans le résultat de leur action ou dans la stratégie mise en œuvre comparativement à une analyse auto-immérgée (analyse à la 1^{ère} personne). Nous postulons donc un effet simple de la prise de perspective.

Selon les travaux de Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009) nous nous attendons à ce qu'une focalisation sur les raisons sous-jacentes du ressenti (e.g., pourquoi) permette aux participants de maintenir une bonne performance. En revanche, nous posons également l'hypothèse alternative. Selon les travaux de Philippot et collaborateurs (Philippot, Schaefer, & Herbette, 2003 ; Philippot, Baeyens & Douilliez, 2006) nous nous attendons à ce qu'une focalisation sur les aspects concrets de la situation émotionnelle (e.g., quoi) permette aux participants de maintenir une bonne performance que ce soit dans le résultat de leur action ou dans la stratégie mise en œuvre. Nous postulons donc un effet simple du type de focus émotionnel.

Enfin, nous postulons un effet d'interaction si bien que selon les travaux de Kross les participants en condition « auto-distanciée / pourquoi » obtiendraient une meilleure performance que ce soit comme *output* ou efficacité que les autres participants. En revanche, selon les travaux de Philippot, nous postulons l'effet contraire d'interaction à savoir que les participants en condition « auto-distanciée / quoi » obtiendraient une meilleure performance *output* et une meilleure efficacité de traitement que les autres participants. L'objectif de cette étude est donc de tester expérimentalement nos prédictions. Toutefois, pour cela, nous ne pouvons utiliser notre échantillon de référence à savoir les internes en chirurgie orthopédique. Ce dernier n'est pas assez important statistiquement pour nous permettre de faire ressortir des effets s'ils existent (Howell, 1998). Nous utiliserons donc un échantillon plus large de participants tout en gardant une cohérence avec notre terrain de recherche. Cela nous permettra de tester nos hypothèses auprès d'une plus large population tout en respectant les consignes et techniques utilisées par Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009) dans l'induction expérimentale.

Nous avons induit chez les participants un stress par le biais d'une procédure adaptée de Philippot, Baeyens et Douilliez (2006). Nous avons choisi d'induire un stress important afin que les participants soient sous l'effet de leur(s) émotion(s) et qu'ils puissent analyser ce qu'ils ressentent. Puis, nous leur demandons d'adopter un type de perspective (perspective auto-immérgée vs. perspective auto-distanciée) ainsi qu'un type de questionnement relative aux émotions ressenties (pourquoi vs. comment). Enfin, nous leur demandons de résoudre un ensemble de tâches comme mesure de performance.

Méthode

Participants

Cent quatre étudiants de licence de psychologie (90 filles, 14 garçons) de l'université de Grenoble ont participé à cette étude en échange de bons expérimentaux. La moyenne d'âge des participants était de 20,94 ans ($ET = 4,2$; $Min = 17$; $Max = 45$). La répartition des participants au sein des conditions du plan 2 (perspective : auto-distanciée vs. auto-immersée) x 2 (type de questionnement : pourquoi vs. quoi) inter-sujets était aléatoire.

Matériel

Inductions expérimentales. On demande aux participants d'adopter soit une perspective auto-immersée soit une perspective auto-distanciée. Les consignes de la perspective auto-immersée étaient les suivantes : « prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. Projetez-vous mentalement dans la scène qui va se dérouler. Essayez de l'imaginer comme si vous étiez déjà en train de la vivre, comme acteur de cette situation stressante ». Les consignes de la perspective auto-distanciée étaient les suivantes : « Prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. ... Essayez de l'imaginer comme si vous étiez en train de vous regarder présenter ce deuxième thème, donc en tant qu'observateur de vous-même dans cette situation stressante. Pendant que vous faites ça, focalisez votre attention sur ce qui arrive maintenant à ce nouveau vous, ce vous distant ». On leur demande ensuite de se focaliser sur les émotions et sensations ressenties (focalisation sur le « quoi ») ou sur les raisons expliquant ces émotions (focalisation sur le « pourquoi ») tout en continuant à maintenir la perspective qu'ils ont préalablement adoptée (« ... focalisez votre attention sur les émotions que vous allez ressentir pendant cet évènement. D'après vous, quelles émotions allez-vous ressentir ? » vs. « ... essayez de comprendre les émotions que vous allez ressentir pendant cet événement stressant. Pourquoi, d'après-vous, allez-vous ressentir ces émotions ? Quelles en sont les causes et les raisons sous-jacentes ? »). Le plan expérimental est donc un 2 x 2 (N = 26 dans les conditions quoi distant, quoi immergé, pourquoi distant et pourquoi immergé).

Test de performance. Etant donné que nous souhaitons rester dans une cohérence de réflexion et de résolution de tâches proche de celles à résoudre par les internes en chirurgie, nous avons donc choisi d'utiliser deux tâches de raisonnement spatial⁴¹. Nous avons utilisé les 30 items du subtest « développement de volumes » de la *Batterie Générale d'Aptitude* (BGA, adaptation française de la General Aptitude Test Battery ; Boss, Cardinet, Maire, & Muller, 1960). Etant donné que nous souhaitons également calculer un indicateur d'efficacité pour chaque participant, nous avons ajouté la possibilité de réponse « ne sais pas » pour chaque item informatisé.

⁴¹ Ce type d'exercice est proche de ce que font les internes en lecture et interprétation de radiographie en cours d'opération et suffisamment complexe pour être une situation problème pour des étudiants.

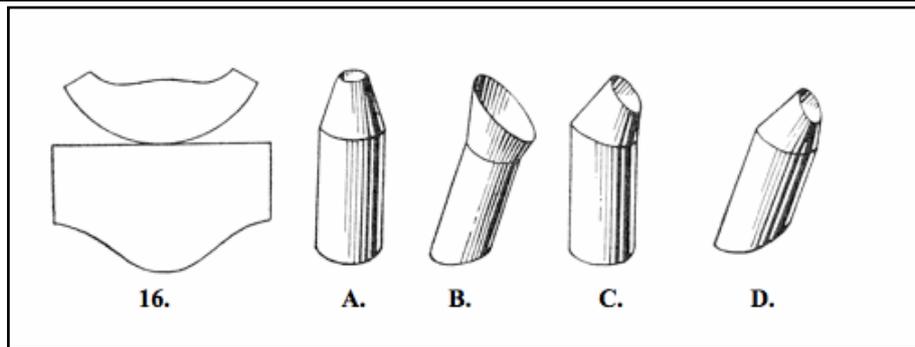


Figure 65. Exemple d'item du subtest développement de volumes de la BGA (Boss, Cardinet, Maire & Muller, 1960)- Un modèle d'objet en 2D est présenté à gauche, il faut trouver la représentation correspondante à l'objet en 3D.

Nous avons choisi de proposer ce test car comme nous l'avons vu jusqu'à présent, la réalisation de la vertébroplastie (comme d'autres opérations percutanées), nécessite de la part des internes une capacité de lecture et d'interprétation des radiographies. Elle nécessite la mise en correspondance de la radiographie en 2D avec le corps du patient en 3D. Ce test propose le même type d'exercice puisqu'un modèle d'objet en 2D est présenté au participant qui doit trouver parmi quatre propositions qui lui sont faites la correspondance de l'objet en 3D.

Nous avons également utilisé le *Mental Rotation Test* de Vandenberg et Kuse (1978). Ce test est composé de 20 items dans lesquels le participant doit imaginer la rotation d'un objet en trois dimensions, il mesure les capacités de rotation mentale des individus.

Etant donné que nous souhaitons également calculer un indicateur d'efficacité pour chaque participant, nous avons ajouté la possibilité de réponse « ne sais pas » pour chaque item informatisé.

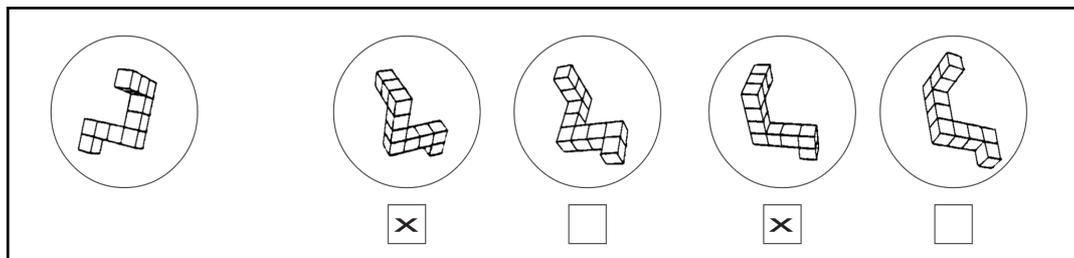


Figure 66. Exemple d'item issu de la *Mental Rotation Test* (Vandenberg & Kuse, 1978) - Un modèle d'objet en 3D est présenté à gauche, il faut trouver les 2 autres représentations correctes de l'objet.

Nous avons choisi ce test car il fait intervenir des capacités mises en jeu par les internes dans le cadre de la réalisation d'interventions chirurgicales percutanées. Il nécessite de la part des participants d'imaginer un objet en 3D sous différents angles et donc d'imaginer les transformations physiques subies par l'objet vu sous un autre angle. Un modèle d'objet en 3D est présenté au participant qui doit trouver parmi les quatre propositions qui lui sont faites les deux objets correspondants vus sous un autre angle. Ce type de résolution de problème est proche de ce que les internes font au bloc opératoire lorsque, par exemple, ils doivent se représenter le corps du patient sous des angles différents pour vérifier la progression de leur outil dans le corps par le biais des radiographies de face et de profil.

Un premier score de performance a donc été calculé pour chaque participant à partir des 30 items correspondant au test de développement de volumes ($M = 15,4$;

$ET = 4,6$; $Min = 2$; $Max = 27$). Puis, un second score de performance a été calculé à partir des 20 items du test de rotation mentale ($M = 8,4$; $ET = 2,8$; $Min = 2$; $Max = 13,5$). Etant donné que les deux scores de performance sont corrélés ($r = 0,328$, $p = 0,01$), nous avons agrégé les 2 notes de façon à obtenir un score global de performance ($M = 23,8$; $ET = 6,2$; $Min = 7,5$; $Max = 40,5$).

Le score d'efficacité a été calculé pour chacun des participants et correspond au rapport entre le nombre d'items justes et le nombre d'items tentés ($M = 57,3$; $ET = 12,5$; $Min = 25,8$; $Max = 100$).

Mesure d'anxiété. La forme trait de l'inventaire d'anxiété situationnelle et trait d'anxiété (Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970 ; IASTA en français) a été utilisée pour déterminer le niveau d'anxiété individuel. L'échelle d'anxiété-trait se compose de 20 phrases évaluant l'état d'anxiété générale du sujet. Le participant indique l'intensité de ses sentiments sur une échelle de Lickert en 4 points variant de « *presque jamais* » à « *presque toujours* ». Un score compris entre 20 (faible) et 80 (élevé) est calculé pour chaque participant après avoir constaté que l'indice d'homogénéité était excellent ($\alpha = 0,89$). La traduction franco-canadienne de Gauthier et Bouchard (1993) a été utilisée. Une mesure de niveau de stress situationnel a été également réalisée par le biais de l'item « Pendant l'exercice que vous venez de faire, vous sentiez-vous : » de « *pas du tout stressé* » à « *très stressé* » sur une échelle de Lickert en 7 points. Puis, une mesure de vérification d'induction de stress a été posée par le biais de l'item : « A quel point la seconde présentation orale que vous allez faire est un événement stressant pour vous ? » de « *pas du tout stressé* » à « *très stressé* » sur une échelle de Lickert en 7 points.

Procédure

Les passations ont eu lieu dans les box expérimentaux du laboratoire de psychologie sociale de Grenoble. Les participants se rendent au laboratoire pour une passation d'une durée de quarante cinq minutes. Ils sont reçus par un (ou une) expérimentateur(trice) vêtu(e) d'une blouse blanche dans une salle spécialement aménagée afin de donner plus de crédibilité au scénario expérimental de l'étude. Le déroulement expérimental est présenté à chaque participant comme réalisé en 2 temps : une première partie de test de culture générale et une seconde partie de test informatique. La première partie se déroule dans la salle principale tandis que la seconde partie se déroule dans une salle informatique adjacente. Cette précaution supplémentaire a été prise afin de renforcer le sentiment de deux tâches indépendantes et donc de diminuer les suspicions expérimentales.

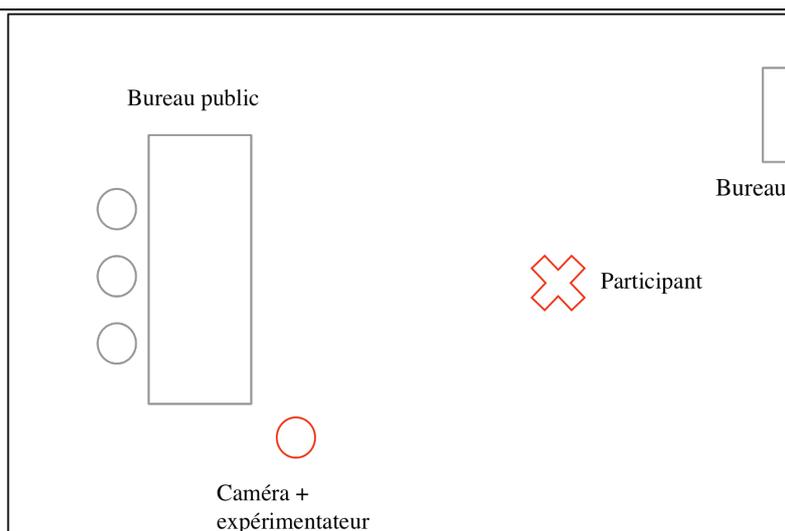


Figure 67. Schéma représentant l'arrangement de la salle principale.

La première partie correspond en réalité à l'induction de stress. Il est indiqué à chaque participant qu'ils vont s'exprimer sur un sujet de culture générale, un thème de société devant un jury de trois psychologues spécialistes du langage et du comportement humain. Afin de renforcer la crédibilité de cette annonce, l'expérimentateur montre au participant le « *bureau public* » (voir figure précédente) sur lequel sont disposés des feuilles et des crayons pour les prétendus membres du jury. Cette entrevue est présentée comme ayant lieu après les tâches informatiques afin de maintenir le stress durant toute la réalisation des tâches expérimentales. Puis, afin de leur permettre de préparer cette entrevue, il est indiqué au participant qu'ils vont pouvoir s'entraîner sur un autre sujet de culture générale avec l'expérimentateur. Ce dernier leur indique alors le « *bureau* » sur lequel ils disposent d'une minute pour préparer un discours de 5 minutes qu'ils vont devoir faire face à une caméra. Les participants s'installent donc au bureau et préparent leur discours sur le thème de l'Union Européenne. A la fin de la minute de préparation, les participants sont invités à venir faire leur discours devant la caméra d'une voix bien distincte. Les étudiants interrogés terminant tous leur discours avant les 5 minutes imparties, l'expérimentateur induit alors un feed-back négatif, puis essaye de relancer leur présentation par le biais de questions relatives au fonctionnement politico-administratif de l'Union Européenne. A la fin des 5 minutes de présentation, le participant est emmené dans la seconde salle afin de passer la seconde étude informatisée.

Les participants disposent de quinze minutes pour réaliser la totalité des tâches informatiques, un réveil est placé juste à côté d'eux et l'expérimentateur vient 5 minutes avant la fin indiquer le temps restant. A ce moment de la passation, on induit les conditions expérimentales et les participants réalisent les tests de performance. Puis, le participant remplit des items relatifs au niveau de difficulté de l'exercice, au niveau de stress ressenti, au contrôle des manipulations et enfin à des variables démographiques (e.g., âge, sexe et niveau d'étude). Une fois ces questions remplies, l'expérimentateur indique au participant que l'étude va s'arrêter à ce stade, que l'entretien avec le jury n'aura pas lieu mais qu'avant toute explication supplémentaire, il doit remplir un dernier questionnaire papier (l'échelle d'anxiété trait) de façon la plus honnête possible. Le participant est ensuite remercié, débriefé et rémunéré. La procédure expérimentale est représentée schématisée dans la Figure ci-après.

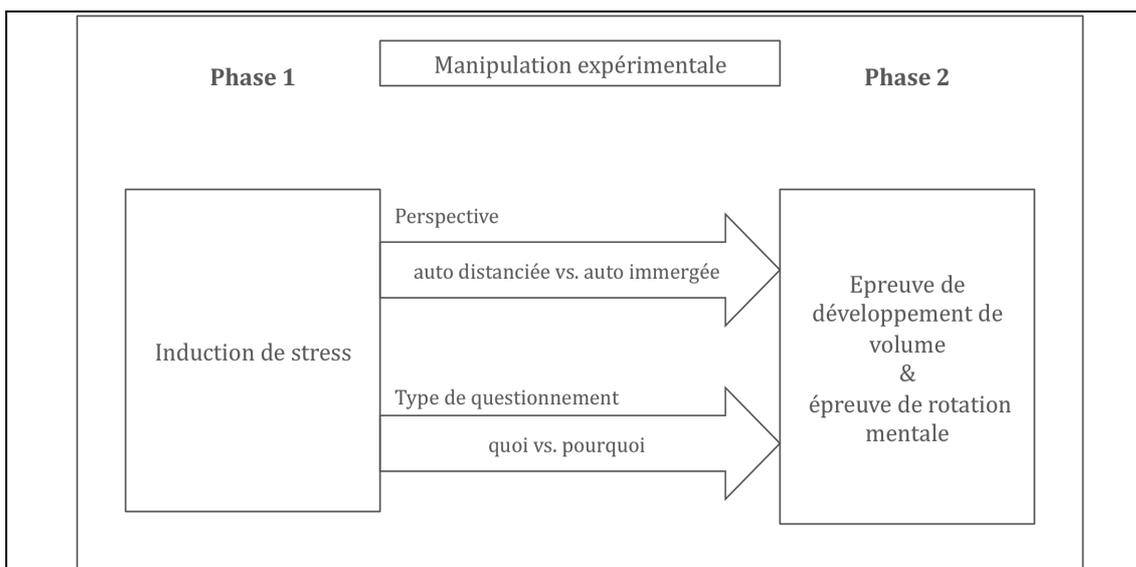


Figure 68. Procédure de l'étude

Résultats

Induction de stress.

Afin de vérifier que la seconde passation était bien un élément stressant pour les participants, nous leur avons demandé : « A quel point la 2nde présentation orale que vous allez faire est un événement stressant pour vous ? ». Les participants pouvaient répondre sur une échelle de Lickert en 7 points de 1 « *pas du tout stressant* » à 7 « *très stressant* ». En moyenne, les participants se sont déclarés stressés par la seconde passation qu'ils devaient réaliser devant le jury ($M = 5,28$; $ET = 1,43$). Comme attendu, le niveau de stress ressenti ne diffère pas selon les conditions expérimentales, ($t < 1$).

Inductions expérimentales.

A la fin de leur passation, les participants remplissent un item de contrôle des manipulations traduit des procédures utilisées par Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009). La question était « pendant que vous réfléchissiez et analysiez les émotions que vous imaginez ressentir, vous êtes vous sentis plutôt comme un simple observateur ou plutôt comme un acteur de l'évènement stressant ? ». Les participants répondaient sur une échelle de Lickert en 7 points de 1 « *principalement comme acteur* » à 7 « *principalement comme observateur* ». Les participants ont eu tendance à se déclarer plus acteur dans la condition auto-immersée ($M = 2,83$; $ET = 1,6$) que dans la condition auto distanciee ($M = 3,15$; $ET = 1,9$) où ils ont eu tendance à se déclarer plus observateur de la situation, $t(102) = 0,921$, $p = 0,08$.

Test des hypothèses.

Nous avons traité les données avec une ANOVA 2⁴² (type de perspective : auto-immersée vs. auto-distanciee) x 2 (type de questionnement : quoi vs. pourquoi)

⁴² Les codages :

Sexe : -0,5 (femmes) ; 0,5 (hommes)

Type de perspective : -0,5 (auto-immersée) ; 0,5 (auto-distanciee)

après avoir vérifié les conditions d'application pour chacune des variables dépendantes.

Performance.

Comme attendu, on note un effet tendanciel du type de perspective adoptée, les participants en condition auto-distanciée ($M = 23,9$; $ET = 6,5$) ont tendance à avoir de meilleures performances que les participants en condition auto-immersée ($M = 23,7$; $ET = 5,9$), $t(103) = 2,024$, $p = 0,095$. En revanche et contrairement à nos hypothèses, on n'observe pas d'effet du focus émotionnel, $t < 1$. Les participants focalisés sur le pourquoi de leurs émotions n'ont pas de meilleures performances que les participants focalisés sur la compréhension de leur ressenti (e.g., quoi). L'effet d'interaction attendu est également non significatif, $p = ns$. En revanche, on remarque un effet simple du sexe, $t(103) = 2,024$, $p = 0,046$ indiquant que les hommes ont de meilleures performances ($M = 26,8$; $ET = 8,5$) que les femmes ($M = 23,3$; $ET = 5,6$). On observe également que l'interaction entre le sexe et la prise de perspective adoptée est significative, $t(103) = 2,172$, $p = 0,032$. Ainsi, la performance est meilleure pour les hommes en condition prise de perspective auto-distanciée (Hommes : $M = 30,2$; $ET = 7,9$; Femmes : $M = 22,9$; $ET = 5,8$) qu'en condition prise de perspective auto-immersée (Hommes : $M = 23,4$; $ET = 8,2$; Femmes : $M = 23,8$; $ET = 8,2$). Toutes les autres interactions ne sont pas significatives, $p = ns$.

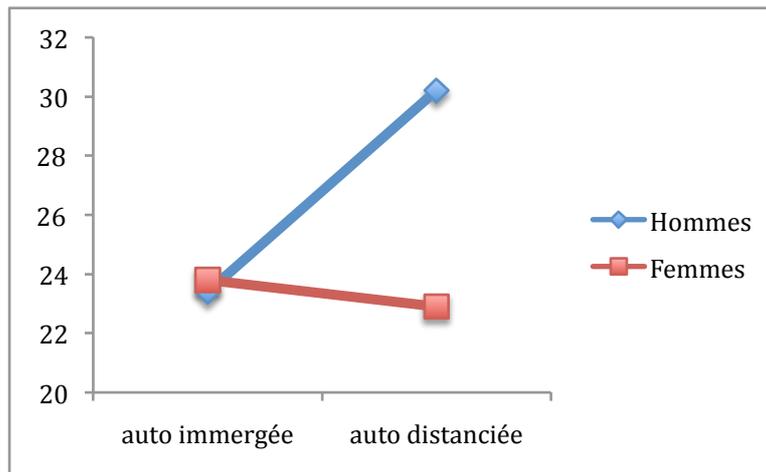


Figure 69. Graphique d'interaction entre les variables sexe et prise de perspective sur la performance.

Efficience de traitement.

Nous avons ôté un participant des analyses car il avait une valeur de résidu supprimé studentisé supérieure à 3. Les analyses portent donc sur 103 participants et la participante exclue était de la condition expérimentale « auto-distancié / pourquoi ».

On n'observe pas d'effet simple de la prise de perspective ou du type de questionnement sur l'efficience de traitement des participants, $p = ns$. L'interaction prédite entre la prise de perspective et le type de questionnement n'est pas significative, $p = ns$. L'effet simple du sexe n'est pas non plus significatif, $p = .12$, même si les hommes semblent avoir une meilleure efficience de traitement

Type de questionnement : -0,5 (quoi) ; 0,5 (pourquoi)

CONCLUSION

($M = 61,2$; $ET = 11,7$) que les femmes ($M = 56,2$; $ET = 11,7$). En revanche, l'effet d'interaction entre le sexe et la prise de perspective est tendancielle $t(102) = 1,770$, $p = 0,08$. Ainsi, l'efficacité de traitement des participants est tendanciellement meilleure pour les hommes en condition prise de perspective auto-distanciée (Hommes : $M = 66,7$; $ET = 9$; Femmes : $M = 56,7$; $ET = 13,5$) qu'en condition prise de perspective auto-immersée (Hommes : $M = 55,6$; $ET = 12$; Femmes : $M = 56,6$; $ET = 11,6$). L'interaction triple (e.g., prise de perspective x type de questionnement x sexe) n'est pas significative.

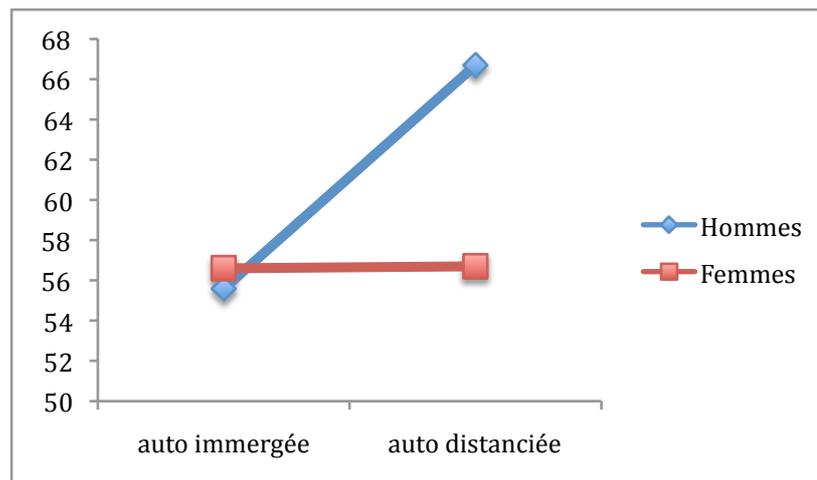


Figure 70. Graphique d'interaction entre les variables sexe et prise de perspective sur l'efficacité de traitement

Discussion

L'objectif de cette étude était de tester expérimentalement les techniques de gestion d'émotion de Kross et collaborateurs. Nos hypothèses étaient que le type de questionnement et le type de perspective pouvaient permettre aux participants de conserver une bonne performance et une bonne efficacité de traitement. Plus spécifiquement, nous postulions qu'une analyse distanciée de la situation permettrait aux participants de conserver une bonne performance et une bonne efficacité de traitement. De même, nous posions une série d'hypothèses contradictoires concernant les effets de la focalisation attentionnelle en nous appuyant sur la littérature. Ainsi, selon les travaux de Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009) nous nous attendions à ce qu'une focalisation sur les raisons sous-jacentes du ressenti (e.g., pourquoi) permette aux participants de maintenir une bonne performance et une bonne efficacité de traitement. En revanche, selon les travaux de Philippot et collaborateurs (Philippot, Schaefer, & Herbette, 2003 ; Philippot, Baeyens & Douilliez, 2006) nous nous attendions à ce que ce soit la focalisation sur les aspects concrets de la situation émotionnelle (e.g., quoi) qui permette de maintenir une bonne performance et une bonne efficacité de traitement. Enfin, nous posions les effets d'interaction qui en découlent.

Dans cette étude, nous avons commencé par induire un stress chez tous les participants par le biais d'une procédure adaptée de Philippot, Baeyens et Douilliez

(2006). Puis, par le biais de consignes reprises des études de Kross et collaborateurs (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009) nous avons induit une prise de perspective auto-distanciée ou auto-immersée. Nous avons également induit un type de focalisation émotionnel par le biais d'un type de questionnement (quoi vs. pourquoi). Enfin, les participants ont rempli deux tâches de développement de volumes et de rotation mentale.

Les résultats mettent en évidence que les hommes interrogés ont de meilleurs résultats que les femmes. Ce résultat va dans le sens des données de la littérature indiquant que les hommes ont globalement de meilleures performances sur les tests de raisonnement spatial que les femmes (Gaulin, 1992 ; Sanders & Soares, 1986). De plus, les résultats obtenus semblent être en faveur d'une hypothèse de maintien de performance selon la prise de perspective distanciée. Les participants en condition auto-distanciée ont tendance à avoir une meilleure performance que les participants en condition auto-immersée. Ce résultat est d'autant plus fort chez les hommes. Cette même interaction se retrouve chez les participants masculins qui ont une meilleure efficacité de traitement que les femmes en condition auto-distanciée. Ce résultat est en accord avec les précédents travaux préalablement cités.

Cependant, dans cette étude nous n'avons pas observé d'effet du type de focus émotionnel. Contrairement à nos attentes, le type de questionnement n'a pas permis aux participants de maintenir une bonne performance et une bonne efficacité de traitement. Nous n'observons pas de différences entre une analyse focalisée sur le type d'émotion ressenti ou sur les raisons sous-jacentes du ressenti émotionnel lié au stress. Des études ultérieures devront veiller à répondre à cette absence de résultat en précisant notamment si l'induction expérimentale liée au type de questionnement est réellement efficace ou non. Nous apercevons ici une limite de cette étude, nous ne pouvons répondre précisément à cette question, par manque d'un contrôle des manipulations spécifique à cette induction. Est-il pertinent pour les participants de s'interroger sur le « pourquoi » ou sur le « quoi » ressenti ? Ont-ils réellement réussi à analyser les émotions et les raisons sous-jacentes de leur ressenti ? Dans la mesure où cette induction fonctionne dans la littérature classique du domaine (Kross, Ayduk & Mischel, 2005 ; Kross & Ayduk, 2008 ; Ayduk & Kross, 2008, 2009 ; Kross, 2009) peut-être faudrait-il envisager d'utiliser des inductions plus fortes en modifiant les consignes originelles. Des études futures devront répondre à cette question et apporter une réponse plus précise quant au débat qui oppose les études de Kross et collaborateurs et celles de Philippot et collaborateurs.

Il serait également intéressant de savoir si ce type de manipulation expérimentale fonctionnerait avec d'autres tâches que celles de raisonnement spatial. En effet, nous observons un effet de la prise de perspective dans notre étude, effet d'autant plus fort pour les garçons, mais cet effet est-il robuste quelque soit le type de tâche proposée ? Une prochaine étude devra étendre cette question en proposant d'autres tâches cohérentes pour les internes en chirurgie orthopédique (e.g., tâche de coordination motrice ...). Nous pouvons toutefois souligner le fait que cette technique de prise de perspective fonctionne en situation stressante, alors que la littérature a déjà mis en évidence la difficulté à utiliser une perspective auto-distanciée en situation stressante (Mischel, Desmet & Kross, 2006). Cette difficulté à utiliser une perspective auto-distanciée peut être l'explication du manque de résultat observé chez les femmes. Des études futures devront répondre à cette question.

L'objectif de cette partie était de trouver une technique rapide et peu coûteuse en terme de ressources cognitives pour permettre aux internes d'apprendre à gérer les émotions qu'ils ressentent en situation de stress afin d'en minimiser l'impact sur leur performance et leur efficacité de traitement dans le cadre de la résolution d'une tâche. Nous nous sommes pour cela intéressés aux stratégies de régulation émotionnelle dont certaines sont connues dans la littérature pour diminuer les ruminations dysfonctionnelles. Nous avons donc mené une étude dont l'objectif principal était de tester l'application au domaine de la gestion du stress. Les principaux résultats mettent en évidence un effet du type de perspective employée par les participants masculins qui ont tendance à avoir une meilleure performance et une meilleure efficacité de traitement lorsqu'ils analysent une situation émotionnelle à distance plutôt que par le biais d'une perspective immergée. Toutefois, nous n'avons pas obtenu de différence de résultats selon le type de questionnaire posé alors que la littérature met en évidence des différences d'effets. Il semble important de poursuivre cette lignée de recherches dans la continuité de la question que nous nous posons dans cette thèse : comment permettre aux internes de minimiser l'influence du stress sur leur performance et leur efficacité de traitement ? Nous semblons apercevoir une piste de réponse par le biais de l'utilisation de ce type de technique qui est en continuité avec ce que les chirurgiens de Centre Hospitalier Universitaire réalisent dans leur profession lorsqu'ils doivent expliquer aux internes le déroulement d'une opération. Il reste toutefois plusieurs questions auxquelles répondre avant de pouvoir utiliser concrètement cette technique. Nous pouvons cependant d'ores et déjà imaginer l'applicabilité de la technique « auto distancée » auprès des internes.

III. CONCLUSION GENERALE

Dans cette partie, nous avons tenté de trouver des outils permettant aux internes de ne pas être affectés par le stress dans leur pratique. Nous défendons l'importance d'un apprentissage basé sur la maîtrise de la tâche couplé à un apprentissage basé sur la maîtrise des émotions ressenties en situation de stress. Pour ce faire, nous avons présenté un EIAH développé dans le cadre du projet TELEOS qui permet aux internes de s'entraîner avant de pratiquer au bloc opératoire. Puis, nous avons tenté de trouver une technique leur permettant d'apprendre à gérer le stress auquel ils sont confrontés et les émotions qui en découlent. Bien que cette technique soit encore à tester, une piste de recherche s'ouvre.

Pour conclure de ce travail de thèse, nous retiendrons que les résultats que nous avons présentés, même s'ils ne permettent pas d'établir clairement des effets,

CONCLUSION

contribuent à avancer dans le domaine. Ils mettent notamment l'accent sur l'importance de la prise en compte du facteur contextuel professionnel sur l'activité des opérateurs.

Pour nous, l'intérêt principal des études que nous avons présentées réside dans la méthodologie que nous avons déployée. En nous interrogeant sur les concepts que nous mobilisons, nous avons compris l'importance d'adopter une approche globale. L'analyse d'activité que nous avons présentée en préalable à notre démarche expérimentale nous semble être un apport important de ce travail dans la compréhension de la performance professionnelle. Cette perspective de travail n'aurait pas été possible sans le choix que nous avons fait de la pluridisciplinarité.

Les travaux doivent être poursuivis dans cette lignée de recherche afin de fournir des outils plus adaptés encore aux futurs praticiens pour leur permettre non seulement de renforcer leur expertise mais également de s'entraîner avant même l'opération et de ne pas être affectés par le stress. Autant que possible, les futures recherches devront veiller à adopter une perspective expérimentale afin d'établir clairement les effets causaux du stress sur la performance et l'efficacité de traitement des internes et/ou chirurgiens.

Bibliographie

- Ahmadi, K., & Alireza, K. (2007). Stress and Job Satisfaction among Air Force Military Pilots. *Journal of Social Sciences*, 3, 159-163
- Allport, F. H. (1924). *Social psychology*. Boston: Houghton Mifflin.
- Amalberti, R. (1991). Savoir-faire de l'opérateur : aspects théoriques et pratiques en ergonomie. In R. Amalberti, M. de Montmollin, & J. Theureau (Eds.), *Modèles en analyse du travail* (p. 279-294). Liège : Mardaga.
- Amalberti, R. (2001). Le modèle de compétences. In J. Leplat & M. de Montmollin (Eds.). *Les compétences en ergonomie* (p. 121-130). Toulouse : Octarès.
- Amalberti, R., & Racca, E. (1989). Cosynus, the data base system for trainees. *Proceedings of the 1st Airbus Training Symposium*. Toulouse, Octobre 1989.
- American College of Radiology (2009). Practice guideline for the performance of vertebroplasty.
- Arora, S., Hull, L., Sevdalis, N., Tierney, T., Nestel, D., Woloshynowych, M., Darzi, A., & Kneebone, R. (2010). Factors compromising safety in surgery: stressful events in the operating room. *The American Journal of Surgery*, 199, 60-65.
- Arora, S., Sevdalis, N., Nestel, D., Tierney, T., Woloshynowych, M., & Kneebone, R. (2009). Managing intraoperative stress: what do surgeons want from a crisis training program? *The American Journal of Surgery*, 197, 537-543.
- Arora, S., Sevdalis, N., Nestel, D., Woloshynowych, M., Darzi, A. & Kneebone, R. (2010). The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *Surgery*, 147, 318-330.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*. 11, 181-185.
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*. 130, 224-237.
- Attali, C., Bail, P., Magnier, A. M., Beis, J. N., Ghasarossian, C., Gomes, J., Chevallier, P., Iainé, X., Le Mauff, P., Zerbib, Y., & Gay, B. (2006). Compétences pour le DES de médecine générale. *Exercer*, 76, 31-32.
- Ayduk, O., & Kross, E. (2008). Enhancing the pace of recovery: Self-distanced analysis of negative experiences reduces blood pressure reactivity. *Psychological Science*, 19, 229-231.
- Ayduk, O., & Kross, E. (2009). Asking 'why' from a distance facilitates emotional processing: A reanalysis of Wimalaweera and Moulds (2008). *Behaviour Research and Therapy*, 47, 88-92.
- Bainbridge, L. (1981). Le contrôleur de processus. *Bulletin de Psychologie*, 34, 813-832.

BIBLIOGRAPHIE

- Bandura, A. (2003). Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle. Bruxelles : De Boeck.
- Barcenilla, J., & Tijus, C. (2004). Apprentissage et formation. In E. Brangier, A. Lancry & C. Louche (Eds.). *Les Dimensions Humaines au Travail : Théories et Pratiques de la Psychologie du Travail et des Organisations* (p.65-102.). Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- Baker, E., Israel, B., & Schurman, S. (1996). Role of control and support in occupational stress: an integrated model. *Social Science and Medicine*, 43, 1145-1159.
- Bargh, J. A. (1989). Conditional automaticity: Varieties of automatic influence in social perception and cognition. In U. James & J. A. Bargh (Eds.). *Unintended thought* (p. 3-51). New York: Guilford Press.
- Bargh, J. A. (1992). The ecology of automaticity: Toward establishing the conditions needed to produce automatic processing effects. *American Journal of Psychology*, 105, 181-199.
- Baron, R. S. (1986). Distraction-conflict theory: Progress and problems. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (p. 1-40). New York: Academic Press.
- Beck, A. T. (1985). Turning anxiety on its head: An overview. In A. T. Beck & G. Emery, (Eds.) *Anxiety Disorders and Phobias. A Cognitive Perspective*. (p. 3-18) New York: Guilford Press.
- Becker, W., Ellis, H., Goldsmith, R., & Kaye, A. (1983). Heart rates of surgeons in theatre. *Ergonomics*, 26, 803-807.
- Beehr, T. A. (1976). Perceived situational moderators of the relationship between subjective role ambiguity and role strain. *Journal of Applied Psychology*, 61, 35-40.
- Beehr, T. A., & McGrath, J. E. (1992). Social support, occupational stress and anxiety. *Anxiety, Stress and Coping*, 5, 7-19.
- Beehr, T. A. & Newman, J. E. (1978). Job stress, employee health, and organizational effectiveness : A facet analysis, model, and literature review. *Personnel Psychology*, 31, 665-699.
- Beehr, T. A., Walsh, J. T., & Taber, T. D. (1976). Relationships of stress to individually and organizationally valued states: Higher order needs as a moderator. *Journal of Applied Psychology*, 61, 35-40.
- Beilock, S. L. (2008). Math performance in stressful situations. *Current Directions in Psychological Science*, 17(5), 339-343.
- Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail: Working memory and “choking under pressure” in math. *Psychological Science*, 16, 101-105.
- Beilock, S. L., & DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress: working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 983-998.

BIBLIOGRAPHIE

- Beilock, S. L., Kulp, C. A., Holt, L. E., & Carr, T. H. (2004). More on the fragility of performance: Choking under pressure in mathematical problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 584-600.
- Benner, P. (2003). *De novice à expert: excellence en soins infirmiers*. Paris: Elsevier Masson.
- Berraho, M., Nejjar, C., Elrhazi, K., El Fakir, S., Tessier, J., Ouédraogo, N., Mekouar, S., & Raiss, N. (2006). Mesure du stress professionnel des chauffeurs de taxi à Fès, Maroc. *Santé Publique*, 18, 375-387.
- Berthoz, S., & Krauth-Gruber, S. (2011). *La face cachée des émotions*. Paris : Le pommier.
- Beuter, A., & Duda, J. L. (1985). Analysis of the arousal/motor performance in children using movement kinematics. *Journal of Sport Psychology*, 7, 229-243.
- Beuter, A., Duda, J. L., & Widule, C. J. (1989). The effect of arousal on joint kinematics and kinetics in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 109-116.
- Bhatti, N. I., & Cummings, C., W. (2007). Competency in surgical residency training : Defining and raising the bar. *Academic Medicine*, 82, 569-573.
- Bisseret, A. (1981). Application of signal detection theory to decision making in supervisory control. The effect of the operator's experience. *Ergonomics*, 24, 81-94.
- Bisseret, A., Sébillotte, S., & Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse : Octarès.
- Borman, W. C., & Motowidlo, S. J. (1993). Expanding the criterion domain to include elements of contextual performance. In N. Schmitt & W. Borman (Eds.). *Personnel Selection in Organizations* (p. 71-98). New York: Jossey-Bass.
- Boss, J. P., Cardinet, J., Maire, M., & Muller, P. (1960). *Batterie générale d'aptitude: données techniques et théoriques*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Bressol, E. (2004). *Organisation du travail et nouveaux risques pour la santé des travailleurs*, Rapport au Conseil économique et social, éditions des Journaux officiels, no 10.
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruchon-Schweitzer, M. (2001). Le coping et les stratégies d'ajustement face au stress. *Recherche en Soins Infirmiers*, 67, 68-83.
- Buchanan, T. W., & Lovallo, W. R. (2001). Enhanced memory for emotional material following stress-level cortisol treatment in humans. *Psychoneuroendocrinology*, 26, 307-317.
- Buekers, M. (1995). L'apprentissage et l'entraînement des habiletés motrices et sportives. In J. Bertsch & C. Le Scanff (Eds.). *Apprentissage moteur et conditions d'apprentissage* (p. 27-47). Paris : PUF.
- Bunch, W. H., Dvornich, V. M., Storr, C. L., Baldwin, D. C., & Hughes, P. H. (1992). The stresses of the surgical residency. *Journal of Surgical Research*, 53, 268-271.

BIBLIOGRAPHIE

- Büssing, A., & Glaser, J. (2000). Four-stage process model of the core factors of burnout: the role of work stressors and work-related resources. *Work and Stress*, 14, 329-346.
- Byrnes, M. C., Narciso, V. C., Brantley, L., Helmer, S. D., & Smith, R. S. (2006). Impact of resident work-hour restrictions on trauma care. *The American Journal of Surgery*, 191, 338-343.
- Cahill, L., Gorski, L., & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, 10, 270-274.
- Campbell, J. P. (1990). Modeling the performance prediction problem in industrial and organizational psychology. In M. D. Dunnette & L. M. Hough (Eds.), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology* (p. 687-732). Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Campbell, J. P., McCloy, R. A., Oppler, S. H., & Sager, C. E. (1993). A theory of performance. In N. Schmitt & W.C. Borman (Eds.), *Personnel Selection*. Jossey-Bass: San Francisco.
- Cannon, W. B. (1932). *The Wisdom of the Body*. New York : Norton & Company.
- Caroly, S. (2003). Activités de service et stress: le cas des guichetiers de la poste. In M. Neboit et M. Vézina (Eds.), *Stress au travail et santé psychique* (p. 237-249). Toulouse : Octarès.
- Cartwright, S., & Cooper, C. (1997). *Managing workplace stress*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Caverni, J. P. (1988). Psychologie de l'expertise: éléments d'introduction. *Psychologie Française*, 33, 114-125.
- Cellier, J. M., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40, 28-50.
- Chajut, E., & Algom, D. (2003). Selective attention improves under stress: Implications for theories of social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 231-248.
- Clot, Y. (1996). *Les histoires de la psychologie du travail. Approche pluridisciplinaire*. Toulouse : Octarès.
- Clot, Y. (2000). La formation par l'analyse du travail : Pour une troisième voie. In B. Maggir (dir.), *Manières de penser, manières d'agir en éducation et en formation*. Paris : Presses universitaires de France, 133-156.
- Clot, Y. (2001). Psychopathologie du travail et clinique de l'activité. *Éducation Permanente*, 146, 17-27.
- Clot, Y., & Litim, M. (2008). Activité, santé et collectif de travail. *Pratiques psychologiques*, 14, 101-114.
- Cohen, S. (1978). Environmental load and the allocation of attention. In A. Baum, J.E. Singer, & S. Valins (Eds.), *Advances in environmental psychology* (p. 1-29). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

BIBLIOGRAPHIE

- Coulet, J. C. (2011). La notion de compétence : Un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le Travail Humain*, 74, 1-30.
- Cummings, S. R., & Harris, L. M. (2001). The impact of anxiety on the accuracy of diagnostic decision-making. *Stress and Health*, 17, 281-286.
- Darzi, A., & Mackay, S. (2001). Assessment of surgical competence. *Quality in Health Care*, 10, ii64-ii69.
- De Castéra, B. (2003). *Le compagnonnage*. Paris : Que sais-je ? PUF.
- Delaunois, M., Malchaire, J., & Piette, A. (2002). Classification des méthodes d'évaluation du stress en entreprise. *Médecine du travail et ergonomie*, XXXIX, 13-28.
- Delignières, D., Nourrit, D., Sioud, R., Leroyer, P., Zattara, M., & Micallef, J. P. (1998). Preferred coordination modes in the first steps of the learning of a complex gymnastics skill. *Human Movement Science*, 17, 221-241.
- Denis, F., Stordeur, S., & D'Hoore, W. (2000). Une enquête sur le stress occupationnel en milieu hospitalier. *Médecine du Travail et Ergonomie*, 37, 197-211. 169-178.
- D'Hainaut, L. (1980). *Des fins aux objectifs de l'éducation*. Bruxelles : Editions Labor.
- Didierjean, A., & Gobet, F. (2008). Sherlock Holmes-An Expert's View of Expertise. *British Journal of Psychology*, 99, 109-125.
- Dinca, A. & Rosnet, E. (2007). Motivation, réponses de *coping* et performances sportives des escrimeurs : une analyse qualitative exploratoire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 57, 201-211.
- Dreyfus, H.L. & Dreyfus, S.E. (1986). *Mind over Machine: the power of human intuition and expertise in the age of the computer*. Oxford : Basil Blackwell.
- Driskell, J. E., Copper, C., & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, 79, 481-492.
- Driskell, J. E., Johnston, J. H., & Salas, E. (2001). Does stress training generalize to novel settings? *Human Factors*, 43, 99-110.
- Driskell, J. E., Salas, E., & Johnston, J. (1999). Does stress lead to a loss of team perspective? *Group Dynamics: Theory, Research and Practice*, 3, 291-302.
- Easterbrook, J. A. (1959). The effect on emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66, 183-201.
- Elstein, Shulman & Sprafka, (1978).
- Endler, N. S., & Parker, J. D. A. (1990). Multidimensional assessment of *coping*: a critical evaluation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58, 844-854.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.
- Estryn-Béhar, M. (1997). *Stress et souffrance des soignants à l'hôpital : Reconnaissance, analyse et prévention*. Paris : Editions Estem.

BIBLIOGRAPHIE

- Evans, G. W., & Johnson, D. (2000). Stress and open-office noise. *Journal of Applied Psychology, 85*, 779-783.
- Eysenck, M. W. (1979). Anxiety, learning and memory: A reconceptualization. *Journal of Research in Personality, 13*, 363-385.
- Eysenck, M. W. (1982). *Attention and arousal: Cognition and performance*. Berlin: Springer-Verlag.
- Eysenck, M. W. (1992). *Anxiety: The cognitive perspective*. Hove, U.K : Lawrence Erlbaum.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion, 6*, 409-434.
- Falzon, P. (1994). Les activités méta-fonctionnelles et leur assistance. *Le travail humain, 57*, 1-23.
- Falzon, P. (2004). Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 17-35). Paris : Presses Universitaires de France.
- Falzon, P. (2006). Des objectifs de l'ergonomie. In F. Daniellou (Ed.) *L'ergonomie en quête de ses principes. Débats épistémologiques*, (pp. 233-242). Toulouse : Octarès.
- Famose, J. P. (1990). *Apprentissage moteur et difficulté de la tâche*. Paris : INSEP publications.
- Fay, D., & Sonnentag, S. (2002). Rethinking the effects of stressors: A longitudinal study on personal initiative. *Journal of Occupational Health Psychology, 7*, 221-234.
- Feanny, M. A., Scott, B. G., Mattox, K. L., & Hirshberg, A. (2005). Impact of the 80-hour work week on resident emergency operative experience. *The American Journal of Surgery, 190*, 968-972.
- Frese, M., Fay, D., Hilburger, T., Leng, K., & Tag, A. (1997). The concept of personal initiative: Operationalization, reliability and validity in two German samples. *Journal of Occupational and Organizational Psychology, 70*, 139-161.
- Fried, Y., & Tieg, R. B. (1995). Supervisors' role conflict and role ambiguity differential relations with performance ratings of subordinates and the moderating effect of screening ability. *Journal of Applied Psychology, 80*, 282-291.
- Frone, M. R. (1999). Work stress and alcohol use. *Alcohol Research and Health, 23*, 284-291.
- Galibert, P., Deramond, H., Rosat, P., & Le Gars, D. (1987). Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie, 33*, 166-168.
- Ganster, D. C., & Schaubroeck, J. (1991). Work Stress and Employee Health. *Journal of Management, 17*, 235-271.
- Gaudreau, P. & Blondin, J. P. (2004). Different athletes cope differently during a sport competition: a cluster analysis of coping. *Personality and Individual Differences, 36*, 1865-1877.

BIBLIOGRAPHIE

- Gaulin, S. J. C., (1992). Evolution of sex differences in spatial ability. *Yearbook of Physical Anthropology*, 35, 125-151.
- Gauthier, J. & Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du "State-Trait Anxiety Inventory" de Spielberger. *Revue Canadienne des Sciences du Comportement*, 25, 559-578.
- Gilbert, P. (2006). La compétence : concept nomade, significations fixes. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 12, 67-77.
- Glorion, C., Puget, J., Rigal, S., & Thomas, G. (2009). Référentiel métier/ Compétences du chirurgien en orthopédie et traumatologie. *e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie*, 8, 58-62.
- Goldenhar, L. M., Williams, L. J., & Swanson, N. G. (2003). Modelling relationships between job stressors and injury and near-miss outcomes for construction labourers. *Work & Stress*, 17, 218-240.
- Graziani, P. & Swendsen, J. (2004). *Le stress. Emotions et stratégies d'adaptation*. Paris : Nathan.
- Green, A., Duthie, H. L., Young, H. L., & Peters, T. J. (1990). Stress in surgeons. *British Journal of Surgery*, 77, 1154-1158.
- Greeno, J. G. (1978). A study of problem solving. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 1). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gross, J. J. (1998). Antecedent- and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 224-237.
- Gross, J. J. (1999). Emotion Regulation: Past, Present, Future. *Cognition and Emotion*, 13, 555-573.
- Gross, J. J. (2001). Emotion regulation in adulthood: Timing is everything. *Current Directions in Psychological Science*, 10, 214-219.
- Gross, J. J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39, 281-291.
- Gross, J. J. & Thompson, R. A. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. In J. J. Gross (Ed.) *Handbook of Emotion Regulation* (pp. 3-24). New York: Guilford Press.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2001). *Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie*. Lyon : ANACT.
- Guilbert, L., & Lancry, A. (2007). L'analyse des activités de vie des cadres : l'intérêt de la triangulation des méthodes. *Le Travail Humain*, 70, 313-342.
- Hall, J. C., Ellis, C., & Hamdorf, J. (2003). Surgeons and cognitive processes. *British Journal of Surgery*, 90, 10-16.
- Haluck, R. S., & Krummel, T. M. (2000). Computers and virtual reality for surgical education in the 21st century. *Archives of Surgery*, 135, 786-792.

BIBLIOGRAPHIE

- Hansez, I., Bertrand, F., de Keyser, V., & Pérée, F. (2005) Fin de carrière des enseignants : Vers une explication du stress et des retraites prématurées. *Le Travail Humain*, 68, 193-223.
- Hayden, S. R., & Panacek, E. A. (1999). Procedural Competency in Emergency Medicine: The Current Range of Resident Experience. *Academic Emergency Medicine*, 6, 728-735.
- Hobbs, T. (1985). Stress among the staff – Who looks after the nurse? *Nurse Education Today*, 5, 201-209.
- Hobföll, S. E. (1989). Conservation of resources. A new attempt of conceptualizing stress. *American Psychologist*, 44, 513-524.
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. (1990). Les activités de diagnostic. In J-F. Richard, C. Bonnet, et R. Ghiglione (Eds.), *Traité de Psychologie Cognitive*, (tome 2, pp. 158-165). Paris : Dunod.
- Hoc, J.M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie Française*, 32, 177-192.
- Hopko, D. R., Crittendon, J. A., Grant, E., & Wilson, S. A. (2005). The impact of anxiety on performance IQ. *Anxiety, Stress, and Coping*, 18, 17-35.
- Hopko, D. R., Hunt, M. K., & Armento, M. E. A. (2005). Attentional task aptitude and performance anxiety. *International Journal of Stress Management*, 12, 389-408.
- Howell, D. C. (1998). *Méthodes Statistiques en Sciences Humaines*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Hubault, F. (1996). De quoi l'ergonomie peut-elle faire l'analyse ? In F. Daniellou (Ed.), *L'ergonomie en quête de ses principes, débats épistémologiques*. (p. 103-140). Toulouse: Éditions Octarès.
- Huguet, P., Galvaing, M. P., Monteil, J. M., & Dumas, F. (1999). Social presence effects in the Stroop task : Further evidence for an attentional view of Social Facilitation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 1011-1025.
- Janelle, C.M. (2002). Anxiety, arousal and visual attention: A mechanistic account of performance variability. *Journal of Sports Sciences*, 20, 237-251.
- Jeeva, L., & Chandramohan, V. (2008). Stressors and stress coping strategies among civil pilots: A pilot study. *Indian Journal of Aerospace Medicine*, 52, 60-64.
- Jenkins, C. D. (1971). Psychologic and social precursors of coronary disease (II). *New England Journal of Medicine*, 284, 244-255 and 307-319.
- Jonnaert, P. (1994). L'enfant-géomètre: une autre approche de la didactique des mathématiques à l'école fondamentale. Bruxelles : Plantyn.
- Kahn, R. L., Wolfe, D. M., Quinn, R. P., Snoek, J. D., & Rosenthal, R. A. (1964). *Organizational stress: Studies in role conflict and ambiguity*. New York: Wiley.

BIBLIOGRAPHIE

- Kahol, K., Leyba, M. J., Deka, M., Deka, V., Mayes, S., Smith, M., Ferrara, J. J., & Panchanathan, S. (2008). Effect of fatigue on psychomotor and cognitive skills. *The American Journal of Surgery*, 195, 195-204.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly*, 24, 285-308.
- Karasek, R. A. & Theorell, T. (1990). *Healthy work. Stress, productivity, and the reconstruction of working life*. New york: Basic Book
- Karnas, G. (1987). L'analyse du travail. In C. Levy Leboyer & J. C. Sperandio (Eds.) *Traité de Psychologie du Travail* (pp. 609-625). Paris : Presses Universitaires de France.
- Kasl, S. V., & Cobb, S. (1970). Blood Pressure Changes in Men Undergoing Job Loss: A Preliminary Report. *Psychosomatic Medicine*, XXXII, 19-38.
- Kassam, K. S., Koslov, K., & Mendes, W. B. (2009). Decisions under distress. Stress profiles influence anchoring and adjustment. *Psychological Science*, 20, 1394-1399.
- Keinan, G. (1987). Decision making under stress: Scanning of alternatives under controllable and uncontrollable threats. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 639-644.
- Kellogg, J. S., Hopko, D. R., & Ashcraft, M. H. (1999). The effects of time pressure on arithmetic performance. *Journal of Anxiety Disorders*, 13, 591-600.
- Kim, M. S. & Duda, J. L. (2003). The *coping* process: Cognitive appraisals of stress, *coping* strategies, and *coping* effectiveness. *The Sport Psychologist*, 17, 406-425.
- Krauth-Gruber, S. (2009). La régulation des émotions. *Revue Electronique de Psychologie Sociale*, 4, 32-39.
- Kross, E. (2009). When the self becomes other: Towards an integrative understanding of the processes distinguishing adaptive self-reflection from rumination. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1167, 35-40.
- Kross, E. & Ayduk, O. (2008). Facilitating adaptive emotional analysis: distinguishing distanced-analysis of depressive experiences from immersed-analysis and distraction. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34, 924-938.
- Kross, E., Ayduk, O., & Mischel, W. (2005). When asking "why" does not hurt: Distinguishing rumination from reflective processing of negative emotions. *Psychological Science*, 16, 709-715.
- Lancry, A. (2007). Incertitude et stress. *Le Travail Humain*, 70, 289-305.
- Lazarus, R. (1966). *Psychological Stress and the Coping Process*, New York: Mac Graw Hill.
- Lazarus, R. S. (1991). Progress on a cognitive-motivational-relational theory of emotion. *American Psychologist*, 46, 819-834.
- Lazarus, R. S. (1999). *Stress and Emotion : A New Synthesis*. New York: Springer.

BIBLIOGRAPHIE

- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal and Coping*. New York: Springer.
- Lazarus, R. S. & Launier, R. (1978). Stress-related transactions between person and environment. In L. A. Pervin & M. Lewis (Eds.), *Perspectives in Interactional Psychology* (pp. 287-327). New York: Plenum.
- LeBlanc, V. R. (2009). The effects of acute stress on performance: Implications for health professions education, *Academic Medicine*, 84, S25-S33.
- LeBlanc, V., & Bandiera, G. W. (2007). The effects of examination stress on the performance of emergency medicine residents. *Medical Education*, 41, 556-564.
- LeBlanc, V. R., MacDonald, R. D., McArthur, B., King, K., & Lepine, T. (2005). Paramedic performance in calculating drug dosages following stressful scenarios in a human patient simulator. *Prehospital Emergency Care*, 9, 439-444.
- LeBlanc, V. R., Woodrow, S., Sidhu, R., & Dubrowski, A. (2008). Examination stress leads to improvements on fundamental technical skills for surgery. *The American Journal of Surgery*, 196, 114-119.
- Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal, Québec : Guérin.
- Légeron, P. (2001). *Le stress au travail*. Paris : Odile Jacob.
- Leiter, M. P. (1993). Burnout as a developmental process: Consideration of models. In W. B. Schaufeli, C. Maslach, & T. Marek (Eds.). *Professional Burnout: Recent Developments in Theory and Research* (p. 237-250). New York: Taylor & Francis.
- Léontiev, A. (1976). *Le développement du psychisme*. Paris : éditions sociales.
- Leplat, J. (1986). L'analyse du travail. *Revue de Psychologie Appliquée*, 31, 9-27.
- Leplat, J. (1989). Les habiletés cognitives dans le travail. In P. Perruchet (Ed.) *Les automatismes cognitifs*. Liège : Mardaga.
- Leplat, J. (1991). Compétence et ergonomie. In R. Amalberti, M. de Montmollin & J. Theureau (Eds.). *Modèles en analyse du travail* (p. 263-278). Liège : Mardaga.
- Leplat, J. (1993). L'analyse psychologique du travail : Quelques jalons historiques. *Le Travail Humain*, 56, 115-131.
- Leplat, J. (1995). A propos des compétences incorporées. *Education Permanente*, 123, 101-114.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail. Contributions à la psychologie ergonomique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Leplat, J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie. Aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*. Toulouse : Octarès.
- Leplat, J. (2002). De l'étude de cas à l'analyse de l'activité. *Pistes*, 4, 2.
- Leplat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 54, 101-108.
- Leplat, J. (2011). *Mélanges ergonomiques : activité, compétence, erreur*. Toulouse : Octarès.

BIBLIOGRAPHIE

- Leplat, J., & Hoc, J-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3, 50-63.
- Leplat, J. & Pailhous, J. (1976). Conditions cognitives de l'exercice et de l'acquisition des habiletés sensori-motrices. *Bulletin de Psychologie*, 29, 205-211.
- Leplat, J. & Pailhous, J. (1981). L'acquisition des habiletés mentales : la place des techniques. *Le Travail Humain*, 44, 275-282.
- Lindemann, E. (1944). The symptomatology and management of acute grief. *American Journal of Psychiatry*, 101, 141-148.
- Luengo, V., Larcher, A., & Tonetti, J. (2011) Design and implementation of a visual and haptic simulator in a platform for a TEL system in percutaneous orthopedic surgery. *Studies In Health Technology And Informatics*, 324-328..
- Luengo, V., Vadcard, L., Dubois, M., & Mufti-Alchawafa, D. (2006). TELEOS : de l'analyse de l'activité professionnelle à la formalisation des connaissances pour un environnement d'apprentissage, *In : IC 2006, 17^{ème} journées francophones d'ingénierie des connaissances*, Nantes, France, 28-30 Juin.
- MacDonald, L. A., Karasek, R. A., Punnett, L., & Scharf, T. (2001). Covariation between workplace physical and psychosocial stressors: Evidence and implications for occupational health research and prevention. *Ergonomics*, 44, 696-718.
- Mariage, A. & Schmitt-Fourrier, F. (2006). Rôle de la personnalité dans les stratégies de coping : Etude auprès de personnels soignants. *Le Travail Humain*, 69, 1-24.
- Martin, L. L., & Tesser, A. (1996). Some ruminative thoughts. In R. S. Wyer, Jr. (Ed.), *Ruminative thoughts. Advances in social cognition* (p. 1-47). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Maslach, C., & Jackson, S. E. (1981). The measurement of experienced burnout. *Journal of Occupational Behaviour*, 2, 99-113.
- Matthews, G., & Desmond, P. A. (2002). Task-induced fatigue states and simulated driving performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 55, 659-686.
- Mayen, P. & Mayeux, C. (2003). Expérience et formation. *Savoirs : Revue Internationale de Recherche en Education et Formation des Adultes*, 1, 15-53.
- Mazeau, M. (1995). Acquisition, maintien et développement des compétences. *Performances Humaines et Techniques*, 75-76, 73-75.
- McGrath, J. E. (1970). A conceptual formulation for research on stress. In J. E. McGrath (Ed.). *Social and Psychological Factors in Stress* (p. 10-21). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Mendl, M. (1999). Performing under pressure: Stress and cognitive function. *Applied Animal Behaviour Science*, 65, 221-244.
- Mischel, W., Desmet, A., & Kross, E. (2006). Self-regulation in the service of conflict resolution. In M. Deutsch, P. T. Coleman, & E. C. Marcus (Eds.), *The Handbook of Conflict Resolution, Theory and Practice* (pp. 294-313). San Fransisco: Jossey-Bass.

BIBLIOGRAPHIE

- Mitchell, C. D., Mooty, C. R., Dunn, E. L., Ramberger, K. C., & Mangram, A. J. (2009). Resident fatigue: Is there a patient safety issue ? *The American Journal of Surgery*, 198, 811-816.
- Montmollin, M. de (1986). *L'intelligence de la tâche: éléments d'ergonomie cognitive*. Berne : Peter Lang
- Montmollin, M. de (2007). *Vocabulaire de l'ergonomie*. (3^{ème} édition) Toulouse: Octarès.
- Moorthy, K., Munz, Y., Dosis, A., Bann, S., & Darzi, A. (2003). The effect of stress-inducing conditions on the performance of a laparoscopic task. *Surgical Endoscopy*, 17, 1481-1484.
- Moorthy, K., Munz, Y., Undre, S., & Darzi, A. (2004). Objective evaluation of the effect of noise on the performance of a complex laparoscopic task. *Surgery*, 136, 25-30.
- Motowidlo, S. J. (2003). Job performance. In W. C. Borman, D. R. Ilgen, & R. J. Klimoski (Eds.). *Handbook of Psychology: Industrial and Organizational Psychology* (p. 39-53). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Motowidlo, S. J., & Schmit, M. J. (1999). Performance assessment in unique jobs. In D. R. Ilgen & E. D. Pulakos (Eds.). *The changing nature of job performance: Implications for staffing, motivation, and development* (p. 56-86). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Müller, M. P., Hänsel, M., Fichtner, A., Hardt, F., Weber, S., Kirschbaum, C., Rüder, S., Walcher, F., Koch, T., & Eich, C. (2009). Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: A pilot study. *Resuscitation*, 80, 919-924.
- Murphy, K. R. (1990). Job performance and productivity. In K. R. Murphy & F. J. Saal (Eds.), *Psychology in Organizations: Integrating Science and Practice* (p. 157-176). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Nguyen-Xuan, A. (1990). Introduction au chapitre "contrôle de l'activité". In J-F. Richard, C. Bonnet, & R. Ghiglione (Eds.), *Traité de Psychologie Cognitive*. Paris : Dunod.
- Niedenthal, P., Krauth-Gruber, S., & Ric, F (2008). *Comprendre les émotions : perspectives cognitives et psycho-sociales*. Wavres, Belgique : Éditions Mardaga.
- Nigro, G. & Neisser, U. (1983). Point of View in Personal Memories. *Cognitive Psychology*, 15, 467-482.
- Nolen-Hoeksema, S. (1991). Responses to depression and their effects on the duration of depressive episodes. *Journal of Abnormal Psychology*, 100, 569-582.
- Nourrit, D., Delignières, D., Caillou, N., Deschamps, T., & Lauriot, B. (2003). On discontinuities in motor learning: A longitudinal study of complex skill acquisition on a ski-simulator. *Journal of Motor Behavior*, 35, 151-170.
- Ombredane, A., & Faverge, J. M. (1955). *L'analyse du travail*. Paris: Presses Universitaires de France.

BIBLIOGRAPHIE

- Ozel, F. (2001). Time pressure and stress as a factor during emergency egress. *Safety Science*, 38, 95-107.
- Pastré, P. (2001). Travail et compétences : un point de vue de didacticien. In J. Leplat & M. de Montmollin (Eds). *Les compétences en ergonomie*. (p. 147-160). Toulouse : Octarès.
- Pastré, P. (2005). Dynamique et métamorphose des compétences professionnelles. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 11, 73-87.
- Pastré, P. (2006). Apprendre à faire. In E. Bourgeois & G. Chapelle (Eds.). *Apprendre et faire apprendre*. (p. 109-121). Paris : Presses Universitaires de France.
- Pastré, P. (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et Formation*, 56, 81-93.
- Pastré, P. (2008). La didactique professionnelle : origines, fondements, perspectives. *Travail et Apprentissage*, 1, 9-22.
- Paulhan, I. (1992). Le concept de *coping*. *L'année Psychologique*, 92, 545-557.
- Paulhan, I. (1994). Les stratégies d'ajustement, ou « *coping* ». In M. Bruchon-Schweitzer & R. Dantzer (Eds.). *Introduction à la psychologie de la santé* (pp. 99-124). Paris : PUF.
- Paulhan, I. & Bourgeois, M. (1995). Le management du stress. In I. Paulhan & M. Bourgeois (Eds.). *Stress et coping : les stratégies d'ajustement à l'adversité* (pp. 109-112). Paris : Presses Universitaire de France.
- Payne, R. & Rick, J. (1986). Heart rate as an indicator of stress in surgeons and anaesthetists. *Journal of Psychosomatic Research*, 30, 411-20.
- Pessin, J. (1933). The comparative effects of social and mechanical stimulation on memorizing. *American Journal of Psychology*, 45, 263-270.
- Pezet-Langevin, V. (2002). Le burnout, conséquence possible du stress au travail. In: M. Neboit & M. Vézina (Eds). *Santé au travail et santé psychique*. (p. 99-109). Toulouse : Octarès.
- Philippot, P., Baeyens, C. & Douilliez, C. (2006). Specifying Emotional Information: Regulation of Emotional Intensity via Executive Processes. *Emotion*, 6, 560-571.
- Philippot, P., Schaefer, A., & Herbet, G. (2003). Consequences of Specific Processing of Emotional Information: Impact of General Versus Specific Autobiographical Memory Priming on Emotion Elicitation. *Emotion*, 3, 270-283.
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children*. New York: International Universities Press.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance. Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris : Gallimard.
- Piaget, J. (1974a). *La prise de conscience*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1974b). *Réussir et comprendre*. Paris : Presses Universitaires de France.

BIBLIOGRAPHIE

- Ponnelle, S. (2002). Des déterminants du stress à la santé au travail : l'exemple des sapeurs-pompiers. In M. Neboit & M. Vézina (Eds.). *Stress au travail et santé psychique* (p. 227-236). Toulouse: Octarès.
- Quick, J. C., & Spielberger, C. D. (1994). Walter Bradford Cannon: Pioneer of stress research. *International Journal of Stress Management*, 1, 141-143.
- Rabardel, P. (2005a). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In R Teulier & P. Lorino (Eds.). *Entre connaissance et organisation : l'activité collective. L'entreprise face au défi de la connaissance* (pp. 251-265). Paris : La Découverte.
- Rabardel, P. (2005b). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. In P. Rabardel & P. Pastré (Eds.). *Modèles du sujet pour la conception* (pp. 11-29). Toulouse : Octarès.
- Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (1998). *Ergonomie : concepts et méthodes*. Toulouse : Octarès.
- Rabardel, P., & Six, (1995). Outiller les acteurs de la formation pour le développement des compétences au travail. *Éducation Permanente*, 123, 33-46.
- Rastegary, H., & Landy, F. J. (1993). The interactions among time urgency, uncertainty and time pressure. In O. Svenson & A. J. Maule (Eds.). *Time Pressure and Stress in Human Judgment and Decision Making* (pp. 217-239), New York: Plenum.
- Raufaste, E. (2001). *Les mécanismes cognitifs du diagnostic médical. Optimisation et expertise*. Paris : PUF.
- Raufaste, E., & Eyrolle, H. (1998). Expertise et diagnostic radiologique. Avancées théoriques. *Journal de Radiologie*, 79, 227-234.
- Raufaste, E., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1998). Pertinence generation in radiological diagnosis : spreading activation and the nature of expertise. *Cognitive Science*, 22, 517- 546
- Rauner, F. (2007). Savoir pratique et compétence d'action professionnelle. *Revue européenne de formation professionnelle*, 57-73.
- Ray, R. D., Wilhelm, F. H. & Gross, J. J. (2008). All in the Mind's Eye? Anger Rumination and Reappraisal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94, 133-145.
- Reitman W. R. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. In M. Shelly, & G. Bryan (Eds.). *Human judgments and optimality* (pp. 282–315). New York: John Wiley.
- Richard, J. F. (1998, 2ème édition). *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Liège : Armand Colin.
- Richard, J. F. (2008). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- Rimoldi, H. J. (1963). Processus de décision et fonctions mentales complexes. *Revue de Psychologie Appliquée*, 13, 65-81.
- Rivolier, J. (1989). *L'homme stressé*. Paris: Presses Universitaires de France.

BIBLIOGRAPHIE

- Salas, E., Driskell, J. E., & Hughes, S. (1996). Introduction : The study of stress on human performance. In J. E. Driskell & E. Salas (Eds.). *Stress and Human Performance* (pp. 1-45). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèle pour l'analyse de l'activité et des compétences. Propositions. In R. Samurçay et P. Pastré (Eds). *Recherche en Didactique Professionnelle* (p. 163-180). Toulouse : Octarès.
- Sanders, B. & Soares, M. P., (1986). Sexual maturation and spatial abilities in college students. *Developmental Psychology*, 22, 199-203.
- Sarason, I. G. (1984). Stress, anxiety, and cognitive interference: reactions to tests. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46, 929-938.
- Schaeffer, M. H. (1989). Environmental stress and individual decision-making: Implications for the patient. *Patient Education and Counseling*, 13, 221-235.
- Schär, M., Reeder, L. G., & Dirken, J. M. (1973). Stress and cardiovascular health: an international cooperative study: II. The male population of a factory at Zuerich. *Social Science and Medicine*, 7, 585-603.
- Scherer, K. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44, 695-729.
- Schull, M. J., Ferris, L. E., Tu, J. V., Hux, J. E., & Redelmeier, D. A. (2001). Problems for clinical judgement: 3. Thinking clearly in an emergency. *Canadian Medical Association Journal*, 164, 1170-1175.
- Schwarz, N. (1999). Self-reports: How the questions shape the answers. *American Psychologist*, 54, 93-105.
- Schwarz, N., & Oyserman, D. (2001). Asking questions about behavior: Cognition, communication, and questionnaire construction. *American Journal of Evaluation*, 22, 127-160.
- Selye, H. (1956). *The Stress of Life*. New York : McGraw-Hill.
- Selye, H. (2003). In M. Neboit & M. Vézina (Eds). *Stress au travail et santé psychique*. Toulouse : Octarès.
- Sexton, J. B., Thomas, E. J., & Helmreich, R. J. (2000). Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *British Medical Journal*, 320, 745-749.
- Shapiro, R. A., & Berland, T. (1972). Noise in the operating room. *The New England Journal of Medicine*, 287, 1236-1238.
- Siegrist, J. (1996). Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of Occupational Health Psychology*, 1, 27-41.
- Siu, K-C., Suh, I. H., Mukherjee, M., Oleynikov, D., & Stergiou, N. (2010). The impact of environmental noise on robot-assisted laparoscopic surgical performance. *Surgery*, 147, 107-113.

BIBLIOGRAPHIE

- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis*. Oxford, England: Appleton-Century
- Sonnentag, S., & Frese, M. (2002). Performance concepts and performance theory. In S. Sonnentag (Ed.). *Psychological Management of Individual Performance: A Handbook in the Psychology of Management in Organizations* (p. 3-25). Chichester: Wiley.
- Sperandio, J. C. (1971). Variations of operator's strategies and regulating effects on workload. *Ergonomics*, 14, 571-577.
- Sperandio, J. C. (1976). Étude du contrôle d'approche: choix des cheminements et prévision d'ordonnancement des séquences. Rapport I.R.I.A./C.E.N.A. C.O. 7602-R49.
- Spielberger, C. D. (1966). *Anxiety and Behavior*. New York: Academic Press.
- Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (STAI)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D., Bruchon-Schweitzer, M., & Paulhan, I. (1993). *Manuel inventaire d'Anxiété état-trait forme Y (STAI-Y)*. Paris, France: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA).
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Stöber, J. & Borkovec, T. D. (2002). Reduced concreteness of worry in GAD: Findings from a therapy study. *Cognitive Therapy and Research*, 26, 89-96.
- Sullivan, C. A., Masin, J., Maniglia, A. J., & Stepnick, D. W. (1999). Complications of rhytidectomy in an otolaryngology training program. *Laryngoscope*, 109, 198-203.
- Suls, J. & Fletcher, B. (1985). The relative efficacy of avoidant and non-avoidant coping strategies: A meta-analysis. *Health Psychology*, 4, 249-288.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (p. 215-266), San Diego: Academic Press.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action : analyse sémio-logique. Essai d'une anthropologie cognitive située*. Berne : Peter Lang, 1992.
- Tijus, C., Plénacoste, P., & Barcenilla, J. (1993). Les fondements de l'interaction homme/système : le jeu des objets. *Les Interactions Homme-Système*. Revue du CIRCAV, 35-65.
- Toews, J.A., Lockyer, J.M., Dobson, D.J., & Brownell, A.K. (1993). Stress among residents, medical students, and graduate science (MSc/PhD) students. *Academic Medicine*, 68, S46-S48.

BIBLIOGRAPHIE

- Tomas, J. L. (2008). *La transmission des gestes de métier en chirurgie cardiaque*, 2^e Congrès francophone sur les troubles musculo-squelettiques : de la recherche à l'action. Montréal, Canada.
- Triplett, N. (1898). The dynamogenic factors in pacemaking and competition. *American Journal of Psychology*, 9, 507-533.
- Tubbs, W. (1993). Karoushi: Stress-death and the meaning of work. *Journal of Business Ethics*, 12, 869-877.
- Vadcard, L. (2005). Conception d'un environnement informatique pour la formation des chirurgiens, 4^{èmes} rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactiques des Sciences et des Technologies, Lyon, Octobre.
- Vadcard, L., Tonetti, J., & Dubois, M. (2011). Développement de l'expérience en chirurgie orthopédique percutanée. *Travail et Apprentissages*, 6, 77-92.
- Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three- dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.
- Van Galen, G. P. & Van Huygevoort, M. (2000). Error, stress and the role of neuromotor noise in space oriented behaviour. *Biological Psychology*, 51, 151-171.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10, 133-170.
- Vergnaud G. (2001). *Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance*. In J. Portugais (Éd.), *La Notion de compétence en enseignement des mathématiques, analyse didactique des effets de son introduction sur les pratiques et sur la formation*. Actes de colloque GDM-2001. Canada: Montréal.
- Vergnaud, G. (2006). Développement cognitif et évaluation des compétences. In G. Figari & L. Mottier-Lopez (Ed.). *Recherche sur l'évaluation en éducation*. Paris: L'Harmattan.
- Vergnaud, G. (2007). Représentation et activité: deux concepts étroitement associés. *Recherche et Education*, 4, 9-22.
- Vergnaud, G., & Récopé, M. (2000). De Revault d'Allonnes à une théorie du schème aujourd'hui. *Psychologie Française*, 45, 35-50.
- Vermersch, P. (1999). Pour une psychologie phénoménologique, *Psychologie Française*, 44, 7-18.
- Vézina, M. (2002). Stress au travail et santé psychique, rappel des différentes approches. In M. Neboit & M. Vézina (Eds.). *Stress au travail et santé psychique* (pp. 47-58), France: Octarès Éditions.
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage* (3^e édition). Paris: La Dispute. (Édition originale 1934).
- Watkins, E. (2004). Adaptive and maladaptive ruminative self-focus during emotional processing. *Behaviour Research and Therapy*, 42, 1037-1052.
- Watkins, E. & Teasdale, J. D. (2004). Adaptative and maladaptative self-focus in depression. *Journal of Affective Disorders*, 82, 1-8.

BIBLIOGRAPHIE

- Wegner, D. M. (1994). Ironic processes of mental control. *Psychological Review*, *101*, 34-52.
- West, J., Busch-Vishniac, I., King, J., & Levit, N. (2008). Noise reduction in an operating room: A case study. *Journal of the Acoustical Society of America*, *123*, 3677.
- Wetzel, C. M., Kneebone, R. L., Woloshynowych, M., Nestel, D., Moorthy, K., Kidd, J., & Darzi, A. (2006). The effects of stress on surgical performance. *The American Journal of Surgery*, *191*, 5-10.
- Whang, E. E., Mello, M. M., Ashley, S. W., & Zinner, M. J. (2003). Implementing resident work hour limitations: lessons from the New York State experience. *Annals of Surgery*, *237*, 449-455.
- Wicart, P. (2003). Formation technique des internes en chirurgie. Réflexions et revue de la littérature des 10 dernières années. Mémoire soutenu publiquement le 17 octobre 2003 pour l'obtention du Diplôme Inter-Universitaire de Pédagogie Médicale.
- Wickens, C. D., Stokes, A., Barnett, B., & Hyman, F. (1991). The effects of stress on pilot judgment in a MIDIS simulator. In O. Svenson & A. J. Maule (Eds.). *Time Pressure and Stress in Human Judgment and Decision Making* (p. 271-292). New York: Plenum Press.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1994). Visual search strategies of experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Sport and Exercise*, *65*, 127-135.
- Wilson, T. D. & Gilbert, D. T. (2008). Explaining Away: A Model of Affective Adaptation. *Perspectives on Psychological Science*, *3*, 370-386.
- Wimalaweera, S. W. & Moulds, M. (2008). Processing memories of anger-eliciting events: The effect of asking 'why' from a distance. *Behaviour Research and Therapy*, *46*, 402-409.
- Woodman, T., & Hardy, L. (2001). Stress and Anxiety. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas, & C. M. Janelle (Eds.). *Handbook of Sport Psychology* (2nd ed.) (p. 290-318). New York: Wiley.
- Wolf, O. T. (2008). The influence of stress hormones on emotional memory: Relevance for psychopathology. *Acta Psychologica*, *127*, 513-531.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative and Neurological Psychology*, *18*, 459-482.
- Zajonc, R. B. (1965). Social facilitation. *Science*, *149*, 269-274.
- Ziv, A., Ben-David, S., & Ziv, M. (2005). Simulation based medical education: an opportunity to learn from errors. *Medical Teacher*, *27*, 193-199.
- Ziv, A., Wolpe, P. R., Small, S. D., & Glick, S. (2003). Simulation-based medical education: An ethical imperative. *Academic Medicine*, *78*, 783-788.

Enquêtes et rapports :

INRS. (2010). *Dépister les risques psychosociaux : Des indicateurs pour vous guider*. ED 6012, Février.
<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206012>

Liste des figures

Figure 1. Vue d'une situation de formation au bloc opératoire en chirurgie orthopédique. Image extraite de Vadcard, Tonetti et Dubois (2011).	15
Figure 2. Le modèle transactionnel du stress (selon Lazarus & Folkman, 1984)	51
Figure 3. Modèle de Karasek du stress au travail (Karasek, 1979).	54
Figure 4. Le modèle de « déséquilibre : efforts/récompenses » de Siegrist (1996).	55
Figure 5. Le processus d'anxiété selon Spielberger (1972)	64
Figure 6. La conception de l'anxiété selon Spielberger (1966). Figure extraite de Martens, Vealey et Burton, 1990 (p. 15).	65
Figure 7. Le modèle de la mémoire de travail selon Baddeley (2000)	76
Figure 8. Loi de Yerkes et Dodson, 1908.	101
Figure 9. Représentation du Travail selon Guérin, Laville, Daniellou, Duraffourg et Kerguelen (2001), p.28	124
Figure 10. De la tâche à réaliser à l'activité décrite en termes de tâches. Lire $a \rightarrow b$ comme « b dépend de a ». Figure proposée par Leplat (1997, p. 17).	126
Figure 11. Vue d'une chirurgie percutanée au bloc opératoire. Image extraite de Vadcard, Tonetti et Dubois (2011).	134
Figure 12. Introduction de la canule dans le corps vertébral d'une vertèbre.	135
Figure 13. Rachis humain.	136
Figure 14. La vertèbre lombaire : vue supérieure et latérale (ou profil)	137
Figure 15. La vertèbre thoracique : vue supérieure et latérale (ou profil)	138
Figure 16. Déroulé prototypique de l'activité vertébroplastie	139
Figure 17. Incidence radiographie de face (à gauche) et de profil (à droite)	140
Figure 18. Méthodologie employée lors de l'analyse de l'activité "vertébroplastie"	141
Figure 19. Trace de l'activité "vertébroplastie" après montage des différents flux récoltés.	148
Figure 20. Modélisation de l'activité "vertébroplastie" _Partie 1	164
Figure 21. Modélisation de l'activité "vertébroplastie" _Partie 2	166
Figure 22. Expérience TID : Exemple de radiographie présentée sous matrice.	181
Figure 23. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveaux facile et intermédiaire dans la tâche neutre.	191
Figure 24. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveau difficile dans la tâche neutre.	192
Figure 25. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveaux facile et intermédiaire dans la tâche stressante.	194
Figure 26. Stratégie utilisée par l'expert dans l'analyse des radios de niveau difficile dans la tâche stressante.	195
Figure 27. Stratégie utilisée par les internes dans l'analyse des radios dans la tâche neutre.	198
Figure 28. Stratégie utilisée par les internes dans l'analyse des radios dans la tâche stressante.	199
Figure 29. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios faciles et intermédiaires de la tâche neutre.	201
Figure 30. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios difficiles de la tâche neutre.	202
Figure 31. Stratégie utilisée par l'interne dans l'analyse des radios de la tâche stressante.	203
Figure 32. Synthèse des effets observés sur la performance de l'expert dans la condition expérimentale stressante.	205
Figure 33. Synthèse des effets observés sur l'efficacité de traitement de l'expert dans la condition expérimentale stressante.	205
Figure 34. Synthèse des effets observés sur la performance des internes dans la condition expérimentale stressante.	206
Figure 35. Synthèse des effets observés sur l'efficacité de traitement des internes dans la condition expérimentale stressante.	206
Figure 36. Boîte de simulation constituée d'une colonne en résine et d'une vertèbre à double densité L3 disposée au milieu de micro billes.	215
Figure 37. Boîte de simulation complète avec couvercle permettant le repérage de la vertèbre à opérer.	216

Figure 38. Déroulé de l'exercice de simulation "vertébroplastie".	217
Figure 39. Protocole de l'étude 3 sur boîte de simulation.	221
Figure 40. Etapes suivies par l'expert E1 dans l'étape « repérer la vertèbre L3 ».	227
Figure 41. Etapes suivies par l'expert E1 dans l'étape « impacter et insérer le trocart dans une vertèbre L3 ».	230
Figure 42. Stratégie utilisée par l'expert E1, connaissances mobilisées et contrôles effectués	231
Figure 43. Etapes suivies par l'expert E2 dans l'étape « repérer la vertèbre L3 ».	233
Figure 44. Etapes suivies par l'expert E2 dans l'étape « impacter et insérer le trocart dans une vertèbre L3 ».	235
Figure 45. Stratégie suivie par l'expert E2 dans la sous étape insérer le trocart	235
Figure 46. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 »	242
Figure 47. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase "impacter et insérer le trocart"	243
Figure 48. Stratégie mise en œuvre par l'interne I1 dans la passation neutre	244
Figure 49. Etapes suivies par l'interne I1 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » dans la condition expérimentale stressante	245
Figure 50. Etape suivie par l'interne I1 dans la phase « impacter et insérer le trocart » dans la condition expérimentale stressante	247
Figure 51. Stratégie mise en œuvre par l'interne I1 dans la passation stressante	247
Figure 52. Suite d'étapes suivies par l'interne I2 lors de la phase "repérer la vertèbre L3"	248
Figure 53. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase "impacter et insérer le trocart"	250
Figure 54. Stratégie mise en œuvre par l'interne I2 dans la condition neutre	251
Figure 55. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase « repérer la vertèbre L3 » dans la condition expérimentale stressante	252
Figure 56. Etapes suivies par l'interne I2 dans la phase « impacter et insérer le trocart » dans la condition expérimentale stressante	254
Figure 57. Stratégie suivie par l'interne I2 en condition stressante	255
Figure 58. Architecture de l'EIAH TELEOS 2	268
Figure 59. Simulateur TELEOS avec apprenant	268
Figure 60. Exemple de radiographie générée avec le simulateur	269
Figure 61. Exemple de modélisation de corps d'un patient	269
Figure 62. Les fonctions du coping	274
Figure 63. Les fonctions de la régulation émotionnelle	275
Figure 64. Comparaison entre les stratégies de coping et la régulation émotionnelle	276
Figure 65. Exemple d'item du subtest développement de volumes de la BGA (Boss, Cardinet, Maire & Muller, 1960)- Un modèle d'objet en 2D est présenté à gauche, il faut trouver la représentation correspondante à l'objet en 3D.	286
Figure 66. Exemple d'item issu de la Mental Rotation Test (Vandenberg & Kuse, 1978) - Un modèle d'objet en 3D est présenté à gauche, il faut trouver les 2 autres représentations correctes de l'objet.	286
Figure 67. Schéma représentant l'arrangement de la salle principale.	288
Figure 68. Procédure de l'étude	289
Figure 69. Graphique d'interaction entre les variables sexe et prise de perspective sur la performance.	290
Figure 70. Graphique d'interaction entre les variables sexe et prise de perspective sur l'efficacité de traitement	291
Figure 71. Expérience TID : Sujet en cours de passation	344

Liste des tableaux

Tableau 1. Stresseurs intra opératoire. Traduit de Wetzel et al., (2006, p. 7)	19
Tableau 2. Tableau des principaux stresseurs professionnels au bloc opératoire selon la fréquence d'apparition. Traduction de Arora, Hull, et al., (2010, p. 63).	20
Tableau 3. Les dimensions de la compétence professionnelle selon Epstein et Hundert (2002). Traduit de l'original par nos soins.	34
Tableau 4. Les traits des experts en médecine selon Hall, Ellis et Hamdorf (2003)	36
Tableau 5. Synthèse des principales études portant sur les effets du stress sur la performance médicale	85
Tableau 6. Prédictions expérimentales selon la PET en situation de stress en fonction du niveau d'anxiété de l'individu et la difficulté de la tâche.	108
Tableau 7. Tableau récapitulatif des caractéristiques des vertébroplasties enregistrées au cours de la campagne d'observation des situations réelles.	149
Tableau 8. Les schèmes de l'activité "vertébroplastie"	156
Tableau 9. Le modèle de l'activité "vertébroplastie"	159
Tableau 10. Constitution du matériel selon l'incidence des radiographies et la position du trocart.	177
Tableau 11. Comportements oculaires des participants selon la tâche réalisée, le niveau de difficulté des radios évaluées et les zones d'intérêt principales.	186
Tableau 12. Pourcentage de cases décochées par l'expert dans les principales zones d'intérêt selon le niveau de stress et le niveau de difficulté des radios.	189
Tableau 13. Pourcentage moyen de cases décochées par les internes dans les principales zones d'intérêt selon le niveau de stress et le niveau de difficulté des radios.	196
Tableau 14. Temps (exprimé en minutes) mis par les experts pour réaliser le geste opératoire et les sous étapes du geste.	223
Tableau 15. Nombre de radiographies prises en cours d'action par expert et selon le type d'incidence.	224
Tableau 16. Nombre de radiographies prises en cours d'action par l'expert selon l'incidence et l'étape opératoire en cours.	225
Tableau 17. Connaissances mises en œuvre par l'expert E1 dans la phase "repérer le vertèbre L3".	226
Tableau 18. Connaissances mises en œuvre par l'expert E1 dans la phase "impacter et insérer le trocart".	228
Tableau 19. Connaissances mises en œuvre par l'expert E2 dans la phase "repérer le vertèbre L3".	232
Tableau 20. Temps (exprimé en minutes) mis par les internes pour réaliser le geste opératoire et les sous étapes du geste en condition stressante.	238
Tableau 21. Nombre de radiographies prises en cours d'action par interne et selon le type d'incidence en condition stressante.	239
Tableau 22. Nombre de radiographies prises en cours d'action par interne selon l'incidence et l'étape opératoire en cours en condition stressante.	239
Tableau 23. Exemple : Tableau des correspondances case/zone anatomique pour la radio T1-R2	345

ANNEXES

Sommaire des annexes

ANNEXES DE L'ETUDE 1	323
ENTRETIENS DE VERBALISATION	323
RETRANSCRIPTION DE L'ENTRETIEN REALISE AVEC L'EXPERT N°1	323
RETRANSCRIPTION DE L'ENTRETIEN REALISE AVEC L'EXPERT N°2	328
RETRANSCRIPTION DES VERBALISATIONS EN COURS D'ACTION	332
LE CODING SCHEME /LA GRAMMAIRE DE GESTES	334
LES POSITIONS DE LA PAUME DE LA MAIN	334
LES PREHENSIONS	335
LES MOUVEMENTS	337
ANALYSES STATISTIQUES	338
ANNEXES DE L'ETUDE 2	339
MATERIEL	339
LES RADIOGRAPHIES	339
LES QUESTIONNAIRES	345
QUESTIONNAIRE DE DEBUT DE PASSATION	345
QUESTIONNAIRE INTERMEDIAIRE	348
QUESTIONNAIRE FINAL	349
ANNEXES DE L'ETUDE 3	351
QUESTIONNAIRE PRE-PASSATION	351
QUESTIONNAIRE POST-PASSATION	353
ANNEXES DE L'ETUDE 4	355
INDUCTION DE STRESS (PHASE 1)	355
INDUCTION CONSIGNES	356
MATERIEL SUBTEST DEVELOPPEMENT DE VOLUME (PHASE 2)	358
MATERIEL EPREUVE DE ROTATION MENTALE (PHASE 2)	366
ANALYSES STATISTIQUES	369
LES CODAGES	369

ANNEXES DE L'ETUDE 1

ENTRETIENS DE VERBALISATION

Retranscription de l'entretien réalisé avec l'expert n°1

<i>Obs</i>	La revue de littérature que j'ai faite jusqu'à présent m'indique que la vertébroplastie est réalisée dans le cadre de 3 pathologies qui sont les métastases vertébrales lytiques, les hémangiomes vertébraux symptomatiques et les fractures ostéoporotiques algiques.
<i>Chir</i>	Oui
<i>Obs</i>	Donc je voulais voir avec vous si déjà ce sont bien les 3 fractures, pathologies pour lesquelles vous intervenez ?
<i>Chir</i>	Oui, ça c'est l'état actuel des connaissances
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Maintenant, nous, on développe une autre indication qui est les fractures ostéoporotiques récentes. Récente, ça veut dire qui est arrivée depuis moins de 10 jours.
<i>Obs</i>	Moins de 10 jours d'accord
<i>Chir</i>	Alors que dans le texte là, les fractures ostéoporotiques algiques, ce sont des fractures qui restent douloureuses après 6 semaines d'évolution.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	C'est la définition du Professeur Deramond à Amiens
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Donc c'est ce qui est consensuel actuellement, et on se rend compte nous que si on veut réduire ses fractures et éviter non seulement que la fracture soit algique mais que la personne n'ait pas de lombalgie due au défaut d'équilibre à ce moment là, il faut réduire. Et pour pouvoir réduire, il faut le faire dans les 10 jours de la fracture.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	10 jours c'est un peu large, le mieux c'est de le faire le lendemain
<i>Obs</i>	Le plus tôt possible
<i>Chir</i>	Le plus tôt possible
<i>Obs</i>	D'accord. Vous opérez des patients qui ont... qui me semblent ont passé un certain âge
<i>Chir</i>	Qui sont âgés
<i>Obs</i>	Qui sont âgés voilà... cette opération n'est pas réalisée chez des jeunes patients ?
<i>Chir</i>	Si mais étant donné qu'on injecte du ciment acrylique qui est un corps étranger, qui est définitif, on le fait pas aux gens jeunes parce qu'on considère que des gens jeunes, ils ont encore toute une vie, plein de choses qui peuvent arriver donc on leur met pas du ciment acrylique
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	On essaye de leur mettre un autre ciment, qui n'est pas encore complètement au point, qui est un ciment phosphocalcique, un ciment qui est un peu plus résorbable un peu plus physiologique. C'est du calcaire quoi ! que le ciment acrylique c'est du plexiglas. Donc c'est pour ça qu'on s'adresse qu'aux gens qui ont une durée de vie limitée. C'est-à-dire en gros 70 ans- 65 ans, ça dépend de l'âge physiologique des patients
<i>Obs</i>	D'accord, ça dépend de leur état général Donc, là je suis partie dans un modèle ou il n'y a pas de pathologies associées puisque j'ai assisté à des opérations dans lesquelles il y avait par exemple un cancer et cela changeait le geste. Et sur une vertèbre lésée, donc au niveau d'une vertèbre lésée (j'ai un atlas et plusieurs graphiques si jamais vous avez besoin de compléter des schémas), est-ce qu'il y a des

	différences entre les 3 types de vertèbres dans le geste pour vous
<i>Chir</i>	Oui, 3 types, c'est-à-dire ?
<i>Obs</i>	Cervicale, thoracique et lombaire
<i>Chir</i>	Oui. Alors déjà moi je fais pas d'injection en cervicale
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Parce que je considère que c'est trop dangereux et on a d'autres moyens en cervicale qui est l'abord antérieur cervical qui est facile à faire s'il faut. Donc moi j'injecte pas en cervicale. En thoracique, c'est aussi dangereux parce que la moelle épinière est dans un canal qui est petit et s'il y a une fuite de ciment, immédiatement y'a une modification des fonctions de la moelle épinière, il peut y avoir une compression.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Alors qu'au niveau lombaire, s'il y a une fuite c'est moins dangereux parce que là on a plus que des racines, schématiquement, hein ? jusqu'à partir de L2 environ y'a plus que des racines et la compression est beaucoup moins grave
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Ensuite, la morphologie de la vertèbre est différente En thoracique, on a des pédicules qui sont petits donc on a affaire à une visée qui est souvent extra-pédiculaire, qui est inter costaux transversaire c'est-à-dire qu'on passe entre la cote (en blanc) et la transverse et le pédicule (en gris) alors qu'en lombaire, le pédicule est beaucoup plus gros et là on passe en trans-pédiculaire c'est-à-dire qu'on va tout droit au travers de l'os.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Donc le niveau modifie le geste et aussi modifie les conséquences d'un trajet extra osseux, soit de la canule, soit du ciment.
<i>Obs</i>	Donc les différences au niveau perceptif, quelles sont-elles ? Qu'est-ce que vous ressentez quand vous mettez les trocars ?
<i>Chir</i>	Alors au niveau lombaire, on est en intra osseux donc on a surtout un point de pénétration osseux et ensuite une trajectoire intra osseuse qu'on peut palper donc on sent qu'on est à l'intérieur de l'os
<i>Obs</i>	C'est-à-dire que vous ressentez quoi ?
<i>Chir</i>	Ben y'a un retour haptique sur la pointe, on sent que ça gratte Et on peut à tout moment enlever le mandrin du trocart, descendre une petite tige pour voir si on est bien à l'intérieur de l'os. D'accord ?
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Alors qu'au niveau thoracique on va passer dans un espace fibreux qui est donc entre la cote et le processus transverse et le pédicule, et là en faite on n'a pas la même perception, ça avance plus facilement là et quand on palpe on n'est pas dans l'os
<i>Obs</i>	D'accord. Bon par exemple, pour ce qui est de l'installation du patient est-ce que selon la pathologie d'origine l'installation du patient va être différente ? sur la table ? c'est-à-dire que j'ai vu que des fois vous leur mettez des poids aux jambes.
<i>Chir</i>	C'est une vertébroplastie dans le cadre de la traumatologie là que vous évoquez, donc dans le cadre des fractures. Donc dans le cadre des fractures on essaye de réduire, pour réduire on utilise des moyens externes qui sont la lordose donc on cambre si vous voulez le rachis entre un appui sur les 2 crêtes iliaque et sur le sternum. Donc on cambre, c'est la première méthode. Ensuite, on essaye de le déplier, donc de le tracter. Alors si on veut tracter il faut avoir peut-être une traction sous les bras en haut et une traction sous les pieds en bas ou bien on peut simplement incliner le patient et tirer sur les pieds on le pend, hein ?
<i>Obs</i>	Oui, ça je l'ai déjà vu aussi.
<i>Chir</i>	Bon, voilà. C'est une tentative pour obtenir la réduction d'une manière externe.
<i>Obs</i>	D'accord, donc si la réduction suffit le geste est ?
<i>Chir</i>	Est plus facile. Car la vertèbre est écrasée donc la faite de l'ouvrir, on va créer un vide à l'intérieur de l'os qui est post-réductionnel et ce vide on va le remplir avec le ciment. Vous voyez ?
<i>Obs</i>	Oui, oui
<i>Chir</i>	C'est aussi ce qu'on fait quand on fait une technique opérée, c'est-à-dire quand on met des vis et des tiges et dans le vide crée après réduction on injecte le ciment. C'est pour ça qu'on peut associer la vertébroplastie à l'ostéosynthèse.
	[Interruption]
<i>Obs</i>	Alors, les contrôles que vous utilisez pour repérer la vertèbre lésée vous les effectuez par

	palpation et par prise de radios ?
<i>Chir</i>	Non, uniquement radios
<i>Obs</i>	Uniquement radios ? d'accord Alors au tout début, les opérations auxquelles j'ai assisté – j'ai surtout vu Mr X opérer – Mr X palpe les vertèbres, c'est pour se repérer sur quel élément ?
<i>Chir</i>	Ben c'est-à-dire qu'on a un repère grossier qui sont les cotes et qui sont les parties postérieures des crêtes iliaques. La ligne bi iliaque postérieure se projette entre l'épineuse de L4 et de L5 donc après on peut compter L4, L3, L2, L1... et on sait que c'est à peu près là, donc on trace et après on met une aiguille. Ensuite on utilise la radio pour vérifier que c'est bien là. Mais c'est la radio qui emporte la décision. La palpation c'est juste une approche grossière.
<i>Obs</i>	C'est une estimation, d'accord. Et les radios que vous prenez sont en face et en profil uniquement. Pourquoi ces types, quelles différences on voit sur les 2 types de radios ? et qu'est-ce qui est le mieux ?
<i>Chir</i>	Pour évaluer un geste en 3 dimensions, cérébralement, il faut avoir 2 images orthogonales. Ensuite, on fait une fusion de ces images mentalement et dans cette fusion mentale on projette notre trajectoire
<i>Obs</i>	D'accord mais est-ce que vous pouvez me montrer par exemple sur les images avec une radio profil ce que vous allez voir le mieux finalement.
<i>Chir</i>	Par exemple de profil, ça c'est une coupe transversale (je peux écrire là-dessus ?)
<i>Obs</i>	Oui, oui bien sûr
	(explication sur dessin)
<i>Obs</i>	Dans une des opérations que vous réalisez, vous nous indiquez que le point d'entrée des deux trocars doit se situer un peu en dehors des pédicules
<i>Chir</i>	Oui, alors là on rentre vraiment dans la technique donc elle est différente suivant si on est au niveau thoracique ou à l'étage lombaire
<i>Obs</i>	D'accord. Donc pour l'instant on va parler du niveau thoracique
<i>Chir</i>	Alors, à l'étage thoracique y'a plusieurs étapes. Y'a l'étape 1 et l'étape 2. Alors l'étape 1, on n'a pas encore... on n'est pas encore entré dans le pédicule. L'étape 2, on a traversé le pédicule on est dans le corps vertébral. Sur la face, en thoracique, l'étape 1 c'est là et l'étape 2 c'est là. Ça veut dire qu'on entre dans l'os ensuite on avance et on atteint ce qu'on appelle le mur postérieur alors qu'on est à l'extérieur de l'anneau du pédicule, ici. Donc on a toute une zone de sécurité, là, ou passe la moelle qu'on a absolument pas à toucher parce qu'on est protégé par le pédicule. Vous comprenez ?
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Donc ça c'est thoracique, hein ? Au niveau lombaire, c'est différent parce qu'on va passer en trans-pédiculaire donc l'étape 1 ... le point dangereux c'est cet espace car c'est ici que passe la moelle, le cul de sac et les racines. Une fois qu'on est là, le mal est fait ou alors c'est bon. Une fois qu'on est en 2 c'est fini.
<i>Obs</i>	Oui, c'est pour ça que vous vérifiez surtout en 1 avant de projeter en 2.
<i>Chir</i>	Oui, et après on avance petit à petit en faisant des face, des profils, des faces, des profils... jusqu'à ce qu'on soit dedans. Puis après on reste sur le profil et on pousse le plus loin possible.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Sachant qu'au fur et à mesure ou on pousse, si on va en 3, puisqu'on va injecter à peu près ici (3/4 opposé du point d'entrée dans le canal) on essaye de converger dans les étapes.
<i>Obs</i>	Et est-ce que du coup, oui, mais entre la thoracique et la lombaire il y en a une qui est plus dangereuse et plus difficile à apprendre ?
<i>Chir</i>	Oui, oui la thoracique
<i>Obs</i>	Oui parce que là on a moins de risque de s'approcher de zones dangereuses
<i>Chir</i>	Et c'est plus gros, c'est plus gros et si on fait une trajectoire extra osseuse on a que le sac dural avec des racines à l'intérieur donc les racines elles se poussent. C'est moins dangereux alors que la moelle c'est un cordon de système nerveux central. C'est un petit bout de cerveaux la moelle épinière, hein ? c'est le même organe.
<i>Obs</i>	Concernant, donc, le choix du point d'entrée on a vu... vous ressentez des forces comme on a vu haptiques, dues au différents passage osseux, est-ce que... non... par exemple pour le choix d'entrée trocart 2 par rapport au trocart 1, ils doivent être symétriques tous les 2 ?
<i>Chir</i>	C'est à dire droite et gauche ?
<i>Obs</i>	Droite et gauche oui, les trocars entre eux

<i>Chir</i>	Les vertèbres peuvent être différentes, de temps en temps il y a des vertèbres scoliotiques qui ne sont pas symétriques. Qui n'ont pas de symétrie horizontale.
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Mais quand on a une vertèbre normale, c'est mieux que ce soit symétrique ça montre un peu la maîtrise du gars
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Faut bien voir que la symétrie est déterminée par la qualité de la radio c'est un point très très important qui doit être à tout instant dans la procédure parce qu'on passe de face à profil, de face à profil. A chaque fois faut avoir les mêmes images. Et en particulier ce qui est très important c'est que la distance là entre l'épineuse et le pédicule et la distance à droite et à gauche doit être identique. Hein ? si jamais vous aviez ça, c'est-à-dire une transverse... pardon... une épineuse qui serait pas centrée entre les 2 pédicules ça veut dire qu'en faite vous êtes en train de voir votre vertèbre de travers.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Très important ça hein !
<i>Obs</i>	Donc là c'est la qualité de la radio
<i>Chir</i>	Voilà, c'est à dire que vous êtes en train de voir votre vertèbre de travers
<i>Obs</i>	C'est la qualité de la radio qui détermine la réussite de l'opération, une fois encore... d'accord. Du coup la symétrie n'est valable que sur une vertèbre sans pathologie associée type scoliose. Quoi d'autre ? Quand vous impactez un trocart dans l'os, il va définir sa trajectoire définitivement ?
<i>Chir</i>	Alors, à partir du moment où vous avez fait un point d'entrée vous avez un point fixe c'est un point de passage obligé. Vous pourrez peut-être modifier un peu la trajectoire à condition d'être dans un volume sans chose dure comme un pédicule, hein un pédicule c'est un tube donc une fois qu'on a le point d'entrée on peut très bien l'orienter mais le point d'entrée est définitivement un point de passage obligé. On a la même chose dans la sacro-iliaque. Une trajectoire c'est un point d'entrée puis une direction. C'est pas une direction puis un point d'entrée
<i>Obs</i>	D'accord, et dans l'os c'est pareil ? je veux dire vous me dites que dans le pédicule on peut orienter, est-ce que dans l'os on peut également orienter aussi facilement ?
<i>Chir</i>	Non, dans l'os une fois que vous avez trouvé la trajectoire, le point d'entrée... l'angle que vous avez choisi devient le point d'entrée et vous pouvez plus bouger. Si vous bougez à ce moment là vous déformez, on appelle ça le fléchage c'est-à-dire qu'il se met à bander comme ça, à se déformer, et il va prendre une courbe et on ne cherche pas ça. Et ça c'est la même problématique que la sacro-iliaque, exactement la même chose.
<i>Obs</i>	Oui, et du coup pareil vous allez avoir des retours haptiques qui vont pas être les mêmes. Et est-ce que la qualité de l'os, je pense connaître la réponse mais bon, est-ce que la qualité de l'os peut entraîner des différences dans l'orientation du trocart ? si on a un os moins dense...
<i>Chir</i>	Oui, toute à fait, un os très ostéoporotique on est beaucoup moins gêné par l'os c'est-à-dire qu'il est mou en faite donc si vous avez un outil très dur vous pouvez très bien casser un peu l'os en dirigeant votre trou différemment alors que chez un jeune une fois rentré la direction ne bouge plus
<i>Obs</i>	D'accord. Bon dans vos opérations, vous choisissez le point d'entrée du premier trocart, ensuite vous l'enfonchez et ensuite vous choisissez le deuxième point d'entrée et vous l'insérez, c'est tout le temps cet ordre que vous respectez ?
<i>Chir</i>	Oui
<i>Obs</i>	Parce que le deuxième doit être placé en fonction du premier ?
<i>Chir</i>	Non pas du tout
<i>Obs</i>	Alors pourquoi est-ce que vous ne choisissez pas les 2 points d'entrée et ensuite vous les projetez ?
<i>Chir</i>	Ah, ça dépend des chirurgiens oui, il y en a qui font ça, oui. C'est difficile d'être concentré sur 2 trajectoires. C'est mieux... je préfère faire une trajectoire ensuite la deuxième.
<i>Obs</i>	Est-ce que vous voyez qu'il y a des choses à faire ressortir dans la vertébroplastie que je n'ai pas encore abordées ?
<i>Chir</i>	Y'a les contre-indications de la vertébroplastie.
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Les contre-indications alors c'est lorsqu'il y a une destruction complète de la partie postérieure de la vertèbre, on appelle ça le mur postérieur,

<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Alors là, il y a un risque de fuites vers l'arrière du ciment lors de l'injection qui est importante
<i>Obs</i>	D'accord,
<i>Chir</i>	Donc on n'aime pas faire l'injection chez ces patients là
<i>Obs</i>	Mais ça c'est déterminé à l'avance
<i>Chir</i>	On le détermine à l'avance, c'est pour ça que pour l'instant les indications sont limitées aux fractures type A1 de la classification de Magerl, éventuellement fracture A2 mais pas aux fractures A3 sauf... là on a une petite série, on a commencé à faire des A3 mais des A3-1 et de manière très précautionneuse, en injectant très très en avant en faisant l'injection sous contrôle scopique etc... et à condition si et seulement si ce soit parfaitement réduit donc y'a pleins de conditions donc pour l'instant l'indication c'est A1 de Magerl avec respect du mur postérieur
<i>Obs</i>	D'accord et toutes les A1 donc A1-1, A1-2 et A1-3.
<i>Chir</i>	Ça c'est très très important, c'est les contre-indications. Ensuite, l'injection du ciment, elle se fait avec un produit qui doit avoir une certaine viscosité
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	C'est-à-dire que, moi personnellement, j'ai eu des problèmes lorsque j'injectais du ciment qui était trop fluide donc il partait un peu trop loin. Il faut l'injecter quand il est dans un état de consistance pâteuse ou en faite il va s'agglomérer très vite donc y'a pas de risques de fuite
<i>Obs</i>	D'où le délai d'attente
<i>Chir</i>	D'où le délai d'attente donc il faut déterminer le bon délai ou vous injectez. Pour l'instant on a une détermination qui est empirique qui est à la palpation c'est-à-dire qu'on met un petit peu de ciment entre les 2 doigts et on attend qu'il devienne filaire
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Hein, comme un chewing-gum. Vous voyez ? c'est à ce moment là qu'on injecte. Enfin, la troisième chose, c'est qu'il faut injecter très en avant parce que c'est en avant que les contraintes mécaniques sont les plus importantes
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Et c'est en avant qu'on aura le moins de fuites vers l'arrière
<i>Obs</i>	D'accord, c'est pour ça que vous allez le plus loin possible
<i>Chir</i>	Voilà oui
<i>Obs</i>	Et le ciment que vous injectez il doit se répandre dans tout le corps vertébral ?...
<i>Chir</i>	Non, on ne cherche pas ça. On cherche à ce qu'il se répande dans la partie antérieure du corps oui, pour créer un noyau dur qui lutte contre la compression.
<i>Obs</i>	D'accord, parce que la compression vient de la partie postérieure ?
<i>Chir</i>	Oui à peu près de la partie noté 3 de la page 1
<i>Obs</i>	Est-ce que le contrôle que vous effectuez pour l'injection du ciment se fait tout le temps de face ?
<i>Chir</i>	De face et de profil
<i>Obs</i>	De face et de profil pour l'injection du ciment ?
<i>Chir</i>	Pour l'injection en faite, on fait l'injection sur le profil.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Parce que ce qui nous fait peur c'est le recul du ciment vers le canal
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Donc on contrôle en permanence si notre ciment ne va pas vers le canal
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Une fois qu'on a fini l'injection, on regarde sur la face. Y'a un élément qui est important, c'est le volume du ciment injecté, il est pas déterminé à l'avance, c'est en fonction du remplissage. Si on a un mauvais remplissage avec du ciment qui file vers l'arrière, à ce moment là on arrête l'injection, ça peut être que 2-3 cm ³ . Si par contre on a un bon remplissage vers l'avant, dans un beau volume, sans fuite vers l'arrière, alors là on peut mettre 4-5 parfois 6 cm ³ .
<i>Obs</i>	D'accord, ça va dépendre...
<i>Chir</i>	De l'image et du remplissage de la vertèbre.
<i>Obs</i>	D'accord et est-ce qu'en plus y'a des différences interindividuelles de taille de corps vertébral ?
<i>Chir</i>	Oui, y'en a qui sont plus prudents que d'autres, qui ont moins d'expérience etc.... moi, j'injecte en moyenne 4 cm ³ .
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Et si je sens une résistance ou que je sens que ça part vers l'arrière, j'arrête tout de suite

<i>Obs</i>	La résistance que vous pourriez ressentir elle traduirait quoi ?
<i>Chir</i>	Ben, qu'il y a trop de pression à l'injection. Mais ça peut venir de plein de paramètres, ça peut venir de votre ciment qui est trop... visqueux, qu'il est pas assez fluide.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	C'est un paramètre qui est mal contrôlé pour l'instant, c'est pour ça qu'on aimerait bien avoir une machine qui mesure la viscosité.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Fin de l'entretien</i>	

Retranscription de l'entretien réalisé avec l'expert n°2

<i>Obs</i>	Est-ce qu'entre les différentes vertèbres lombaires et les différentes vertèbres thoraciques, vous estimez qu'il y a pour vous des différences dans les façons de placer les trocars ?
<i>Chir</i>	Moi je les mets toujours de la même manière,
<i>Obs</i>	Quelque soit la vertèbre lésée ?
<i>Chir</i>	Oui, parce que là y'a une différence entre les chirurgiens, chaque chirurgien fait selon sa propre technique Moi je fais selon une propre technique que je ne change pas, je passe toujours en trans-pédiculaire.
<i>Obs</i>	D'accord, quelque soit la vertèbre ?
<i>Chir</i>	Oui, quelque soit la vertèbre lésée
<i>Obs</i>	Pourtant, j'ai observé que quand on est dans une vertèbre lombaire on peut en effet réaliser une visée trans-pédiculaire mais quand on est dans une vertèbre thoracique il me semblait que les pédicules sont ...
<i>Chir</i>	... Sont plus petits et sont plus fins
<i>Obs</i>	Oui, d'accord donc vous passer quand même à travers
<i>Chir</i>	Oui on peut quand même passer à travers
<i>Obs</i>	D'accord... Et est-ce qu'au niveau des sensations vous ressentez une différence entre la traversée du pédicule et l'arrivée dans le corps vertébral ? Est-ce que vous avez l'impression qu'il y a un moment où c'est plus dense, plus dure, ou il faut plus forcer ?
<i>Chir</i>	Non
<i>Obs</i>	Non, quelque soit...
<i>Chir</i>	Non il n'y a pas de différence, jamais.
<i>Obs</i>	D'accord. J'ai une question maintenant sur les trajectoires extra-osseuses. Est-ce que pour une vertèbre thoracique par exemple, le trocart peut traverser une côte par exemple si on force trop vous voyez que le trocart arrive de l'autre côté et ressort ?
<i>Chir</i>	Traverser une côte ?
<i>Obs</i>	Oui, parce qu'on a extrait une série de connaissances comme quoi la côte et le ligament intercostotraversaire élargissent la zone possible du passage du trocart au niveau du pédicule
<i>Chir</i>	Oui pour des gens qui font la 2 ^{ème} technique donc qui passent en dehors du pédicule
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Hein, la 2 ^{ème} technique consiste à passer en dehors du pédicule et la côte du coup est là mais moi je ne fais pas ça donc du coup je ne peux pas vraiment répondre à cette question parce que je passe toujours en trans-pédiculaire
<i>Obs</i>	Bon ce n'est pas grave
<i>Chir</i>	Je ne peux pas répondre, je n'ai pas d'expérience sur ça, je n'ai jamais utilisé cette technique
<i>Obs</i>	Ce n'est pas grave, mais d'ailleurs ce sont des différences qui sont dues à des écoles de formation ?
<i>Chir</i>	Non non, moi j'ai appris ici mais bon Hervé Vouaillat, il fait ça extra-pédiculaire en thoracique parce qu'il a appris comme ça mais moi je continue en trans-pédiculaire.
<i>Obs</i>	C'est bien de savoir que les 2 sont possible comme ça quand on adapte le simulateur et qu'on apprend aux internes on ne les contraint pas dans une façon de faire
<i>Chir</i>	Ah oui, oui c'est que les 2 sont possibles
<i>Obs</i>	Plus particulièrement, quand on passe exclusivement en trans-pédiculaire, pouvez-vous

	m'expliquer comment on choisit le point d'entrée osseux ?
<i>Chir</i>	Bah, tout dépend de la vertèbre en faite, du niveau de la vertèbre thoracique par exemple. Voilà, j'ai un schéma quelque part par là. Là pour chaque vertèbre de T1 à S1 on vous dit quel est le point d'entrée. Ca c'est le point cranio-caudale, on ne voit pas dommage. Par exemple pour T8, « Junction proximal in middle point » mais moi j'ai des petits trucs. En fait c'est par rapport à chaque vertèbre thoracique, d'accord ? ca varie d'une vertèbre à l'autre. Par exemple, pour T5, T6 il faut que je sois ici, donc en dessous de la facette supérieure articulaire
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Et en dessous de quelques millimètres. Là c'est la transverse en médio-transversaire. Là, j'ai la transverse, je dois être en médio-transversaire et 2-3-4 millimètres sous la facette articulaire. En T8-T9, non, je dois être à ras de la transverse et sous la facette articulaire. Vous voyez ? Donc c'est très variable d'une vertèbre à l'autre. Mais nous quand on fait une vertébro on voit pas ça quand on fait une vertébro.
<i>Obs</i>	Alors vous vous fiez comment alors ?
<i>Chir</i>	Ben on fait ça à l'ampli, quand vous me dites « à quel endroit vous rentrez » c'est quand on ouvre, quand on ouvre on voit. Mais quand on fait une vertébro on n'ouvre pas. Donc on voit pas.
<i>Obs</i>	D'accord, du coup sur la radio, comment est-ce que vous vous situez pour placer votre trocart
<i>Chir</i>	Il faut voir le pédicule. C'est les 2 pédicules qui ressortent des radios. 2 ronds qu'on voit comme ça, donc il faut être dans le rond... enfin c'est un ovale, ce n'est pas un rond c'est ovale, c'est comme ça. D'accord ? un gauche et un droit.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Voilà, c'est ça
<i>Obs</i>	Mais ça c'est quand même très petit pour passer et en plus certains sont plus petits
<i>Chir</i>	Très petit, c'est quoi très petit pour vous ?
<i>Obs</i>	Moi ça me paraît être de l'ordre de moins d'un centimètre
<i>Chir</i>	Oui et au niveau lombaire aussi c'est moins d'un centimètre
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Regardez, là un pédicule lombaire donc quand vous le voyez de haut en bas, en cranio-caudal, il fait plus de 1 cm, d'accord ? mais en épaisseur, il est comme ça (<i>épaisseur mimée avec les doigts</i>) quand on le voit de profil il est long mais en faite il n'est pas très épais. Ca c'est le lombaire. Et ça c'est le thoracique, il est plus petit, deux fois plus petit mais on peut toujours passer un trocart dedans, d'ailleurs on met des vis dedans, donc si on met des vis on peut mettre un trocart.
<i>Obs</i>	Mais par contre, pour en revenir au trajet extra-osseux, les conséquences ne sont pas les mêmes en thoracique ou lombaire si le trajet est extra osseux ?
<i>Chir</i>	Non, parce que la trajectoire n'est pas du tout pareil
<i>Obs</i>	Est-ce vous pouvez m'expliquer les conséquences si on fait un trajet extra-osseux, si on sort le trocart, si on ne le met pas correctement, que ce soit avec les organes proches en ce qui concerne les thoraciques par exemple. Par exemple si on sort en central je suppose qu'on va léser le canal central...
<i>Chir</i>	Ca c'est valable pour toutes les visées, sauf que quand vous me dites quel organe on va léser, si on le met à 10 cm à côté c'est normal qu'on va léser le poumon
<i>Obs</i>	Ah mais faut quand même être à 10 cm à côté ?
<i>Chir</i>	Oui mais c'est pas l'objectif, maintenant le risque quand on se positionne bien si on dévie la trajectoire, la trajectoire elle va dévier de 2 millimètres.
<i>Obs</i>	Oui donc 2 millimètres c'est pas énorme
<i>Chir</i>	On dévie de 2 millimètres, de quelques degrés... donc le risque pour nous c'est d'être dans le canal lombaire ou thoracique. Dans le canal médullaire, c'est ça le risque pour nous. C'est ce qu'on craint
<i>Obs</i>	Et ça quelque soit le niveau de thoracique ou de lombaire ?
<i>Chir</i>	Oui, oui c'est pareil, on craint d'être dans le canal et d'injecter du ciment dans le canal
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Pardon et qui dit canal dit aussi foramen, les foramen c'est des trous qui sont là, les racines, d'accord donc soit je suis au milieu, à l'intérieur et il y a la moelle à l'intérieur, d'accord ? Soit je suis en bas, je suis là, et là y'a les racines. On risque de blesser les racines. Quand je suis bas, je peux blesser la racine, quand je suis médiale, je risque d'être dans le canal médullaire
<i>Obs</i>	D'accord, mais les racines, elles se poussent ?est-ce qu'on peut les pousser et ce n'est pas grave

	ou est-ce qu'elles sont fragiles ?
<i>Chir</i>	Oui mais quand on rentre avec un trocart pointu, c'est comme une aiguille, est-ce que vous êtes sûre qu'on va pousser les racines ou est-ce qu'on va les embrocher ?
<i>Obs</i>	Oui, c'est vrai...
<i>Chir</i>	On peut pousser, écarter une racine quand on ouvre le foramen, quand on voit la racine et qu'on prend un écarteur pour écarter la racine. Là on peut l'écarter. Mais quand on voit rien du tout, au travers de la peau on rentre un gros trocart qu'est-ce qui me dit que la racine va être poussée ou va être embrochée ?
<i>Obs</i>	D'accord, oui. Bon et quand vous placez votre trocart dans une visée trans-pédiculaire comment est-ce que vous orientez votre trocart ? est-ce que vous avez l'impression qu'il y a une trajectoire à suivre ?
<i>Chir</i>	Alors la trajectoire à suivre, c'est une trajectoire dite classique. On commence toujours de face. Alors on a les 2 pédicules qui sont là, d'accord ? (dessin) on a les épineuses, ici. Alors quand on rentre on est toujours de face, d'accord ?
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Il faut toujours un, il faut que ce soit bien symétrique, hein ? faut pas que notre ampli soit de travers. Il faut bien voir la vertèbre pour qu'elle soit symétrique
<i>Obs</i>	Ça veut dire qu'il faut aussi qu'elle soit centrée ?
<i>Chir</i>	Bien centrée... d'accord ? je n'ai pas un pédicule là haut et un autre là. On est d'accord ? La vertèbre elle est là et les 2 pédicules sont là c'est bien symétriques, et là l'épineuse. Ok ? Quand on rentre, le point d'entrée il est là.
<i>Obs</i>	C'est à dire qu'on choisit un point d'entrée qui soit au niveau médiale...
<i>Chir</i>	Latérale. Latérale du pédicule c'est là le point d'entrée. Il est latéral. D'accord ?
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Parce qu'on va être convergent. Le but c'est d'arriver au milieu de la vertèbre. Donc on rentre en externe et on est convergent pour aller vers le milieu du corps vertébral. D'accord ? donc ça c'est le point d'entrée. Quand on met notre trocart là, un coup d'ampli, si on est là c'est que je suis bon. Si je suis là, ça veut dire que je suis trop bas, si je suis ici ça veut dire que je suis trop haut et si je suis ici ça veut dire que je suis trop médiale. D'accord ? et je vais en même temps rentrer et converger. Mon trocart est comme ça, il est convergent, l'autre aussi est convergent. Et donc je vais rentrer en gardant ma direction. C'est une direction qui est de l'ordre de 15° à peu près. Je suis en faite la direction de mes pédicules, enfin mes pédicules ont moins de 15° mais ... quand je rentre ici, pratiquement je dois avoir une visée droit devant ... mais comme je rentre en externe pour aller en interne, je dois avoir une direction d'environ 15°.
	<i>Interruption</i>
<i>Chir</i>	Bon voilà, du coup comme je rentre ici, je vais avoir une trajectoire un peu convergente de l'ordre de 15°
<i>Obs</i>	Et ça c'est toujours vrai quelque soit la vertèbre ?
<i>Chir</i>	Toujours vrai.
<i>Obs</i>	Et votre trocart vous le poussez jusqu'à quel niveau à peu près du corps vertébral ?
<i>Chir</i>	En faite on ne va pas le pousser jusque là le trocart (<i>montre le mur postérieur</i>). En faite de face déjà, là on est toujours de face. on rentre ici. Plus on pousse et plus notre trocart va se positionner là, ensuite là, ensuite là (voir sur le schéma) puisqu'on va être convergent, je rentre comme ça, tac, tac, tac, tac, tac et à un certain moment, vous voyez un peu ? Là, on est de face, donc on fait un coup d'ampli et on est là. On enfonce. Un coup d'ampli je suis là, je suis plus médiale, un coup d'ampli je suis là, ok ? je suis au milieu. Pareil pour l'autre. Dès que je suis là je m'arrête. Dès que mon trocart se positionne sur la paroi médiale de mon pédicule je m'arrête, d'accord ? Ca veut dire quoi ? parce que là c'est les parois du pédicule et dès que je suis dans mon pédicule je suis en sécurité. D'accord ? Si je suis dehors, je ne suis pas bien. D'accord ? Tant que je suis dans le pédicule je suis bien donc je rentre à l'extérieur du pédicule et là je suis toujours dans le pédicule.... Dès que j'arrive au mur médial du pédicule je m'arrête. Ca veut dire quoi ? Ca veut dire que si je continue je peux passer à travers le mur du pédicule d'accord ? hein le pédicule c'est un peu ça. Si je suis là et que je pousse encore je peux transpercer le mur du pédicule et je peux rentrer dans le canal médullaire, d'accord ?
<i>Obs</i>	Oui
<i>Chir</i>	Dès que je suis là, je m'arrête. Et là qu'est-ce que je fais ? Je fais un coup d'ampli. Un coup d'ampli de profil.

<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Alors là, je vais me mettre de profil, voilà, profil, hein ? De profil, je dois être ... si je suis bien positionné ... à l'entrée du corps vertébral. Je dois être là. D'accord ? Si je suis là de profil, en principe si je suis bien positionné, je dois être là. Ca veut dire quoi ? Ca veut dire que là je suis dans le corps vertébral, je suis plus dans le pédicule. D'accord ? Ici ca veut dire que je suis à l'entrée du corps vertébral, il n'y a plus de risque que je passe à travers la paroi du pédicule. Je ne suis pas là. Si je suis là, au moment où je suis là de profil je suis pas bon, ca veut dire que je suis, que j'ai été, trop convergeant je ne suis pas arrivé à la fin de mon pédicule, hein, je suis au milieu de mon pédicule, et déjà j'essaye de rentrer dans le corps vertébral alors que je suis encore dans le pédicule. Parce que le pédicule c'est un tube d'accord ? Donc au moment où je fais le point d'entrée il est là, le point de sortie il doit être là pour arriver dans le corps convergeant, ok ?
<i>Interruption</i>	
<i>Chir</i>	Alors donc le but c'est de rentrer ici pour être assez convergeant et sortir ici, faut pas sortir ici ! parce que le corps il commence ici, le corps vertébral. D'accord ? Si je sors ici, je suis dans le canal. Faut pas transpercer le mur du pédicule. Il faut être là, donc si de profil je suis là ca veut dire que je suis trop convergeant. Je vais sortir dans le pédicule donc il faut être ici.
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Parce que là quand j'arrive ici ca veut dire que je sors du pédicule mais si je sors du pédicule ca veut dire que je sois dans une structure sécurisante, c'est le corps vertébral, faut que je sois là. Donc une fois que j suis là, ca veut dire que je suis bien donc je peux pousser mon trocart sans problème et là après ca va être juste la longueur. Il faut s'arrêter à un certain niveau, à un certain endroit.
<i>Obs</i>	D'accord, et comment je détermine cette longueur ?
<i>Chir</i>	De profil, il faut pas sortir.
<i>Obs</i>	De profil et il faut être à peut près à trois quart ?
<i>Chir</i>	De trois quarts généralement parce que la vertèbre elle est comme ça en faite. Donc vous arrivez là, mais vous pouvez sortir d'accord ?
<i>Obs</i>	D'accord
<i>Chir</i>	Alors quand vous faites le profil, si vous êtes là, de profil on croirait qu'on est bien ! mais en faite on est là ! c'est pour ça qu'il faut s'arrêter disons au trois quart. Voilà. Il faut s'arrêter là. Donc maintenant votre question c'était jusqu'ou vous allez converger ?
<i>Obs</i>	Oui...
<i>Chir</i>	Je vais converger jusque là de face mais après je ne contrôle plus ma convergence. J'ai convergé et après je pousse. Je pousse jusqu'à arriver ici. Je peux faire un contrôle ampli et contrôler ou est-ce que je suis, ou sont mes trocars. Habituellement, ils arrivent à peu près par là. D'accord ?
<i>Obs</i>	D'accord. Par contre il y a toujours quelque choses qui me surprend, c'est l'idée que quand on traverse le pédicule on est quand même dans de l'os donc ca me paraît dur, alors que quand va arriver dans du corps vertébral j'ai plutôt la sensation d'une sorte de sac avec un contenu plus mou, moins dense ?
<i>Chir</i>	Ah non, non, le pédicule c'est pas un os dur, c'est un os corticale, mais qui est vide à l'intérieur pratiquement, hein ? c'est pas un os corticale de bout en bout c'est un tube.
<i>Obs</i>	D'accord, d'où mon erreur... Et est-ce juste avec la position finale du trocart, on peut savoir s'il y a un risque de ciment ou pas ?
<i>Chir</i>	La fuite de ciment c'est quand on injecte le ciment. Tant qu'on n'a pas injecté on peut pas savoir. La fuite de ciment c'est quand on la voit c'est trop tard. C'est toujours comme ça. On peut pas prévoir sauf si bien sûr vous mettez votre trocart n'importe où alors là évidemment ! c'est flagrant ! mais lorsque vous êtes bien positionné, si vous sentez que vous êtes bien positionné, on peut pas savoir s'il y a un risque de fuite ou pas. C'est au moment où on injecte qu'on voit partir le ciment. C'est là où on voit la fuite.
<i>Obs</i>	D'accord. Et qu'est-ce que vous estimez vous être difficile pour un interne à apprendre dans une opération de vertébroplastie ? à comprendre et à réaliser ?
<i>Chir</i>	Il faut qu'ils sachent tout ce que je vous ai dit et il faut une certaine expérience.
<i>Obs</i>	Il faut pratiquer. D'accord.
<i>Fin de l'entretien</i>	

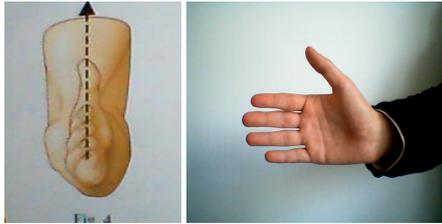
Retranscription des verbalisations en cours d'action

Chir	Donc là on fait une visée pédiculaire au niveau du T11, donc faut qu'on arrive à trouver le pédicule sans voir la radio, c'est un peu la difficulté.... Voilà donc je pénètre à l'intérieur... je m'arrête, j'ai franchi la corticale, je continue. Donc j'ai pas beaucoup d'idée de profondeur mais bon... voilà je continue de pénétrer... voilà j'y suis. J'y suis j'y reste... Je continue un peu là. Voilà je suis à peu près au bon endroit... Donc c'était le pédicule gauche de T11 on va dire... Ouais donc là je l'enlève... Ok Donc tu veux que je fasse du même côté ou tu veux que je fasse de l'autre côté ?
Obs	Heu même côté comme ça s'il... (?)
Chir	D'accord ok donc là on va descendre en T12, donc là j'ai la cotte, j'appuie dessus un peu là pour qu'elle bouge comme ça... donc j'utilise mon repère costal pour trouver mon pédicule... voilà... voilà, ça y est j'y suis... là je suis rentré, j'ai franchi les corticales, bon l'os est un peu porotique c'est exactement le cas de figure habituelle parce que souvent l'os est de mauvaise qualité comme ça mais là j'ai un peu une résistance mais j'avance j'avance, j'avance... je continue j'avance... voilà ça y est je suis dans le spongieux là... on sens que ça progresse plus lentement voilà j'y suis. D'accord ? J'enlève... Voilà... Donc là on va faire L1 a priori... donc je me repère vissage ...articulaire... là habituellement on est en percutanée donc on a quand même la peau à franchir ensuite y a plus rien on trouve tout de suite le rachis puis on se balade comme ça en général on cherche on contrôle à l'ampli, on plante un petit peu on regarde la face, la profil.
Obs	Et ensuite tu...
Chir	Donc là j'ai pénétré à peine la corticale ensuite je me dis que c'est bien donc je continue... je perfore là, donc ça résiste un petit peu... j'ai le bracelet noir qui s'en va... Voilà et là ça y est je suis dans le... là je le sens bien, je le sens très bien. Je suis soit dans le... alors par contre j'ai pu être dans le disque, c'est possible que là j'ai franchie ouais... parce que c'est un peu trop mou si tu veux... là tu vois comme ça... j'ai l'impression que je suis un peu dans le disque parce que je sens plus rien au bout de mon... c'est à dire qu'il n'y a pas de petit... le biseau quand on le tourne... on sent que ça gratte, ça gratte... donc là ça gratte plus et juste avant j'ai franchi quelque chose de résistant...
Obs	Donc...
Chir	Donc je pense que c'était le plateau supérieur de la vertèbre L1... ou L2, je sais pas bien où je suis et heu derrière j'ai rien... il se peut que je sois dans le disque... Hein donc je suis pas dans le canal là c'est sûr... Donc je vais finir avec le même point d'entrée...
Obs	Le deuxième... je vais lancer la deuxième... la deuxième acquisition... Prêt ?
Chir	Oui... Donc là je vais essayer d'être dans la même vertèbre mais de pas rentrer... ah oui voilà j'ai ripé mais... faut dire que... j'enlève... la pointe elle est elle...
Obs	Elle est émoussée déjà...
Chir	Ouais..
Obs	Ok
Chir	Mais c'est pas grave on va continuer... donc là je change un peu le point d'entrée, je suis un tout petit peu plus bas, je suis dans l'os... là ça gratte plus... c'est plus continu... donc là j'ai quand même plus l'impression d'être plus osseux, je tire un peu, je tire un peu, je retourne... Voilà là on sent très bien ça gratouille, on sent bien quand on est dans le spongieux, y a quand même une perception hein...
Obs	Ah ouais tu sens...
Chir	Ah ouais ça n'a rien à voir avec quand j'étais dans le disque... bon je suis aidé aussi par la visualisation directe du disque... j'ai pas d'ampli mais je compense... voilà... là c'est une bonne visée... donc j'enlève...
Obs	Ok
Chir	Et puis et puis je peux pas faire l'autre parce que l'autre elle est passée juste par le pédicule... je pense pas que... je peux en faire une autre si vous voulez...
Obs	Heu, ouais pourquoi pas
Chir	Tu veux que j'en fasse d'autres ? Plus t'en as non ?
Obs	Et l'autre main elle fait quoi ? L'autre main elle est toujours en arrière ? ou c'est juste pour l'expérience ?
Chir	Non non non, c'est juste parce que je peux pas le toucher là...
Obs	Et, mais d'habitude y a un appui avec votre main quelque part ?
Chir	Heu...Moi je mets de temps en temps ma main comme ça et je peux retenir si tu veux... Parce que souvent le problème d'un geste comme ça c'est que t'as que des muscles qui poussent, et t'en as aucun qui retiennent, alors souvent ce que l'on fait c'est que l'on prend et les mains y'en a une qui pousse, une qui retient... tu vois on essaye de faire travailler les muscles antagonistes et le bras antagoniste pour qu'il y en ait un qui retienne.
Obs	Oui mais un...

Chir	Et aussi y'a la percussion qui est très intéressante... la percussion au marteau est très intéressante parce que du coup t'as quelque chose qui retient et tu peux percuter en retenant et du coup ta progression est plus contrôlée. Souvent comme ça au début, il y a un mouvement où... vous avez vu y a un mouvement où... voilà
Obs	Mais ce serait bien qu'on puisse enregistrer au moins un mouvement qui soit plus réel...
Chir	Bon alors tu veux que je le fasse sur celui là ?
Obs	Heu... ouais... alors attends.
Chir	Tu veux que je mette ma main un peu ?
Obs	Non c'est bon tu peux y aller... Tu peux mettre ta main comme d'habitude... mais sans toucher...
Chir	Sans toucher quoi ?
Obs	Sans toucher le... la boîte... voilà
Chir	Ah ok d'accord...Voilà, là je fais un peu comme ça... voilà, là je suis rentré dedans... hein, ensuite je progresse bien dans mon pédicule... bien sûr je fais des contrôles et là je sens bien mon os hein... alors par contre j'abime ton accéléromètre là... voilà là je suis très bon là... fin, je ressens bien le craquement avec la poussée... les petits... les petits effets de rotations craquent en fait les... petits ponts des os spongieux... et ça on perçoit... Voilà je peux t'en faire encore hein...
Obs	Là celle là c'était la combien ?
Chir	On va dire T10... hein si je dis que ça c'est T11, ça c'est 10... et maintenant là on va en faire une autre là c'est T9...
Obs	Attends bouge pas...
Chir	Là faut accrocher la <i>pointillade</i> (?). Là ça devient dangereux parce que je sens que ton biseau...
Obs	Attends... il faut que je relance le système...
Chir	Donc là ça deviens dangereux parce que le biseau n'étant plus coupant, donc on est obligé d'avoir plus de force pour pénétrer...
Obs 2	Ça veut dire que [...] parce qu'il était neuf ?
Chir	Oui... mais au bout de...
Obs 2	Ça veut dire qu'il faut combien de temps ? enfin...
Chir	Une fois...
Obs 2	On l'utilise une fois ?
Chir	Ouais ouais... parce que c'est de l'acier jetable, il est très très tranchant, très léger, très bien, mais on peut pas... ça s'aiguise pas... donc là je vais être obligé de forcer un peu plus, mais faut dire que l'os est tellement ostéoporotique là que ça va pas poser de problème. J'y vais ?
Obs	C'est parti
Chir	Là je vois pas bien où je suis... je le mets comme ça... donc là faut que je pénètre la corticale... voilà... a priori ça devrait être pas trop mal... Je triche un peu en regardant sur le côté... voilà... j'utilise le biseau ici pour me diriger... comme les clous de maréchaux ferrands... en direction, voilà je suis dedans... voilà parfait... très bonne sensation, je l'ai mis, je l'enlève... Ah c'est dommage je l'ai enlevé le... il faudrait mettre un tout petit fil de fer pour les prochaines manip... Non mais tu peux mettre tu vois, tu mets un trou là, un trou là et puis avec un fil de fer et... T'en veux encore un ou c'est fini ?
Obs	Je pense qu'avec ce qu'on a ça devrait être bon...
Chir	Non mais tu sais on est bien là hein ? ...
Obs 2	Et donc c'est plus friable que... enfin c'est plus mou que d'habitude là?
Chir	Non c'est comme ça d'habitude
Obs	Donc là les gammes de force que tu utilises c'est à peu près les mêmes que dans les opérations ?
Chir	Oui... donc là je suis pas mal là aussi...Je rentre, donc j'ai percé la corticale... là j'essaie de trouver mon chemin en fait... voilà dans le pédicule... vous entendez hein ce petit craquement... c'est bon signe... Y a un retour même auditif du fait de la caisse de résonance...
Obs	Tu le sens aussi ?
Chir	Ouais... t'entends pas ?
Obs	Mais ça tu l'entends normalement ?
Chir	Ah non non, ça t'entends pas...
Obs	C'est pour ça je me demandais...
Chir	Non ça entends rien du tout... voilà... ah oui non ça c'est une nuisance le bruit... alors là pour retirer je mets les doigts...
Obs	Oui oui
<i>Fin de la simulation</i>	

Les positions de la paume de la main

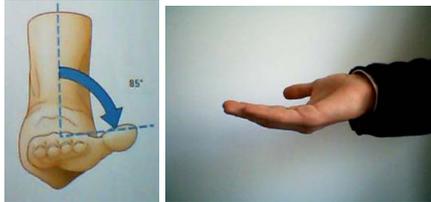
- **Médiale** : Paume orientée vers l'axe du corps, pouce au dessus



- **LatPro** : Paume latérale pronation



- **Pronation** : Paume vers le sol



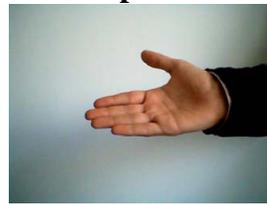
- **Supination** : Paume vers le ciel



- **Latérale** : Paume orientée vers l'extérieur, pouce en dessous



- **MédSup** : Paume médiale supination



- **MédPro** : Paume médiale pronation

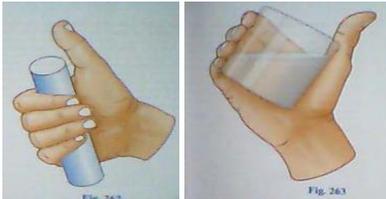


- **LatSup** : Paume latérale supination



Les préhensions

- **Digito-palmaire** : Oppose la paume aux 4 derniers doigts, en n'utilisant pas le pouce, afin de serrer un objet de taille modérée



- **Agrippement** : Flexion des 2 dernières phalanges pour former un crochet, pas d'utilisation de pouce



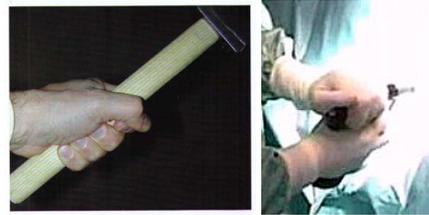
- **Digito-thénarienne** : L'objet est coincé entre les 2 premières phalanges des doigts, le poignet est très sollicité



- **Key-Pinch** : La face palmaire de la pulpe du pouce serre l'objet contre la face latérale radiale (face externe) de la deuxième phalange de l'index qui est fléchi et prend contre appui sur les autres



- **Empaument serré** : Préhension digito-palmaire où s'ajoute un enroulement du pouce autour de l'objet pour terminer de verrouiller la prise



- **Empaument directionnel** : Préhension digitopalmaire, combinant la prise de force des trois derniers doigts pour la tenue de l'objet avec la prise fine et directionnelle des deux premiers doigts (prise termino-latérale entre le pouce et l'index). L'index sert de reposoir à l'objet et le pouce en extension est en appui sur lui, le *dirige*. La précision sera d'autant plus grande que le contrôle de la main par l'objet est étendu



- **Tridigitale pulpo-pulpaire** : La pulpe du pouce s'oppose aux pulpes de l'index et du majeur



- **Bidigitale pulpo-pulpaire** : La pulpe du pouce s'oppose à la pulpe de l'index



- **Tip Pinch** : Les parties les plus distales du pouce et de l'index s'opposent (préhension la plus fine)



- **En étau** : Le pouce et les doigts longs placés en extension se rapprochent pour coincer l'objet



- **Interdigitale latéro-latérale** : Le blocage de l'objet se fait par les faces latérales des 2 doigts voisins sans le pouce



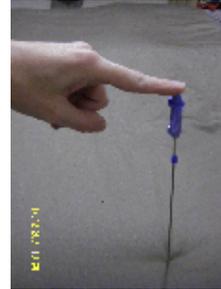
- **Sphérique** : la main se moule sur l'objet en creusant plus ou moins l'arche métacarpienne et en écartant plus ou moins les doigts



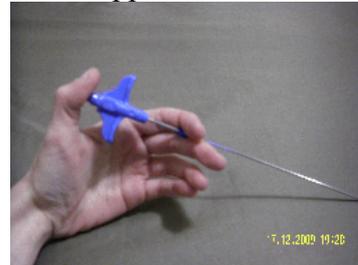
- **Tétradigitale pulpaire pollicio-tridigitale** : La pulpe du pouce applique et maintient fortement l'objet contre la pulpe de l'index, du majeur et de l'annulaire en extension presque complète



- **Digitale pulpaire** : L'index est en appui sur l'objet



- **Interdigitale latéro-latérale pulpaire**
L'objet est bloqué entre les faces latérales des 2 doigts voisins et le pouce est en appui



- **Poing** : Le poing (vide) est fermé



Les mouvements

Translations :

- **alternée up-down** : mouvement de va et vient de bas en haut
- **alternée right left** : mouvement de va et vient de droite à gauche
- **alternée in-out** : mouvement de va et vient d'avant en arrière
- **in** : déplacement de la main vers l'avant
- **out** : déplacement de la main vers l'arrière
- **left** : déplacement de la main vers la gauche
- **right** : déplacement de la main vers la droite
- **up** : déplacement de la main vers le haut
- **down** : déplacement de la main vers le bas

Rotations :

- **horaire** : rotation dans le sens des aiguilles d'une montre
- **anti-horaire** : rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre
- **alternée** : alternance de rotations horaires et anti-horaires

Aucun : aucun mouvement de la main

Autre : tout mouvement qui n'a pas été défini ci-dessus

Déplacement de la main sur l'outil en cours d'utilisation (le trocart) :

- **up-down outil** : déplacement de la main du haut vers le bas de l'outil
- **down-up outil** : déplacement de la main du bas vers le haut de l'outil

ANALYSES STATISTIQUES

Test du Chi2 réalisé sur les actions des internes :

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Code_action * Condition	1753	100,0%	0	,0%	1753	100,0%

Code_action * Condition Crosstabulation

			Condition		Total
			Non Stress	Stress	Non Stress
Code_action	Aucun geste	Count	53	123	176
		Expected Count	57,5	118,5	176,0
	Gestes fins	Count	85	160	245
		Expected Count	80,1	164,9	245,0
	Gestes de force	Count	16	35	51
		Expected Count	16,7	34,3	51,0
	Mouvements	Count	173	472	645
		Expected Count	210,8	434,2	645,0
	Paume	Count	84	168	252
		Expected Count	82,4	169,6	252,0
	Connaissances	Count	94	118	212
		Expected Count	69,3	142,7	212,0
	Prise Radios	Count	68	104	172
		Expected Count	56,2	115,8	172,0
Total		Count	573	1180	1753
		Expected Count	573,0	1180,0	1753,0

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	27,900(a)	6	,000
Likelihood Ratio	27,523	6	,000
Linear-by-Linear Association	7,127	1	,008
N of Valid Cases	1753		

a 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 16,67.

ANNEXES DE L'ETUDE 2

MATERIEL

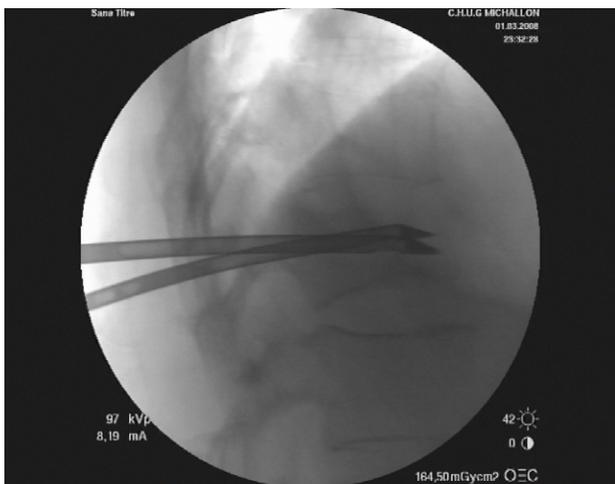
Les radiographies

Tâche 1 :

Radios de Profil, 1 broche, en position finale : (Facile)



Radios de profil, 2 broches, 2 en finale : (Facile)



Radios de Profil, 1 broche, en position impactée : (Moyen)



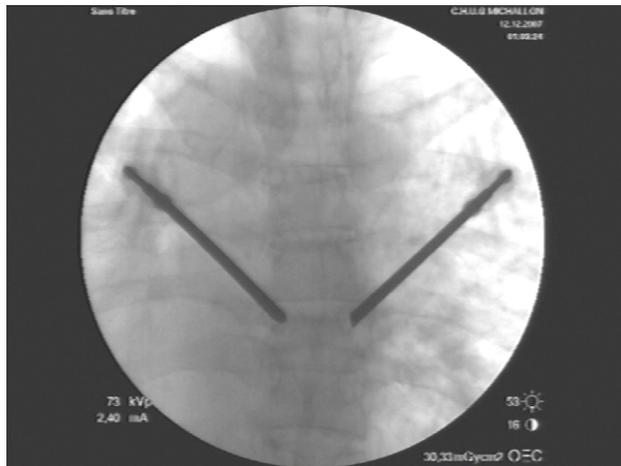
Radios de profil, 2 broches, 1 impactée + 1 finale : (Moyen)



Radios de face, 1 broche, en position impactée : (Difficile)



Radios de face, 2 broches, en position impactée : (Difficile)



Tâche 2 :

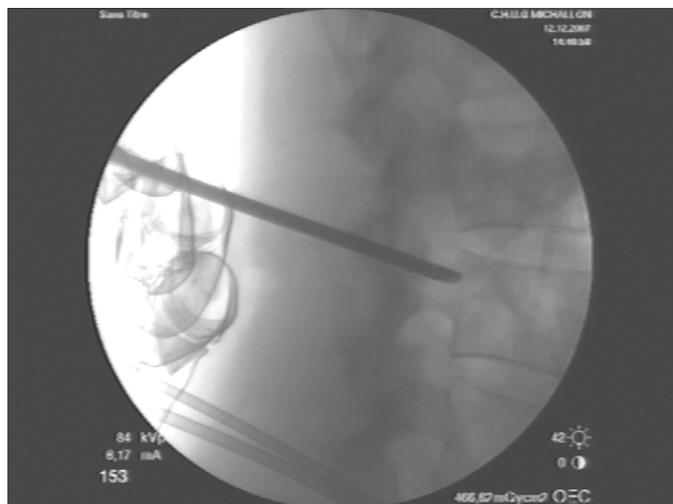
Radios de Profil, 1 broche, en position finale : (Facile)



Radios de profil, 2 broches, 2 en finale : (Facile)



Radios de Profil, 1 broche, en position impactée : (Moyen)



Radios de profil, 2 broches, 1 impactée + 1 finale : (Moyen)

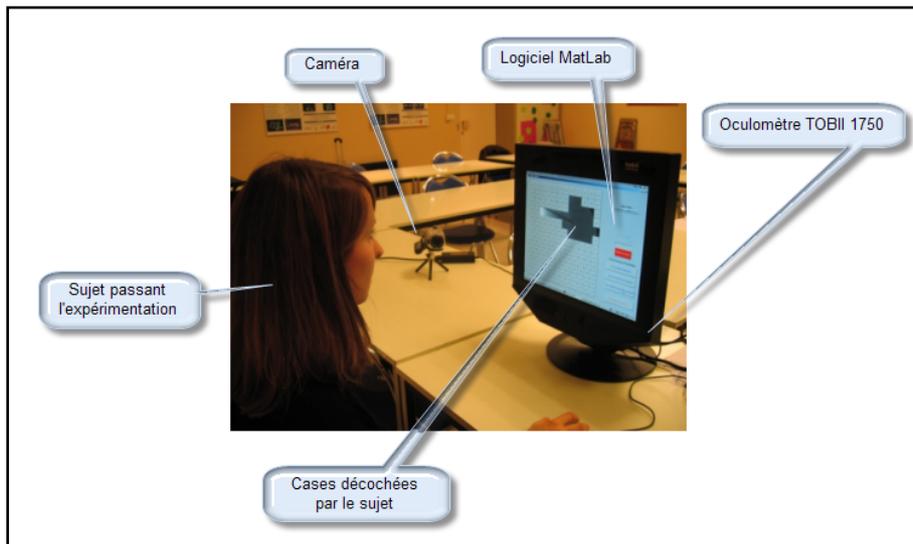


Radios de face, 1 broche, en position impactée : (Difficile)



Radios de face, 2 broches, en position impactée : (Difficile)





Expérience TID : Sujet en cours de passation

Zone	Nb de cases	Cases correspondantes
Trocart	18	A6-B6-C6-D6-E6-F6-G6-H6-I6 A7-B7-C7-D7-E7-F7-G7-H7-I7
Platinf_VL	5	G8-H8-H7-I7-J7
Murant_VL	2	J6-J7
Platsup_VL	4	F6-G6-H6-I6
PointTP_VL	4	E6-E7-F6-F7
Murpost_VL	2	H6-H7
Platinf_VS	5	F5-G5-H5-I5-J5
Platsup_VS	6	E2-F2-G2-H2-I2-J2
Murant_VS	4	J2-J3-J4-J5
CV_VS	11	I3-I4-H3-H4-G3-G4-F3-F4 E3-E4-E5
Murpost_VS	3	G3-G4-G5
Platsup_VI	5	F9-G9-H9-I9-J9
CV_VI	5	F10-G10-H10-I10-J10
Platinf_VI	4	J11-I11-H11-G11
Murant_VI	2	K9-K10
Murpost_VI	2	G9-G10

Exemple : Tableau des correspondances case/zone anatomique pour la radio T1-R2

LES QUESTIONNAIRES

Questionnaire de début de passation

Bonjour,

Nous vous remercions pour votre participation à cette étude. Vos réponses vont nous permettre de comprendre les stratégies cognitives utilisées par les apprenants pour examiner des radios dans le cadre de la vertébroplastie. Vos réponses vont également être utilisées pour le développement d'un simulateur d'apprentissage.

Ci-après figurent un certain nombre de déclarations que les gens utilisent souvent pour se décrire. Lisez chacun des énoncés et cochez dans la case appropriée de droite ce qui convient le mieux à la façon dont vous vous sentez en général. Il n'existe ni bonnes ni mauvaises réponses. Ne passez pas trop de temps sur chacun des points, mais donnez la réponse qui semble décrire le mieux ce que vous ressentez généralement. Répondez à toutes les questions et ne cochez qu'une case pour chacune d'entre elles.

1	Je me sens dans de bonnes dispositions	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Je me sens nerveux(se) et agité(e)	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Je suis content(e) de moi	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Je voudrais être aussi heureux(se) que les autres semblent l'être	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Je me sens un(e) raté(e)	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Je me sens paisible	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Je suis calme, détendu(e) et de sans froid	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	J'ai l'impression que les difficultés se multiplient à un point tel que je ne peux les surmonter	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Je m'inquiète trop à propos de choses qui n'en valent pas la peine	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10	Je suis heureux(se)	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
11	J'ai des pensées qui me tourmentent	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
12	Je manque de confiance en moi	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
13	Je suis sûr(e) de moi	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
14	Je prends facilement des décisions	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
15	Je ne me sens pas à la hauteur	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
16	Je suis content(e)	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
17	Des pensées sans importance me trottent dans la tête et me tracassent	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
18	Je ressens les contretemps si fortement que je ne peux les chasser de mon esprit	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
19	Je suis quelqu'un de calme	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours
20	Je suis tendu(e) ou agité(e) dès que je réfléchis à mes soucis et problèmes actuels	Presque jamais	Parfois	Souvent	Presque toujours

A cet instant, vous sentez-vous : (Entourez le chiffre qui vous convient)

Pas du tout stressé										Très stressé
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- Etes-vous en internat actuellement ?

Oui Non

Si oui, en quelle année ?

- Combien de vertébroplastie avez-vous déjà effectué ?

Aucune 1 seule Entre 2 et 5 Plus de 5

- A combien de vertébroplastie avez-vous déjà assisté ?

Aucune 1 seule Entre 2 et 5 Plus de 5

- Quel niveau de maîtrise estimez-vous avoir de la vertébroplastie ?

Aucun						Total
1	2	3	4	5	6	7

- Votre âge : ans

Merci pour vos réponses,

Vous pouvez maintenant appeler l'expérimentateur afin de poursuivre l'étude.

Questionnaire intermédiaire

Avant de continuer, nous vous demandons de répondre à quelques questions concernant l'exercice que vous avez réalisé. Nous vous rappelons que vos réponses sont entièrement **anonymes** et **confidentielles**, elles n'ont pas d'autres objets que de nous permettre de comprendre ce que vous ressentez en réalisant un exercice de ce type.

1). Avez-vous trouvé l'exercice demandé : *(Entourez le chiffre qui vous convient)*

Très facile 1 2 3 4 5 6 7 Très difficile

2). Pendant cet exercice, vous sentiez-vous : *(Entourez le chiffre qui vous convient)*

Pas du tout stressé										Très stressé
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

3). D'après vous, quel score allez-vous obtenir sur 6 points : *(Entourez le chiffre qui vous convient)*

0 1 2 3 4 5 6

4). D'après vous, quelle quantité d'effort vous a demandé cet exercice ? *(Entourez le chiffre qui vous convient)*

Aucun effort 1 2 3 4 5 6 7 8 9 effort maximal 10

Merci beaucoup pour vos réponses, vous pouvez maintenant continuer l'exercice.

ANNEXES DE L'ETUDE 3

QUESTIONNAIRE PRE-PASSATION

Nous vous remercions pour votre participation à cette étude.

Avant de commencer la vertébroplastie sur boîte de simulation, nous vous demandons de répondre à quelques questions. Vos réponses sont complètement **anonymes** et **confidentielles**.

Veillez utiliser l'échelle ci-dessous pour décrire **votre ressenti actuel**, juste avant de commencer l'étude gestuelle sur colonne. Ne passez pas trop de temps sur chacun des points, mais donnez la réponse qui semble décrire le mieux ce que vous ressentez en ce moment.

En ce moment, avant de commencer l'exercice, vous vous sentez (*entourez la réponse qui vous convient*):

Nerveux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Content :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Anxieux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Calme, détendu :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Confiant, sûr de vous :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Stressé :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Curieux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

- Etes-vous en internat actuellement ?

Oui Non

Si oui, en quelle année ?

- Combien de vertébroplastie avez-vous déjà effectué ?

Aucune 1 seule Entre 2 et 5 Plus de 5

- A combien de vertébroplastie avez-vous déjà assisté ?

Aucune 1 seule Entre 2 et 5 Plus de 5

- Quel niveau de maîtrise estimez-vous avoir de la vertébroplastie ?

Aucun Total						
1	2	3	4	5	6	7

- Votre âge : ans

Merci pour vos réponses,
Vous pouvez maintenant poursuivre l'étude.

QUESTIONNAIRE POST-PASSATION

Avant de terminer, nous vous demandons de répondre à quelques questions concernant l'exercice que vous avez réalisé.

En ce moment, maintenant que vous avez fini l'exercice, vous vous sentez (*entourez la réponse qui vous convient*):

Nerveux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Content :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Anxieux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Calme, détendu :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Confiant, sûr de vous :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Stressé :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

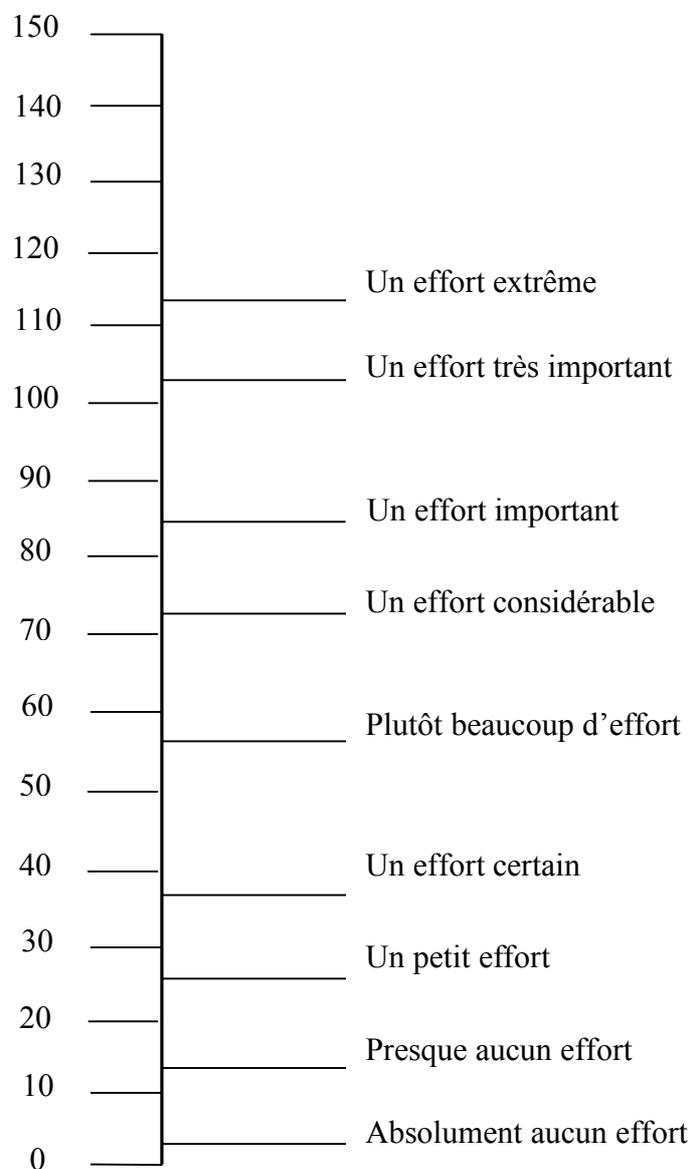
Curieux :

Pas du Tout							Tout à fait
1	2	3	4	5	6	7	7

Avez-vous trouvé l'exercice demandé : (*Entourez le chiffre qui vous convient*)

Très facile							Très difficile
1	2	3	4	5	6	7	7

Merci d'indiquer, en faisant une croix sur l'axe verticale ci-dessous, combien d'effort vous a demandé la réalisation de la tâche que vous venez de terminer :



Nous vous remercions pour votre participation.

ANNEXES DE L'ETUDE 4

INDUCTION DE STRESS (PHASE 1)

Expérimentateur : Je vous rappelle que vous êtes ici pour une passation qui va durer 45 minutes et que pour votre passation vous serez rémunéré 0,375 points d'expé à valoir en psychologie sociale. Cette étude va se réaliser en 3 temps. D'abord, on va vous demander de vous exprimer sur un sujet de culture générale. Vous aurez 1 minute pour préparer votre discours et vous me ferez une présentation de 5 minutes. Votre passation sera entièrement filmée. Cette étude aura lieu dans cette salle. Puis, vous passerez dans cette seconde salle où vous réaliserez une étude sur ordinateur. Et enfin, à la fin de votre passation informatique, vous ferez une seconde présentation orale sur un autre thème de société. Cette présentation sera bien plus importante que la première puisque nous seulement vous serez encore filmé mais en plus vous vous exprimerez devant un jury constitué de 3 psychologues spécialistes du langage et du comportement. Est ce que vous avez des questions avant de commencer ?

Les installer devant la table où ils vont avoir 1 minute pour préparer leur sujet.

Expérimentateur : On va donc pouvoir commencer. Installez vous ici s'il vous plaît. A mon signal vous retournerez la feuille sur la table, vous lirez le sujet sur lequel vous devez préparer votre oral. Vous pouvez prendre des notes si vous le souhaitez, sachez juste que quand vous devrez vous exprimer, vous n'aurez pas le droit de prendre vos notes avec vous. Vous êtes prêt(e) ? Vous pouvez retourner votre feuille.

S'éloigner et les laisser préparer pendant 1 minute.

Expérimentateur : La minute de préparation est passée. Vous allez maintenant passer devant la caméra, essayez de parler d'une voix bien distincte. Tenez vous bien droit devant la caméra. Vous avez donc 5 minutes pour nous exposer votre avis sur le thème qui vous a été donné.

Lancer le film et donner le signal de départ.

Si les participants finissent avant les 5 minutes (ce qui sera le cas), leur dire :

Expérimentateur : Vous êtes sûrs que vous ne pouvez rien dire d'autre sur l'Union Européenne? C'est bizarre normalement les étudiants en licence sont capables de parler pendant au moins 6 minutes sur ce thème. Je vais vous poser des questions pour vous aiguiller.

Leur reposer les questions de la feuille.

Expérimentateur : Combien y'a-t-il de pays membres actuellement ? Quels sont ces pays membres de l'UE ?

Faire en sorte que la présentation dure bien 5 minutes par sujet.

INDUCTION CONSIGNES

INDUCTION PERSPECTIVE AUTO DISTANCIÉE-POURQUOI

Prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. Projetez-vous mentalement dans la scène qui va se dérouler. Essayez de l'imaginer comme si vous étiez en train de vous regarder présenter ce deuxième thème, donc en tant qu'observateur de vous-même dans cette situation stressante. Pendant que vous faites ça, focalisez votre attention sur ce qui arrive maintenant à ce nouveau vous, ce vous distant. Pendant que vous vous imaginez vivre cette situation, essayez de comprendre les émotions que vous allez ressentir pendant cet événement stressant. Pourquoi, d'après-vous, allez-vous ressentir ces émotions ? Quelles en sont les causes et les raisons sous-jacentes ?

INDUCTION PERSPECTIVE AUTO DISTANCIÉE-QUOI

Prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. Projetez-vous mentalement dans la scène qui va se dérouler. Essayez de l'imaginer comme si vous étiez en train de vous regarder présenter ce deuxième thème, donc en tant qu'observateur de vous-même dans cette situation stressante. Pendant que vous faites ça, focalisez votre attention sur ce qui arrive maintenant à ce nouveau vous, ce vous distant. Pendant que vous continuez à vivre cette situation stressante, focalisez votre attention sur les émotions que vous allez ressentir pendant cet événement. D'après vous, quelles émotions allez-vous ressentir ?

INDUCTION PERSPECTIVE AUTO IMMERGEE-POURQUOI

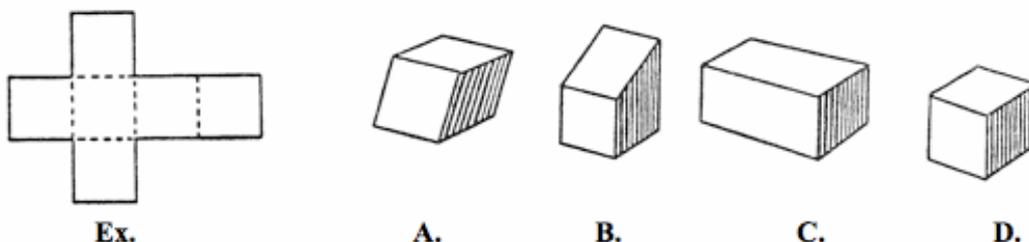
Prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. Projetez-vous mentalement dans la scène qui va se dérouler. Essayez de l'imaginer comme si vous étiez déjà en train de la vivre, comme acteur de cette situation stressante. Pendant que vous vous imaginez vivre cette situation, essayez de comprendre les émotions que vous allez ressentir pendant cet événement stressant. Pourquoi, d'après-vous, allez-vous ressentir ces émotions ? Quelles en sont les causes et les raisons sous-jacentes ?

INDUCTION PERSPECTIVE AUTO IMMERGEE-QUOI

Prenez quelques instants pour penser à ce que vous allez vivre. Projetez-vous mentalement dans la scène qui va se dérouler. Essayez de l'imaginer comme si vous étiez déjà en train de la vivre, comme acteur de cette situation stressante. Pendant que vous continuez à vivre cette situation stressante, focalisez votre attention sur les émotions que vous allez ressentir pendant cet événement. D'après vous, quelles émotions allez-vous ressentir ?

MATERIEL SUBTEST DEVELOPPEMENT DE VOLUME (PHASE 2)

Exemple



Ce type d'item est composé d'une figure plate et de 4 figures en perspective. Le dessin de gauche représente une pièce plate et les pointillés indiquent une pliure. Vous devez trouver parmi les 4 figures de droite, celle qui correspond à la figure de gauche lorsque celle-ci sera pliée.

Lorsque vous aurez trouvé la réponse, cochez la lettre appropriée : A, B, C ou D.

Dans l'exemple, la bonne réponse est la réponse D.

Attention à ne pas prendre trop de temps pour répondre.

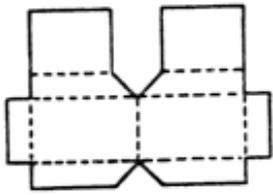
Il est important de répondre aussi rapidement et correctement que possible.

Vous ne devez pas passer plus de 30 secondes par items. Ce délai est très important car votre score sera calculé en fonction du temps que vous aurez passé sur les items, du nombre d'essais que vous aurez tenté et de votre nombre d'essais corrects. Respectez bien le délai, allez le plus vite possible, car le gagnant du bon d'achat sera celui qui a le score le plus élevé.

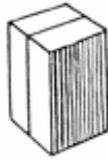
De plus, vous avez la possibilité de ne pas répondre lorsque vous ne savez pas en cliquant sur " Non réponse ".

SOYEZ STRATEGIQUE ! Ne perdez pas de temps et de points inutilement !

Items :



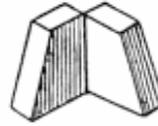
1.



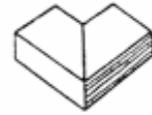
A.



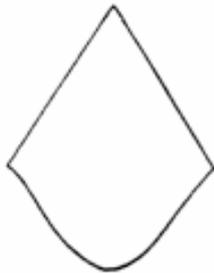
B.



C.



D.



2.



A.



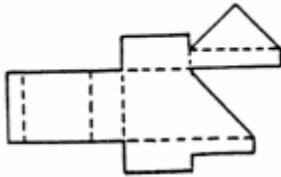
B.



C.



D.



3.



A.



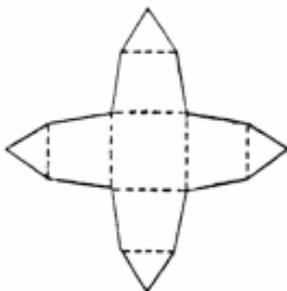
B.



C.



D.



4.



A.



B.



C.



D.



5.



A.



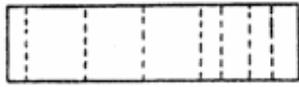
B.



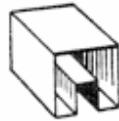
C.



D.



6.



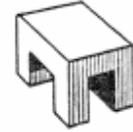
A.



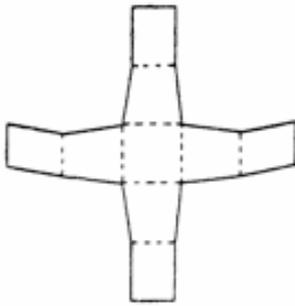
B.



C.



D.



7.



A.



B.



C.



D.



8.



A.



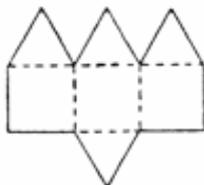
B.



C.



D.



9.



A.



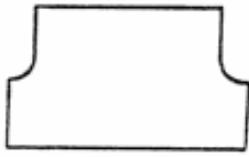
B.



C.



D.



10.



A.



B.



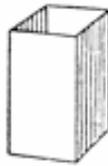
C.



D.



11.



A.



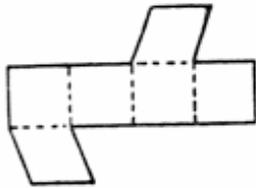
B.



C.



D.



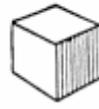
12.



A.



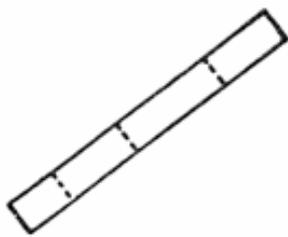
B.



C.



D.



13.



A.



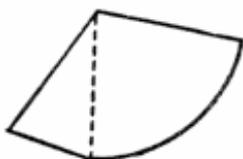
B.



C.



D.



14.



A.



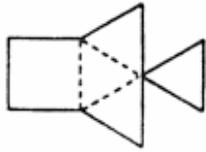
B.



C.



D.



15.



A.



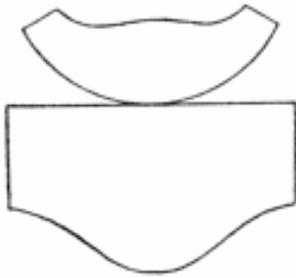
B.



C.



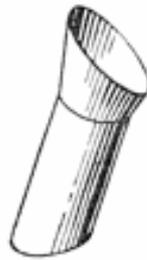
D.



16.



A.



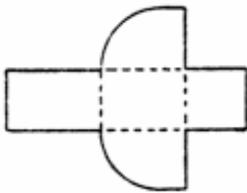
B.



C.



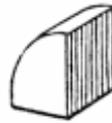
D.



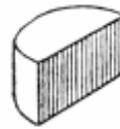
17.



A.



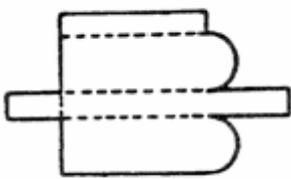
B.



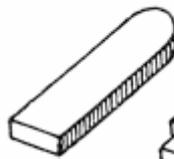
C.



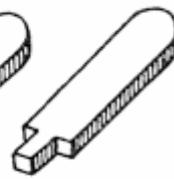
D.



18.



A.



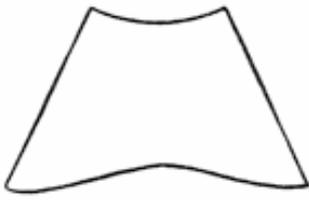
B.



C.



D.



19.



A.



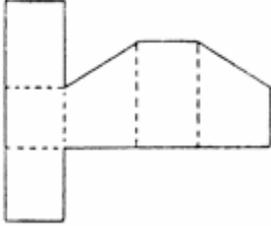
B.



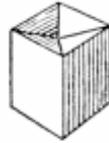
C.



D.



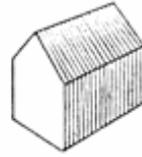
20.



A.



B.



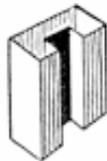
C.



D.



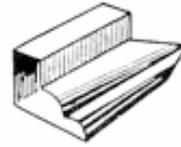
21.



A.



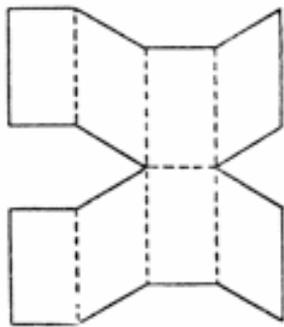
B.



C.



D.



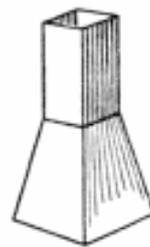
22.



A.



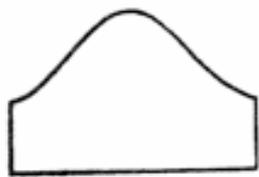
B.



C.



D.



23.



A.



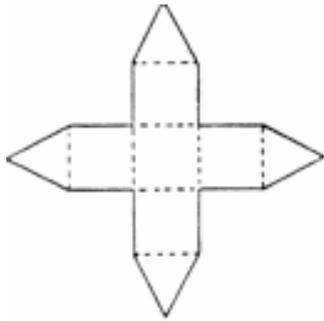
B.



C.



D.



24.



A.



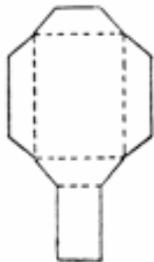
B.



C.



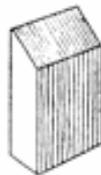
D.



25.



A.



B.



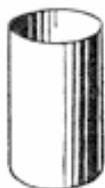
C.



D.



26.



A.



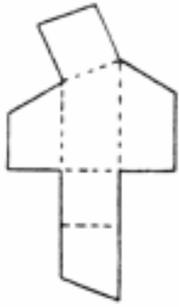
B.



C.



D.



27.



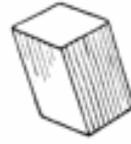
A.



B.



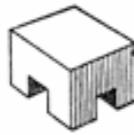
C.



D.



28.



A.



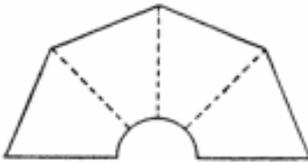
B.



C.



D.



29.



A.



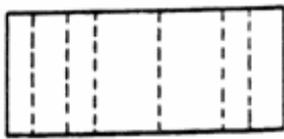
B.



C.



D.



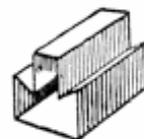
30.



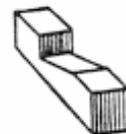
A.



B.



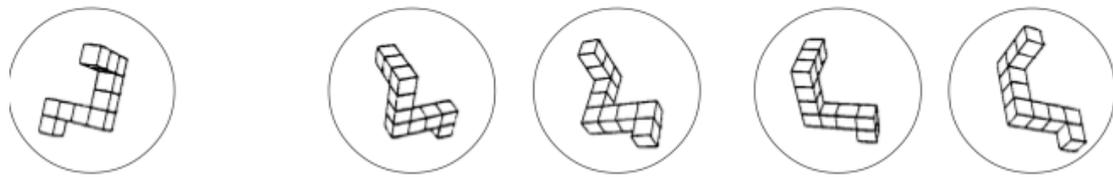
C.



D.

MATERIEL EPREUVE DE ROTATION MENTALE (PHASE 2)

Exemple :



Ex 2.

A.

B.

C.

D.

Dans cet exemple, il s'agit de mesurer votre aptitude à reconnaître le dessin d'un objet donné parmi un ensemble d'objets différents. La seule différence entre l'objet original et l'objet à trouver consiste en une modification de l'angle sous lequel il est vu.

Un premier dessin vous est donné tout à gauche. Vous devez indiquer parmi les quatre structures de droite, les deux qui sont semblables au modèle donné. Dans chaque problème, il y a toujours deux dessins semblables à celui de gauche. Lorsque vous avez trouvé les bonnes réponses, cochez les lettres appropriées : A, B, C ou D.

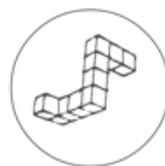
Dans l'exemple, les bonnes réponses sont : A et C.



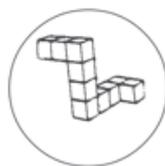
3.



A.



B.



C.



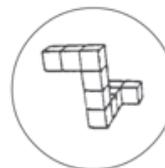
D.



6.



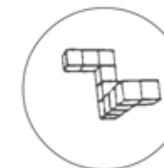
A.



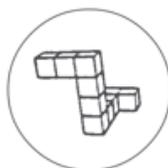
B.



C.



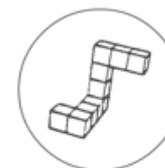
D.



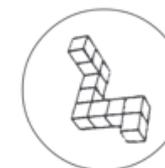
9.



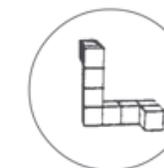
A.



B.



C.



D.



10.



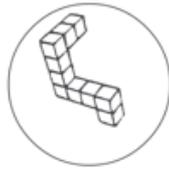
A.



B.



C.



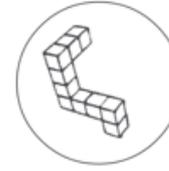
D.



12.



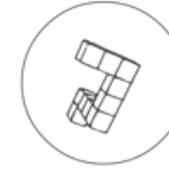
A.



B.



C.



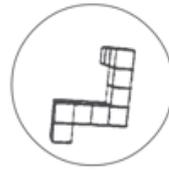
D.



15.



A.



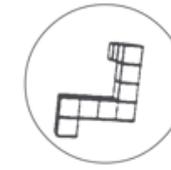
B.



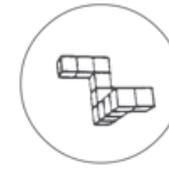
C.



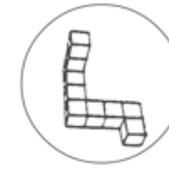
D.



17.



A.



B.



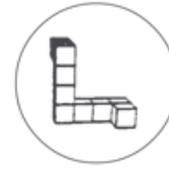
C.



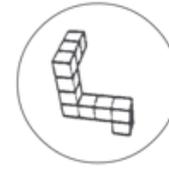
D.



21.



A.



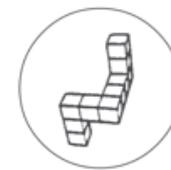
B.



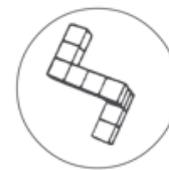
C.



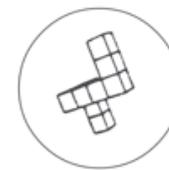
D.



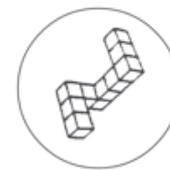
23.



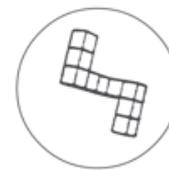
A.



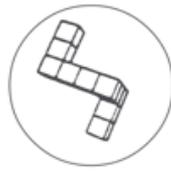
B.



C.



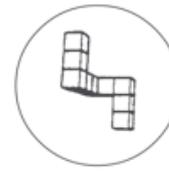
D.



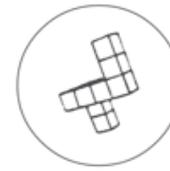
25.



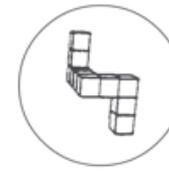
A.



B.



C.



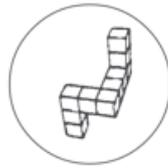
D.



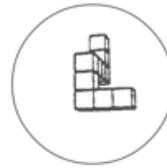
27.



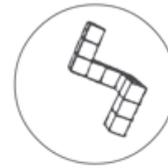
A.



B.



C.



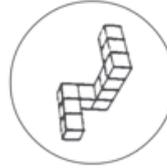
D.



29.



A.



B.



C.



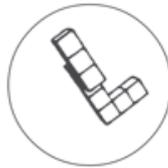
D.



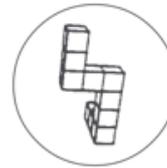
31.



A.



B.



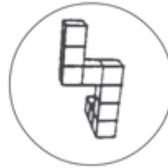
C.



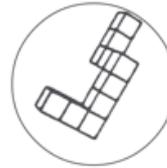
D.



33.



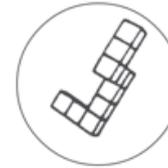
A.



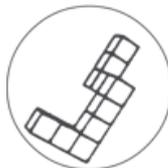
B.



C.



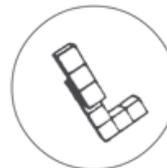
D.



35.



A.



B.



C.



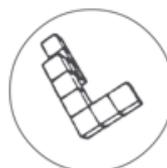
D.



37.



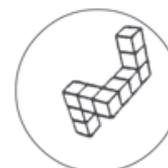
A.



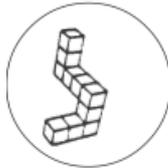
B.



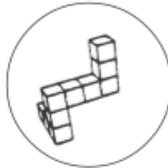
C.



D.



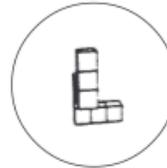
39.



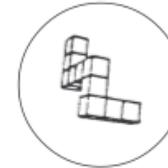
A.



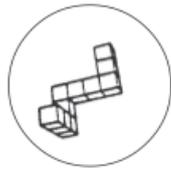
B.



C.



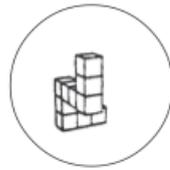
D.



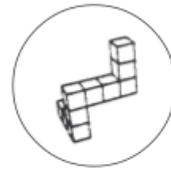
41.



A.



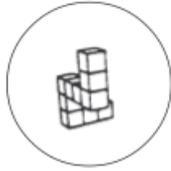
B.



C.



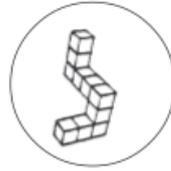
D.



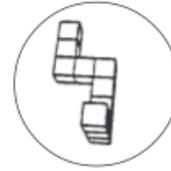
44.



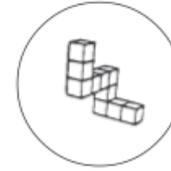
A.



B.



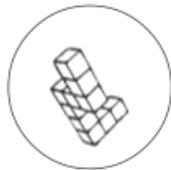
C.



D.



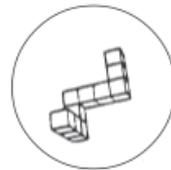
48.



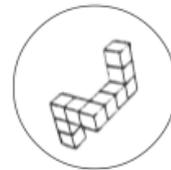
A.



B.



C.



D.

ANALYSES STATISTIQUES

Les codages

Sexe : -0,5 (femmes) ; 0,5 (hommes)

Type de perspective : -0,5 (auto immergée) ; 0,5 (auto distanciée)

Type de questionnement : -0,5 (quoi) ; 0,5 (pourquoi)

Résumé

Les futurs chirurgiens orthopédistes apprennent leur métier sur le mode du compagnonnage en participant, à hauteur de leurs compétences, à certains gestes opératoires. Cet apprentissage se déroule dans un milieu professionnel particulièrement stressant. Des travaux antérieurs ont déjà étudié l'incidence du stress sur la pratique professionnelle des chirurgiens experts et novices, mais la plupart n'ont pas utilisé une méthode expérimentale et ont considéré uniquement la performance comme un résultat d'action. Or, nous pensons qu'il est primordial de considérer les stratégies mobilisées par les internes (l'efficacité de traitement) et le résultat d'action pour pouvoir correctement appréhender les effets du stress sur la performance et le rôle joué par l'expertise et la difficulté de la tâche. Ainsi, ce travail de thèse a donc eu pour objectif de déterminer les effets du stress sur la performance des internes en chirurgie orthopédique, et ce en prenant en compte l'efficacité de traitement et la performance. Une première partie de ce travail a eu pour objectif de déterminer ce qui, dans l'activité, correspond à la performance comme résultat d'action et ce qui relève de l'efficacité de traitement. Nous avons pour cela mené une analyse de l'activité (Etude 1). Les résultats de cette analyse d'activité nous ont permis de tester expérimentalement les effets du stress sur la performance et sur l'efficacité de traitement. Bien que les résultats ne nous permettent pas de confirmer l'ensemble des hypothèses émises, nous mettons en évidence un effet du stress sur la performance et sur l'efficacité de traitement des internes dans une tâche de lecture et d'interprétation de radiographies (Etude 2) puis, sur l'efficacité de traitement dans une tâche de simulation opératoire (Etude 3). En nous appuyant sur les résultats obtenus, nous avons mis en place un simulateur d'apprentissage destiné aux futurs chirurgiens afin de renforcer l'enseignement de l'activité. Puis, nous avons proposé que l'enseignement de la gestion du stress soit intégré à la formation des internes. Pour cela, nous avons dirigé nos recherches sur les techniques de gestion émotionnelle en testant l'applicabilité d'une technique au domaine du stress (Etude 4). Le travail réalisé dans cette thèse s'est articulé autour de plusieurs disciplines, et la complémentarité de ces approches nous a permis d'apporter une contribution importante à la compréhension et la gestion des effets du stress sur la performance médicale.

Mots-clés : Stress ; Performance ; Efficacité de traitement ; Chirurgie orthopédique

Abstract

Future orthopedic surgeons learn their craft on the mode of companionship by participating in proportion to their skills, some operative procedures. This learning takes place in a stressful workplace. Previous works have studied the effect of stress on the professional practice of expert and novice surgeons, but most of them did not use an experimental method and considered only the performance as a result of action. However, we believe that it is essential to take into account the strategies used (processing efficiency) and the result of action in order to properly understand the effects of stress on performance and the moderating role of expertise and task difficulty. Thus, this thesis has aimed to determine the effects of stress on performance for future orthopedic surgeons, and taking into account the efficiency of processing and performance. The first part of this work aimed at disentangling efficiency and output in the concept of performance. To do so, we conducted an analysis of the activity (Study 1). Results of this analysis allowed us to experimentally test the effects of stress on performance and efficiency. On the whole, the results show that stress impairs performance and efficiency for future orthopedic surgeons in a task of reading and interpretation of radiographs (Study 2) and in a surgical simulation task (Study 3). In line with these findings, we developed a simulator for training future surgeons to enhance their training. Then, we proposed that the teaching of stress management should be integrated into the training of interns. To do so, we have focused our research on emotion regulation skills by testing the applicability of a technique to the field of stress (Study 4). The work done in this thesis is structured around several disciplines, and complementarity of these approaches has allowed us to make an important contribution to understanding and managing the effects of stress on medical performance.

Keys words: Stress; Performance; Processing efficiency; Orthopedic surgery