



HAL
open science

Problèmes didactiques d'une documentation et d'une assistance pédagogique en ligne pour des ingénieurs en formation en alternance

Abdelkarim Zaid

► To cite this version:

Abdelkarim Zaid. Problèmes didactiques d'une documentation et d'une assistance pédagogique en ligne pour des ingénieurs en formation en alternance. Education. École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2004. Français. NNT: . tel-00136834

HAL Id: tel-00136834

<https://theses.hal.science/tel-00136834>

Submitted on 15 Mar 2007

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.

ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN
ECOLE DOCTORALE SCIENCES PRATIQUES

THESE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE
DE CACHAN
en Sciences de l'Education

**PROBLEMES DIDACTIQUES D'USAGE ET DE
CONSTITUTION D'UNE DOCUMENTATION ET
D'UNE ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE
POUR DES INGENIEURS EN FORMATION EN
ALTERNANCE**

Thèse préparée à l'Unité Mixte de Recherche
« Sciences, Techniques, Education, Formation »

Soutenue par
Abdelkarim ZAID

Devant le jury composé de :

M. Jacques BAILLE

Professeur des Universités, Université Pierre Mendès France, Grenoble

M. Yves CARTONNET

Professeur des Universités, Ecole Normale Supérieure de Cachan

M. Didier MARQUIS

Professeur des Universités, Directeur de l'Institut Français de Mécanique Avancée

M. Jean-Louis MARTINAND

Professeur des Universités, Ecole Normale Supérieure de Cachan

M. Pierre PASTRE

Professeur du Conservatoire National des Arts et Métiers

A la mémoire d'« Elhaj » ...

... à Hamza et Hanane
pour leur patience.

Remerciements

Je remercie vivement Yves Cartonnet pour ses qualités humaines et intellectuelles dont il m'a entouré. Je le remercie également pour ses efforts inlassables pour me permettre de mener ce travail de thèse dans les meilleures conditions.

Je remercie Jean-Louis Martinand pour son soutien et sa rigueur intellectuelle et Joël Lebeaume pour ses conseils et ses relectures éclairantes.

Mes remerciements vont aussi à Claudine Larcher, Jean Lamour, Michael Huchette, Oktay Adiguzel, Zeki Bayram, Mathieu Jahnich, Ignace Rack, Bernard André, François-Marie Blondel et Philippe Varrin pour leurs aides, leurs critiques et leurs remarques.

Enfin, merci aux responsables, formateurs, tuteurs ingénieurs et apprentis du Centre de Formation par Apprentissage Ingénieurs 2000, sans qui cette thèse n'existerait pas.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Plan de la thèse..... | 12 |
| PARTIE PREMIÈRE : LES ENJEUX ET L'OBJET DE LA RECHERCHE | 16 |
| Chapitre 1 : introduction..... | 17 |
| 1- LA FORMATION D'INGÉNIEURS AU CENTRE DE FORMATION PAR APPRENTISSAGE INGÉNIEURS 2000 (CFAI)..... | 18 |
| 2- LES ÉVOLUTIONS PÉDAGOGIQUES ET DES FORMATIONS AU CFAI | 18 |
| Chapitre 2 : deux solutions pour construire des activités académiques « proches » des activités industrielles de formation | 21 |
| 1- LES SEMAINES THÉMATIQUES : UNE SOLUTION POUR « RAPPROCHER » LES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE | 21 |
| 2- L'APPRENTI ACTEUR DE SA PROPRE FORMATION..... | 25 |
| Chapitre 3 : La remise a niveau utilisant une assistance pédagogique en ligne Apprentissage, Multimédia, Ingénieurs (AMI)..... | 29 |
| 1- POURQUOI UNE ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE ?..... | 29 |
| 2- LE PRINCIPE DE LA REMISE À NIVEAU EN UTILISANT AMI | 30 |
| 3- LA DEMANDE DU CFAI QUANT A L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI | 31 |

Chapitre 4 : mise en situation de la demande du CFAI par rapport aux questions traitées dans les recherches sur l’alternance 34

1- LA FORMATION DES INGÉNIEURS EN ALTERNANCE..... 35

2- CONSÉQUENCES RETENUES DE LA REVUE DES RECHERCHES SUR L’ALTERNANCE 52

PARTIE DEUXIÈME : CADRE THÉORIQUE POUR ANALYSER L’ACTIVITÉ DE CONCEPTION 55

1- L’ACTIVITÉ DE L’INGÉNIEUR CONCEPTEUR 56

2- LES SAVOIRS DE L’INGÉNIEUR CONCEPTEUR 85

PARTIE TROISIÈME : CARACTÉRISATION DE L’ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION À TRAVERS LES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS ET LES RAPPORTS D’ALTERNANCE DES APPRENTIS 102

Chapitre 1 : la méthode d’analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs..... 103

1- LE CONTEXTE DES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS103

2- LA DÉMARCHE D’ANALYSE DES ENTRETIENS104

3- APPLICATION AUX ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS106

Chapitre 2 : caractérisation de l'activité de conception à travers les entretiens avec les tuteurs ingénieurs 115

1- IMPACTS DU TUTORAT SUR L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION116

2- LA NATURE DE LA TÂCHE DE CONCEPTION PROPOSÉE À L'APPRENTI122

3- L'ORGANISATION DE LA SEQUENCE INDUSTRIELLE DE FORMATION135

4- L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION VUE PAR LES TUTEURS INGÉNIEURS142

5- L'ARTICULATION DES ACTIVITÉS DE CONCEPTION INDUSTRIELLE ET ACADÉMIQUE145

6- CONCLUSION : CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION148

Chapitre 3 : analyse des rapports d'alternance 151

1- POURQUOI LES RAPPORTS D'ALTERNANCE ?151

2- LA MÉTHODE D'ANALYSE DES RAPPORTS D'ALTERNANCE152

Chapitre 4 : caractérisation de l'activité industrielle de conception à travers les rapports d'alternance 160

1- CARACTÉRISATION DES SAVOIRS MOBILISÉS DANS UNE ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION160

2- CARACTÉRISATION DES MODALITÉS DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS UNE ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION176

| | |
|---|-----|
| 3- POINT DE VUE DES APPRENTIS SUR L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 184 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| 4- CONCLUSION : CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 187 |
|---|-----|

PARTIE QUATRIÈME : CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION 190

| | |
|--|-----|
| Chapitre 1 : Description et méthode d'Analyse de l'activité académique de conception | 191 |
|--|-----|

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 1- LA DESCRIPTION DE LA TÂCHE | 192 |
|-------------------------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| 2- L'ANALYSE DES TRANSCRIPTIONS DES ENREGISTREMENTS VIDÉO | 198 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| Chapitre 2 : mise en évidence des savoirs mobilisés par les apprentis dans une activité académique de conception | 204 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| 1- ANALYSE « GLOBALE » DE L'ACTIVITÉ DES APPRENTIS | 204 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| 2- ANALYSE « LOCALE » DE L'ACTIVITÉ DES APPRENTIS | 217 |
|---|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| 3- CONCLUSION | 246 |
|---------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| Chapitre 3 : un carnet de bord pour supporter la continuité entre les deux sequences de formation | 255 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| 1- LA MÉTHODE D'ANALYSE DES ENTRETIENS ET DES CARNETS DE BORD | 256 |
|---|-----|

| | |
|--|-----|
| 2- LES ASPECTS DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SEQUENCES DE FORMATION ASSURÉS PAR LE CARNET DE BORD | 258 |
|--|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| 3- CONCLUSION | 267 |
|---------------------|-----|

PARTIE CINQUIÈME : « AMI », UNE ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE POUR SUPPORTER L'ARTICULATION DES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE DE FORMATION ? 269

Chapitre 1 : la méthode d'analyse des activités de formation en utilisant l'assistance pédagogique en ligne AMI..... 270

1- LA STRUCTURE DE L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI271

2- LA REMISE À NIVEAU EN PRÉSENCE283

3- LA REMISE À NIVEAU À DISTANCE298

4- LE QUESTIONNAIRE COMMUN301

Chapitre 2 : mise en évidence des difficultés des apprentis dans une activité utilisant l'APL AMI..... 303

1- IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS À MOBILISER LES FONCTIONNALITÉS DE L'APL AMI DANS UN OBJECTIF DE FORMATION304

2- IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS RELATIVES À LA PÉDAGOGIE QUI SOUS-TEND L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE AMI314

3- ANALYSE DES TRACES DES COMMUNICATIONS ENTRE LES APPRENTIS ET LES FORMATEURS323

4- L'APL AMI : UN SUPPORT DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SÉQUENCES DE FORMATION324

5- CONCLUSION326

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 328

| | |
|---|-----|
| 1- PROPOSITION D'UNE STRUCTURE DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION | 330 |
| 2- UNE MÉTHODE D'ANALYSE EN COHÉRENCE AVEC LA STRUCTURE DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION PROPOSÉE..... | 332 |
| 3- CARACTÉRISATION DES ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET ACADÉMIQUES DE FORMATION EN CONCEPTION | 333 |
| 4- IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS À « S'APPROPRIER » UNE ACTIVITÉ INSTRUMENTÉE..... | 342 |
| 5- PERSPECTIVES | 345 |
| Bibliographie..... | 336 |
| Table des matières des figures | 347 |
| Table des matières des tableaux..... | 350 |
| Table des matières | 352 |

PLAN DE LA THESE

A l'origine de ce travail de thèse, financé par le Centre de Formation par Apprentissage Ingénieurs¹ 2000, il y avait la demande de ce dernier qui a été suscitée par deux évolutions de la formation d'ingénieurs en alternance qu'il assure : premièrement, mettre en œuvre des innovations pédagogiques susceptibles de « rapprocher » les activités académique et industrielle de formation et, deuxièmement, supporter ce « rapprochement » et individualiser la formation en utilisant une assistance pédagogique en ligne utilisant les nouvelles technologies de communication et d'information.

En effet, la première évolution se traduit pour les filières mécaniques et génie mécanique par prévoir, en dernière année de formation et pendant la séquence académique de formation, des semaines dites « bloquées » ou thématiques, où les apprentis mobilisent leurs savoirs acquis pendant cette séquence en exécutant des tâches de conception. Pendant ces semaines, les disciplines sont décloisonnées et les formateurs interviennent, en tant qu'experts, pour aider les apprentis sur des points précis de leurs tâches de conception. Pour la filière mécatronique, les apprentis prennent en charge des projets industriels pendant la séquence académique. Ces projets recensent des besoins des entreprises, des sujets de recherche et développement pour le laboratoire à la demande des entreprises et des supports pour construire des activités de formation académique pour les formateurs². C'est l'apprenti qui a la charge de conduire le projet dans les deux séquences de formation³.

En ce qui concerne la deuxième évolution (supporter le rapprochement des deux séquences et individualiser la formation), l'assistance pédagogique en ligne AMI⁴, dans sa phase expérimentale, assure l'homogénéisation des connaissances des apprentis, ayant des formations antérieures différentes, et leur remise à niveau en termes de connaissances nécessaires à la formation d'ingénieurs en présence (séquence académique) ou à distance (séquence industrielle).

Ainsi, nous avons reformulé la demande du CFAI par une série de questions :

¹ Désormais CFAI.

² Qui sont en même temps des chercheurs au Laboratoire de Robotique de Versailles.

³ Sans que le projet se substitue obligatoirement à la tâche confiée par l'entreprise à l'apprenti pendant la séquence industrielle.

⁴ AMI : c'est le dispositif de remise à niveau mis en place par le CFA I2000 (Apprentissage Multimédia Ingénieurs).

- pour les semaines thématiques : ces dernières ainsi construites, permettent-elles de « rapprocher » les activités académiques de celles industrielles de formation ? En quoi consiste ce rapprochement ? Comment se déroulent effectivement les activités des apprentis pendant les semaines thématiques ? Permettent-elles aux apprentis de donner du sens⁵ aux enseignements qu'ils ont reçus pendant les deux années de formation académique ? Leur permettent-elles, en définitive, la mise en œuvre de leurs acquis académiques en situation industrielle ?
- pour les projets industriels en mécatronique, de quelles informations, sur leurs tâches industrielles, les apprentis doivent rendre compte ? Comment les « outiller » pour mener à bien cette tâche ?
- pour l'assistance pédagogique en ligne AMI, permet-elle aux apprentis d'acquérir des connaissances de bases indispensables à la formation ? Permet-elle d'individualiser la remise à niveau ? leur permet-elle de travailler en autonomie ? Quelles sont les conditions d'une mise en œuvre efficace d'AMI ? Comment garantir la mobilisation des fonctionnalités de la plate-forme AMI en cohérence avec la formation en alternance ? Quelles spécificités de la plate-forme et celles du contenu qu'elle véhicule dans le cas de la formation en alternance ?

Ces questions ont orienté nos choix théoriques en ce qui concerne la construction de notre problème de recherche. En effet, nous proposerons une structure de l'activité de conception qui nous permettra de répondre à des questions sur la nature des savoirs mobilisés dans une activité de conception ainsi que leurs modalités de mobilisation. Nous tenterons de répondre à ces questions à travers les six parties qui organisent ce travail de thèse.

Dans la première partie nous fixons les enjeux et l'objet de la recherche. Nous développons dans le premier chapitre les fondements et les objectifs des évolutions de la formation d'ingénieurs en alternance au CFAI. Dans les deux chapitres suivants nous exposons chacune des évolutions pour arriver à reformuler la demande du CFAI en termes des questions mentionnées plus haut. Or, étudier l'activité de formation des ingénieurs dans le cadre d'une formation en alternance, ne peut se faire qu'en référence aux connaissances déjà établies dans le domaine. Nous situons alors les questions du CFAI par rapport aux travaux antérieurs qui

⁵ Que Charlot (1995) définit comme suit : « ...dire qu'un objet ou une activité, un lien, une situation etc. lié au savoir a du sens, ce n'est pas simplement de la « signification » (qu'il peut inscrire dans un ensemble de relations), c'est aussi dire qu'il peut provoquer un désir, mobiliser, mettre en mouvement un sujet qui lui trouve de la valeur. »

ont étudié la formation en alternance, en particulier celle des ingénieurs, dans le quatrième chapitre.

La deuxième partie vise la construction d'un cadre conceptuel nous permettant de comprendre comment s'organise l'activité de formation d'ingénieurs en conception. Ainsi, nous délimitons le cadre théorique, d'une part, pour analyser l'activité de formation, d'un ingénieur en conception, en termes de savoirs mobilisés et de modalités de mobilisation des savoirs, c'est ce que nous présentons dans le premier chapitre ; d'autre part, pour analyser son activité de formation en utilisant un instrument : la plate-forme de l'assistance pédagogique en ligne AMI, c'est ce que nous relatons dans le deuxième chapitre. Ce dernier s'achève par la formulation de notre problématique. La compréhension de l'activité de formation d'ingénieurs en conception et de celle de remise à niveau en utilisant l'assistance pédagogique en ligne nous permettra de proposer aux responsables et formateurs du CFAI des principes d'intervention didactique en vue d'articuler les deux activités de formation en alternance dans le cas de la formation d'ingénieurs en conception.

Les observations de cette recherche ont été conduites auprès des apprentis ingénieurs des filières génie mécanique (première année et troisième année à l'UMLV⁶) et mécatronique (première année à l'UVSQ⁷). Ainsi, dans la première investigation, nous mettons en évidence les caractéristiques de l'activité de conception pendant la séquence industrielle de formation à travers les entretiens avec les tuteurs ingénieurs dans les deux premiers chapitres et à travers les rapports d'alternance des apprentis dans les deux derniers chapitres. Dans les deux cas, nous précisons la méthodologie mise en œuvre.

Une seconde investigation est exposée dans la quatrième partie. Nous nous intéressons cette fois à l'activité de formation en conception pendant la phase académique. Nous exposons dans le premier chapitre la méthodologie mise en œuvre et dans le second chapitre les résultats de notre investigation. Dans le troisième chapitre nous présentons le retour d'expériences concernant l'utilisation par les apprentis d'un outil que nous avons proposé : « le carnet de bord » permettant de rendre compte du projet industriel qu'ils prennent en charge pendant la séquence industrielle de formation et qui constitue un support des activités de formation académique.

⁶ L'Université de Marne La Vallée.

⁷ L'Université de Versailles Saint-Quentin.

Dans la cinquième partie, nous relatons la troisième investigation. Elle concerne l'analyse de l'activité de formation en termes de difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de la plate-forme de l'assistance pédagogique en ligne AMI dans une tâche de remise à niveau et à l'organisation pédagogique qui sous-tend cette dernière. Ainsi, dans le premier chapitre nous exposons la méthodologie mise en œuvre, tandis que dans les trois chapitres suivants nous donnons les résultats respectivement de l'analyse du questionnaire commun aux apprentis qui ont utilisé l'assistance pédagogique en ligne, de l'analyse des enregistrements vidéo des apprentis dans des activités de remise à niveau utilisant AMI et, enfin, de l'analyse des traces des communications entre les apprentis et les tuteurs via la plate-forme de l'assistance pédagogique en ligne AMI.

Dans la dernière partie, nous présentons un rappel des principaux résultats de notre recherche que nous discutons par rapport à nos choix théoriques, mais aussi par rapport aux recherches sur la formation d'ingénieurs en alternance. Nous exposons aussi les perspectives et les ouvertures que nous suggère ce travail de recherche.

En ce qui concerne la contribution de notre travail de recherche, nous considérons qu'elle est de trois ordres :

- un ordre théorique par la proposition d'une structure de l'activité de conception en vue de mettre en évidence, d'une façon empirique, les savoirs mobilisés, leur nature et leurs modalités de mobilisation ;
- un ordre méthodologique, en mettant en œuvre des techniques de recueil et d'analyse des données en cohérence avec nos choix théoriques en ce qui concerne la structure de l'activité et les savoirs de conception ;
- un ordre didactique en proposant aux formateurs au CFAI des principes pour construire des activités de formation académiques en conception et des outils pour aider à les mettre en œuvre (constitution et usage d'une documentation et d'une assistance pédagogique en ligne). Ainsi, nous proposerons notamment, d'une part, un carnet de bord⁸ pour établir des continuités entre les activités de conception dans les deux séquences de formation en alternance et, d'autre part, un guide⁹ aidant le tuteur ingénieur dans sa tâche de tutorat pendant la séquence industrielle.

⁸ Voir annexe n°11.

⁹ Voir annexe n°26.

**PARTIE PREMIERE : LES ENJEUX ET L'OBJET
DE LA RECHERCHE**

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

A l'origine de la création des Centres de Formation par Apprentissage des ingénieurs (CFAI), il y a eu le rapport Decomps (1989). Ce rapport faisait état d'un déficit d'ingénieurs et de formations d'ingénieurs en France. Nous reprenons ici les propos de l'auteur de ce rapport ministériel :

« Notre pays a une tradition qui veut qu'on appelle ingénieur quelqu'un qui a fait une grande quantité de mathématiques, de physique et a suffisamment cultivé l'abstraction avant de s'intéresser de plus près aux technologies. Résultat : tous les vingt ou trente ans, on découvre que les jeunes ingénieurs ne sont pas adaptés aux techniques et on crée une nouvelle école. »

Ainsi, pour pallier à ce déficit, le rapport propose la création d'une nouvelle formation d'ingénieurs d'application spécialisée, sanctionnée par un diplôme d'ingénieur, relevant du champ de compétence de la Commission des Titres d'Ingénieurs. La modalité de formation préconisée est la formation par apprentissage.

Le CFA ingénieurs 2000 est placé sous l'autorité du Conseil d'administration de l'association Ingénieurs 2000 créée en 1991 par six groupes industriels¹⁰, le Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) et le groupement des industries métallurgiques Ile-de-France. Aujourd'hui, le partenariat¹¹ de l'association Ingénieurs 2000 avec les écoles et les universités est plus large, il comporte en plus du CNAM, l'Université de Marne-la-Vallée (UMLV), l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) et l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ). Ainsi, le CFAI coordonne le recrutement et assure la mise en place des contrats d'apprentissage. Les écoles d'ingénieurs ou les universités assurent la formation conduisant au diplôme d'ingénieur.

¹⁰ EDF/GDF, Renault, Schneider, Snecma, Thomson et Usinor-Sacilor.

¹¹ Les écoles du dispositif Ingénieurs 2000 fonctionnent au sein d'établissements d'enseignement supérieur ayant passé convention avec le CFA.

1- LA FORMATION D'INGENIEURS AU CFAI

Deux caractéristiques essentielles distinguent la formation d'ingénieurs par apprentissage :

- il s'agit d'une **formation en alternance**, où sont associées des périodes d'enseignement dans une école ou une université (séquences académiques) et des périodes de travail dans des entreprises (séquence industrielle),
- l'apprenti est également un **salarié** de l'entreprise qui l'accueille pour les séquences industrielles.

Ces formations sont destinées à des élèves titulaires d'un Brevet de Technicien Supérieur (BTS) ou un Diplôme Universitaire de Technologie (DUT). Conformément au principe de la formation par l'apprentissage, l'entreprise est à l'initiative de la démarche de recrutement. Elle embauche l'apprenti qui s'adresse à un CFAI. Ce dernier lui dispense alors l'enseignement requis pour obtenir son diplôme d'ingénieur en fin de formation.

L'offre du CFAI comporte aujourd'hui six filières de formations d'ingénieurs en :

- Electronique et informatique
- Maintenance et fiabilité des systèmes industriels
- Génie mécanique
- Mécanique (conception et production industrielle)
- Informatique et réseau
- Mécatronique

2- LES EVOLUTIONS PEDAGOGIQUES ET DES FORMATIONS AU CFAI

2.1- Les fondements des évolutions

Depuis sa création, le CFA Ingénieurs 2000 a connu plusieurs évolutions que ce soit par le nombre de formations offertes ou en ce qui concerne la construction et l'organisation des activités de formation en alternance.

En fait, ces évolutions trouvent leurs fondements dans les défis relevés par l'avènement des technologies nouvelles, les transformations de l'organisation du travail et l'interconnexion internationale croissante dans l'économie et l'industrie exigeant de nouvelles qualifications.

Mais elles les trouvent aussi dans les textes officiels fondateurs avec les lois 1971 et 1987 de la formation professionnelle en générale et la formation en alternance en particulier.

Ainsi, ces lois insistent sur le développement de liaisons effectives entre la formation académique et l'expérience sur le lieu de travail. L'objectif étant une « véritable »¹² formation en alternance qui associe les deux pôles, le CFA et l'entreprise, par une coordination permanente entre les trois acteurs que sont le tuteur ingénieur, le professeur et l'apprenti. Ce qui implique, en ce qui concerne les activités de formation, l'établissement de programmes « coordonnés » et de structures qui permettent une coopération entre les différents acteurs de la formation en alternance.

En même temps, ces lois indiquent des objectifs de qualité de la formation qui impliquent une évolution des méthodes et des équipements pédagogiques en insistant sur :

- le développement de la pédagogie différenciée et l'individualisation de la formation,
- l'instauration d'une « coordination » plus étroite entre les tuteurs ingénieurs¹³ et les professeurs,
- le renforcement l'innovation pédagogique,
- l'utilisation de l'informatique et des nouvelles technologies pour la formation dans la création de ces pratiques individualisées,
- la découverte par les apprentis ingénieurs des nouvelles technologies et afin de faciliter l'introduction de l'informatique dans le métier objet de l'apprentissage.

Dès lors, les objectifs de la formation en alternance sont orientés non seulement vers une élévation de la qualification des personnes, mais aussi vers une adaptabilité des futurs salariés aux évolutions techniques et technologiques des métiers (Annoot, 1996 ; p.74).

Ainsi, l'évolution de la formation des ingénieurs en alternance est dictée par l'évolution constante des pratiques économiques et industrielles. Cette évolution trouve ses échos dans les lois qui institutionnalisent et organisent la formation. Ces dernières insistent sur le « rapprochement », « l'articulation » voire même « l'intégration » des lieux d'apprentissage et de travail comme réponse à la fluctuation économique et les changements fréquents du profil de l'ingénieur recherché. Derrière cette idée de rapprochement voire d'intégration des lieux d'apprentissage et de travail, se cachent souvent différents types de dispositifs qui se caractérisent par un recours plus ou moins important aux Nouvelles Technologies de

¹² Fait allusion aux classifications des alternances : véritable, associative, intégrative ... etc.

¹³ Dans les textes des lois 1971 et 1987, le terme utilisé est le « maître d'apprentissage ».

l'Information et de la Communication (NTIC) et par une prise en charge plus ou moins individualisée des difficultés rencontrées par les apprenants (Depover et Marchan, 2000).

Nous constatons, à quel point les deux questions, d'une part, celle de « l'articulation » ou du « rapprochement » entre les deux lieux de formation en alternance et, d'autre part, celle de l'introduction des nouvelles technologies, sont liées. En effet, rapprocher le lieu de formation de celui de travail, notamment dans le domaine industriel, c'est aussi « rapprocher » les méthodes et les moyens de formation de ceux du travail qui s'appuient de plus en plus sur les nouvelles technologies.

Comment alors s'est traduite cette nécessité d'évolution de la formation dans le cas de la formation d'ingénieurs en alternance au CFAI ?

2.2- Les objectifs des évolutions : Individualiser la formation et supporter « le rapprochement » des activités académiques et industrielles

Ces deux préoccupations : construire des activités de formation académique « proches » des activités industrielles et supporter ce rapprochement par une innovation pédagogique utilisant les nouvelles technologies et permettant d'individualiser la formation, étaient à l'origine de ce travail de thèse financée par le CFAI. En effet, la demande de ce dernier est, d'une part, d'étudier les activités de formation¹⁴ académique et leur rapport aux activités industrielles en vue de proposer aux formateurs des principes pour mieux les articuler et aux apprentis des outils pour les impliquer dans leur propre formation et, d'autre part, d'étudier les conditions de mise en œuvre d'une innovation pédagogique (une assistance pédagogique en ligne pour les apprentis ingénieurs). Nous explicitons dans les deux chapitres suivants ces deux préoccupations.

¹⁴ Qui seront, selon le besoin des apprentis, véhiculés via l'assistance pédagogique en ligne AMI.

CHAPITRE 2 : DEUX SOLUTIONS POUR CONSTRUIRE DES ACTIVITES ACADEMIQUES « PROCHES » DES ACTIVITES INDUSTRIELLES DE FORMATION

Nous présentons ici la première évolution de la formation des ingénieurs en alternance au CFAI à travers, d'une part, celle de la formation au sein de la filière de mécanique par la mise en oeuvre des « semaines thématiques » et, d'autre part, la création à la rentrée 2003 d'une nouvelle filière de formation d'ingénieurs en mécatronique qui vise à impliquer l'apprenti ingénieur dans sa propre formation.

1- LES SEMAINES THEMATIQUES : UNE SOLUTION POUR « RAPPROCHER » LES ACTIVITES ACADEMIQUE ET INDUSTRIELLE

Cette formation a été créée en 1999 en partenariat avec le Conservatoire National des Arts et Métiers (Mécanique) et l'Université de Marne-La-Vallée (Génie mécanique). Une filière est gérée par l'université et une autre filière est gérée par le CNAM. Elle prépare l'ingénieur apprenti aux fonctions concernant la conception du produit et son processus de production, la mise en œuvre des moyens de fabrication, la définition et la gestion du système de production. L'environnement de l'ingénieur en conception et production industrielle est numérique : la Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur, la simulation et les nouvelles technologies de conception et de fabrication sont au cœur de ses savoirs. Cette formation conduit à l'obtention du diplôme d'ingénieur en conception et production industrielle.

1.1- L'organisation de la formation

Pour la filière UMLV, la formation est de trois années. Chaque année est organisée en deux séquences : une séquence industrielle de six mois (en gris sur le schéma) et une séquence académique de six mois (en blanc sur le schéma). La séquence industrielle de la deuxième année pouvant éventuellement se passer dans une entreprise à l'étranger. Des semaines thématiques, que nous expliciterons dans la suite, sont prévues dans la dernière séquence académique de formation. C'est ce que résume le schéma suivant :

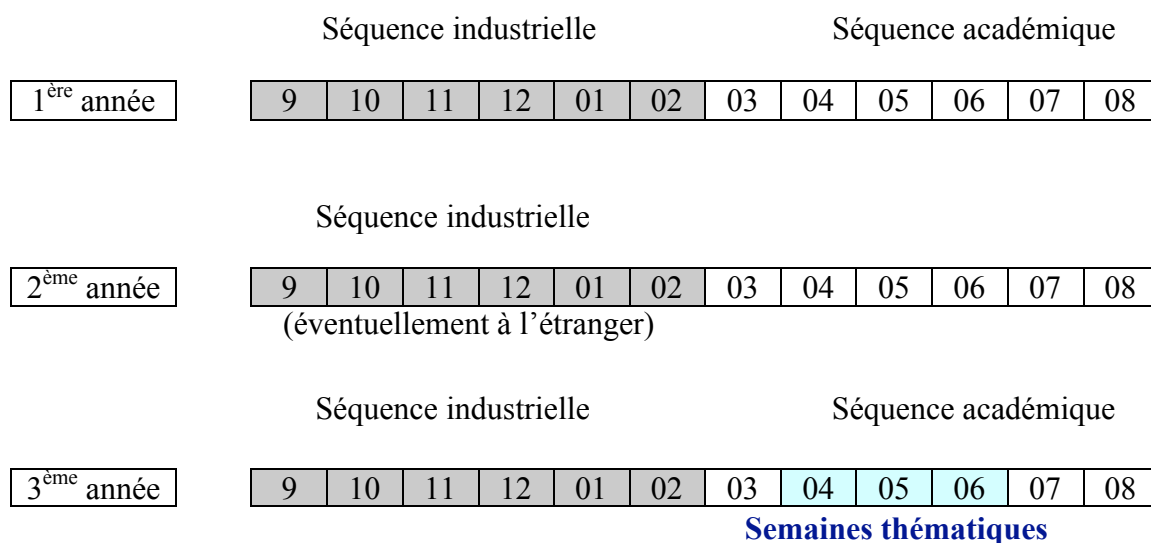


Figure n°1 : organisation de la formation Génie Mécanique à l'UMLV

1.2- La séquence académique

La séquence académique est d'une durée de 23 semaines par an. Cette durée est consacrée aux cours, aux travaux dirigés et aux travaux pratiques¹⁵ dans les ateliers de l'UMLV.

Les enseignements sont organisés en blocs et modules thématiques :

- le bloc sciences de l'ingénieur
- le bloc technologies industrielles
- le bloc processus de conception et de production
- le bloc entreprise et communication
- des modules dits de « convergences ».

¹⁵ L'un des formateurs explique pourquoi on parle de travaux pratiques et non de projet : « on n'appelle pas ça projet a priori car au CFA, le terme projet n'a rien à faire dans les séquences académiques puisqu'ils (les apprentis) sont sur de véritables projets industriels en entreprise ».

Les modules de convergence correspondent en fait à des modules de remise à niveau. Nous y reviendrons dans le chapitre suivant¹⁶.

1.3- La séquence industrielle

La séquence industrielle est d'une durée de 23 semaines par an. L'apprenti est immergé dans le monde industriel en lui donnant la possibilité, dès la deuxième année de formation, à prendre en charge des tâches industrielles utiles pour l'entreprise. La deuxième année est aussi l'occasion pour plusieurs apprentis de travailler dans des entreprises à l'étranger.

Ce qui spécifie l'alternance au CFAI, c'est que la séquence industrielle est totalement prise en charge par le tuteur ingénieur, donc par l'entreprise. L'université n'intervient pas dans le choix des tâches ou des projets à confier aux apprentis. En plus, les tâches ne sont pas créées pour les besoins de formation mais elles répondent à des besoins de l'entreprise. Les apprentis sont alors dans de vraies situations de production avec des enjeux réels.

1.4- Les semaines thématiques

Ainsi, vue cette spécificité, et conscients du rôle que doit jouer la séquence académique dans l'introduction progressive de l'apprenti dans l'entreprise, les responsables de la filière Génie mécanique à l'UMLV ont proposé ce qu'ils appellent « des semaines thématiques » au cours de la dernière année de formation. Ces semaines sont réparties sur les trois derniers mois de la formation :

| Semaines thématiques | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3^{ème} année | 9 | 10 | 11 | 12 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |

Figure n°2 : organisation des semaines thématiques

Les semaines thématiques représentent un « sas » de passage progressif d'un enseignement scolaire et disciplinaire vers des situations plus complexes où les apprentis doivent puiser dans leurs savoirs scolaires pour répondre à des problèmes réels.

L'un des concepteurs de cette innovation pédagogique explique le principe des semaines thématiques:

« Ce sont des semaines thématiques. En gros il y a trois semaines thématiques dans l'année (pendant la séquence académique) : la première semaine pour l'analyse fonctionnelle du

¹⁶ La présentation détaillée des quatre blocs sur les trois années de formation ainsi que l'organisation de chaque bloc est donnée en annexe n° 2.

produit. Une deuxième semaine qui est consacrée à la mise en volume par prototypage, puis une troisième semaine qui est consacrée à la mise en production. Ils travaillent sur le même produit sur les trois semaines. Là, l'originalité c'est que les apprentis vont travailler en groupe et les enseignants qui interviennent, qui vont pas faire cours et TD au tableau ou bien des corrections et des animations traditionnelles. Ce sont des enseignants qui vont intervenir comme tout expert, je pense à la fonderie métaux par exemple, et qui vont répondre aux questions ou aux problèmes que les étudiants se poseront pour résoudre leurs problématiques ».

Il s'agit pour les responsables de la formation, à terme, de rapprocher l'activité de formation académique de celle industrielle en décloisonnant les disciplines et en faisant intervenir des experts pour intervenir sur des questions techniques précises. Les semaines thématiques constituent donc une « phase intermédiaire » entre la formation académique et la formation industrielle. Il s'agit aussi, pour les responsables de la formation, d'une façon plus immédiate cette fois, de donner du sens aux enseignements scientifiques et techniques reçus par les apprentis dans la formation académique :

« Evidemment ces trois semaines thématiques (sont) sensées faire la preuve que les enseignements qu'ils ont reçus en première et en deuxième année sont des enseignements qu'ils vont pouvoir exploiter pour résoudre leurs problèmes techniques »

Les semaines thématiques ainsi construites, permettent-elles de « rapprocher » les activités académiques de celles industrielles de formation ? En quoi consiste ce rapprochement ? Comment se déroulent effectivement les activités des apprentis pendant les semaines thématiques ? Permettent-elles aux apprentis de donner du sens aux enseignements qu'ils ont reçus pendant les deux années de formation académique ? Leur permettent-elles, en définitive, la mise en œuvre de leurs acquis académiques en situation industrielle ? Telles sont les questions qui constituent la demande des responsables du CFAI par rapport aux semaines thématiques. Ces questions trouvent de nouveaux prolongements à l'occasion de la création d'une nouvelle filière de formation d'ingénieurs : la mécatronique. Ce sera l'occasion d'un autre essai de rapprochement entre les activités de formation dans les deux séquences industrielle et académique.

2- L'APPRENTI ACTEUR DE SA PROPRE FORMATION

En effet, cette filière ouverte récemment¹⁷ forme des ingénieurs en mécatronique. Le tableau suivant donne une idée sur les formations antérieures des apprentis recrutés :

| BAC | Diplôme Technologique | spécialité | origine géographique | filles/garçons |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| 18 S | 21 DUT | 10 GMP | Province = 10 | 2 filles 25 garçons |
| 8 STI | | 6 GEII | Ile de France = 17 | |
| 1 PRO | | 2 GIM | dont 10 du 78 | |
| | | 3 MP | | |
| | | 2 CPI | | |
| | 6 BTS | 1 Microtechnique | | |
| | | 2 MAI | | |
| | | 1 Electrotechnique | | |

Tableau n°1 : profils des apprentis mécatroniciens

L'ingénieur mécatronicien a pour mission de concevoir et de valider des systèmes relevant d'un processus d'intégration de technologies hétérogènes. Ainsi, il doit être capable de mettre en œuvre ses savoirs afin de concevoir des systèmes intégrant différentes technologies, mais aussi afin de prévoir les problèmes qu'engendre l'intégration de plusieurs principes physiques, par exemple les phénomènes vibratoires ou thermiques et la compatibilité électromagnétique : c'est ce qu'on appelle les phénomènes émergents. Un ingénieur intégrateur doit maîtriser l'étude de ces phénomènes, mais aussi, gérer la conduite de projet industriel mettant en œuvre des équipes multi-technologiques.

Cette formation conduit à l'obtention du diplôme d'ingénieur des techniques de l'industrie, spécialité Mécatronique.

¹⁷ A partir de la rentrée 2003.

2.1- L'organisation de la formation

L'alternance de cette filière est organisée selon un calendrier élaboré chaque année conjointement par l'Institut Supérieur de Technologie des Yvelines et le CFAI. Le schéma suivant présente l'organisation de l'alternance pour cette filière :

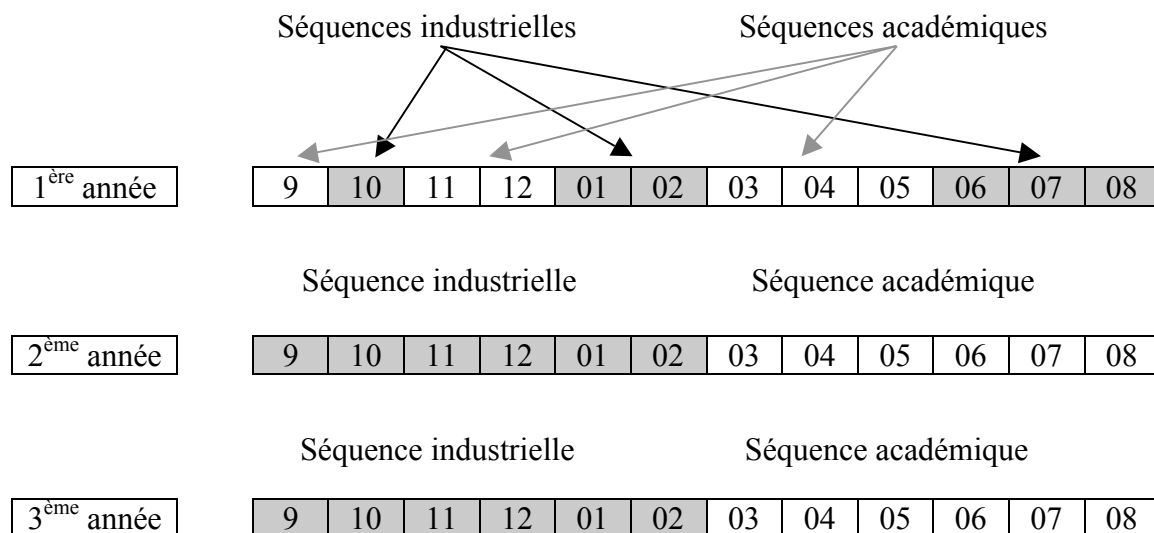


Figure n°3 : de la formation Mécatronique à l'UVSQ

Comme le montre le schéma ci-dessus, l'alternance pendant la première année de formation est progressive : des séquences industrielles d'un mois, puis de deux mois et enfin de trois mois (cases en gris) précédés par des séquences académiques de mêmes périodes (cases en blanc). La filière de formation Mécatronique est la seule, parmi les autres filières de formation offertes par le CFAI, à opter pour cette immersion progressive de l'apprenti dans la séquence industrielle pendant la première année de formation.

2.2- La séquence académique

La séquence académique de la filière mécatronique, d'une durée de six mois par an, est consacrée aux cours, travaux dirigés et aux projets. La séquence académique est structurée en quatre blocs :

- le bloc sciences de l'ingénieur,
- le bloc analyse et étude des systèmes,
- le bloc systèmes mécatroniques et intégration,
- le bloc entreprise et communication.

Chaque bloc est décliné en matières, chaque matière est déclinée en modules et chaque module fait l'objet d'une fiche module décrivant :

- les objectifs pédagogiques,
- la nature des enseignements et les volumes horaires,
- le programme détaillé des enseignements.

Le cahier des modules constitué par les fiches modules de la formation en mécatronique sont données en annexe n° 1.

2.3- La séquence industrielle

Du point de vue activité de l'apprenti, la séquence industrielle de cette filière est similaire à celle de la filière génie mécanique : c'est l'entreprise qui fixe les tâches à confier aux apprentis en fonction de son besoin et en fonction de l'année de formation de l'apprenti.

2.4- La recherche technologique et l'alternance

Le métier de l'ingénieur en mécatronique est encore dominé par la recherche et développement. Cette donnée a été prise en considération dans l'architecture de la filière : elle fait intervenir dans la formation un laboratoire de recherche.

En effet, l'objectif est de mettre en relation l'entreprise, le Laboratoire de Robotique de Versailles (LRV) et l'apprenti. Concrètement, ce sont les projets industriels de la séquence industrielle qui matérialisent l'intervention du LRV selon le schéma suivant :

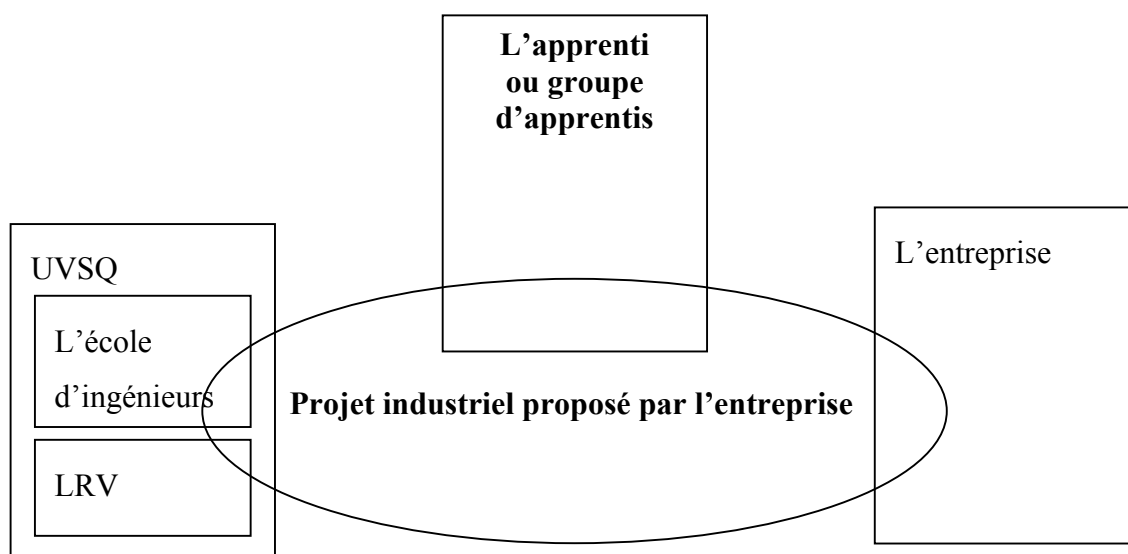


Figure n°4 : structure de la formation des ingénieurs mécatroniciens

Ainsi, le projet industriel sera exploité par les formateurs¹⁸ pour construire des activités de formation académique dans lesquelles le savoir des blocs « sciences de l'ingénieur » et « analyse et études des systèmes mécatroniques » est utilisé. Cette démarche met l'apprenti en première ligne puisque c'est à lui qu'incombe la tâche de « ramener » le projet industriel, d'en rendre compte dans la séquence académique.

Chaque projet¹⁹ sera piloté par un formateur UVSQ/LRV, impliqué dans l'enseignement des deux blocs cités et un tuteur ingénieur en entreprise. L'enseignant veille à ce que les solutions proposées par le LRV s'inscrivent dans le processus de conception mécatronique²⁰.

Nous constatons qu'une telle démarche conduit les responsables de cette formation à poser les mêmes questions que pour les semaines thématiques de la filière Génie mécanique. En effet, là aussi, c'est une innovation pédagogique qui vise à « rapprocher » les activités de formation académique et industrielle. Cependant, c'est une innovation qui implique davantage les apprentis. Ainsi, de quelles informations, sur leurs tâches industrielles, les apprentis doivent rendre compte ? Comment les « outiller » pour mener à bien cette tâche ?

¹⁸ Qui sont dans leur majorité, en même temps, chercheurs au LRV.

¹⁹ Un projet, proposé par l'entreprise et pris en charge par la laboratoire LRV, sur l'étude de l'évolution de la fonction de freinage automobile est en cours.

²⁰ Les responsables de la formation l'appellent aussi l'intégration.

CHAPITRE 3 : LA REMISE A NIVEAU UTILISANT UNE ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE

1- POURQUOI UNE ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE ?

Cette assistance pédagogique en ligne a été mise en place pour résoudre deux problèmes. Le premier est du à la démarche de recrutement adoptée par le CFAI. C'est ce que nous explique un responsable de la filière Génie mécanique :

« La filière GM sont des enseignements de construction et de production qui s'appuient, l'un et l'autre d'ailleurs, sur une base plus théorique qui est la mécanique. Bon, cette base mécanique elle même s'appuyant sur tout un tas d'autres choses et notamment sur les mathématiques. Depuis le début, et ça ce n'est pas une nouveauté, les apprentis qu'on recrute sont des apprentis qui ont des difficultés dans ces matières théoriques en mécanique et surtout en mathématiques »

En plus, les apprentis recrutés sont titulaires de BTS, de DUT ou de DEUG, donc de formations antérieures différentes. Ce qui se traduit par des connaissances scientifiques et techniques hétérogènes. L'idée de l'assistance c'est d'organiser des remises à niveau d'une durée d'au plus un mois pour les apprentis pour homogénéiser leurs connaissances.

Le second, en rapport avec le premier, concerne l'organisation de l'alternance. En effet, les apprentis peuvent commencer leur formation soit par la séquence académique, soit par la séquence industrielle. D'où l'intérêt de mettre en place une assistance pédagogique en ligne qui assure la remise à niveau en présentiel ou à distance donc en entreprise. Nous illustrons notre propos par les explications du même responsable :

« En ce qui me concerne, ce système là je l'ai trouvé intéressant, nos apprentis viennent ici en semaine d'accueil, et puis ensuite ils partent six mois en entreprise, et on les voit plus. Donc ce qu'on a démarré cette année c'est une évaluation pendant la semaine de manière, avec [...], à détecter ou à proposer les parcours en fonction des endroits où ils ont montrés qu'ils ont des lacunes, et puis pendant qu'ils sont en entreprise, ils se connectent une heure, deux heures ou trois heures par semaine, ça va dépendre du nombre de parcours qu'ils ont à faire et de la vitesse avec laquelle ils travaillent de manière qu'en février il y ait déjà eu un morceau du chemin fait et que ça aide l'enseignant qui va faire lui la convergence ».

Ainsi, introduire une assistance pédagogique en ligne est considérée par les responsables du CFAI comme le « bon » moyen d'individualiser les modes d'accès au savoirs et de remédier

aux difficultés rencontrées par les apprentis dans l'acquisition des connaissances de base. L'assistance pédagogique en ligne AMI²¹ a été mise en place aussi parce qu'elle met l'apprenti dans une situation de formation individuelle utilisant les nouvelles technologies, ce qui le prédispose à s'adapter aux évolutions technologiques du métier (Annot, 1996 ; p.74).

2- LE PRINCIPE DE LA REMISE A NIVEAU EN UTILISANT AMI

Afin de remédier aux difficultés des apprentis, une évaluation en début d'année permet au tuteur enseignant de constituer des groupes homogènes en termes de besoins en compléments de cours. Il désigne pour chaque groupe des « ressources pédagogiques » organisées en parcours alternant apport de cours et exercices. L'enseignant « fabrique » ces parcours en puisant dans les modules de connaissances de base dans une base de données.

La plate-forme d'AMI offre un ensemble de fonctionnalités qui permettent de gérer les interactions entre tous les éléments du dispositif : l'apprenti, le tuteur enseignant, l'administrateur, la base de données et l'outil de création des contenus. En effet, l'apprenti inscrit à la formation, après avoir saisi le login et le mot de passe, accède à la page choix de la formation (voir la figure n°5 a et b). Une fois le parcours choisi, la page « parcours » présente la progression à suivre.

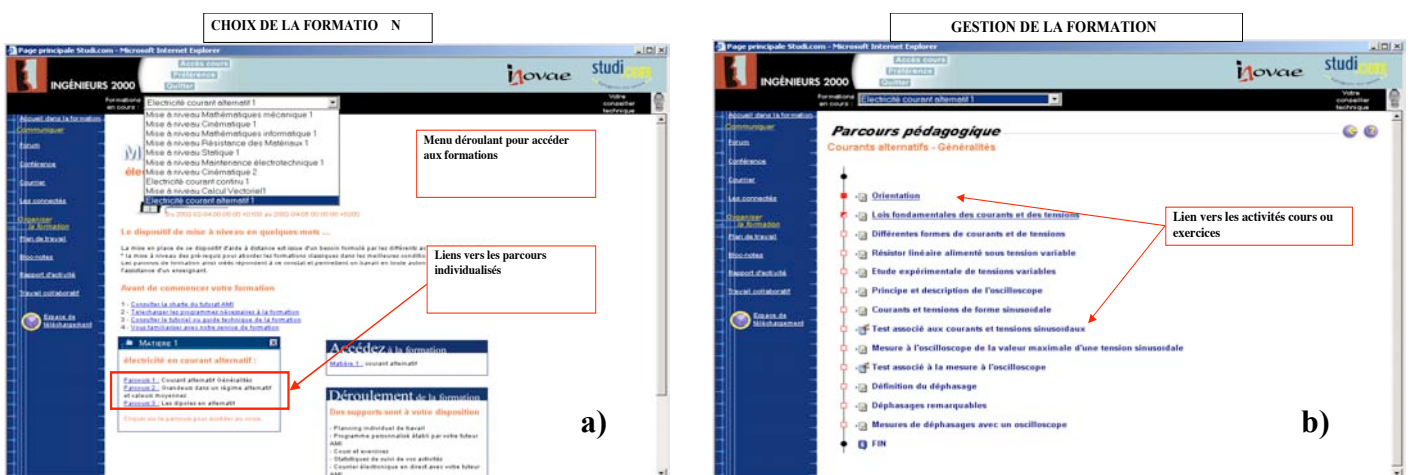


Figure n°5 : les deux premières pages écrans de la plate-forme AMI

²¹ AMI : c'est le dispositif de remise à niveau mis en place par le CFA I2000 (Apprentissage Multimédia Ingénieurs).

Le parcours est organisé en une succession d'activités (cours) ou de tests (exercices) qu'il peut suivre sur la page formation (figure n°1 c).

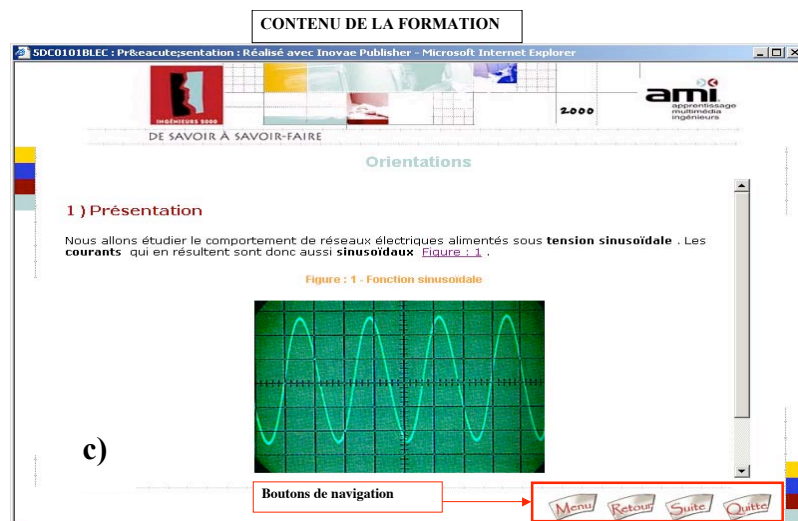


Figure n°6 : la page écran « contenu » de la formation

L'apprenti dispose de deux catégories de fonctionnalités : les fonctionnalités de communication (courrier, chat, forum et conférence) et celle de gestion de la formation (plan de travail, bloc-note, rapport d'activité et travail collaboratif). Quant au tuteur, il a la possibilité de puiser le contenu de la formation dans la base de données d'AMI pour construire un parcours pédagogique. Il peut aussi créer le contenu du parcours lui-même en utilisant ou non l'outil logiciel de création de contenu Enovae²².

3- LA DEMANDE DU CFAI QUANT A L'ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE AMI

Pour expliciter la demande des responsables du CFAI par rapport à la mise en œuvre de l'assistance pédagogique en ligne, nous avons analysé des données recueillies lors des réunions de travail, des interviews avec les tuteurs et les responsables du projet de formation AMI .

Pour les responsables du CFAI (responsable qualité et responsable du projet AMI), nous résumons leur demande de la façon suivante:

²² Logiciel de création de contenus : mise en forme, interactivité...

- analyser les acquis des apprenants, en utilisant l'assistance pédagogique,
- analyser les usages de l'assistance pédagogique: du côté des apprentis et de celui des enseignants,
- analyser les interactions tuteurs/apprentis,
- étudier l'efficacité du dispositif quant à l'apprentissage des élèves.

Les responsables du CFAI s'attendaient donc de notre part à ce que nous pouvons appeler une démarche d'évaluation qui accompagne le développement d'AMI. Une démarche d'évaluation qui, tout en répondant aux attentes annoncées, contribue à la conception de l'assistance de remise à niveau AMI.

Le point de vue des tuteurs va dans le même sens de celui des responsables. Cependant les tuteurs insistent plus sur le contenu de la remise à niveau et sur l'organisation pédagogique. L'un des tuteurs relate dans ce qui suit comment il conçoit l'évaluation de l'assistance pédagogique en ligne AMI :

" Pour moi le dispositif, il remplit son rôle si effectivement la majorité des gens qui ont suivi ça se sont mis à niveau plus facilement ou plus efficacement que ceux qui l'ont pas suivi. Si c'est pas le cas c'est là vous (les évaluateurs) avez des choses à dire puisque vous êtes, enfin j'imagine, plus spécialiste dans les procédures, et à ce moment là que vous allez me dire vos parcours sont trop linéaires ou ils sont trop déductifs ou trop je ne sais quoi, il n'y a pas assez de manipulations de travail pratique pour accéder à cette illustration il n'y a pas assez de ceci ou il n'y a pas assez de cela... si le dispositif n'est pas efficace en terme de remise à niveau, là la vraie question se pose comment est-ce qu'on peut évaluer et pourquoi il n'est pas efficace ?"

Les tuteurs enseignants considèrent donc que l'évaluation de l'assistance pédagogique en ligne AMI est équivalente à l'évaluation des acquisitions des connaissances des apprentis qui l'ont utilisée. Mais aussi à celle de la manière dont les activités de remise à niveau ont été construites.

Ainsi, nous retrouvons encore une fois les questions de « rapprochement » des deux lieux de la formation en alternance qui ont constitué l'essentiel des préoccupations des filières Génie mécanique et Mécatronique : l'assistance pédagogique AMI, permet-elle aux apprentis d'acquérir des connaissances de bases indispensables à la formation ? Permet-elle d'individualiser la remise à niveau ? leur permet-elle de travailler en autonomie ? Quelles sont les conditions d'une mise en œuvre efficace d'AMI ? Comment garantir la mobilisation des fonctionnalités de la plate-forme AMI en cohérence avec la formation en alternance ? Quelles spécificités de la plate-forme et celles du contenu qu'elle véhicule dans le cas de la formation en alternance ?

Nous tenterons de répondre à toutes ces questions que les responsables du CFA ont soulevées à l'occasion de deux évolutions de la formation d'ingénieurs en alternance que nous avons présentées dans les deux derniers chapitres : mettre en place des innovations pédagogiques susceptibles de « rapprocher » les activités académique et industrielle de formation, et supporter ce « rapprochement » et individualiser la formation en utilisant l'assistance pédagogique AMI. Mais avant, nous nous attacherons, dans le chapitre suivant, à situer ces différentes questions dans le thème de l'alternance où foisonnent les questions posées par les praticiens et les chercheurs.

CHAPITRE 4 : MISE EN SITUATION DE LA DEMANDE DU CFAI PAR RAPPORT AUX QUESTIONS TRAITÉES DANS LES RECHERCHES SUR L'ALTERNANCE

Dans ce chapitre, nous visons à situer la demande du CFAI dans le champ des questions suscitées par différentes pratiques d'alternance et prises en charge par les chercheurs selon différents points de vue. Notre objectif étant, d'une part, de nous positionner par rapport au domaine de la recherche sur l'alternance qui est loin d'être vierge ; d'autre part, de préciser les choix d'ordre théorique qui nous permettront de problématiser la demande du CFAI.

En effet, les questions posées par les responsables du CFAI, et suscitées par les évolutions de la formation d'ingénieurs en alternance que nous avons présentées dans les chapitres précédents, se centrent sur deux préoccupations : construire des activités de formation académique « proches » des activités industrielles et supporter ce « rapprochement »²³ par une innovation pédagogique utilisant les nouvelles technologies et permettant d'individualiser la formation. Nous considérons que derrière ces questions, il y a celle de la mise en relation des activités académiques et industrielles de la formation. Il s'agit alors, à partir d'une revue de différentes problématisations des questions sur « l'alternance », de mettre en évidence comment les chercheurs ont examiné la question de « rapprochement » : quel objet de recherche, selon quelles appellations²⁴ et selon quels cadres de référence ?

Ainsi, nous proposons d'abord une définition de l'alternance, en faisant la distinction entre alternance et pratiques de l'alternance, avant de présenter un tour d'horizon des problématiques suscitées par différentes pratiques de l'alternance. Nous nous arrêterons, en particulier, avec ces pratiques dans trois pays : la Belgique, le Canada et la France. Nous tenterons pour chacune des expériences de tirer les constats utiles pour notre propos.

²³ Que nous gardons provisoirement entre guillemets.

²⁴ Rapprochement, articulation, intégration, association ... des deux lieux des activités de formation en alternance.

1- LA FORMATION DES INGENIEURS EN ALTERNANCE

Depuis la création des nouvelles formations des ingénieurs par apprentissage, le nombre des centres de formation en alternance, et partant celui des apprentis ingénieurs, n'a cessé d'augmenter. Le graphique suivant qui fait apparaître l'évolution du nombre des apprentis au CFAI :

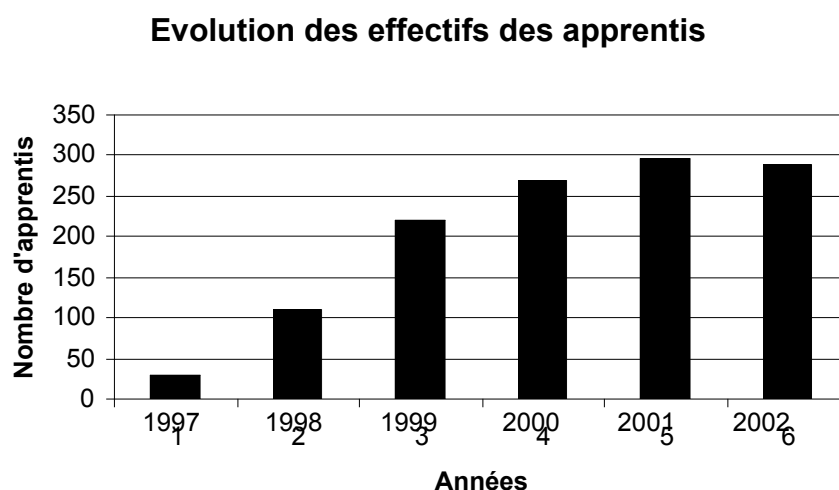


Figure n° 7 : évolution des effectifs (tout profils confondus) des apprentis au CFAI 2000

L'alternance constitue donc, de plus en plus, l'axe central de plusieurs dispositifs de formation. Selon Maubant (1997 ; p.142), ceci est dû au moins à trois raisons. La première est que ce concept devient une « marque d'interface » entre l'école et l'entreprise. La seconde raison est que l'alternance permet de maintenir la double logique définie par les pouvoirs publics à destination des jeunes en difficulté, celle de la formation, et aussi celle de l'insertion. La dernière raison est liée à la recherche, par les professionnels de la formation, de stratégies de remédiation aux échecs d'apprentissage des jeunes en définissant l'alternance comme une pédagogie « du détour ».

Cependant, les élèves qui ont choisi les nouvelles formations d'ingénieurs ne sont pas toujours en difficulté ni en situation d'échec. Aussi, envisager de former des ingénieurs en alternance trouve-t-il sa justification dans d'autres raisons. En effet, au cœur de la fonction de l'ingénieur, selon Malglaive (1996 ; p.89), il y a la recherche et l'exploitation, deux fonctions qui recouvrent la conception et la réalisation, et qui ne peuvent pas s'acquérir loin des situations professionnelles réelles. L'alternance entre situation professionnelle et situation de formation paraît alors, comme la pédagogie adéquate pour assurer la formation des

ingénieurs. Elle doit assurer en particulier l'acquisition d'un ensemble cohérent de connaissances théoriques, de connaissances techniques et de connaissances « méthodologiques ». Mais, en même temps, un autre élément essentiel qui garantit l'efficacité professionnelle : c'est un ensemble difficile à décrire, fait d'expériences diverses, parfois de non-dit, qu'on résume sous le vocable de « savoir pratique » selon Decomps et Malglaive (1996 ; p.61).

Cet engouement pour la formation en alternance a été accompagné par des efforts de formalisation, de conceptualisation et de théorisation en vue de préciser le contenu du terme alternance et la mise en place de nouvelles pratiques dites d'alternance afin d'en tirer des enseignements utiles à l'action (Lesne,1982 ; p.9). Les questions de recherches et les problématiques diffèrent selon les différentes conceptions²⁵ de cette modalité de formation. Ainsi, on a conçu la formation en alternance comme une pédagogie qui favorise l'apprentissage, une façon de lutter contre les difficultés d'emploi des jeunes, une solution pour la sous qualification professionnelle d'une frange d'élèves et leur méconnaissance du milieu du travail ou une solution qui assure une formation qui permette une meilleure adaptation à l'évolution des emplois. Finalement, qu'est ce que la formation en alternance? Quelle définition donnons-nous à l'alternance qui présente ce caractère flou et polysémique Lesne (1982) ?

1.1- La formation en alternance

Selon Chartier (1986)²⁶, dans le champ éducatif, le substitutif « alternance », apparaît en 1946 dans la charte d'un mouvement d'éducation rurale - les Maisons Familiales rurales d'éducation et d'Orientation - pour désigner une de ses caractéristiques principales : « l'alternance des jours entre la maison familiale et la ferme ».

Mais, à partir de 1974, la montée de la crise économique fera émerger le problème du chômage des jeunes et fera apparaître l'alternance d'abord comme une solution à l'insertion des jeunes en difficultés à la sortie du système scolaire (Schwartz, 1981)²⁷. Ainsi selon Bercovitz (1982 ; p.264), l'alternance est un « mode d'organisation de la formation : elle prévoit des lieux, des temps et des modalités d'apprentissage différents et réputés complémentaires , dont le maître d'œuvre est soit l'entreprise soit le centre de formation ».

²⁵ Des décideurs et des praticiens.

²⁶ Cité par Geay et *al* (1999 ; p.108)

²⁷ Ibid.

La notion d'alternance se confond ainsi avec des pratiques différentes dites d'alternance. C'est ce que remarque Lesne (1982 ; p.10) en considérant que la notion d'alternance véhicule des appréhensions immédiates des faits, des présupposés subjectifs et des confusions. Aussi, affirme-t-il, que « l'alternance n'existe pas mais il existe des pratiques dites d'alternance ».

Nous prenons à notre compte la précision de Lesne, et nous entendrons par alternance, dans la suite, les pratiques dites d'alternance. Ces dernières qui constituent des manières de faire de l'éducation ou de la formation en introduisant dans le dispositif pédagogique éducatif ou formatif un élément nouveau : des périodes d'immersion dans des situations réelles de la vie sociale, généralement professionnelle.

1.2- Un tour d'horizon des problématiques relatives à la formation en alternance²⁸

La formation en alternance n'est pas une modalité de formation spécifique à la France. Plusieurs pays en Europe, et de par le monde, l'ont adoptée²⁹.

En Europe par exemple, bien que le principe fondateur de la formation en alternance soit commun³⁰, les pratiques d'alternance sont multiples et revêtent des formes très différentes d'un pays à l'autre et parfois à l'intérieur d'un même pays. Aussi, pour pouvoir nous situer dans ce domaine foisonnant de recherches et de pratiques, présentons-nous dans le paragraphe qui suit les tendances, en termes de questions sur l'alternance et de leur problématisation : quelles sont les conditions d'émergence des questions de recherche sur l'alternance ? Comment ces questions ont-elles été problématisées et quelles sont les approches qui ont été adoptées pour penser la formation en alternance ?

Nous avons choisi de présenter, sans prétendre à l'exhaustivité, quelques recherches qui ont été effectuées dans trois pays francophones : la Belgique, le Canada (Québec) et la France.

1.2.1- La formation en alternance en Belgique

²⁸ Nous ne nous limitons pas aux seules formations d'ingénieurs.

²⁹ La « Cooperative Education », qui est une forme de formation en alternance, a été mise sur pied aux Etats Unis depuis 1906 par Schneider pour la formation d'ingénieurs à l'université de Cincinnati.

³⁰ Si l'on se réfère à la formulation du Conseil des Ministres de la CE du 18 décembre 1979, par formation en alternance, on entend "le développement de liaisons effectives entre la formation et l'expérience sur le lieu de travail (...) impliquant l'établissement de programmes coordonnés et de structures qui permettent une coopération entre les différents responsables concernés", JALLADE (1982) cité par Depover et al (1998).

Ce mode de formation commence à intéresser les décideurs en Belgique suite à l'émergence de la thèse qui soutient que le problème de chômage est moins lié à la dégradation du marché du travail qu'à la distorsion entre les nouveaux besoins des entreprises et la qualité de la main d'œuvre produite par l'école, donc l'inadéquation de la formation à l'emploi (Fusulier et Maroy, 2002 ; p.110). Ainsi, différentes formes de formation en alternance ont été proposées en Communauté française de Belgique.

1.2.1.1- Les offres de formation en alternance

Le tableau suivant présente les spécificités ainsi que les similitudes associées à ces différentes offres de formation (Depover et *al*, 1998 ; p.4).

| | Qualification dans le cadre de la Charte de l'enseignement en alternance | Qualification IFPME³¹ (Contrat d'apprentissage) | Qualification CAI³² | Qualification CEFA³³ |
|-------------------------|--|---|---|---|
| OBJECTIF GENERAL | Former l'élève au travers d'un projet commun de qualification défini entre l'école et l'entreprise, en fonction d'un profil de famille de métiers. | Former des jeunes à une profession indépendante dans le domaine de l'artisanat, du commerce ou de la petite et moyenne industrie (entreprises de moins de 50 personnes). | Former des jeunes à une profession exercée par des travailleurs salariés dans l'industrie, le commerce et les institutions financières (entreprises de plus de 50 personnes). | Préparer à l'exercice d'une profession des jeunes ayant choisi de satisfaire à l'obligation scolaire par l'enseignement à temps partiel. |
| ORGANISATION | Au niveau du 3e degré de l'enseignement technique ou professionnel : cours et stages courts en entreprise suivis par un tuteur. | Alternance entre formation pratique en entreprise (3/5 ou 4/5 du temps) et formation théorique générale et professionnelle (2/5 ou 1/5 du temps) dans un centre de formation du réseau IFPME. | Sous la responsabilité du Comité paritaire d'apprentissage (CPA): Cours dans des CEFA et formation pratique en entreprise (de 6 à 24 mois). | Au niveau de l'enseignement secondaire professionnel inférieur et supérieur : cours dans des CEFA (600x 50 min / 20 semaines). L'horaire réduit permet au jeune de travailler à temps partiel s'il le souhaite. |

³¹ Institut de Formation permanente pour les classes moyennes et les Petites et Moyennes Entreprises

³² Contrat d'Apprentissage Industriel

³³ Centres d'Enseignement et de Formation en Alternance.

| | | | | |
|-------------------------------|---|--|---|--|
| CONDITIONS D'ADMISSION | Réglementation de l'enseignement de plein exercice (à partir de 15 ans) | - dès 15 ans pour le contrat d'apprentissage - à partir de 18 ans pour la formation de chef d'entreprise (avec conditions) | de 15 à 18 ans | - 15 ans : avoir suivi une 2 ^e du secondaire - 16 ans : sans condition |
| CERTIFICATION | certificat de qualification de l'enseignement de plein exercice délivré par le ministre de l'Education de la Communauté française | certificat de qualification délivré par le ministre ayant en charge la formation de l'IFPME et accès à la formation de chef d'entreprise | attestation de la capacité professionnelle acquise délivrée par le ministre de l'Education de la Communauté française | certificat de qualification délivré par le ministre de l'Emploi et du Travail |
| STATUT | élève | apprenti (contrat d'apprentissage) | apprenti industriel (contrat de travail) | élève |

Tableau n° 2 : les spécificités et les similitudes associées à différentes offres de formation en alternance en Belgique

1.2.1.2- Les recherches sur l'alternance

Afin de faire un état des lieux des études et recherches suscitées par l'alternance en Belgique, Fusulier et Maroy ont scruté l'évolution des grandes problématiques de recherche qui se sont déployées durant chacune des périodes d'institutionnalisation de l'alternance.

Par une analyse des textes officiels et des travaux de recherches sur l'alternance, les auteurs ont distingué quatre périodes dans le processus d'institutionnalisation :

- l'émergence (avec les lois fondatrices),
- l'expérimentation,
- la structuration,
- l'extension du modèle et sa stabilisation.

Ces différentes périodes ont été marquées par des recherches diversifiées s'inscrivant dans des cadres de références différents aussi. Nous citons ici celles citées par Fusulier et Maroy et qui sont centrées respectivement sur les institutions, les organisations et les apprentis.

1.2.1.3- Les recherches centrées sur les institutions

Ce sont des recherches qui ont visé, à des périodes différentes, à faire le point sur les pratiques d'alternance. Nous citons ici une recherche, qui a été commandité par le ministère de l'éducation, qui a eu pour objectif d'identifier ce que recouvre dans les faits le label « formation en alternance » (Delcourt, Molitor et Seron, 1990). Il y a aussi la recherche de Réa (1992) qui, par une approche socio-économique, a tenté de situer l'alternance dans les politiques d'emploi et de lutte contre le chômage.

1.2.1.4- Les recherches sur les organisations

Les recherches sur les pratiques d'alternance sont dominées par les travaux sur les organisations concernées. Ainsi, des travaux ont tenté de juger de la proximité ou de la distance de ces pratiques par rapport à un modèle idéal, de l'articulation entre les deux séquences de formations (Grootaers et Tilman, 1988)³⁴. Pour leur part, Francq, Leloup et Barré (1998)³⁵ se sont interrogés sur la manière dont les organisations éducatives et productives s'engagent dans l'alternance. Ces chercheurs ont visé à rendre compte des processus de rapprochement entre l'école et l'entreprise. Dans le même objectif, Fusulier (2001) a analysé les processus et les conditions de construction d'une coopération étroite et équilibrée entre l'école et l'entreprise en termes d'intérêts, de principes de justification et d'élaboration des rapports de confiance.

1.2.1.5- Les recherches portant sur les apprentis

Nous citons ici la recherche de Fusulier et Leloup (1995)³⁶ et celle de Fusulier (2000). Elles ont porté sur l'étude des nouvelles conditions d'apprentissage cognitif et celles de socialisation professionnelle. Ces recherches se sont appuyées sur le cadre théorique de Dubar (1998) s'articulant autour des notions d'identité et de double transaction (relationnelle et biographique).

1.2.1.6- Constats

Dans les références que nous avons retenus pour cette revue de recherches sur l'alternance en Belgique, l'objet de recherche est resté souvent implicite ou peu précisé. En effet, il fallait saisir l'objet de recherche à travers les différentes qualifications et typologies des relations entre les activités, les temps d'apprentissage, les lieux, l'organisation et les acteurs dans les deux institutions. Ainsi, ce que nous avons appelé jusqu'ici « rapprochement » est qualifié

³⁴ Cités par Fusulier et Maroy (2002).

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid.

d'articulation, intégration, fusion ou juxtaposition. Les approches mises en œuvre sont essentiellement pédagogiques (étudier l'organisation des activités de formation, la formation des formateurs et l'évaluation des apprentis) ou sociologique (étudier les interactions sociales entre les acteurs de la formation).

1.2.2- La formation en alternance au Canada

L'alternance constitue au Québec de plus en plus une modalité de formation qui tente de se faire une place comme mode d'organisation des formations professionnelles et techniques (Landry et Mazalon, 2002). Ce développement est accompagné d'un intérêt accru des chercheurs sur l'alternance en tant que domaine de recherche.

Selon le Ministère de l'Éducation du Québec : « l'alternance en formation professionnelle et technique est à la fois une stratégie pédagogique et un mode d'organisation de la formation qui combine, de façon structurée, des périodes de formation en établissement scolaire et des périodes de stages en milieu de travail, et ce, en relation avec un programme menant à la sanction des études »³⁷. Cette définition met bien en évidence, encore une fois, un des points sensibles de la formation en alternance, c'est-à-dire l'articulation de ses différents pôles : le milieu scolaire et celui du travail.

La première forme d'alternance a été mise en place par l'Université de Sherbrooke en 1966 sous l'appellation de « régime d'enseignement coopératif ». Ce n'est que vingt ans plus tard, à partir de 1986, que l'« alternance travail étude » a été étendue à d'autres ordres d'enseignement (Landry, Bouchard et Pelletier, 2002 ; p.198-199).

Ces mêmes auteurs rapportent que pour l'enseignement post-secondaire, le modèle conceptuel est organisationnel général de l'alternance s'appuie sur le régime coopératif, utilisé dans les universités et les collèges canadiens depuis 1957, et découle de l'influence américaine du Cooperative Education. Dans ce modèle, les programmes comportent des périodes alternées d'études et de travail (au moins 25% du temps de formation) à temps plein, agencées selon un plan qui diffère selon les ordres d'enseignement.

³⁷ Ministère de l'Éducation du Québec, 1995.

En milieu universitaire et dans les Cégep³⁸, chaque programme comporte de deux à quatre périodes de travail, d'une durée moyenne de seize semaines par période, qui s'ajoutent au programme régulier de formation (Landry , Bouchard et Pelletier, 2002).

1.2.2.1- Les recherches sur l'alternance

Dans une note de synthèse des recherches sur l'alternance au Québec, Landry et Mazalon (2002) ont recensé vingt quatre recherches sur l'alternance travail-étude en formation professionnelle et technique. Les auteurs ont distingué trois thèmes majeurs qui se regroupent selon que les recherches retenues s'intéressent à l'alternant, aux organisations partenaires ou aux orientations politiques et structurelles du système de formation. Nous adopterons la même classification pour structurer la présentation des tendances et caractéristiques des recherches sur l'alternance au Québec.

1.2.2.2- Les thèmes centrés sur l'alternant

L'alternance est perçue comme un système d'emploi qui devrait bénéficier à l'alternant. Les approches adoptées sont psychosociologiques ou socioéconomiques pour analyser différentes situations : l'estime de soi des adultes en difficultés (Mazalon, 1992 ; Mazalon et Landry, 1994)³⁹, les habitudes des élèves en techniques bureautiques (Gagné, 1992)⁴⁰, le rapport théorie pratique en enseignement coopératif (Boivin et Boucher, 1996)⁴¹, le développement des projets d'orientation des élèves (Bourassa, Landry et Mazalon, 1997 ; Mazalon et Bourassa, 2001)⁴², les attentes et les apprentissages des élèves en formations en alternance (Landry , Bouchard et Pelletier, 2002)⁴³ et les attentes des élèves et des acteurs des deux lieux de formation (Savoie-Zajc et Dolbec, 2002)⁴⁴.

1.2.2.3- Les thèmes centrés sur les organisations

L'alternance est perçue comme un système d'organisation de la formation qui s'opère entre deux pôles : l'école et l'entreprise. Ce système a été analysé selon différents points de vue : l'analyse stratégique (Crozier et Friedberg, 1977), la sociologie de légitimation (Boltanski et

³⁸ Collège d'enseignement général et professionnel appelé aussi collège. C'est un établissement de formation de niveau postsecondaire propre au système scolaire Québécois. Il offre deux filières : une de formation générale de deux ans qui mène à des études universitaires et une spécialisée de trois ans et mène au marché du travail.

³⁹ Cités par Landry et Mazalon (2002 ; p.31).

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Ibid.

⁴² Ibid.

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Ibid.

Thévenot, 1991), la sociologie du sujet (Charlot, 1999), l'interactionnisme symbolique et les représentations sociales (Blumer, 1969) et (Jodelet, 1989).

Le lien entre les organisations ou les acteurs est investigué à plusieurs niveaux (macro, méso ou micro) où l'on tente d'analyser les rapports qui se présentent principalement en termes d'articulation, de collaboration ou de partenariat (Fusulier, 2001 ; Landry et Mazalon, 1997)⁴⁵. Plusieurs questions ont été abordées : la construction sociale des collaborations (Doray et Maroy, 2001 ; Pelletier, 2000 ; Mazalon et Bourassa, 2001 ; Savoie-Zajc et Dolbec, 1996)⁴⁶, les représentations des acteurs à propos de l'alternance et des relations entre les organisations (Bourassa, 1995 ; Landry, 1992, 1995 ; Mazalon, 1995)⁴⁷, les effets de la collaboration sur les organisations, les acteurs et les apprenants (Bouchard et Landry, 1996 ; Hardy, Bouteiller et Parent, 1996)⁴⁸.

1.2.2.4- Les thèmes centrés sur les orientations politiques

Les thèmes centrés sur les orientations politiques et les structures du système de formation ont été surtout des rapports sur des réformes et des rapports d'expertise : analyse de la situation de l'enseignement coopératif au collégial (Laporte, 1994)⁴⁹ et analyse de la situation des formations en alternance au Québec.

1.2.2.5- Constats

Les trois thèmes de recherche mettent en évidence trois constructions différentes de l'objet de recherche alternance : en tant qu'un système de formation ou un système d'emploi centré sur l'alternant, en tant que système d'organisation de la formation qui s'opère entre l'école et l'entreprise ou en tant que système de prise de décision entre deux institutions. L'intérêt des chercheurs s'est centré respectivement sur les relations formations emploi, les relations organisationnelles ou les relations politiques.

Nous constatons, en accord avec Landry et Mazalon, que ce qui domine, dans les recherches sur l'alternance au Québec, c'est le thème de l'alternance en tant que mode d'organisation de la formation. En revanche, ce qui manque le plus, c'est d'une part, la préoccupation de l'alternance comme stratégie pédagogique et, d'autre part, une analyse qui prend en compte les contenus de la formation.

⁴⁵ Cités par Landry et Mazalon (2002 ; p.33).

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Ibid.

⁴⁸ Ibid.

⁴⁹ Ibid.

1.2.3- La formation en alternance en France

Dès le début du XIXe siècle, la formation des ingénieurs dans les grandes écoles Française, comportait des stages de « terrain » (Girod de l'Ain, 1974)⁵⁰. Mais, progressivement, l'emprise des études théoriques s'est renforcée. Seuls les élèves des IUT créés en 1965, doivent aller en stage pendant leurs deux années d'études. Ce n'est qu'à partir des années 1990 que l'Université Française a fait un effort d'ouverture vers le monde professionnel. Nous citons deux exemples : les nouvelles formations d'ingénieurs par l'apprentissage (NFI) et la création des instituts universitaires professionnalisés (IUP). Par la suite, il y a eu le développement des DESS et des licences professionnelles.

1.2.3.1- L'alternance : trois pôles en interaction

Au terme d'une synthèse récente sur la formation en alternance en France, Clénet et Demol (2002) proposent une approche systémique qui conçoit l'alternance comme un système (Lemoigne, 1990 ; Morin, 1990). Ainsi, les auteurs appréhendent l'alternance comme un enchevêtrement d'actions de natures diverses, dans des environnements complexes, avec des acteurs multiples, des systèmes d'actions finalisés (missions, fonctions, valeurs) produisant des effets à différents niveaux (acteurs, institutions, organisation), et se transformant au fil du temps, tout en transformant leur environnement. Selon une approche qui se veut globale, ils retiennent l'existence d'au moins trois pôles en interaction, selon la figure, dans ce système : le pôle institutionnel, le pôle organisationnel et le pôle actoriel. Cette interaction qui a été déjà formulée par Lesne (1982 ; p.11) distingue ce qu'il a appelé les dichotomies à articuler par alternance :

| | Articulation | |
|-----------------------|---|--|
| Champ pédagogique | Théorie, savoirs formalisés | Pratique et savoirs agis |
| Champ organisationnel | Situation de formation, lieu de formation | Situation de travail, lieu de production |
| Champ social | Ecole, système éducatif | La vie, la société |

Tableau n°3 : les dichotomies à articuler par alternance selon Lesne (1982)

Clénet et Demol (2002 ; p.105) précisent que l'alternance conçue comme un système avec des interactions entre trois pôles est à considérer dans un environnement évolutif. La représentation triangulaire, ci-après, souligne l'interdépendance des pôles au domaine, mais ne rend pas compte des tensions à l'intérieur des pôles ni entre les pôles.

⁵⁰ Cité par Geay et al (1999 ; p.108).

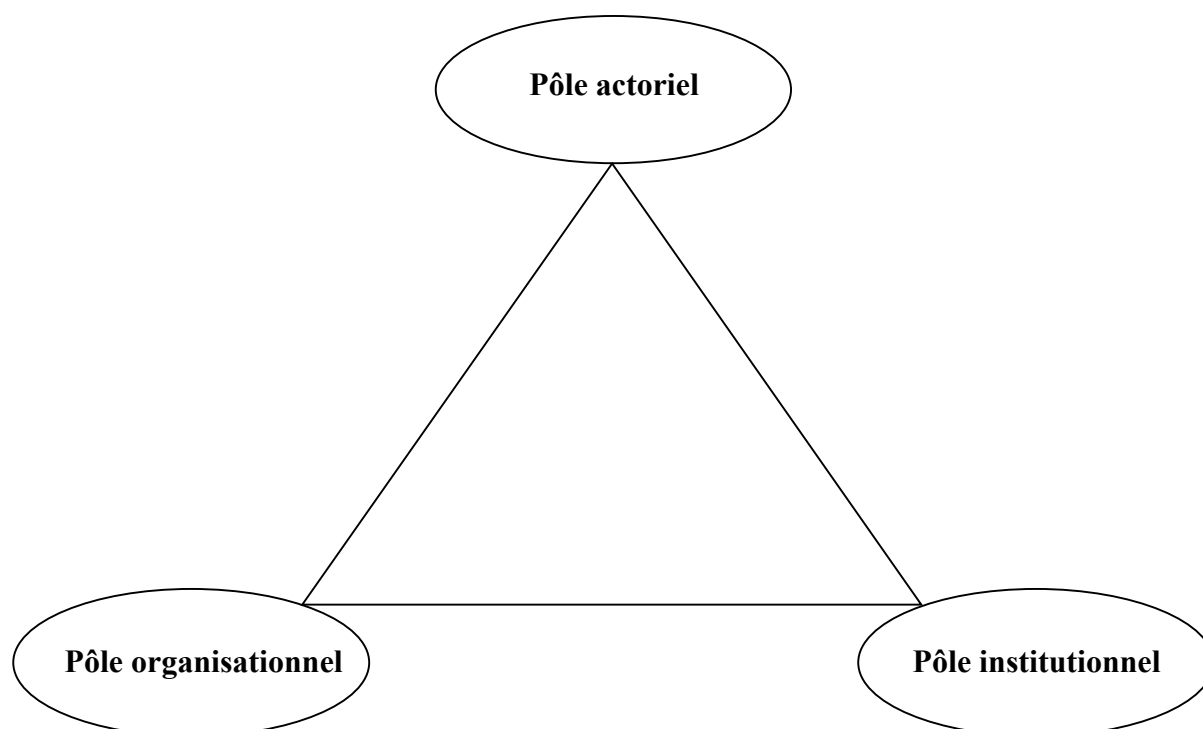


Figure n°8 : structure associée au système « alternance »

Nous retrouvons ici les trois thèmes de recherches sur l'alternance au Québec distingués par Landry et Mazalon. Nous retenons cette construction de l'objet de recherche alternance proposée par Clénet et Demol d'abord pour structurer l'analyse des différentes recherches et situer ces dernières par rapport aux trois pôles majeurs de l'alternance. Nous la discuterons par la suite pour la mise en situation de la demande du CFAI.

1.2.3.2- Les travaux sur le pôle institutionnel

Clénet et Demol schématisent ce pôle comme suit :

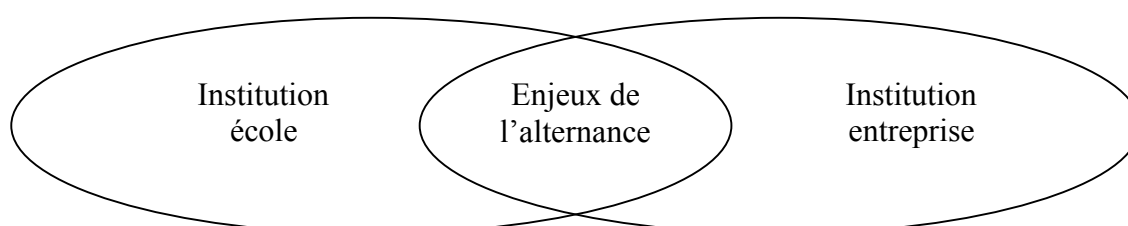


Figure n° 9 : les acteurs du sous-système « pôle institutionnel »

Ce pôle comporte au moins deux institutions : l'école et l'entreprise chacune avec des enjeux multiples. Les recherches sur ce pôle ce sont centrées sur le « partenariat » entre ces deux institutions. Ces recherches ont été centrées, selon Kaddouri et Zay (1997) sur les contextes d'émergence des partenariats, les enjeux pour les acteurs, les fonctions au niveau des organisations et des acteurs, les outils du partenariat, les effets du partenariat et la question de

l'éthique. Nous ne développerons pas ici les différentes perspectives adoptées pour approcher ces différents thèmes de recherche.

1.2.3.3- Les travaux sur le pôle organisationnel

Dans ce pôle, les auteurs considèrent d'une part l'école (la direction, l'équipe de formateurs, les formateurs) et d'autre part l'entreprise (la direction, les responsables de formation, les tuteurs) conçues comme des entités dynamiques ayant chacune leur mode d'organisation et de fonctionnement. Nous présentons dans la suite des exemples de recherches qui ont porté sur ce pôle.

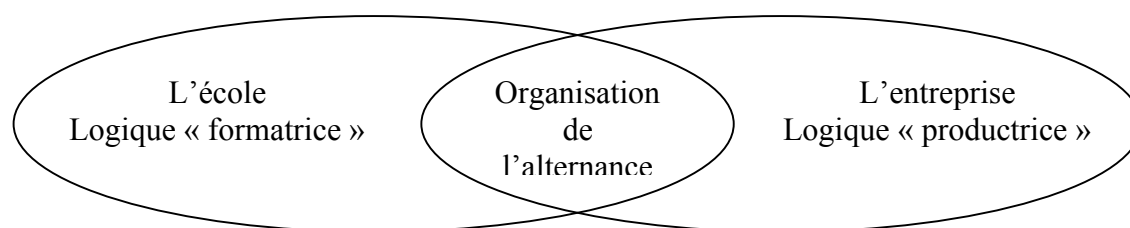


Figure n° 10 : les acteurs du sous-système « pôle organisationnel »

Ainsi, dans une perspective socio-pédagogique, Bourgeon (1979) s'est interrogé sur les formes d'alternances éducatives, en vue de proposer une modalité de mise en relation des deux séquences de la formation en alternance. Il a distingué les trois types d'alternances suivants :

- l'alternance juxtapositive où les espaces et les temps d'apprentissages sont indépendants les uns des autres : « deux périodes d'activités différentes: l'une de travail, l'autre d'étude, sans aucune liaison entre elles »,
- l'alternance associative pour laquelle le système éducatif n'institue pas à son compte la totalité de la formation : « une association par alternance d'une formation générale et d'une formation professionnelle »,
- l'alternance copulative où la maîtrise de la situation d'alternance est transférée aux acteurs eux mêmes : « compénétration effective des milieux de vie , socio-professionnelle et scolaire en une unité de temps formatif ».

Voisin (1993) pour sa part, pour contribuer à mieux préciser l'objet « alternance », distingue les différentes situations d'alternance : l'apprentissage, l'alternance sous contrat, l'insertion par l'alternance et les actions de formation. Il conclut que l'alternance se fonde sur trois types de statuts : celui de salarié sous contrat de travail particulier, celui d'élève sous statut scolaire et celui de stagiaire de la formation professionnelle. Quant à Berton (1993), elle a discuté la

question de la définition des conditions nécessaires au développement d'une véritable pédagogie de l'alternance.

1.2.3.4- Les travaux sur le pôle actoriel

Ce pôle comporte les formateurs des deux lieux de formation et les stagiaires. Ces derniers sont en formation au croisement de deux institutions et de deux organisations, l'école et l'entreprise. Avec l'alternance, ces stagiaires sont partagés entre un espace-temps-contenus scolaires et un espace-temps-activités socioprofessionnelles (Clénet et Demol, 2002).

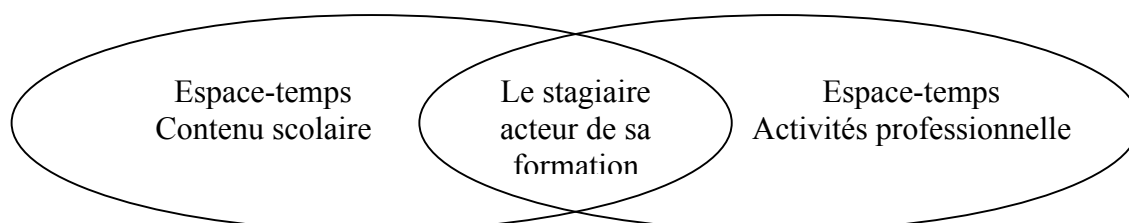


Figure n° 11 : les acteurs du sous-système « pôle actoriel »

Plusieurs recherches se sont attachées à analyser les formes d'alternances adoptées dans des dispositifs de formation de techniciens supérieurs ou d'ingénieurs en alternance. Ces recherches ont tenté de mettre en lumière les stratégies d'apprentissages favorisées par cette modalité de formation qui met en rapport deux lieux différents en termes d'enjeux et de logiques : l'école et l'entreprise. Elles se sont attachées aussi à analyser les implications de cette mise en relation par rapport à la construction des activités de formation aussi bien à l'école qu'en entreprise.

1.2.3.4.1- L'apprentissage dans une situation de formation en alternance

Ainsi, Geay et al (1998 ; p.112) s'inscrivant dans une perspective développementale cognitiviste, à la suite de Piaget, proposent un support conceptuel : le mode de régulation/récursion⁵¹ qu'ils considèrent « primordial à l'étude des formes d'alternance éducative, d'autant que l'alternance éducative, vise à favoriser chez les individus un « progrès » cognitif qui n'est pas étranger au reste des processus du vivant et à leurs niveaux d'intégration ».

⁵¹ Piaget considère que les systèmes vivants présentent classiquement trois modes de régulation/ récursion : le rythme qui, par sa seule reproduction régulière des transformations, évite au système des pertes d'organisation ; une boucle rétroactive plus élaborée ajuste les transformations renversables ; une transformation qui fournit le réglage le plus puissant est la réversibilité.

Quant à Maubant (1997 ; p.14), il distingue trois niveaux de questionnement pour appréhender les mécanismes d'apprentissage et plus globalement ceux entrant dans la construction de savoirs dans le cadre spécifique d'une formation en alternance.

Il pose d'abord la question de la gestion du conflit sociocognitif. L'auteur, s'appuyant sur un cadre de psychologie sociale, explique que la théorie du conflit sociocognitif tend à affirmer qu'une confrontation entre le sujet-apprenant et l'environnement participe au mécanisme de construction cognitive. Ce que l'alternance favorise puisque l'apprenant se trouvera confronté non seulement aux formateurs et ses pairs, mais aussi à un milieu professionnel. Par rapport à cette même question d'apprentissage en alternance, Maubant en se situant cette fois dans un cadre de référence pédagogique, s'est interrogé sur le caractère différencié de l'apprentissage que favoriserait l'alternance. Enfin, ce même auteur pose la question du rapport au savoir des apprenants et des praticiens de la formation en alternance dans la mesure où cette dernière modifie le rapport au savoir de tous les acteurs.

D'autres questions ont été explorées quant à l'apprentissage⁵² dans une formation en alternance : la signification des pratiques d'alternance dans leurs relations entre les personnes qui les vivent et les structures institutionnelles qui servent à les décrire (Lerbet,1993), la question du temps et des rythmes dans une formation en alternance (Pineau, 1993), la prise en compte des représentations (Jodelet 1977) de l'apprenti sur la formation en alternance et son impact sur son projet professionnel Clénet (1993).

1.2.3.4.2- L'activité de formation en alternance

D'autres chercheurs se sont intéressés aux activités de formations en alternance, que ce soit pendant la séquence académique ou la séquence industrielle. Ils ont examiné en particulier le contenu de ces activités de formation compte tenu que c'est à ce niveau que les formateurs doivent prendre les décisions qui vont fixer le sens des activités de formation. En effet, Galvani (1998 ; p.25) estime que la question de l'alternance ne se limite pas à l'alternance des espaces et des temps de formation. Il considère que réfléchir sur l'alternance en formation, c'est poser immédiatement la question de plusieurs alternances:

- l'alternance entre différents savoirs : les savoirs théoriques, les savoirs pratiques mais aussi les savoirs existentiels,
- l'alternance entre différents champs : le champ théorique des savoirs formels, le champ socioprofessionnel des savoirs d'action, le champ personnel des savoirs de vie,

⁵² Relatif à apprendre et non pas à la modalité de formation par apprentissage.

- l'alternance entre différents acteurs : les praticiens, les formateurs, les chercheurs.

Quant à Malglaive (1996), concernant la construction des activités de formation en alternance, il s'est intéressé à l'articulation entre théorie et pratique dans ces dernières. Aussi, dans le cas de la formation des ingénieurs, est-il nécessaire selon l'auteur, de mettre au centre de l'alternance ce souci de reconnaissance de tous les types de savoirs mobilisés dans les deux situations de formation en alternance. Ceci qui passe obligatoirement par une analyse minutieuse de ces dernières. Les travaux de thèse de Prudhomme (1999) et de Veillard (2000) s'inscrivent dans cette perspective en se centrant pour l'un sur l'analyse épistémologique d'une démarche de conception (l'analyse fonctionnelle) et sur l'analyse des facteurs développant les compétences (en tant que savoirs en situation) des apprentis ingénieurs en entreprise pour l'autre.

D'autres auteurs se sont fixés une entreprise plus ambitieuse en proposant de construire l'approche qui leur permettrait de prendre en charge la question de la construction des activités de formation en alternance. Il s'agit de la didactique de l'alternance. Cette approche adopte comme théorie d'apprentissage le constructivisme, et reprend les concepts des didactiques des disciplines, à savoir : la transposition didactique (Chevallard, 1982), les pratiques sociales de référence (Martinand, 1986), l'apprentissage par production de savoir (Lerbet, 1993) et les situations problèmes (Meirieu, 1988).

Ainsi, Geay (1993) considère que le problème fondamental de la didactique de l'alternance est la prise en compte de l'expérience de l'alternant en tant qu'expérience d'apprentissage par production de savoir. Son approche (la didactique de l'alternance) préconise de partir d'une mise à plat des tâches confiées à l'apprenti selon la logique d'entrée dans le métier. Ensuite, une analyse des situations de travail les plus riches et les plus complexes permettra de choisir les points d'appui didactiques et d'y repérer les savoirs en usage⁵³ .

L'approche « didactique de l'alternance » retient donc le contenu de l'activité de formation comme élément d'articulation entre les deux séquences de formation en alternance.

Dans une perspective systémique, d'autres recherches ont traité de diverses questions portant sur le pôle actoriel : analyse des stratégies de construction identitaire professionnelle chez les apprentis dans le cas de la formation de vendeurs commerciaux en alternance (Fauvre, 2003), application pédagogique de la transdisciplinarité dans le cas d'une formation en Brevet de Technicien Supérieur d'économie sociale et familiale (Buguet, 2003), étude de la complexité

⁵³ Les savoirs théoriques et pratiques mis en œuvre

de l'apprentissage en alternance par la dimension paradoxale qui lui est inhérente (Lerbet-Sérénit et Violet, 1998) et étude du rôle de la raison expérientielle dans la transformation de l'expérience vécue de deux artisans (Denoyel, 1998).

1.2.3.5- Constats

Dans les travaux sur l'alternance en France que nous avons présentés plus haut, nous pouvons distinguer au moins quatre façons de construire l'objet de recherche « alternance ». Ainsi, des travaux l'ont conçue comme une organisation pédagogique qu'ils ont étudiée par une approche socio-pédagogique (Bourgeon). D'autres, au sein de l'activité de formation en alternance se sont centrés sur l'apprentissage qu'ils ont proposé d'étudier en s'inscrivant dans une perspective cognitive ou sociocognitive (le concept de conflit sociocognitif), pédagogique (apprentissage différencié) ou sociologique (le concept de rapport au savoir) (Geay et al, Maubant). Tandis que d'autres travaux se sont centrés sur la construction de l'activité de formation en procédant par l'analyse cognitive de l'activité de l'apprenti et celle du rapport théorie/pratique dans cette dernière (Malglaive, Geay) ou en suggérant d'y saisir l'alternance entre les différents savoirs mobilisés par l'apprenti (Galvani). Enfin, les travaux de Demol et Clénet ont opté pour une approche systémique : l'alternance est conçue comme un système de trois pôles en relation dynamique les uns avec les autres et où chacun des pôles est conçu comme un système avec ses relations et ses tensions internes. Nous ne pouvons pas nous prononcer sur les tendances de recherche dominantes. En revanche, nous constatons la rareté des recherches qui prennent en charge des contenus spécifiques à des formations d'ingénieurs en alternance.

1.3- Conclusion

Nous retenons cinq enseignements de la revue des recherches sur les différentes pratiques d'alternance dans les trois pays.

Premièrement, la forte présence des recherches sur le pôle organisationnel, ce qui correspond dans les recherches canadiennes au thème centré sur les organisations et dans les recherches belges aux périodes d'expérimentation et de structuration.

Deuxièmement la faiblesse des recherches qui prennent en charges des contenus spécifiques de formations en alternance⁵⁴, bien que les travaux de Malglaive et Jeay suggèrent des pistes de recherches pertinentes par rapport à notre préoccupation.

Troisièmement, quelle que soit la construction adoptée pour appréhender l'objet de recherche alternance, et quelque soit le niveau auquel se situe cette recherche (pôle actoriel, organisationnel ou institutionnel selon la classification de Clénet et Demol), le point sensible de la recherche reste la mise en relation de l'école et l'entreprise en tant qu'acteurs, organisations ou institutions. Cette mise en relation que nous avons appelée jusqu'à maintenant « rapprochement » nous la substituons par « articulation » dont le sens sera défini dans le cadre théorique de ce travail. La notion d'articulation est largement utilisé dans les différentes recherches que nous avons présentées avec différentes qualifications : associative, juxtapositive, intégrative ou même copulative.

Quatrièmement, la domination de l'approche systémique en Belgique et au Canada et sa récente émergence en France.

Cinquièmement, en filigrane des différentes approches présentées, nous pouvons dégager deux convergences. Il y a d'abord la présence continue de la dichotomie entre la « théorie » et la « pratique », et partant, entre la séquence industrielle consacrée aux « activités pratiques » et la séquence académique pour « formaliser les activités pratiques ». Pour dépasser cette dichotomie, nous proposons une approche qui se centre sur l'activité de formation et qui consiste à l'objectiver en termes de savoirs mobilisés et en termes de modalités de mobilisation. Ensuite, le rapprochement ou l'articulation entre les deux lieux de formation constitue le point central de toutes les recherches citées. C'est ce que nous relatons dans la suite.

⁵⁴ A l'exception de celles de Prudhomme (1999) et Veillard (2000).

2- CONSEQUENCES RETENUES DE LA REVUE DES RECHERCHES SUR L'ALTERNANCE

2.1- Le point central d'une pratique d'alternance : l'articulation entre l'école et l'entreprise

Au terme de la revue de questions précédente, nous avons retenu le schéma de Clénet et Demol (2002) pour résumer et représenter les questions traitées par les recherches sur les pratiques d'alternance. Ce schéma fait apparaître que le point central des recherches sur l'alternance est l'articulation des séquences de formation à l'école et en entreprise. Ce qui se traduit par l'articulation des trois pôles que nous représentons sur le schéma :

Par rapport au pôle actoriel :

- Rares sont les travaux qui prennent en charge un contenu spécifique dans le cadre d'une formation en alternance (Prudhomme, Veillard)
- Les travaux sont imprégnés par la dichotomie entre théorie et pratique : l'analyse des deux séquences de la formation en alternance est faite en termes de séquence théorique et séquence pratique (Malglaive)

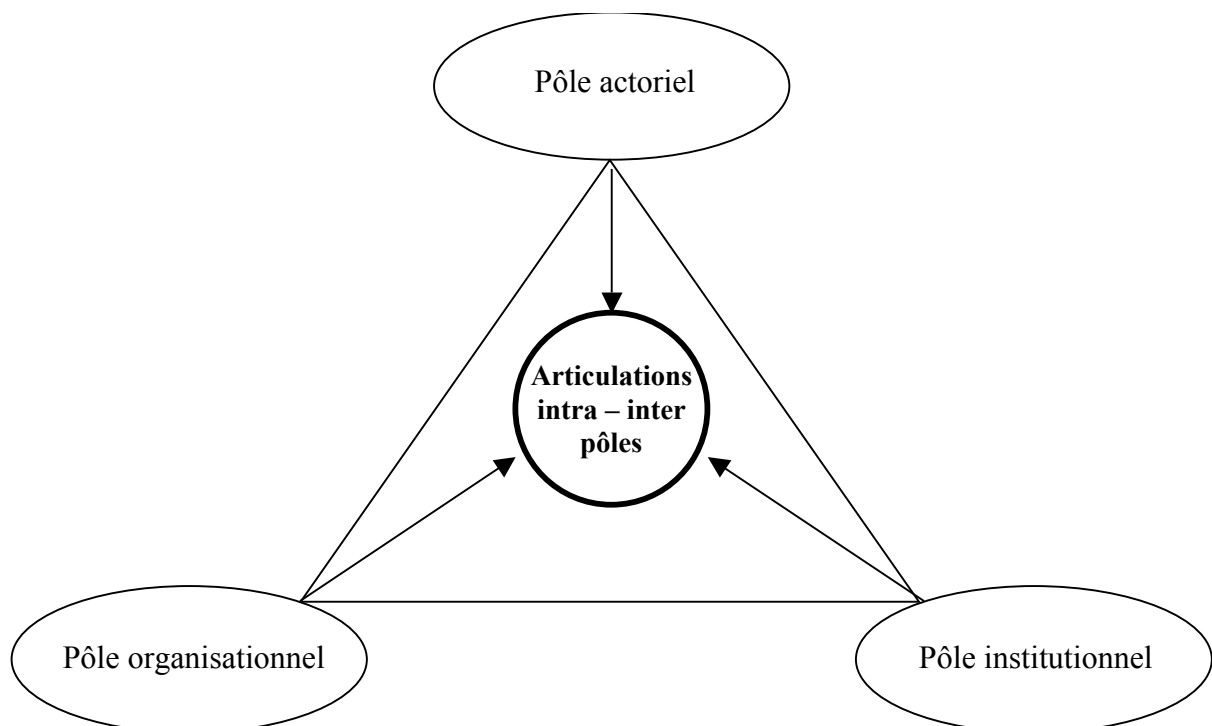


Figure n° 12 : le point central des recherches sur l'alternance

L'articulation consiste en des articulations au sein de chaque pôle (articulations intra-pôles) et des articulations entre les différents pôles (articulations inter-pôles).

2.2- La demande du CFAI : articuler les activités académique et industrielle de formation

Ainsi, la demande du CFAI, qui est de construire des activités de formation académique articulées aux activités industrielles et supporter cette articulation par une innovation pédagogique utilisant les nouvelles technologies et permettant d'individualiser la formation, se situe au niveau du pôle actoriel comme le montre le schéma suivant :

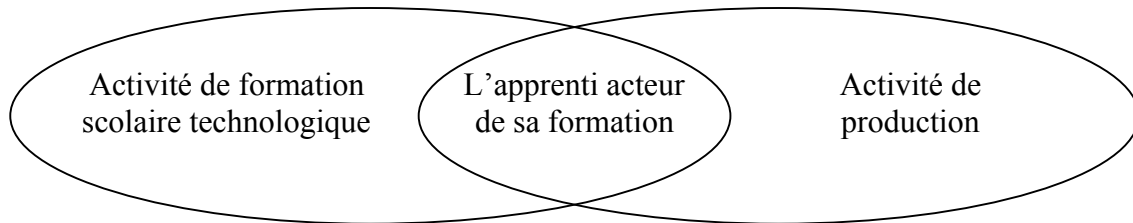


Figure n° 13 : articulation dans le pôle actoriel

En effet, l'articulation entre les deux activités consiste à proposer aux apprentis des activités académiques qui ont du sens par rapport à des activités industrielles. Elle peut consister à prolonger la formation académique à la séquence industrielle en l'individualisant comme dans le cas de la remise à niveau utilisant l'assistance pédagogique en ligne AMI. Le contraire est aussi possible, l'apprenti peut assurer le suivi de sa tâche industrielle pendant la formation académique, comme dans le cas des apprentis ingénieurs en mécanique. Dans les deux cas, des moyens de travail à distance sont nécessaires : des moyens utilisant les nouvelles technologies d'information et de communication. Ils ont un rôle de support de l'articulation entre les deux activités de formation en alternance.

En choisissant de prendre en charge le contenu spécifique à la formation d'ingénieurs en conception et en production, nous adoptons une posture didactique que nous inscrivons dans une approche systémique. En effet, nous concevons la pratique d'alternance au CFAI comme un système complexe auquel nous associons le modèle à trois pôles (Clénet et Demol) entre lesquels et au sein desquels existent des tensions et des relations dynamiques. Nous nous intéressons à un sous système dans le pôle actoriel qui est le sous système « activité de formation d'ingénieurs en conception » que nous tenterons d'objectiver en termes de nature des savoirs mobilisés et de modalités de leur mobilisation.

Nous notons que le fait de réduire l'étude à un sous système du système global n'est pas contradictoire avec l'approche systémique. En effet, en accord avec Demol (2003 ; p.36), se limiter à dire que notre approche est systémique et que nous considérons la formation en

alternance comme une globalité, un système complexe, ne nous apprend rien. En fait, connaître suppose au moins une double modalité : séparer et relier, c'est à dire analyser et synthétiser, comme l'explique Morin (1995), « il est extrêmement important, toujours dans l'idée de relier, de voir ce qui relie les choses séparées ». Ce qui se traduit dans notre cas par le fait qu'objectiver l'activité de formation des apprentis ingénieurs en termes de savoirs mobilisés exige de les analyser dans la perspective de saisir l'interaction des apprentis avec les autres acteurs et le contexte matériel et organisationnel de l'activité de conception.

Notre approche didactique se centrant sur l'activité de formation spécifique à une formation d'ingénieurs se situe dans le prolongement des travaux de Malglaive (1990) et Geay (1993) en ce sens que nous visons à analyser les savoirs mobilisés par les apprentis dans leurs activités académique et industrielle de formation. En même temps, nous nous écartons de l'approche de Malglaive qui se centre sur le rapport de la théorie à la pratique dans l'activité des apprentis. Nous nous écartons aussi de la construction hétérogène, à base de différentes variétés de didactiques, que propose Geay (1998).

**PARTIE DEUXIEME : CADRE THEORIQUE
POUR ANALYSER L'ACTIVITE DE
CONCEPTION**

CADRE THEORIQUE

La formation d'ingénieurs en alternance que nous étudions vise à former des ingénieurs en conception industrielle. L'articulation entre l'école et l'entreprise concerne en particulier celle des activités de l'apprenti à l'école et en entreprise. Ainsi, à l'école, l'activité de formation vise à permettre à l'apprenti de construire les savoirs académiques requis pour faire le métier d'ingénieur. Tandis qu'en entreprise, l'apprenti, surtout en dernière année, prend en charge des activités d'un ingénieur titulaire. Nous considérons alors que la compréhension de l'activité de l'ingénieur est un préalable au rapprochement, et à l'intervention qui vise le rapprochement, entre les deux séquences de formation. Or, quel que soit le profil de l'ingénieur que l'on veut former, la conception est au centre de son activité (Simon, 1974 ; p.73). C'est pour cela que le problème de recherche que nous construisons pour répondre aux questions du CFAI, concerne l'activité de l'ingénieur en conception. Ainsi, nous proposerons une modélisation de l'activité de conception en vue de répondre à des questions telles que : quelle est la structure de l'activité de l'ingénieur en conception ? Quels rapports avec les savoirs mobilisés ? Quelle est la nature de ces savoirs ? Quelles sont les modalités de mobilisation de ces savoirs au sein de l'activité de conception ?

1- L'ACTIVITE DE L'INGENIEUR CONCEPTEUR

Comment accéder aux savoirs mobilisés par l'ingénieur dans son activité dans un contexte industriel ? Nous considérons que la réponse à cette question passe par la précision de la nature de l'activité de l'ingénieur qui est, en même temps, une activité centrée sur la conception, une activité humaine et une activité instrumentée. C'est ce que nous relatons dans les paragraphes suivants après avoir défini la notion de savoirs de l'ingénieur.

1.1- Une activité centrée sur la conception

Nous entendons « savoirs » dans le sens d'Hatchuel et Weil (1992 ; p.16) : ce n'est pas un système d'informations, une base de données (ensemble de thèses et de questions pouvant guider une action) ; pas non plus, par nature, une science ou une discipline. Un savoir peut se constituer de façons multiples et complexes. « Dans la vie d'une entreprise, tout est occasion à la formation de savoirs, qu'il s'agisse des processus matériels que l'on manipule, des échanges commerciaux ou juridiques, des relations interpersonnelles ou des modes

d'organisation ». Nous nous centrerons par la suite sur les savoirs produits dans un processus de conception.

1.1.1- La conception

Selon le dictionnaire des sciences de l'ingénieur (Rak *et al*, 1998 ; p.88), la conception est « l'ensemble des tâches permettant d'aboutir aux choix définitifs des solutions satisfaisant les exigences fonctionnelles et les performances attendues ». Cette définition insiste sur le fait que la conception est une activité¹ qui répond à un Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) en précisant :

- l'analyse et le choix définitif répondant aux objectifs selon les besoins du marché (nouveau produit ou l'amélioration d'un produit existant) ;
- une proposition du plan de développement ;
- une évaluation des coûts et des délais de développement.

Le produit d'une démarche de conception peut se présenter sous plusieurs formes. En effet, Serrafero (1997 ; p.180) résume le processus de conception dans la "conception des 5P" :

- "plant design" ou conception d'usines et ateliers de production ;
- "product design" ou conception de produits industriels ;
- "part design" ou conception de pièces élémentaires ;
- "process design" ou conception de processus et gammes de fabrication ;
- "price design" ou conception de devis et chiffrages.

Nous constatons que la définition donnée par le dictionnaire des sciences de l'ingénieur, proche de celle donnée par l'AFNOR², est très orientée « produit », donc mettant l'accent sur le résultat. Qu'en est-il du processus de conception ?

Dès 1969, Simon a tenté de comprendre la conception comme le processus structurant ce qu'il appelle « la science de l'artificiel » par opposition à la science de la nature.

Pour cet auteur, l'activité de conception est le processus intellectuel qui fonde et structure la science de l'artificiel. En effet, comme l'explique Perrin (2001 ; p.185), si dans les sciences

¹ Les auteurs du dictionnaire utilisent tâche et activité indifféremment. Ils définissent activité par : « c'est ce qui, dans le cadre d'une démarche, provoque l'évolution partielle du processus par transformation d'une donnée d'entrée en une donnée de sortie ».

² L' AFNOR définit la conception comme : « activité créatrice qui, partant des besoins exprimés et des connaissances existantes, aboutit à la définition d'un produit satisfaisant à ces besoins et industriellement réalisable » (AFNOR, 1988)

de la nature, ce sont les activités de recherche qui permettent de découvrir et de produire de nouvelles connaissances, dans les sciences de l'artificiel ce sont les activités de conception qui permettent de concevoir de nouveaux artefacts et de produire de nouvelles connaissances ou plutôt de nouveaux savoir-faire. Simon (1974 ; p.20) trace les frontières des sciences de l'artificiel en distinguant l'artificiel du naturel par les quatre indices suivants :

- les objets artificiels sont synthétisés par l'homme (bien que ce ne soit pas toujours ni même habituellement avec une claire vision anticipatrice) ;
- les objets artificiels peuvent imiter les apparences des objets naturels, bien qu'il leur manque, sous un ou plusieurs aspects, la réalité de l'objet naturel ;
- les objets artificiels peuvent être caractérisés en terme de fonctions, de buts, d'adaptation ;
- les objets artificiels sont souvent considérés, en particulier lors de leur conception, en termes d'impératifs tout autant qu'en termes descriptifs.

Ainsi, selon cette définition de la conception, Simon (1974 ; p74) considère que « les ingénieurs ne sont pas les seuls concepteurs professionnels. Quiconque imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée, est concepteur ». Et d'ajouter que « l'activité intellectuelle par laquelle sont produits les artefacts matériels n'est pas fondamentalement différente de celle par laquelle on prescrit un remède à un malade ou par laquelle on imagine un nouveau plan de vente pour une société, voire même une politique sociale pour un Etat. La conception ainsi conçue, est au cœur de toute formation professionnelle³ ». Quel est alors la nature de ce processus qui structure la science de l'artificiel ou la science de la conception selon Simon ? En quoi consiste-t-il ?

Simon (1974) définit la science de la conception comme l'étude des processus par lesquels un sujet cognitif produit une connaissance spécifique à partir de son projet. C'est donc un processus cognitif qui, pour produire « une connaissance spécifique » s'appuie sur des instruments cognitifs que sont les modèles⁴. En effet, Perrin (2001 ; p.12) affirme qu'au « sein de l'épistémologie constructiviste, cette science de la conception peut être considérée comme un ensemble de modèles. Comme toute démarche scientifique, la démarche de conception se construit autour de modèles. En tant que concepteurs, les ingénieurs font de la modélisation et

³ Ce qui renforce la pertinence de notre choix de construire la problématique de l'activité de conception pour répondre aux demandes du CFA Ingénieurs 2000 : construire des activités de formation académique articulées aux activités industrielles et supporter cette articulation par une innovation pédagogique utilisant les nouvelles technologies et permettant d'individualiser la formation.

⁴ Modèle dans le sens de Buede (1999) : « c'est toute représentation incomplète de la réalité, c'est une abstraction » (is any incomplete representation of reality, an abstraction).

en ce sens ils sont des scientifiques; mais ils engagent la modélisation dans une démarche de conception spécifique : mettre en rapport la modélisation scientifique avec l'action et donc avec l'économie, la politique et l'éthique », c'est à dire modéliser en fonction de critères économiques, de critères de marché, de critères de qualité, de critères politiques, de critères organisationnels pour la recherche et l'entreprise⁵, etc. Ainsi, comme le remarque Schmid, (2001 ; p.89), la modélisation fait partie de la science en y important des moyens techniques, qui ne sont plus seulement ceux de la logique classique (induction, déduction, formalisation, axiomatisation), alors que la conception fait un usage technique des connaissances scientifiques, et traite ces dernières, dans le temps de son travail, comme « indéformables ». L'usage technique des connaissances scientifiques consiste, selon Pahl et Beitz (1999), en la création des conditions permettant l'application⁶ des sciences à la production de produits utiles.

Néanmoins, une partie de la démarche de conception ne relève pas de la science : les intuitions, les tours de mains et les approches « opportunistes » sont aussi présents dans l'activité d'un ingénieur expert. C'est ce qui conduit Perrin (2001 ; p.5) à considérer qu'une partie de la démarche de conception relève de l'art.

Ce que nous voulons souligner ici c'est que la conception est un processus qui empreinte sa démarche, en partie, à l'art, tandis que l'autre partie relève de la science (la modélisation). Et, en tant que modélisation, elle n'est pas une simple représentation du réel (ce que veulent les démarches purement analytiques), et comme liée à l'action, souligne Schmid, son degré de complexité se refuse à une compréhension purement analytique. Quelle approche doit-on alors adopter pour comprendre l'activité de conception en tant que système complexe?

1.1.2- Des approches pour comprendre l'activité de conception

Genlot (1992) nous propose une piste. Face à une réalité dite complexe, nous utilisons un « système de représentation » ou un « modèle de représentation », c'est-à-dire, selon Perrin (2001 ; p.86), un « transformateur » qui construit une « représentation » de la réalité observée. C'est ce qui est expliqué ailleurs par Boudon (1979 ; p.674) en termes de posture épistémologique à prendre face à la « représentation » d'un objet de recherche conçu comme système : « un chercheur se propose d'analyser un objet conçu comme un système, c'est à dire

⁵ Par exemple, comment modéliser de façon à diminuer le nombre de prototypes ?

⁶ Sont les représentants du courant « applicationniste » en ce qui concerne le rapport de la science à la technique.

comme un ensemble d'éléments interdépendants, ne prenant sens que les uns par rapport aux autres, en un mot constituant une totalité ; il imagine alors selon les cas, soit un ensemble de concepts, soit une théorie, soit un modèle permettant de rendre compte de cette interdépendance. La théorie, le système conceptuel ou le modèle sont alors interprétés comme la structure de l'objet considéré ». La question est ainsi celle du choix pertinent de la théorie, du système conceptuel ou du modèle par rapport à l'activité de conception.

La représentation de cette dernière se heurte à certaines difficultés. D'abord, il y a le fait que certains aspects de l'activité de conception sont difficilement modélisables (aspects imprévisibles ou « artistiques »). Ensuite, comme le souligne Vinck (1999 ; p.215), « la technique, le dessin ou la procédure n'a vraiment de sens qu'en acte, en fonctionnement et en usage. Dans ce cas, elle est éphémère et évanescence. Elle n'existe que parce qu'on l'utilise, mais elle dépend alors de chaque usage qui en est fait ». Notre choix de l'approche permettant de modéliser l'activité de conception sera alors présidé par la recherche à dépasser ces deux difficultés : modéliser les aspects « artistiques » de l'activité de conception et lire les savoirs mobilisés en rapport avec l'action et dans l'action.

1.1.2.1- Le paradigme cognitiviste

Selon Belisle et Linard, (1996) la psychologie cognitive continue de systématiser deux choix conceptuels quant à la définition de l'intelligence et de la connaissance en général : le formalisme (un choix technique de représentation du réel lié à la conception même de l'ordinateur classique) et le rationalisme (il porte sur la conception même que l'on se fait de l'action sur le réel ; la connaissance se ramène pour l'essentiel à la résolution de problèmes finalisée).

Nous retenons comme principales limites de ce paradigme celles relevées d'une part par Perrin (2001) et, d'autre part, par Belisle et Linard. En effet, Perrin, (2001 ; p.11) considère que les modèles d'interaction issus du paradigme cognitiviste enferment l'être humain dans une entité purement rationnelle intellectualisée et consciente; dans ce type de modélisation, l'être humain et la machine sont pensés dans des termes équivalents. Quant à Belisle et Linard, elles considèrent que la connaissance cognitiviste est le produit d'une intelligence homogène et compétente, extrêmement efficace dans certains domaines, mais radicalement tronquée, abstraite, a-personnelle. Ce qui veut dire que ces approches ne nous permettront pas de proposer une représentation de l'activité de conception qui, d'une part, prend en considération ses « aspects imprévisibles ou artistiques » et, d'autre part, repérer les savoirs de conception au sein de l'activité.

1.1.2.2- Les théories de l'activité

Vu que dans une activité de conception les objets et les actions techniques sont finalisés par des intentions et sont socialement signifiants (Vinck, 1999 ; p.207), les théories de l'activité humaine issues de l'Ecole de psychologie soviétique sont susceptibles de nous aider à faire la synthèse des composantes scientifiques et « artistiques » de la conception. En effet, l'idée centrale mise en avant par ces théories est que les artefacts (matériels ou symboliques) sont des médiateurs entre la pensée et le comportement (Vygotsky, 1934). Ces théories permettent de prendre en compte le contexte de travail, d'articuler les dimensions cognitives et sociales, de comprendre la fonction médiatrice réalisée par les artefacts et d'aborder la construction du sens dans la relation aux artefacts (Perrin, 2001). C'est ce que résume Vacherand-Revel, Tarpin-Bernard et David (2001 ; p.249) en disant que ces approches offrent pour l'activité de conception un cadre interprétatif qui permet notamment :

- de prendre en compte le contexte de travail ;
- d'articuler les dimensions cognitives et sociales pour l'analyse d'activités médiatisées et contextualisées ;
- d'aborder la construction du sens dans la relation aux artefacts et non plus seulement la performance ;
- de comprendre la fonction médiatrice réalisée par les artefacts en restituant le caractère dynamique de l'action.

La modélisation de l'activité de conception que nous proposons est finalisée par notre objectif qui est de mettre en évidence les savoirs mobilisés par les concepteurs et les modalités de mobilisation de ces savoirs. Aussi, complétons-nous l'approche des théories de l'action par des approches sociologique et historique de la technique afin de proposer une typologie des savoirs de l'ingénieur qu'il mobilise dans une activité de conception. Nous développons dans la suite la modélisation de l'activité de conception.

1.2- L'activité de conception : une activité humaine

1.2.1- Apport de la théorie de l'activité

Les premiers développements des théories de l'activité humaine sont dues à l'école de psychologie soviétique des années vingt. Elles sont actuellement explorées, entre autres, dans le champ de l'interaction personne-machine (Linard, 1994 ; Nardi, 1996 ; Kuutti, 1996). Elles

intègrent, notamment, les variables d'intention, de signification et de motivation de l'action par rapport au contexte, caractéristiques de l'activité humaine.

1.2.1.1- L'activité

En accord avec Talyzina (1980), nous concevons l'activité en tant que système. En effet, elle affirme qu'« en tant que système, l'activité (...) comprend des éléments aussi bien objectifs qu'opérationnels ». Ce système est motivé par un besoin selon Leontiev (1976 ; p276) qui considère que la condition première de toute activité est un besoin. Savoyant (1979) explique que l'objet de l'activité est donc porteur de deux choses : de stimulation (puisque'il satisfait un besoin) et d'orientation (puisque la satisfaction de ce besoin passe obligatoirement par l'objet dans lequel elle doit être objectivée). C'est cet objet que Leontiev appelle motif et qu'il définit comme un « objet matériel ou idéal qui stimule et dirige l'activité vers lui-même » (Leontiev, 1974).

L'activité, en tant que système, n'est pas une structure immuable. C'est un processus d'interaction entre des sujets, intentionnels, motivés et situés dans un contexte social (déterminé par ce contexte) et des objets (matériels ou symboliques) qu'ils veulent acquérir et/ou transformer au cours de l'activité (Vacherand-Revel, Tarpin-Bernard et David, 2001 ; p.247). Ce processus est lui même structuré par d'autres processus que sont les actions : l'activité est réalisée par des actions (Savoyant, 1984).

1.2.1.2- L'action

L'action est la composante fondamentale d'une activité, elle en est le processus qui la structure. En effet, Leontiev (1976) considère que « n'importe quelle activité bien développée suppose l'atteinte de série de buts concrets, dont certains sont strictement ordonnés. En d'autres termes, une activité est habituellement réalisée par un certain ensemble d'actions subordonnées à des buts particuliers ». Ainsi, l'action elle-même se caractérise par l'objet qu'elle transforme, le but qu'elle vise (la représentation par le sujet de l'état final de l'objet), le produit qu'elle permet d'obtenir effectivement (Savoyant, 1984).

1.2.1.3- Les opérations

Le dernier élément de la structure de l'activité va nous permettre de la caractériser du point de vue de ses moyens de réalisation. Ce dernier élément est constitué des opérations qui définissent la manière dont le but est atteint. Leontiev (1976) les définit comme suit : « par opération, nous entendons le mode d'exécution d'une action ».

Ces trois éléments (activité, actions et opérations) permettent de caractériser un même processus d'activité. Savoyant (1979) souligne que ceci ne doit pas masquer leurs relations et l'impossibilité qu'il y a (ou du moins le caractère abstrait de cette démarche) d'isoler un de ces éléments du contexte du système d'activité dont il fait partie.

Cet auteur remarque qu'une activité peut se transformer en action et réciproquement une action peut devenir une activité. De même pour les actions et les opérations. Les actions se transforment en opérations dans la mesure où elles seront incluses dans d'autres actions ayant une structure opérationnelle plus complexes. Ce qui met en évidence la complexité de la structure d'une activité humaine.

1.2.1.4- La forme des actions

Nous avons vu que toute activité est animée par un motif. Quant à l'action, elle suppose l'existence d'un but (représentation du résultats à atteindre), d'opérations réalisant cette action et de conditions spécifiques déterminant ces opérations. En ce qui concerne la forme des actions, elle se définit, selon Savoyant (1979), par la forme sous laquelle est donné l'objet de l'action et sous laquelle se réalisent les transformations de cet objet :

- la forme matérielle ou matérialisée : l'objet de l'action est donné au sujet sous forme d'objet réel ; la forme matérialisée correspond à un objet présenté sous forme de schémas, dessins ou modèle ;
- les formes extérieures verbales (à haute voix ou écrites) : « elle est caractérisée par une présentation de l'objet de l'action sous forme de paroles ; le processus de transformation de cet objet est réalisée sous forme verbale, c'est à dire sous forme de raisonnement » (Talyzina, 1968)⁷. C'est dans la forme verbale des actions que Galpérine (1966) voit une condition essentielle de la prise de conscience de l'action par le sujet. Ce dernier « considère sa propre action du point de vue des autres, c'est à dire que se forme chez lui une conscience de l'action ». Nous nous intéresserons particulièrement à cette forme quand nous aurons à discuter de l'importance des communications dans une activité collective.
- la forme intellectuelle (ou mentale) : dans ce cas les objets de l'action sont des notions et des concepts et les transformations qui portent sur ces objets de pensée s'accomplissent sur un plan intérieur de conscience.

⁷ Citée par Savoyant (1979)

- la forme perceptive : les objets de l'action sont ici des images perçues et les transformations portent sur ces images, sans modifier les objets matériels.

Les différentes formes des actions montrent bien la réduction que le sens commun opère sur la notion « d'action » quand il la limite à sa forme matérielle ou matérialisée.

1.2.1.5- Les aspects fonctionnels des actions

Du point de vue fonctionnel, les opérations qui réalisent l'action peuvent se classer selon la fonction qu'elles remplissent : opérations d'orientation, d'exécution (de réalisation) ou de contrôle. En effet, en se référant à Galpérine (1966), Savoyant (1979) distingue trois types d'opérations :

- les opérations d'orientation : les opérations relevant de cette fonction sont celles qui assurent l'analyse des conditions spécifiques de l'action, le repérage des propriétés de l'objet de l'action et la mise en rapport de ces conditions et propriétés avec les opérations d'exécution et de contrôle qu'elles déterminent ainsi que leur processus d'accomplissement ;
- les opérations d'exécution : les opérations d'exécution sont celles qui vont assurer les transformations effectives de l'objet de l'action, et c'est précisément leur nature (matérielle ou matérialisée, verbale extérieure ou mentale) qui va définir la forme de l'action dans son ensemble ;
- les opérations de contrôle : les opérations de contrôle sont celles qui assurent l'observation du déroulement de l'action (des opérations d'orientation et des opérations de 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 opération ou sur le produit final.

De ces trois fonctions, dont la présence est nécessaire dans toutes les actions, nous soulignons le rôle essentiel des opérations d'orientation dont dépend l'échec ou la réussite de l'action. C'est « l'organe directeur » de l'action selon Talyzina (1968). La réalisation correcte de ses opérations d'orientation, préalable nécessaire à l'exécution de l'action, est fondée sur le contenu de la base d'orientation du sujet, que Galpérine (1966) définit comme « un système ramifiée de représentation de l'action et de son produit, des propriétés du matériel de départ et de ses transformations successives, plus toutes les indications dont se sert pratiquement le sujet pour exécuter l'action ».

La définition de Galpérine de la base d'orientation met en évidence le fait que les opérations, et par conséquent les actions et l'activité, présentent des parties cachées (le système ramifié de représentation de l'action) et des parties manifestes qui peuvent être des paroles dans le cas de

la forme verbale de l'action ou des actions sur un objet réel dans le cas de la forme matérielle ou matérialisée de l'action.

Notre intérêt portera sur la partie visible, manifeste, ou du moins accessible de l'activité des ingénieurs concepteurs, à la recherche des savoirs mobilisés et les modalités de leur mobilisation dans une activité de conception.

1.2.1.6- L'activité collective

L'activité de conception est le plus souvent une activité collective. Nous devons alors prendre en compte cette spécificité dans la construction du modèle de l'activité de conception. Cependant, en restant dans le cadre de la théorie de l'activité, qu'est ce qu'une activité collective ?

Pour Leplat (1994), « une activité répond à la demande d'exécution d'une tâche ». Or, dans une activité collective, une tâche est réalisée par plusieurs acteurs. Donc, selon le même auteur, « l'activité est collective si elle implique l'interaction de plusieurs acteurs et pas uniquement la mise en commun d'un seul but et les mêmes conditions de réalisation ». Leplat considère d'autre part qu'« une activité collective est l'activité d'un groupe d'acteurs en interaction pour exécuter une tâche », en précisant que la notion de groupe est relative à la tâche. Les tâches des différents acteurs qui, dans tout système organisationnel (l'entreprise par exemple), sont souvent multiples et intégrés dans un réseau (Rogalski, 1994).

Pour sa part, Savoyant (1984) définit l'activité collective en la distinguant d'une tâche exécutée par plusieurs sujets. Ainsi, pour définir une activité collective, cet auteur introduit la notion de processus d'activité collectif. Il le définit comme étant « un processus de transformations d'un objet réalisé par plusieurs sujets ». Pour faire correspondre, d'un point de vue psychologique selon cet auteur, un processus d'activité collectif à une activité collective, il considère que le point crucial en est l'identification des buts des sujets : « pour qu'il y ait activité collective, il faut que les sujets aient le même but, c'est à dire qu'ils visent le même état final de l'objet (le produit final du processus d'activité collectif) ; une autre condition minimale paraît devoir s'ajouter à cette condition d'identité des buts : que chaque sujet se représente le produit final comme somme, composition ou combinaison des produits partiels obtenus par sa propre action et les actions des autres sujets ». Ainsi, une activité collective exige, d'une part, des buts communs et, d'autre part, des représentations communes sur les produits partiels contribuant à l'obtention du produit final. Pour construire des buts et

des représentations (sur le résultat de l'activité) communs aux sujets de l'activité collective, cette dernière doit répondre à deux exigences selon Savoyant (1984):

- la compatibilité : les actions réalisées doivent être appropriées à l'atteinte du but commun ;
- la coordination temporelle : elle recouvre la mise en ordre temporel des actions dans le déroulement effectif de l'activité collective et c'est donc les relations temporelles entre ces actions qu'il s'agit de caractériser (enchaînement des actions ou synchronisation des actions).

Compatibilité et coordination temporelle s'appuient (et sont le résultat) sur une base d'orientation commune. Elles garantissent que la situation soit analysée de la même façon par les acteurs : « une même perception des conditions d'exécution pertinentes déterminent les relations de coordination nécessaires et les moyens de l'assurer » (Savoyant et Leplat, 1983). La construction d'une base commune est alors essentielle pour que s'établisse une activité collective.

Une des questions que nous pose la considération de l'activité de conception en tant qu'activité collective est celle du choix de l'unité d'analyse. Allons-nous retenir chacune des activités individuelles ou l'activité collective globale ? Une piste intéressante est proposée par Leplat (1994) : considérer les communications en tant qu'élément fondamental dans le mécanisme de coordination des activités individuelles. En effet, ces communications - dans leurs modalités verbales et non verbales - visent la construction de la base d'orientation commune aux sujets exécutant une tâche. Elles constituent alors les traces de cette construction.

1.2.1.7- Les communications dans l'activité collective

En vue de construire la base d'orientation commune, les acteurs d'une activité collective coordonnent leurs activités individuelles en communiquant. Les communications peuvent prendre plusieurs formes. Savoyant et Leplat (1983) distinguent les communications suivantes :

- les communications d'orientation générale : préalables à la réalisation effective de l'action, et relative à l'orientation commune (définition du contenu des opérations, des conditions d'exécution et des relations de coordination nécessaires) ;
- les communications de types « commentaire de sa propre activité » : où des opérateurs verbalisent, dans le cours même de la réalisation de l'action... ;

- les communications de guidage : où l'un des opérateurs définit des éléments de l'activité d'un autre opérateur ;
- les communications de déclenchement des opérations qui n'ont pas pour objet la définition du contenu des opérations à réaliser mais le repérage du moment de leur déclenchement ;
- les communications de contrôle dans les réalisations de l'action collective.

Ces différentes formes de communication ne sont pas indépendantes et peuvent coexister en même temps. En effet, les communication parallèles à l'exécution, intégrées dans le déroulement de l'activité collective (sans pour autant l'interrompre) et qui contribuent à assurer l'exécution des actions individuelles, peuvent être distinguées, comme le remarque Savoyant (1984) « en deux grandes catégories duelles selon qu'elles sont directement liées au contenu des actions individuelles (compatibilité des actions : verbalisation de l'opérateur dans le cours même de la réalisation de la tâche, communication de guidage où l'un des opérateurs définit des éléments de l'activité d'un autre opérateur) ou à leur déclenchement (aspect temporel de la coordination : communications de déclenchement, communications de contrôle de l'orientation des opérateurs) ».

En plus de leur rôle fonctionnel dans l'activité collective, les communications en assurent la coordination interindividuelle. En effet, Savoyant (1984) explique que « les communications ont un statut d'opérations dans l'activité, et à ce titre elles doivent être mises sur le même plan que les autres opérations de l'activité, que celle-ci soit individuelle ou collective ». Ce qui rompt avec la vision classique qui considère les communications, et le langage en particulier, comme un élément de description des représentations d'un individu. En ce sens, Karsenty & Falzon (1991) considèrent que « dans un dialogue orienté tâche, un locuteur tente d'agir sur les représentations de ses interlocuteurs de façon à atteindre des buts individuels ou partagés. Mais cette action⁸ est réalisée en co-action ». Ces auteurs citent Clark et Marshall (1981) qui considèrent que dans un dialogue, les participants accumulent des informations à l'intérieur d'un espace de connaissances mutuelles. Les connaissances mutuelles correspondent aux connaissances que chacun sait être communes. Cet ensemble de connaissances mutuelles peut être composé de quatre types d'éléments :

- Le dialogue ayant eu lieu jusqu'ici
- L'environnement physique visible par l'ensemble des participants

⁸ Karsenty & Falzon expliquent que « depuis les travaux du philosophe Austin (1962), on a été amené à concevoir le langage comme action : quand un individu A s'adresse à un individu B, il cherche à faire quelque chose, et plus exactement à transformer les représentations de choses ou de buts d'autrui ».

- Les expériences les ayant rassemblées
- Un ensemble de connaissances générales : connaissances sur l'utilisation du langage, sur des plans d'action généraux, sur la culture.

Le point de vue de Clark et Marshall apporte des précisions précieuses pour notre modèle de l'activité de conception. En effet, l'objectif de notre modélisation est de repérer dans le cumul des informations, contenues dans les communications des acteurs d'une activité de conception, les savoirs de l'ingénieur concepteur et les modalités de leur mobilisation. Les éléments recensés par Clark et Marshall se rapprochent de ce que Vinck (1999) appelle les objets intermédiaires et que nous détaillerons plus loin.

D'autres travaux en psychologie du travail ont souligné l'importance des communications pour analyser l'activité individuelle ou collective. Falzon (1994) considère que l'analyse du langage permet d'appréhender l'activité cognitive des sujets et constitue donc un moyen de l'analyse du travail. Cet auteur remarque qu'une part de la communication fonctionnelle passe par des échanges non verbaux et selon des modes différents. Il présente ensuite des exemples de communications multimodales :

- la démonstration : il s'agit de situations au cours desquelles l'un des interlocuteurs effectue une action en la commentant (verbalisations spontanées de procédure, ajouts de précisions, manifestations phatiques) : actions et verbalisations fonctionnent en synergie.
- le suivi d'action : il s'agit de situations au cours desquelles l'un des interlocuteurs effectue une action sous le contrôle de l'autre.
- l'explication : l'un des interlocuteurs explique une solution mi verbalement mi graphiquement (Falzon, 1992).
- la négociation lexicographique : il s'agit de verbalisation dont l'objet est de s'entendre sur la signification à accorder à certains graphismes.

Les communications entre les acteurs d'une activité collective permettent selon Leplat (1991, 1993) l'échange et l'intégration de connaissances provenant des différents membres du collectif de travail. En plus, la forme des échanges verbaux, leur importance et leurs contenus sont indicatifs de l'existence de référents communs (Grusenmayer & Trognon, 1997).

C'est cette notion de référents communs qui étaye notre choix de « documenter » les savoirs mobilisés par les ingénieurs au sein d'une activité de conception en analysant leurs communications verbales et non verbales. Ainsi, nous considérerons les communications, en accord avec Navarro (1991), comme une trace externe révélant la mise en œuvre de processus

cognitifs (c'est à dire les connaissances et représentations véhiculées et les processus d'élaboration de référents communs) et pragmatique-sémantique (signification pour des sujets réels en situation, lien entre communications et actions en cours ou visées).

1.2.2- Apport de la théorie de l'action située

Il s'agit ici de compléter la construction de la structure de l'activité que nous avons esquissée jusqu'à maintenant en adéquation avec l'objectif que nous poursuivons : documenter les savoirs mobilisés par les ingénieurs dans une activité de conception.

1.2.2.1- Quelques éléments de la théorie de l'action située

Dans le paragraphe précédent nous avons vu que l'activité est inhérente à un motif et l'action à un but. La théorie de l'action située souligne le caractère social de la construction des motifs et des buts et le rôle déterminant de la situation des acteurs. En plus, cette perspective montre qu'il est impossible d'analyser une action hors d'un but, donc sans une tâche.

En effet, Suchman (1987 ; p.28) définit l'action située en disant que «par action située, je veux simplement dire [qu'elle est] prise dans le contexte de circonstances particulières et concrètes». Ceci pourrait être interprété par le fait que la structure de l'activité n'est pas quelque chose qui la précède, mais au contraire, qui va s'épanouir dans l'immédiateté de la situation.

Suchman (1987), en reprenant les idées de Garfinkel⁹, insiste pareillement sur la descriptibilité qui est « le fait que nous, êtres humains, avons la propriété particulière de, non seulement agir, mais aussi de commenter - justifier, rationaliser, etc. - nos actions ». Cependant, tout en se référant à l'ethnométhodologie et en adoptant une posture épistémologique critique de la cognition classique¹⁰, elle introduit la question de la cognition, comme manifestation de savoirs acquis et comme création de savoirs nouveaux, quelle que soit la façon dont on conçoit la notion de savoir elle-même (Theureau, 2002).

⁹ Suchman part de l'ethnométhodologie de Garfinkel (1984) qui consiste à analyser « les activités de tous les jours en tant que méthodes des membres (d'une communauté sociale) pour rendre ces mêmes activités visiblement rationnelles et rapportables pour des buts pratiques, c'est-à-dire descriptibles ("accountable"), en tant qu'organisation des activités ordinaires de tous les jours. La réflexivité de ce phénomène (les pratiques de description et les descriptions elles-mêmes) est une propriété singulière des actions pratiques, des circonstances pratiques, de la connaissance commune des structures sociales et du raisonnement sociologique pratique. C'est cette réflexivité qui nous permet de repérer et d'examiner leur occurrence : en tant que telle, elle fonde la possibilité de leur analyse ».

¹⁰ De Newell & Simon (1972) dont l'hypothèse « l'homme comme système symbolique de traitement de l'information » est critiquée aussi par Belisle & Linard (1997).

Nous retenons de ce qui précède que, d'une part, la nature de l'activité humaine est émergente, contingente et liée aux particularités d'une situation donnée ; d'autre part, la nécessité de viser par la documentation « le jugement vivant, à chaque instant, de la signifiante des circonstances particulières » et « d'explorer la relation du savoir et de l'action aux circonstances particulières dans lesquelles cette action de connaître et cette action se produisent invariablement » (Suchman, 1987).

En effet, Theureau (2002) dans une lecture critique de l'ouvrage de Suchman (1987), résume l'apport de cette dernière en un seul point qui est loin d'être trivial selon lui : « la cognition ne se situe pas dans la tête, mais dans un entre-deux, entre l'acteur et la situation, dont font partie les autres acteurs ». Et d'ajouter, « en conséquence, d'une part, les phénomènes cognitifs pertinents concernent essentiellement la perception et l'action, d'autre part, le lieu essentiel de leur étude est la situation de travail elle-même, car si l'on cherche à les étudier en passant d'une situation de travail à une situation de laboratoire, on risque de les perdre tous ».

1.2.2.2- Les communications dans l'activité située

Afin de documenter un tel « jugement vivant » et une telle « relation du savoir et de l'action », il faut prendre en compte la situation de l'activité.

Nous entendons la situation de l'activité dans le sens Visetti (1989) : « un complexe de ressources et de contraintes, qui peuvent toutes le cas échéant jouer un rôle significatif sans pour autant que ce rôle soit nécessairement réductible à un jeu de représentations mentales préalablement objectivées dans les appareils cognitifs ». L'importance de la prise en compte de la situation dans la documentation de l'action a fait que Suchman considère que la question de la descriptibilité de l'action constitue « la question centrale » de son travail.

Or, selon la théorie de l'action située, les communications donnent lieu à une production conjointe d'intelligibilité entre les acteurs : ceux-ci s'appuient sur les ressources de la situation pour ajuster leurs actions, détecter leurs divergences de compréhension, les réparer et éventuellement les exploiter (Lacoste, 1991). Donc, selon cet auteur, l'action pratique y est considérée comme dépendante des circonstances, et toujours inscrite par les sujets dans une situation particulière. C'est pourquoi, loin d'être des données superflues, les détails en constituent la matière même et réclament une analyse au grain fin. Aussi, les communications constituent-elles pour nous une source privilégiée pour documenter l'activité de conception.

1.2.3- Apport de la cognition située

L'approche de la cognition située s'annonce comme une branche des sciences cognitives et reprend les principes de celle de l'action située en les appliquant à la cognition. L'idée est celle d'une cognition distribuée entre les organismes et un environnement. Ce qui veut dire que le savoir n'est pas à imputer à un individu solitaire disposant des ressources de son seul cerveau : il est socialement distribué (parmi les acteurs), techniquement distribué (entre les acteurs et les artefacts) et temporellement distribué.

Ainsi, ce que nous retenons pour notre modélisation de l'activité de conception, c'est que les communications au sein de l'activité prennent leur sens à travers les interactions entre les acteurs, celles entre les acteurs et les artefacts et celles entre les acteurs et l'environnement. L'accès à l'activité de conception passe par la situation, et par conséquent, l'accès aux ressources externes (les acteurs et les artefacts) prend un aspect crucial dans la cognition. Ceci aura des incidences décisives, en particulier, sur nos choix des techniques de recueil des données ainsi que leur analyse comme nous le relatons dans la « méthodologie ».

1.2.4- Conclusion

L'activité est un système motivé par un besoin (ou motif) et dont le processus qui le structure est l'action. Cette dernière est caractérisée par le but qu'elle vise. Les modes d'exécution d'une action sont les opérations. Elle sont définies par Leontiev comme étant « les procédés d'exécution de l'action » et d'ajouter que « les opérations ne répondent pas aux motifs ou aux buts de l'action mais aux conditions dans lesquelles ce but est donné c'est à dire à une tâche ».

Le système activité intégrant actions et opérations est une seule entité en deux parties : l'une manifeste (en blanc sur la figure n°14), donc observable ou explicitable, et l'autre cachée (en gris sur la figure n°14) difficile à expliciter. Nous proposons le schéma suivant pour le modèle de l'activité individuelle :

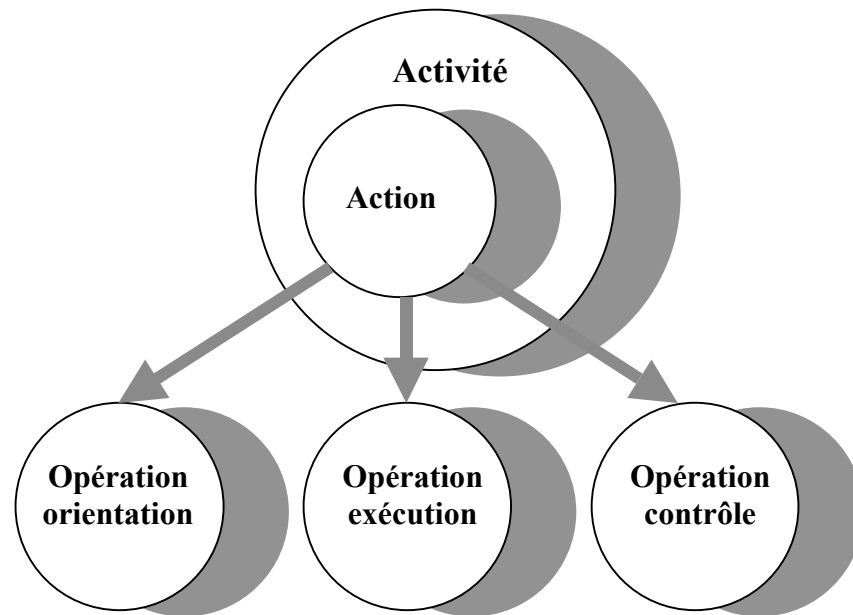


Figure n° 14 : structure de l'activité individuelle

L'activité de conception d'un acteur est déterminée, dans son contenu, par la tâche définie par un ou plusieurs acteurs (prescripteurs).

L'activité de conception est une activité collective. Afin de rendre compte des savoirs qui y sont mobilisés par des ingénieurs, nous nous intéresserons aux communications en tant qu'élément essentiel dans le mécanisme de construction de la base d'orientation commune aux acteurs dans toute activité collective : **Situation**

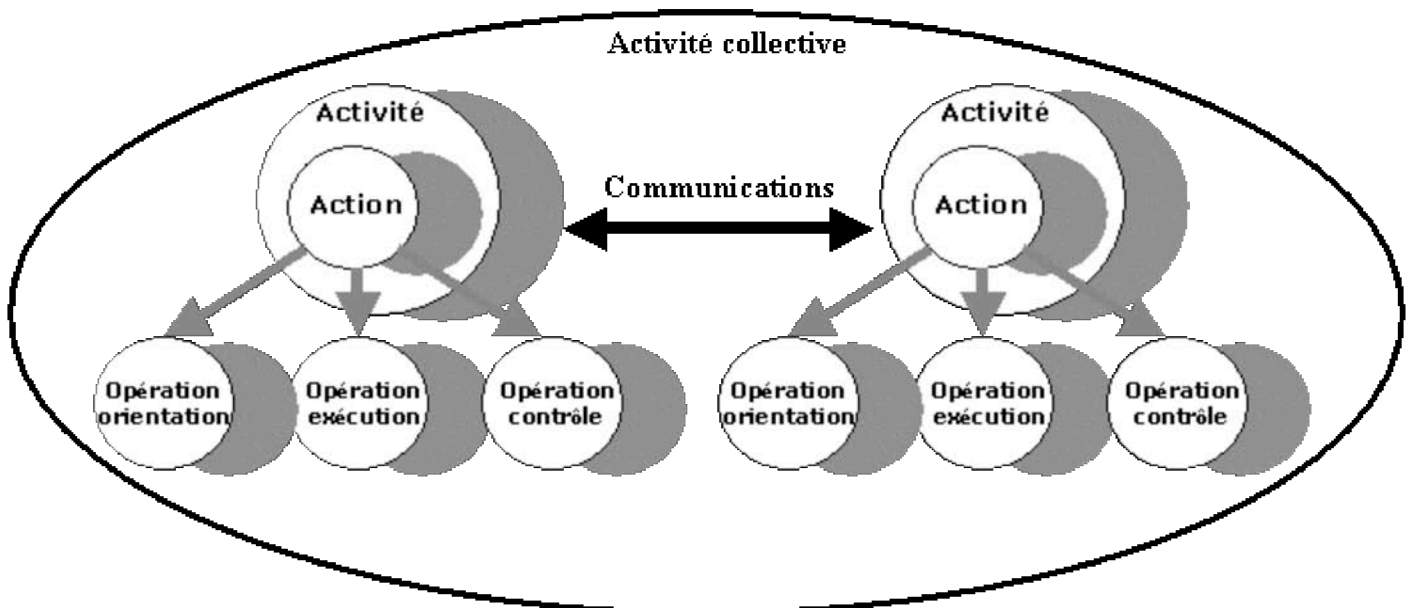


Figure n°15 : structure de l'activité collective

Les communications constituent dans une activité collective la trace externe qui révèle les connaissances et les représentations véhiculées, les processus d'élaboration de référents communs et les liens entre communications et actions en cours ou visées. Elles sont chargées en termes de caractéristiques humaines, organisationnelles et matérielles de la situation.

1.3- L'activité de conception : une activité instrumentée

L'une des demandes du CFAI qui est à l'origine de notre travail de thèse, est celle d'étudier les conditions de la mise en œuvre d'une Assistance Pédagogique en Ligne (APL) AMI¹¹, dans le cadre d'une formation d'ingénieurs en conception en alternance. L'introduction d'AMI vise d'une part l'individualisation de la formation et d'assurer cette dernière même en situation industrielle ; elle vise aussi le rapprochement (en termes de moyens utilisés) entre les deux séquences académique et industrielle. Or, les activités de conception en entreprise sont toujours des activités instrumentées. C'est pour cela que nous précisons dans la suite notre choix théorique concernant de telles activités. Notre objectif est d'étudier les difficultés des ingénieurs concepteurs en formation en alternance à utiliser une assistance pédagogique en ligne (AMI), en tant qu'instrument, dans une activité de conception.

Vu que l'activité en question ici est une activité de conception qui nécessite l'appropriation de la plate-forme de l'APL en tant qu'instrument, nous avons privilégié le cadre de référence de Rabardel (1995) que nous avons complété par l'approche interactionniste mettant l'accent sur le rôle de la situation dans une activité instrumentée.

1.3.1- La notion d'instrument

Rabardel (1995) inscrit son étude sur les instruments dans une approche anthropocentrique, c'est à dire, une approche des techniques centrée sur l'homme, à l'opposé des approches technocentriques centrées sur les objets et systèmes techniques.

Cet auteur définit l'instrument comme étant « une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l'objet ». Un instrument, selon lui, est donc formé de deux composantes : d'une part, un artefact matériel ou symbolique. D'autre part, un ou des schèmes d'utilisations associés, résultant d'une construction propre du sujet autonome ou d'une appropriation de schèmes d'usage déjà formés extérieurement à lui. Par exemple, un micro-cycle de conception que

¹¹ Apprentissage, multimédia, Ingénieurs.

Rabardel & Béguin (1997) ont observé lorsqu'un dessinateur-projeteur conçoit des schémas électriques complexes sur le papier : « cette organisation invariante des opérations effectuées par le concepteur apparaît comme la partie schématique d'un instrument psychologique, dont la partie artefactuelle est le système de signes du génie électrique ». L'instrument selon Rabardel : « n'est pas une donnée disponible. Il est aussi construction, production du sujet ».

1.3.2- L'activité instrumentée

Nous pouvons distinguer diverses relations possibles entre la personne, l'artefact et les objets sur lesquels on opère. L'artefact peut être utilisé comme intermédiaire direct entre la personne et l'objet (par exemple, quand on utilise un marteau ou un ciseau pour opérer sur des clous ou sur du bois). Mais l'artefact peut aussi représenter un objet ou un monde virtuel sur lequel on exécute des opérations qui peuvent se répercuter à leur tour sur l'objet réel. Ce qui met en évidence plusieurs situations possibles d'activités instrumentées.

Ainsi, pour caractériser les classes de Situation d'Activité Instrumentée (SAI), mais aussi pour analyser l'activité humaine avec instruments, Rabardel et Vérillon (1985) ont proposé le modèle triadique SAI :

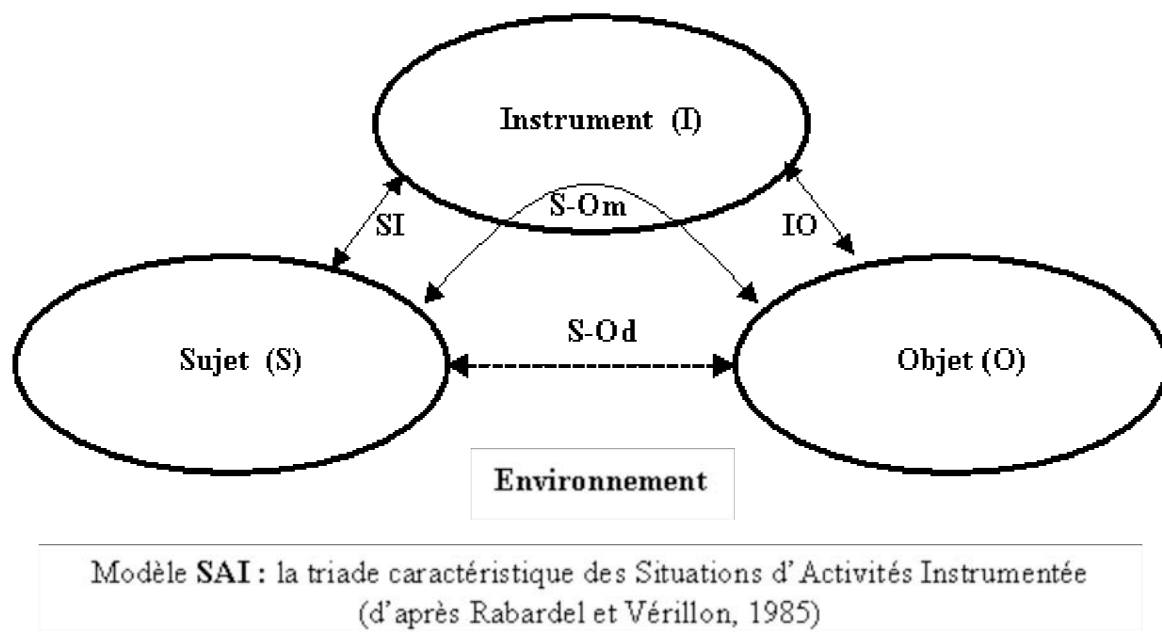


Figure n° 16 : le modèle SAI de l'activité instrumentée

Ce modèle met en évidence la complexité des relations entre les différents pôles :

- S – Od : relations directes entre le sujet et l'objet
- S – I : relations entre le sujet et l'instrument
- I – O : relations entre l'instrument et l'objet

- S – Om : relations sujet-objet médiatisées par l'instrument.

Rabardel a critiqué par la suite le modèle SAI en prenant en compte, en particulier, l'évolution technologique qui l'a conduit « à faire apparaître un quatrième pôle pour rendre compte des situations nouvelles liées à l'apparition de logiciels destinés au travail collectif », comme c'est le cas pour la plate-forme de l'APL AMI. D'où le modèle des Situations d'Activités Collectives Instrumentées (SACI). Ainsi, « aux rapports habituels entre les sujets, les objets et les instruments, viennent s'ajouter les interactions du sujet avec les autres sujets, les collaborations et coopérations » :

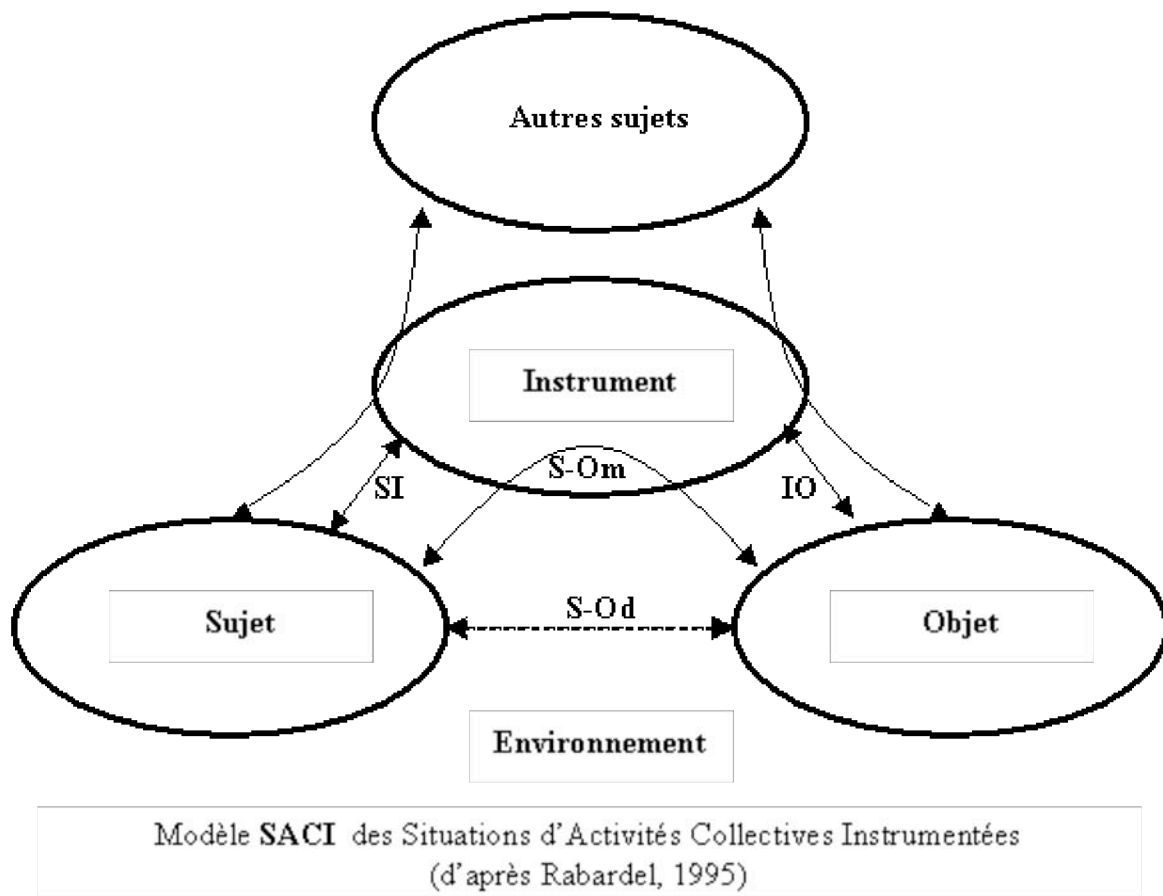


Figure n° 17 : le modèle SACI de l'activité instrumentée

Pour leur part, Vérillon et al (1996), à l'occasion de l'analyse d'une activité d'apprentissage dont l'instrument considéré est le schéma cinématique¹², ont critiqué la structure tripolaire des situations instrumentée par des outils sémiotiques qui ne paraît plus adéquate « pour rendre compte de la mise en œuvre d'instruments sémiotiques du fait que, pour cette classe d'instruments, l'action vise non pas un objet, mais un autre sujet (le destinataire du message) ». Ces chercheurs ont proposé un modèle quadripolaire pour l'activité instrumentée

¹² Considéré comme instrument sémiotique.

étudiée dont le quatrième pôle correspond au référent (R) qui est « ce à propos de quoi il y a information ou représentation... Le référent est l'objet (ou la classe d'objets) du réel auquel se réfère l'action instrumentée (de communication) du destinateur S' sur le destinataire S'' » :

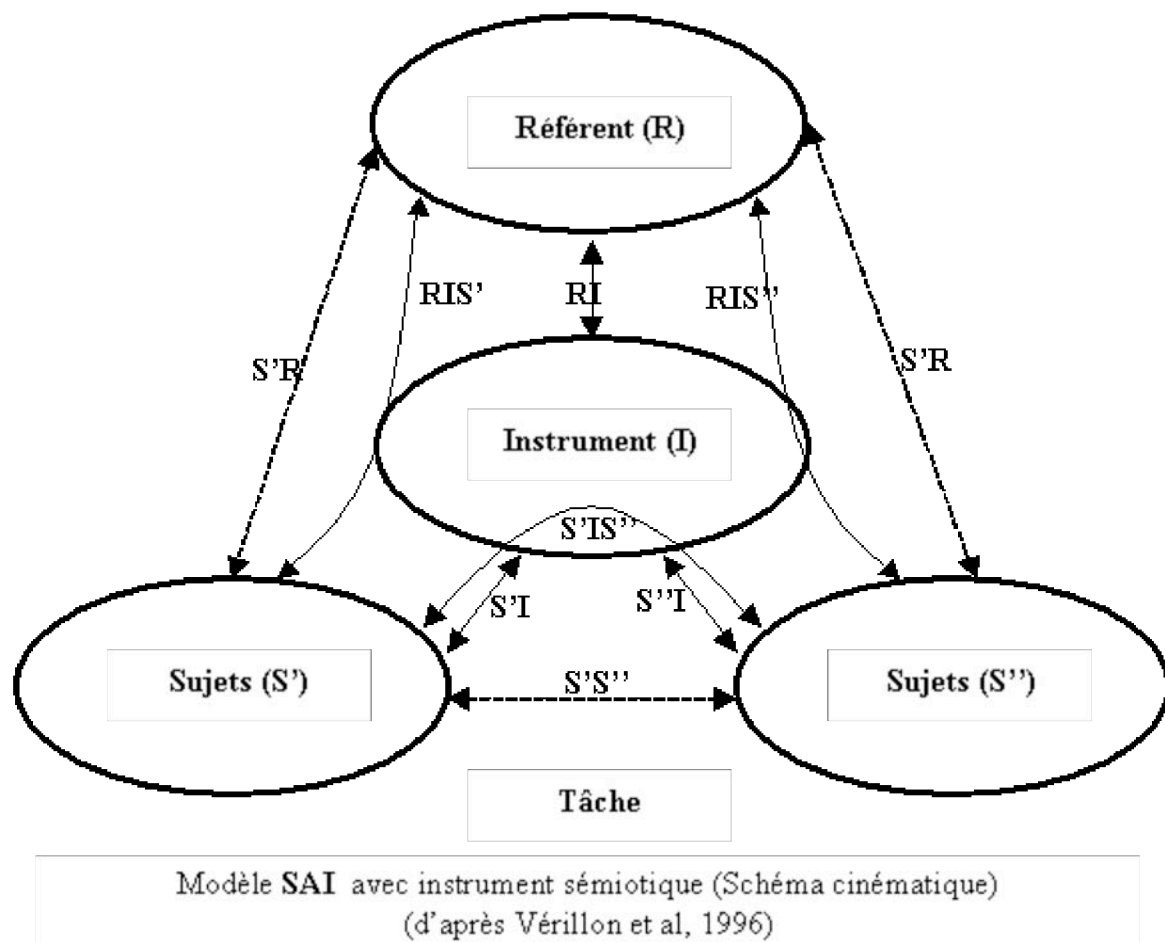


Figure n° 18 : le modèle SAI avec instrument sémiotique

Nous adopterons le modèle SAI avec instrument de Vérillon et *al* pour modéliser l'activité de conception utilisant l'artefact {ordinateur+logiciel}. Dans le cas d'une activité de conception dans le cadre d'une formation d'ingénieur, le référent correspond aux savoirs véhiculés par la plate-forme (qui correspond au logiciel) de l'APL. Nous détaillerons le modèle dans la méthodologie en explicitant la dimension pédagogique de l'instrument {ordinateur+plate-forme} utilisés par les apprentis dans notre cas.

1.3.3- Le processus instrumentation/instrumentalisation

L'appropriation d'un artefact en tant qu'instrument se fait selon le processus instrumentation/instrumentalisation (Rabardel, 1995). En effet, selon cet auteur, l'instrumentation est dirigée vers l'utilisateur de l'artefact et correspond à la construction des schèmes d'utilisation. L'instrumentalisation est dirigée vers l'artefact et concerne l'émergence

et l'évolution des composants artefact de l'instrument : sélection, regroupement, détournements et catachrèses.

1.3.3.1- Les schèmes d'utilisation

Rabardel distingue au sein des schèmes d'utilisation deux niveaux de schèmes :

- les schèmes d'usage qui sont relatifs aux « tâches secondes » correspondant aux actions et activités spécifiques liées à l'artefact (par exemple mobiliser une fonctionnalité de la plate-forme de l'APL) ;
- les schèmes d'action instrumentée qui consistent en des totalités dont la signification est donnée par l'acte global ayant pour but d'opérer des transformations sur l'objet de l'activité (par exemple mettre en commun un document sur la plate-forme¹³ de l'APL ce qui nécessite de mobiliser plusieurs fonctionnalités de la plate-forme de l'APL).

La plate-forme de l'APL AMI consiste en un artefact (la plate-forme et les fonctionnalités qu'elle offre) et des procédures d'utilisation. Il deviendrait un instrument pour l'apprenti lorsque celui-ci aurait développé des schèmes d'utilisation de l'outil, c'est à dire « des organisations stables d'actions accomplies via l'outil pour réaliser les buts visés » (Rogalski et Perez, 2001). Nous considérons que les schèmes d'utilisation de la plate-forme non construits constituent une première source de difficulté pour les apprentis.

1.3.3.2- Les schèmes prégnants

Dans leur étude sur la sous utilisation d'un instrument (cahier de plans pour pompier), Perez et Rogalski (2001) inscrivent leur recherche dans le cadre de référence de Rabardel. L'hypothèse que Perez et Rogalski ont testée est qu'il préexiste des schèmes qui interfèrent avec les procédures attendues, liées à l'organisation de l'outil. Elles reprennent ici le concept de « schème préexistant » de Rabardel (1982).

L'analyse des schèmes des acteurs, en confrontation avec les procédures attendues, est pertinente aussi bien pour évaluer des outils existants que pour en guider la conception.

1.3.3.3- La reconception d'un instrument

1.3.3.3.1- Point de vue « instrumental »

L'une des idées forces de l'approche de Rabardel (1995) est la notion de genèse instrumentale. Partant du concept de catachrèse désignant l'écart entre le prévu et le réel dans l'utilisation des artefacts, Rabardel démontre que le processus de conception d'un instrument ne s'arrête pas à

¹³ Le logiciel permettant de gérer les interactions des acteurs de la formation en offrant un ensemble de fonctionnalités (courrier, travail collaboratif, etc.).

la fin du travail du concepteur. Le processus de conception continu par les élaborations instrumentales des utilisateurs (détournements, attribution de fonctions) qui sont à la fois dirigées vers eux-mêmes (instrumentation) et dirigées vers l'artefact (instrumentalisation). L'auteur remarque que les genèses instrumentales existent même dans les situations fortement contraintes. Cette idée de genèse instrumentale a été reprise par Henri (1996) qui considère que la conception d'un instrument fait appel à un double processus : d'une part, le développement de l'artefact (ceci inclut sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements, attribution de propriétés, transformation de l'artefact, de sa structure, de son fonctionnement, etc., jusqu'à la production intégrale..) et d'autre part, l'émergence et l'évolution des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée.

Nous pensons alors que l'une des difficultés des apprentis ingénieurs à s'approprier la plate-forme AMI en tant qu'instrument peut être caractérisée par le décalage entre l'instrument conçu par les concepteurs de l'APL et celui conçu par les apprentis. Ce décalage se traduit par une utilisation de la plate-forme prévue par les concepteurs et une utilisation effective par les apprentis ingénieurs.

1.3.3.3.2- Point de vue interactionniste

Pochon & Grossen (1997) partent du même constat que Rabardel : que l'utilisateur n'utilise pas toujours la machine de la manière prévue par les concepteurs et que l'usage effectif d'un logiciel peut s'écarter de l'ordonnancement présumé dans la mise en œuvre de ses fonctionnalités.

Ces auteurs insistent dans leur approche sur l'interaction homme - machine. Le terme « interaction », selon ces auteurs, est « au sens faible, peut être considéré comme une interdépendance entre deux entités et, au sens fort, comme une totalité formée d'éléments complémentaires ».

En critiquant l'approche de Rabardel qui met l'accent sur la triade {sujet - instrument - objet}, les auteurs vont considérer l'aspect plus global du système {homme - (instrument - objet)}. L'unité d'observation qu'ils jugent nécessaire pour rendre compte des conduites des apprenants varie de la prise en compte des interactions entre le sujet et la tâche à la prise en compte de la situation d'apprentissage dans son ensemble.

Dans leur analyse, Pochon & Grossen s'appuient sur l'approche de Lave & Wenger (1991), Chaiklin & Lave (1993) et Grossen (1988) qui ont mis l'accent sur le fait que placé en situation d'apprentissage, le sujet ne recherche pas uniquement à « résoudre le problème » qui

lui est posé, mais cherche activement à donner un sens à la situation. La construction de ce sens s'appuie sur les actions et les verbalisations des autres acteurs, et sur l'interprétation par les utilisateurs des intentions du concepteur de la tâche. La difficulté des apprentis, en ce qui concerne l'utilisation de la plate-forme et qui trouve sa source dans le décalage entre utilisation prévue et utilisation effective, est au fond une difficulté de construction de sens à donner à la nouvelle situation de formation à l'aide de l'assistance AMI.

En effet, Pochon & Grossen défendent « la thèse selon laquelle l'intégration d'un ordinateur dans une situation d'apprentissage ne consiste pas seulement à ajouter un outil technologique "non humain" au contexte de l'apprentissage, mais revient à ajouter d'autres acteurs sociaux dont les présupposés et les intentions sont à l'œuvre même s'ils ne sont pas physiquement présents dans la situation ». Ils introduisent donc le concept d'espace interactif dont les différents éléments qui en font partie sont :

- le système d'attente usager - concepteur (les formateurs s'attendent à ce que les apprentis se centrent sur le savoir, les règles d'utilisation de la machine étant connues. Au contraire ils se centrent sur le fonctionnement de l'ordinateur, sur le fonctionnement du logiciel, attribuent à la machine une rationalité qu'elle n'a pas ...etc.) ;
- les représentations que l'utilisateur a de la machine ;
- les dimensions symboliques et identitaires.

Cette approche interactionniste « conduit à considérer conjointement la machine qui, en tant que médiateur sémiotique et susceptible de changer qualitativement la nature de la pensée humaine et l'utilisateur qui, en agissant sur la machine, est susceptible de transformer la machine » (Pochon & Grossen).

L'apport de cette approche pour notre travail a aussi bien une portée par rapport au choix de la technique de documentation de l'activité instrumentée qu'une portée théorique. Nous considérons que, d'une part, le décalage entre l'utilisation prévue de la plate-forme par les concepteurs de l'APL et l'utilisation effective des apprentis ingénieurs est au fond une difficulté de construction de sens de la nouvelle situation, ce qui constitue une difficulté aux apprentis ingénieurs pour s'approprier la plate-forme. D'autre part, cette difficulté peut être repérée par le système d'attente apprenti ingénieur/concepteur de l'APL et les représentations que l'apprenti ingénieur a de l'APL AMI. Nous développons nos choix concernant le recueil des données dans la méthodologie.

1.3.4- Conclusion

Nous considérons que l'activité de conception¹⁴ des apprentis ingénieurs en utilisant la plate-forme de l'APL AMI est une activité instrumentée. Conçue comme un système, sa structure peut être représentée par un modèle quadripolaire inspiré des deux modèles présentés ci-dessus :

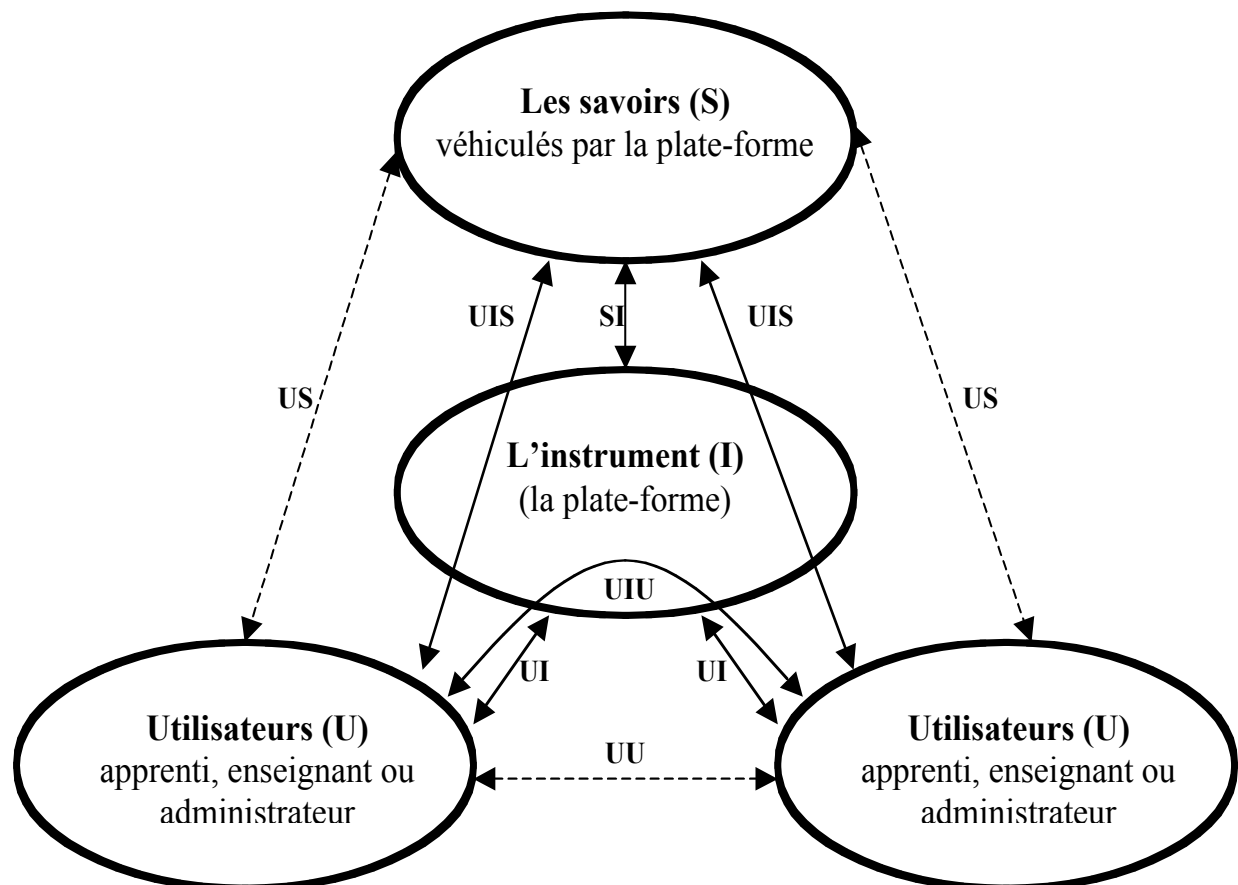


Figure n° 19 : le schéma de l'activité instrumentée de conception

Ce schéma fait apparaître un ensemble de relations entre les différents éléments du système « activité de conception instrumentée » :

- les relations utilisation de l'instrument pour communiquer (UIU) ; proposer, avoir accès aux savoirs (pour structurer, mobiliser, s'approprier les savoirs selon que l'utilisateur soit l'apprenti ingénieur ou l'enseignant) ou gérer la formation (UIS) ; utiliser une fonctionnalité de la plate-forme (prendre des notes sur son bloc note par exemple) (UI) ;
- la relation compatibilité des savoirs véhiculés à la plate-forme (IS) ;
- les relations d'accès direct aux savoirs par les enseignants ou les administrateurs en vue de construire la tâche de remise à niveau (US) ;

¹⁴ Qui s'inscrit dans le cadre d'une remise à niveau des apprentis ingénieurs au début de leur formation.

- les relations ou interactions directes entre les acteurs de la remise à niveau (UU).

Nous avons repéré comme difficultés potentielles des apprentis lors d'une activité de conception instrumentée d'abord la non construction des schèmes requis aussi bien par l'instrument de l'APL que par la situation « activité de conception instrumentée ». Il y a aussi le décalage entre l'instrument conçu par les concepteurs de l'APL et celui conçu par les apprentis ingénieurs. Ce décalage qui est au fond une difficulté de construction de sens de la nouvelle situation de formation en conception utilisant l'APL.

En ce qui concerne l'unité d'observation, nous considérerons le système apprenti ingénieur en interaction avec la tâche en prenant en compte la situation¹⁵. Ceci nous a conduit à croiser plusieurs techniques de recueil de données dont des enregistrements vidéo.

1.4- Le contenu de l'activité

Nous avons annoncé l'objet de notre construction théorique qui est de saisir les savoirs mobilisés par un ingénieur dans une activité de conception. Dans ce qui suit, nous tentons de préciser le rapport du savoir à l'activité et de définir ce que nous entendons par « contenu » de l'activité.

Mais tout d'abord, nous levons une ambiguïté que, en quelque sorte, nous avons entretenue jusque là : quelle distinction faisons nous entre savoir et connaissance et quel est le rapport du savoir¹⁶ à la connaissance ?

Selon Tremblay (1990), le savoir d'un individu ou d'une société est l'ensemble des représentations que cette personne ou cette collectivité tiennent pour vraies à propos de la réalité. Pour sa part, Barbier (1998), le définit comme « l'ensemble des productions symboliques que les hommes ont constitué cumulativement et par rupture inventive depuis l'origine pour tenter d'interpréter le monde ». Quant à la connaissance, Tremblay la définit comme « l'ensemble du savoir pratique, des techniques et des sciences qui, d'une manière ou d'une autre, ont fait leur preuve dans la pratique (les théories formellement correcte et

¹⁵ Selon Visetti (1989) : c'est « un complexe de ressources et de contraintes, qui peuvent toutes le cas échéant jouer un rôle significatif sans pour autant que ce rôle soit nécessairement réductible à un jeu de représentations mentales préalablement objectivées dans les appareils cognitifs ».

¹⁶ Nous nous interrogeons avec Martinand (2000) : « qu'entend-on par « savoir » ? on connaît en effet le piège de la nominalisation : réification, naturalisation, qui portent à croire qu'il n'y a pas à s'interroger sur le savoir puisqu'il est désigné. Faisons alors la tentative de revenir au verbe : savoir, mais savoir quoi ? savoir comment ? Ce n'est plus si simple. »

empiriquement validées) ». Il paraît ainsi que la connaissance est plus restrictive que le savoir, c'est un savoir scientifiquement validé.

Cependant, vu que nous nous intéressons aux savoirs et connaissances d'un domaine spécifique qui est la conception, et pour ne pas causer de confusion en ce qui concerne la compréhension de quelques citations que nous présentons nous utilisons savoir et connaissance indifféremment.

En ce qui concerne le rapport du savoir à l'activité, nous nous référons à Vinck (1997) qui considère que « la connaissance est action... saisir et comprendre la connaissance, revient donc à la suivre dans l'action et dans sa propre transformation. Il s'en suit que les savoirs sont dynamiques. Ils sont construits et transformés au cours de l'action. Ils passent d'une catégorie à l'autre, par exemple de savoir tacite à explicite ou inversement » et d'ajouter : « Toutes ces situations (extraction de connaissance, apprentissage, production de connaissances scientifiques et utilisation des connaissances) montrent que la connaissance est produite dans l'action et n'a de sens que dans l'action. Elle ne peut donc être traitée simplement comme un sédiment; elle doit être saisie dans l'action ». C'est alors de ce que Martinand (2000) appelle « savoir acte » qu'il s'agit lorsque nous parlons de savoir mobilisé dans l'activité de conception.

Or, en cohérence avec la perspective de l'action/cognition située, l'acte ou l'action se déterminent et se déploient par et dans la situation. L'action, comme le savoir, émerge de la situation et se déploie en fonction des conditions de la situation. Ce sont ces savoirs imprégnés par les conditions de la situation, ces « savoirs acte », que nous appelons contenu de l'activité. Nous tenterons de le documenter en l'observant au sein de la partie manifeste des opérations en tant que modes d'exécution de l'action. C'est ce que nous représentons par le schéma suivant :

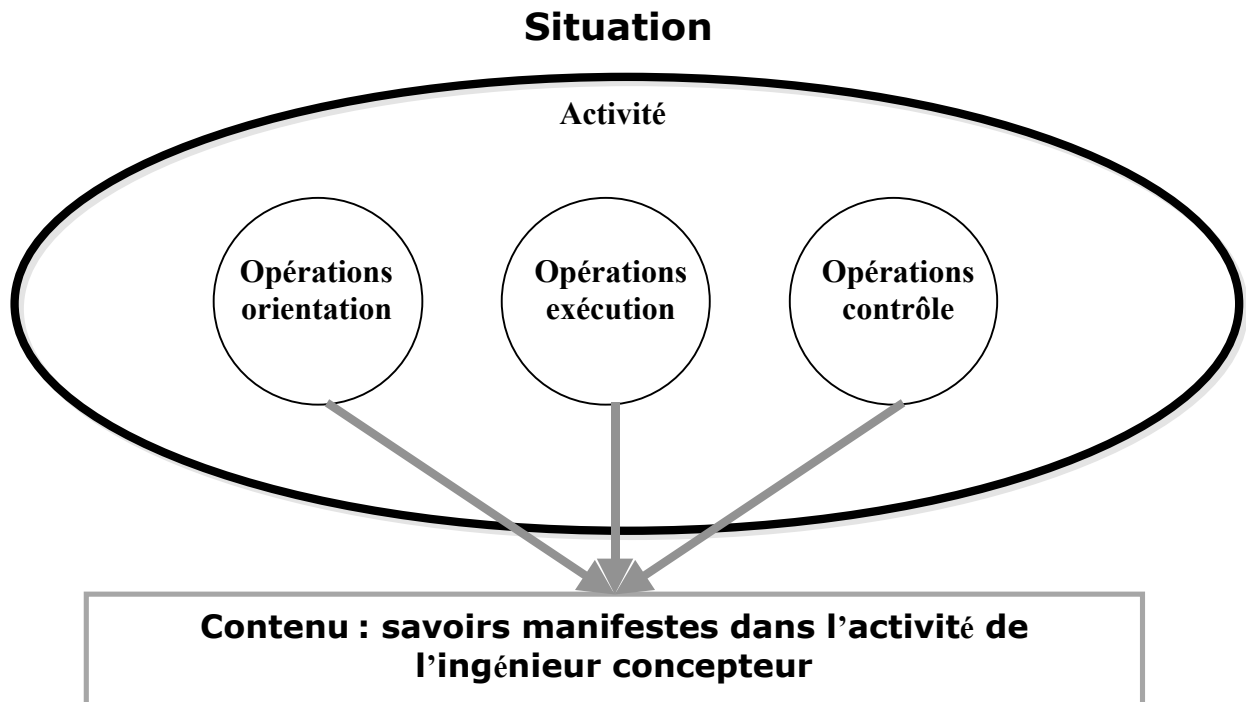


Figure n° 20 : le contenu de l'activité de conception

1.5- Les modalités de mobilisation des savoirs dans l'activité de conception

La mobilisation des savoirs au sein d'une activité de conception est déterminée par la situation de l'activité de conception. Nous citons en particulier trois éléments de la situation de conception qui déterminent l'action et par conséquent la mobilisation des savoirs : la démarche de conception adoptée (propre à une entreprise par exemple), les conditions matérielles et les conditions organisationnelles. Ces trois éléments déterminants correspondent en fait aux trois composantes spécifiant le caractère technique de l'activité de conception. Ce caractère technique que Combarous (1984 ; p.27) appelle « la technicité ». En effet, cet auteur considère que «le caractère technique, la technicité, est lié à une aptitude de l'homme à résoudre des problèmes concrets d'une manière originale ». Il caractérise la technicité par trois composantes :

- une composante d'apparence philosophique, la rationalité technique qui correspond à la démarche de conception dans le cas d'une activité de conception ;
- une composante d'apparence matérielle, l'emploi d'engins (outils, instruments, machines, équipements), ce qui constitue les conditions matérielles de l'activité de conception ;

- une composante d'apparence sociologique, les spécialisations qui sont définis au sein d'une organisation.

Nous remarquons que ces trois composantes recouvrent bien l'activité de l'ingénieur concepteur en situation exigeant une rationalité technique, en utilisant des engins dans une organisation. Aussi, pensons-nous que la technicité est un critère pertinent par rapport à la caractérisation de la mobilisation des savoirs par un concepteur dans une activité de conception.

Pour rendre opérationnel ce critère de technicité en vue de caractériser la mobilisation des savoirs de l'ingénieur concepteur, nous adopterons la notion de « registre de technicité » proposée par Martinand (1994)¹⁷. Le registre de technicité est défini par rapport à une pratique, ici celle des ingénieurs concepteurs, et traduit la technicité mise en œuvre dans l'activité. Les registres de technicité que nous retiendrons sont ceux que Martinand a proposé dans le cas de la formation professionnelle des enseignants :

- le registre de maîtrise qui correspond à la conduite autonome dans une activité¹⁸ (ingénieur professionnel) ;
- le registre de participation qui correspond à tenir un rôle dans une activité avec aide et guidage (apprenti ingénieur) ;
- le registre de lecture et d'interprétation qui correspond à l'observation, la lecture, l'analyse et la critique d'une activité (ingénieur expert) ;
- le registre de modification ou de transformation qui correspond à changer la pratique (ingénieur inventeur).

Nous caractérisons chaque registre de technicité par trois indicateurs : l'autonomie, la communication et l'action technique (Glomeron, 2002) comme le montre le tableau suivant :

¹⁷ Martinand considère qu'au cœur de la pratique, il y a la technicité ; il propose le concept de registres de technicité.

¹⁸ Nous entendons l'activité de conception, donc la pratique de l'ingénieur. Pour expliciter les différents registres, nous nous sommes référés au travail de thèse de Glomeron (2002) sur la professionnalité des enseignants de la technologie au collège.

| Registres de technicité | Autonomie | Communication | Acte technique |
|-------------------------|-------------------|------------------|---|
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 4 : caractérisation des registres de technicité

Par exemple, le registre de modification, est caractérisé par une très importante autonomie, une assez importante communication et un acte technique qui est au centre de l'activité que l'acteur peut modifier ou transformer pour en proposer une nouvelle. Tandis que le registre de maîtrise est caractérisée par une autonomie importante, une faible communication et un acte technique au centre de l'activité et qui privilégie le respect des règles prescrites (action non modifiable).

2- LES SAVOIRS DE L'INGENIEUR CONCEPTEUR

Nous qualifions couramment les savoirs qui constituent l'essentiel des formations d'ingénieurs pendant leurs séquences académiques, comme étant les « sciences de l'ingénieur ». D'autres savoirs, qui constituent le contenu de l'activité de conception, dans le sens défini avant, font partie, eux aussi, des « sciences de l'ingénieur ». Notre objectif dans ce paragraphe est de préciser la nature de ces derniers et de les décrire en vue de construire une grille nous permettant de « lire » les savoirs mobilisés par l'ingénieur dans une activité de conception. Ainsi, nous situerons d'abord les sciences de l'ingénieurs par rapport à la science, puis par rapport à la technique. Nous discuterons quelques typologies de savoirs, proposées par des chercheurs ayant travaillé sur la formation des ingénieurs, avant de proposer la nôtre en croisant les points de vue de trois approches : la sociologie des techniques, l'histoire des techniques et la didactique des génies techniques.

2.1- Entre la science et la technique

2.1.1- La science, la technique ?

La technique, selon Perrin (1997), est définie « comme étant l'ensemble des moyens matériels et immatériels mobilisés par les hommes pour atteindre d'une manière efficace un objectif ».

Pour sa part, Vérillon (1996) la caractérise par :

- son caractère organisé : toute technique présente une structure relativement invariante et de ce fait elle est identifiable et classable ;
- son caractère opératoire : toute technique produit une transformation ou un ensemble de transformations dans le réel ;
- son caractère anticipatoire : l'effet permis par une technique est recherché, donc représenté et anticipé ;
- son caractère cognitif : les techniques constituent des solutions à des problèmes de relation au réel. A ce titre, elles condensent des connaissances « en acte » et « en artefact » qui, bien que plus ou moins conceptualisées et susceptible d'être exprimées de manière discursive, n'en sont pas moins transmises socialement (y compris, donc, par des moyens non discursifs).

Vérillon (1996) distingue entre « la technique » et « les techniques » qui renvoient à des objets relativement différents : « d'une part, à un univers particulier (la sphère technique, le monde technique) et d'autre part, une modalité plurielle de l'activité humaine (les techniques) ». Dans la suite de ce texte, c'est la première acception que nous entendons, c'est à dire la technique comme sphère « concernée par la conception de biens et de services liés à l'équipement et à la consommation » selon le même auteur.

Au sein de cette sphère interagissent six espaces différents (Perrin, 1997) : l'espace des organisations, l'espace des connaissances, l'espace des institutions, l'espace de symboles et l'espace de l'imaginaire social. L'intersection de ces espaces à un moment donné définit l'espace des artefacts techniques disponibles à ce moment. L'espace des connaissances dans la sphère de la technique constitue, à notre avis, ce qu'on appelle les sciences de l'ingénieur ou les génies techniques (Lebeaume, 1995) et ce que nous appelons dans la suite : les savoirs de l'ingénieur concepteur.

2.1.2- Les savoirs de l'ingénieur concepteur : entre la science et la technique

La distinction entre les deux sphères, la science et la technique, (à l'instar de la distinction entre les sphères artistique, religieuse, sportive et autres) est une distinction fonctionnelle. Sinon, ces différentes sphères sont des éléments, en interaction, au sein d'un même système qui est la société humaine.

Nous nous écartons ainsi de deux points de vue extrêmes : celui qui considère le rapport de la science à la technique comme un rapport d'application¹⁹ et celui qui considère que les deux sphères sont indépendantes sous prétexte qu'historiquement, les deux sphères ont évoluées indépendamment²⁰ l'une de l'autre. Nous retenons le modèle interactif²¹ des deux sphères.

En effet, la science et la technique sont distinctes en termes des objectifs suivis (respectivement production de connaissances et production d'artefacts) et des processus de production des savoirs (respectivement recherche et conception). Cependant, la science et la technique sont en interaction, voire complémentaires dans le sens de Simondon (1958) qui dit que « l'objet technique concret est un système physico-chimique dans lequel les actions mutuelles s'exercent selon toutes les lois des sciences. La finalité de l'intention technique ne peut atteindre sa perfection dans la construction de l'objet que si elle s'identifie à la connaissance scientifique universelle » ; et d'ajouter que « la concrétisation des objets techniques est conditionnée par le rétrécissement de l'intervalle qui sépare les sciences des techniques ; la phase artisanale primitive est caractérisée par une faible corrélation entre sciences et techniques, alors que la phase industrielle est caractérisée par une corrélation élevée. La construction d'un objet technique déterminé peut devenir industrielle lorsque cet objet est devenu concret, ce qui signifie qu'il est connu d'une manière à peu près identique selon l'intention constructive et selon le regard scientifique ».

Ceci nous permet de dire, en paraphrasant Deforge²² (1996), que la science et la technique sont « associées dans un complément à l'unité ». En effet, selon Deforge « c'est le technicien qui peut apporter le complément à l'unité par rapport à la science. (l'inverse est vrai, le scientifique apporte le complément à l'unité pour un problème concret) c'est une question d'équilibre en somme ».

¹⁹ Pahl et Beitz (1999).

²⁰ Vincenti (1990).

²¹ Layton (1970).

²² Dans un entretien avec Lebeaume (1996) : « La science et la technologie sont associées dans un complément à l'unité ».

2.2- Catégorisation des savoirs de l'ingénieur concepteur

Nous avons montré au début de ce chapitre qu'au centre de l'activité de l'ingénieur il y a la conception. Aussi, nous attachons-nous dans ce paragraphe à mettre en évidence et catégoriser les savoirs de conception.

Plusieurs auteurs ont proposé des typologies des savoirs des ingénieurs dans une activité de conception, ou en général, de ceux des opérateurs dans une activité professionnelle (Pastré, 1992). Nous en citons quatre, à titre indicatif, que nous commentons par la suite en cohérence avec la construction de la structure de l'activité de conception que nous avons présentée plus haut.

La première catégorisation que nous citons est celle proposée par Malglaive (1990). Cet auteur propose une typologie des savoirs dont le critère de catégorisation est la dichotomie entre théorie et pratique. Il distingue ainsi les catégories de savoir que nous présentons assorties de leurs modes d'expression (Charlon, 1996 ; p.148) correspondant :

- les savoirs théoriques déduisant leurs lois de concepts axiomatisés et s'exprimant sur le mode conceptuel ;
- les savoirs procéduraux sont des savoirs rationnels sur les opérations formelles de la pensée. Ils s'expriment sur le mode rhétorique, discursif et emploient la langue naturelle et le mode figural. Ils tendent vers le mode d'expression théorique ;
- les savoirs pratiques sont des savoirs pragmatiques, construits dans l'action en vue de son efficacité, sous l'entière dépendance des procédures. Ils s'expriment sur le mode rhétorique et le mode figural. Ils passent du mode rhétorique au mode conceptuel pour se faire connaître et s'acquièrent par l'action ;
- le savoir-faire est évolutif. On distingue les phases d'apprentissage (débutant avec tâtonnement), de constitution de routines (savoir-faire cohérents), d'habitudes (procédures intériorisées) jusqu'à l'expertise. Exprimés sur le mode agi, acquis par l'action, ce sont des savoirs fondés sur l'action, magiques, qui rendent compte des phénomènes matériels et symboliques sans mobiliser les modes canoniques de la rationalité.

La seconde catégorisation de Charlon (1996) complète celle de Malglaive pour l'adapter aux changements qu'ont connus l'entreprise et le travail, en considérant d'autres types de savoirs :

- des savoirs organisationnels : ils désignent les connaissances mobilisées pour identifier et construire en cohérence finalisée dans le produit les différents services de l'organisation

- des savoirs méthodologiques qui regroupent les capacités à observer, classer et transmettre les étapes par lesquelles il est nécessaire de passer pour optimiser une démarche de résolution de problème ;
- des savoirs contingents au collectif de travail qui s'articulent aux savoirs précédents mais désignent l'ensemble des savoirs mobilisés dans un collectif de travail sans que ceux-ci soient également maîtrisés par chacun. Ils désignent plus précisément des expertises.

Les deux dernières typologies sont respectivement celle de Collins (1992), cité par Vinck (1997 ; p.57), et celle d'Hatchuel & Weil (1992 ; p.44-60). Collins distingue les catégories suivantes :

- les faits et règles formelles ;
- les heuristiques, c'est à dire les règles empiriques explicitables et les pratiques standardisées ;
- les savoir-faire manuels et perceptifs ;
- les savoir-faire culturels. Il s'agit de la capacité à reconnaître un objet dans un environnement confus et de la capacité à comprendre et à utiliser les faits, les règles et les heuristiques.

Quant à Hatchuel & Weil, ils distinguent trois types de savoirs:

- le savoir-faire : ce type de savoir peut être modélisé par des ensembles de règles ou de faits car il se compose de vérités isolables que l'on peut accumuler de manière ordonnée ;
- le savoir-comprendre : ce qui illustre le mieux la spécificité du savoir-comprendre, ce n'est pas un champ de connaissances particulier, mais plutôt un type d'activité: celle du réparateur. Autrement dit, l'activité de celui qui cherche à comprendre pourquoi l'ordre «réel» n'est pas l'ordre «conçu» et tente d'y remédier ;
- le savoir-combiner : ce type de savoir mêle intimement le raisonnement de l'action et la connaissance utilisable. Il remet constamment en cause les objectifs ainsi que les moyens à mettre en oeuvre pour rechercher un compromis capable de satisfaire un groupe d'acteurs donné.

Ces différentes typologies suscitent quelques remarques. D'abord, en ce qui concerne la première (Malglaiive), elle est construite sur la base d'une dichotomie implicite entre théorie et pratique, en ce sens que la théorie correspond au savoir, y compris le savoir scolaire, et la pratique concerne l'action (en tant que transformation intentionnelle de la réalité par les hommes selon Malglaiive). L'objectif de l'auteur est de « montrer la manière dont le savoir, y

compris le savoir scolaire, s'investit dans la pratique, ce qu'il y devient, comment il s'y transforme sans se renier, c'est à dire sans cesser d'être savoir ».

Bien que cet objectif converge avec le nôtre en ce qui concerne la question de la transformation des savoirs dans une activité en situation, il est clair que la perspective de l'auteur est loin des choix théoriques que nous avons faits et qui concernent, en particulier, la structure et le contenu de l'activité de l'ingénieur. En effet, nous considérons, en accord avec Vinck (1997 ; p.56), que le savoir est action, et que « la connaissance ne se réduit ni à des énoncés ni à des règles. La part de la connaissance ainsi explicite ne constitue d'ailleurs que la pointe d'un « iceberg ». La partie immergée comprend, entre autres, tout ce que nous savons faire sans que nous n'en ayons conscience. Cette réalité apparaît chaque fois qu'un auteur dresse une typologie des savoirs et savoirs faire ».

Une deuxième remarque concerne la première (Malglave) et la troisième (Collins) typologies citées. Ces dernières prétendent à un grand degré de généralité si bien que le plus grand absent y est le savoir lui même en tant que contenu d'une activité située. Quant à la deuxième (Charlon) et la dernière (Hatchuel & Weil) typologies, elles donnent des éléments d'analyse des savoirs dans une situation industrielle, mais qu'il faut adapter pour aboutir à une mise en évidence des savoirs spécifiques à la situation donnée. C'est à dire qu'il faut redonner sens à chaque catégorie de la typologie par rapport à la situation donnée.

La troisième remarque concerne la conception des savoirs qui sous tend ces typologies. En effet, les savoirs sont appréhendés comme un « ensemble d'énoncés et de savoirs tacites explicites incorporés dans les individus » (Vinck, 1997). Or nos choix théoriques vont dans le sens de la contextualité de tout énoncé et l'inscription des savoirs dans une situation.

C'est ce qui nous amène à avancer qu'à défaut de « tomber » sur une typologie spécifique à une situation à analyser, nous proposons d'en construire une ad hoc, en cohérence avec la structure et le contenu de l'activité de conception tels que nous les avons définis plus haut. Nous soulignons que cette typologie à construire, à l'image des savoirs, est contingente et ne prétend pas à la généralité. Elle vise la mise en évidence des transformations des savoirs dans et par la situation plutôt que de les figer dans des catégories « statiques ».

A cette fin, nous nous référons à trois perspectives différentes : l'histoire des techniques pour esquisser une typologie des savoirs de l'ingénieur concepteur, la sociologie des techniques pour expliciter et compléter les catégories retenues dans la perspective historique, et la

didactique des génies techniques pour organiser les différentes catégories retenues dans les deux premières perspectives.

2.2.1- Point de vue de l'histoire des techniques

Nous considérons que la typologie des savoirs des ingénieurs concepteurs proposée par Vincenti (1990) est en cohérence par rapport à la construction de l'activité que nous avons proposée en termes de structure et de contenu. En effet, d'une part, l'auteur pose des questions similaires aux nôtres : quel est le savoir des ingénieurs ? Comment se constitue-t-il ? Sous quelles formes existe-t-il ? Et d'autre part, à partir d'exemples empruntés à l'histoire de l'aéronautique, Vincenti a montré que la conception est au centre de l'activité des ingénieurs et qu'elle est au cœur de la production des savoirs des ingénieurs concepteurs (Perrin, 2001). En plus, c'est une typologie spécifique à une situation de conception donnée s'éloignant ainsi du glissement de la généralité excessive.

L'auteur a ainsi conduit un travail d'enquête historique à partir de l'analyse de cinq problèmes²³ qui se sont posés aux concepteurs américains dans le domaine de l'aéronautique dans la première moitié du XX^e siècle.

En ce qui concerne la portée de l'étude, Vincenti s'est limité aux activités d'ingénierie de conception (il n'a pas inclus la fabrication). Quant au contexte ou milieu de l'étude, l'auteur a considéré celui où sont conçus les différents composants de l'avion (ailes, train d'atterrissage, moteurs, etc), c'est à dire un niveau d'ingénierie de base peu soumis aux influences extérieures à « la sphère » de conception.

Vincenti (1990 ; p.208) distingue les catégories de savoirs suivantes :

- les concepts de base pour la conception²⁴ qui constituent des savoirs de base relatif à l'artefact :
 - o le principe opératoire : comment les composants constitutifs de l'artefact concourent fonctionnellement à la réalisation de sa finalité. Un principe opératoire définit une classe d'artefacts et la distingue d'une classe fonctionnant sur un autre principe (avions vs hélicoptères par exemple) ;

²³ Le problème de la conception des voilures d'avion (1908, 1945) ; les spécifications relatives à la maniabilité en vol des avions (1918, 1943) ; l'analyse en terme de volume de contrôle (1912, 1953) ; les essais d'hélices (1916, 1926) ; l'innovation du rivetage à tête noyée dans la construction d'avion (1930, 1950).

²⁴ Fundamental design concepts.

- la configuration normale de l'artefact : il s'agit de la morphologie général ou de l'organisation structurel communément admise comme étant l'incarnation du principe opératoire ;
- les critères et spécifications : à l'intérieur du cadre fixé par un principe et la configuration qui l'incarne, il faut encore élaborer les critères techniques qui définissent l'artefact (pour un avion par exemple, vitesse, charge utile, plafond, autonomie...etc.) ;
- les outils théoriques :
 - les méthodes et théories mathématiques permettant l'expression sous forme d'équations, formules et autres formalismes mathématiques (des lois physiques, des « lois phénoménologiques », des règles quantitatives admises..) ;
 - les concepts intellectuels qui vont du scientifiques au pragmatique, du quantitatif au qualitatif, du mathématique au physique. Certains concernent seulement une classe d'artefacts, d'autres sont généraux. Ils peuvent renvoyer à des notions scientifiques (forces, masse, courant électrique) ou techniques (rendement, rétroaction) et sont souvent associés à des formalismes mathématiques ;
- les données quantitatives :
 - descriptives (les constantes physiques, la résistance des matériaux) ;
 - prescriptives (normes, spécifications) ;
- les considérations pratiques : c'est le savoir que l'on ne trouve pas dans les manuels car souvent valable localement (les contraintes de fabrication dans telle usine) ou peu explicite ;
- les schèmes de conceptions²⁵ :
 - procédures plus ou moins structurées, ce sont des schèmes qui guident la représentation (par exemple l'analyse d'un artefact en ses composants) ;
 - capacités de discernement et de décision : il s'agit de capacités intuitives qui se construisent essentiellement par expérience et qui renvoient à la dimension quasiment « artistique » de l'ingénierie. Elles distinguent souvent le grand designer du concepteur ordinaire.

²⁵ Design instrumentalities

Nous retrouvons certaines de ces catégories chez Staudenmaier (1984 ; p.103), un autre historien des techniques. En effet, cet auteur distingue, dans ce qu'il appelle le savoir technique²⁶, les catégories suivantes :

- les concepts scientifiques qui une fois appropriés par la pensée technique ne gardent pas leur forme originale. Ils correspondent à ce que Vincenti appelle les outils théoriques ;
- les données incertaines qui font référence à ces zones d'ignorance auxquelles les techniciens sont souvent confrontés. Pour y apporter des réponses l'ingénieur fait appel à ce que Vincenti appelle les schèmes de conceptions ;
- l'ingénierie théorique : est considéré comme un corps de connaissances utilisant des méthodes expérimentales pour construire un système intellectuel formellement et mathématiquement constitué. Ces théories traitent habituellement d'objets idéalisés (machines, poutres, chaudières ...etc.). Elles sont structurées par les nécessités des pratiques techniques plus que par les exigences plus abstraites d'une disciplines scientifique. Cette catégorie correspond à ce que Vincenti appelle les outils théoriques ;
- les savoir-faire techniques : est une expérience humaine qui permet de faire des jugements techniques qui ne se réduisent pas à l'ingénierie théorique. Ceci est à mettre en relation avec ce que Schön (1983) appelle « savoir en acte » à propos des savoirs pratiques professionnels ou ce que Vincenti appelle les considérations pratiques .

2.2.2- Point de vue de la sociologie des techniques

2.2.2.1- L'ethnographie des techniques

La sociologie des techniques reprend et prolonge les développements antérieurs de la sociologie des sciences. En effet, comme le souligne Akrich (1993), la première a emprunté à la seconde d'une part son programme qui consiste à analyser la production des artefacts tout comme celle des faits scientifiques et, d'autre part, s'est inspirée de ses méthodes « qu'il s'agisse de suivre l'innovateur au travail pour décrire les mécanismes par lesquels il mobilise des entités variées, ou de s'appuyer sur l'étude des controverses pour montrer comment se constitue le partage entre social et technique ».

Nous nous limitons ici à la perspective proposée par Dodier (1995), Jeantet (1998) et Vinck (1997, 1999) et qui converge avec nos questions et nos choix théoriques.

²⁶ Technological knowledge.

En effet, ces auteurs s'occupent à répondre à des questions de type : quels sont les espaces sociétaux et les institutions de la production, conservation et transmission du savoir technique? Quelle est la matérialité du savoir technique et qu'est ce que cela suppose pour son usage ? Quelles sont les pratiques de production, de circulation et d'usage de ces contenus-matières cognitifs ?.

En ce qui concerne les fondements théoriques, ces auteurs se situent à la suite des ethnométhodologues²⁷ qui s'étaient penchés sur les instruments et dispositifs expérimentaux, sur les techniciens, leurs savoirs et savoir-faire tacites (Vinck,1999). Ils proposent de compléter l'approche ethnométhodologique, en s'appuyant sur la théorie de l'acteur-réseau²⁸ de Callon (1986) et Latour (1989) cités par Dodier (1995). Ainsi, ils prennent en compte les liens qui se créent entre acteurs et artefacts pour atteindre des objectifs plus ou moins partagés, et réintroduisent dans l'analyse les objets et par suite la matérialité de l'action.

2.2.2.2- La notion d'objets intermédiaires

La démarche ethnographique vise à scruter le travail des concepteurs en rédigeant des comptes rendus caractérisée par la combinaison d'observations réalisées en situation, d'entretiens libres ou partiellement dirigés avec les personnes concernées, de relevés instrumentés (listes, comptages...) et par la participation de l'observateur à certaines activités (observation-participante) (Vinck, 1999).

Ainsi, pour accéder à toutes ces informations caractérisant le processus de conception, ces auteurs ont proposé la notion d'objets intermédiaires en tant qu'analyseurs qui permettent d'accéder à la réalité des processus effectifs de conception (Jeantet, 1998). En effet, selon Jeantet, « les concepteurs passent le plus clair de leur temps à créer, manipuler, discuter, interpréter, évaluer, transformer, etc. des textes, des graphes, des calculs, des modèles informatiques, des dessins, des maquettes... ».

Nous considérons que la notion d'objets intermédiaires constitue un apport utile à notre travail au moins pour deux raisons. La première est que nous accordons une grande importance aux

²⁷ Tels que Fleck, Polanyi et Ravetz (1971) cités par Vinck (1999).

²⁸ Appelée aussi Sociologie de la traduction. L'un des concepts de cet approche est celui de « réseau sociotechnique » qui prend en compte des liens qui se créent entre acteurs et artefacts pour atteindre des objectifs plus ou moins partagés.

Un réseau est un ensemble fonctionnel qui n'obéit pas à la logique d'éloignement ou la proximité des artefacts, des lieux et des acteurs. Des artefacts et des acteurs très proches dans l'espace peuvent appartenir à des ensembles fonctionnels totalement étrangers, alors que d'autres, très éloignés, sont par contre étroitement associés (Dodier, 1995).

communications entre les acteurs dans une situation de conception en tant que source incontournable pour caractériser le processus de conception. Or, une grande partie des communications se passent autour, par rapport ou à l'aide d'objets intermédiaires : tableau noir, produit à reconcevoir, ordinateurs, brouillons, livres, ...etc. Les objets intermédiaires donnent sens et situent les communications, si bien que nous faisons l'hypothèse qu'elles permettent de révéler et de caractériser la nature des échanges et des relations entre les acteurs humains.

La seconde raison est que la mise en œuvre de la notion d'objets intermédiaires, par d'autres chercheurs pour saisir « la technique en action », selon Vinck (1999), a permis de mettre en évidence ou d'explicitier des catégories de savoirs de l'ingénieur concepteur qui seront utiles pour construire notre grille d'analyse.

2.2.2.3- Les savoirs du milieu de l'artefact

Une première catégorie de savoirs, non mentionnée par Vincenti, que nous pouvons mettre en évidence en analysant le processus de conception en termes d'objets intermédiaires est celle qui concerne le milieu de l'artefact à concevoir.

En effet, l'artefact dans son processus de conception peut être représenté par une suite d'états intermédiaires, qui donnent lieu eux-mêmes à des objets intermédiaires. Dans chaque phase de ce processus, l'artefact/objet-intermédiaire constitue un point de rencontre, une « interface » entre un milieu²⁹ « interne », la substance et l'organisation de l'artefact lui-même, et un milieu « externe », les alentours dans lesquels il est mis en œuvre (Simon, 1974 ; p21). La connaissance de ces milieux successifs, mais aussi de ceux correspondant aux phases post conception, est indispensable à la conception de l'artefact.

Nous utiliserons dans la suite la notion de milieu en distinguant le milieu interne à l'artefact et le milieu qui lui est externe. Nous caractérisons ce dernier en termes des liens³⁰ qui se créent entre acteurs (conditions organisationnelles et humaines) et artefacts (conditions matérielles) pour atteindre des objectifs plus ou moins partagés.

2.2.2.4- Explicitation de certaines catégories de la typologie de Vincenti en mobilisant la notion d'objets intermédiaires

En nous référant toujours à la typologie proposée par Vincenti, nous pouvons expliciter certaines de ses catégories en mobilisant la notion d'objets intermédiaires.

²⁹ Le traducteur du livre de Simon (1969) a traduit « ambience » par « environnement ». Nous avons préféré la notion de « milieu » à celle d' « environnement » qui est, en accord avec Staudenmaier (1985), large et diffuse.

³⁰ Appelés par Dodier (1995) « réseaux sociaux techniques ».

En effet, la catégorie de savoirs intitulée « les outils théoriques », mentionnée par Vincenti et comportant les méthodes et théories mathématiques (sous forme d'équations, formules et autres formalismes mathématiques) et les concepts intellectuels (allant du scientifique au pragmatique, du quantitatif au qualitatif, du mathématique au physique) utilisés par les concepteurs, paraît de prime abord comme abstraite et difficile à documenter. Or, les objets intermédiaires, en tant qu'artefacts conçus pour conserver, rendre manifeste de l'information ou opérer sur elle (Norman, 1993), constituent des représentations matérielles (maquettes) ou matérialisées (schémas, textes, graphes) de ce que Vincenti appelle « les outils théoriques ». ce qui constitue une « matérialisation » de la catégorie « les outils théorique » d'une grande utilité dans la documentation.

Nous pouvons expliciter de la même manière la catégorie « considérations pratiques » que Vincenti définit en tant que la catégorie des savoirs locaux à une entreprise. Les objets intermédiaires constituent une source d'informations incontournable dans la mesure où un produit est en fait « un paquet d'informations incorporé dans la matière »³¹ par les activités de conception et de développement. C'est donc un vecteur, avec tous les objets intermédiaires qui accompagnent son processus de conception, qui fonde et véhicule la culture de l'entreprise qui n'est autre que les « considérations pratiques ».

En effet, Mer (1999) qui a étudié le processus de conception dans une entreprise de roulements, a constaté que « les pratiques des ingénieurs-calculs s'appuient également sur des connaissances et sur des conventions qui leur sont propres. Elles sont constituées de théories mécaniques du fonctionnement des roulements et de savoirs particuliers issus de leurs actions. À cause de cela, il est difficile, sans un long apprentissage, de comprendre et d'utiliser les outils et les objets manipulés par les ingénieurs-calculs. Par contre, ces savoirs sont partagés par tous les ingénieurs-calculs. Ils constituent des 'connaissances collectives' ». Ainsi, les objets intermédiaires constituent des analyseurs qui nous permettront de mettre en évidence les « considérations pratiques », ce que Mer appelle les « connaissances collectives » et ce que Martinand (2000) appelle le « savoir fonction ».

En ce qui concerne la sous-catégorie « procédures plus ou moins structurées » qui fait partie de la catégorie « les schèmes de conceptions » mentionnée par Vincenti dans sa typologie, elle constitue en fait une catégorie de savoirs spécifique à la conception. Elle renvoie, à côté de la sous-catégorie « capacités de discernement et de décision », à la partie « artistique »

³¹ Clark, Chew et Fujimoto (1987) cités par Perrin (2001)

(Perrin, 2001) de la conception. Ainsi, une tâche proposée à un concepteur, même sous forme d'une procédure formalisée, est exécutée en fonction du but assigné, mais aussi en fonction des conditions organisationnelles, humaines et matérielles qui constituent la situation de l'activité de conception. La procédure formalisée se transforme en une procédure plus ou moins structurée et en une procédure en acte. Aussi, dans nos observations des apprentis ingénieurs dans une activité de conception, nous allons repérer aussi les transformations des savoirs mobilisés en suivant celles des objets intermédiaires, que sont les démarches ou les modèles³² de conception mis en œuvre par les apprentis ingénieurs concepteurs.

2.2.3- Point de vue didactique

Dans ce paragraphe, nous compléterons et réorganiserons la typologie des savoirs proposée par Vincenti en portant un regard didactique sur la nature des savoirs à faire acquérir à de futures ingénieurs en conception. Ainsi, nous utiliserons le schéma PYSTILE (Pyramide des Sciences et Techniques Industrielles) de Cartonnet (2000 ; p.32). Dans ce schéma, l'auteur distingue quatre catégories de connaissances qui « se réfèrent aux activités de conception en entreprises et permettent d'organiser la collecte de connaissances techniques utilisées par des concepteurs professionnels » dans une activité de conception. Ces catégories de savoirs concernent : le milieu de fonctionnement du produit industriel, le produit industriel, les objets simulants et les ordres de grandeur.

2.2.3.1- Le milieu de l'artefact à concevoir

Dans le schéma PYSTILE, Cartonnet définit les savoirs de la catégorie « milieu de fonctionnement de l'artefact » comme caractérisant les milieux extérieur et intérieur dont le produit industriel (ce que nous appellerons l'artefact à concevoir) constitue le point de rencontre. C'est ce qui explique Simondon (1958 ; p.52) en disant : « l'objet technique est au point de rencontre de deux milieux, et il doit être intégré aux deux milieux à la fois. Toutefois, comme ces deux milieux ont deux mondes qui ne font pas partie du même système et ne sont pas nécessairement compatibles de manière complète, l'objet technique est déterminé d'une certaine manière par le choix humain qui essaye de réaliser le mieux possible un compromis entre les deux mondes ». Aussi, les savoirs, nécessaires au concepteur, du milieu de l'artefact à concevoir concernent-ils, d'une part, le produit en tant qu'interface entre deux milieux et, d'autre part, le milieu extérieur.

³² Nous utilisons modèle ici dans le sens utilisé en sciences de l'ingénieur selon Dixon (1987) : « un système idéalisé créé à partir d'hypothèses faites à propos du système réel ».

En effet, le produit en tant qu'interface entre le milieu extérieur et le milieu intérieur est caractérisé par :

- une fonction d'usage de l'artefact à concevoir qui représente la réponse aux attentes du milieu extérieur par l'organisation de son milieu intérieur. Elle constitue la partie rationnelle des actions attendues (c'est à dire sans prendre en compte les fonctions d'estime) d'un produit en réponse au besoin d'un utilisateur ;
- des performances, c'est à dire ce qui est effectivement produit quel qu'en soit le registre : productivité technico-économique, manifestation technique des possibilités insoupçonnées de la machine ou du produit, virtuosité de l'opérateur ...etc. (Dodier, 1995). Nous pouvons joindre à cette sous-catégorie ce que Vincenti appelle « les critères et spécifications » dans sa typologie et qui correspond elle aussi aux performances du produit ou de l'artefact à concevoir ;
- des modes de défaillance qui représentent les risques de défaillance qu'un concepteur étudiera prioritairement lors de la conception ;

Quant au milieu extérieur, selon les phases considérées du cycle de vie de l'artefact, il est caractérisé par les conditions organisationnelle et humaine d'une part, et les conditions matérielles d'autre part.

2.2.3.2- L'artefact à concevoir

Les savoirs sur le produit industriel, selon Cartonnet, correspondent à deux sous-catégories : le principe de fonctionnement et la structure qui l'incarne. C'est ce que Vincenti désigne respectivement par « le principe opératoire » et la « configuration normale de l'artefact ». Nous retiendrons dans la suite ces deux dernières appellations.

2.2.3.3- Les objets simulants

Cartonnet définit cette catégorie par l'ensemble des « modèles théoriques (dynamique, cinématique, élastique, plastique, thermique ...etc.) que le concepteur doit utiliser afin d'évaluer si le produit industriel atteint bien les performances et évite bien les défaillances énoncées par les 'connaissances des milieux' ». Ce qui correspond à la sous-catégorie « les méthodes et théories » faisant partie de la catégorie « les outils théoriques » de la typologie de Vincenti.

L'intitulé de cette catégorie renvoie à la notion d'objets intermédiaires (Jeantet, 1998 ; Vinck, 1999) qui sont des artefacts (procédure, équation, texte, maquette, dessin, graphe ...etc.) permettant la représentation et la simulation de l'action du concepteur. Ainsi, selon cette

définition, nous pouvons élargir la catégories « objets simulant » aux sous-catégories de savoirs contenues dans la typologie de Vincenti :

- les méthodes et théories ;
- les concepts intellectuels ;
- les considérations pratiques ;
- les schèmes de conception : les procédures formalisées, les procédures plus ou moins structurées, les procédures en acte et les capacités de discernement.

Bien entendu, ces différentes sous-catégories seront documentées en nous référant aux communications et aux objets intermédiaires mobilisés.

2.2.3.4- Les ordres de grandeur

Enfin, la quatrième catégorie de connaissances techniques est constituée des ordres de grandeur comportementaux. Selon Cartonnet, ces derniers sont « des valeurs numériques qui permettent de concrétiser, pour un milieu de fonctionnement, les sollicitations subies, les réponses apportées... Elles se distinguent des performances qui sont plutôt les caractéristiques techniques de fonctionnement, internes au système technique ».

Nous intégrons dans cette catégorie celle mentionnée par Vincenti dans sa typologie « les données quantitatives » qui comporte les données quantitatives descriptives (les constantes physiques, la résistance des matériaux) et prescriptives (les normes par exemple).

2.2.4- Conclusion : une grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur

La typologie des savoirs de l'ingénieur concepteur, **relativement à une tâche donnée**, que nous retenons de ce qui précède comporte quatre catégories des connaissances (déclinées en sous-catégories) concernant :

- le milieu de l'artefact à concevoir :
 - les conditions organisationnelle et humaine ;
 - les conditions matérielles ;
 - la fonction d'usage ;
 - les performances ;
 - les modes de défaillance ;
- l'artefact à concevoir :
 - le principe opératoire ;
 - la configuration (structure) de l'artefact ;

- les objets simulants :
 - les méthodes et théories ;
 - les concepts intellectuels ;
 - les considérations pratiques ;
 - les capacités de discernement (prise de décision) ;
 - les procédures plus ou moins structurées ;
 - les procédures formalisées ;
 - les procédures en acte ;
- les ordres de grandeurs :
 - les ordres de grandeurs prescriptives ;
 - les ordres de grandeurs descriptives .

Les différentes catégories et sous-catégories des savoirs de l'ingénieur concepteur ci-dessus nous permettent de construire une grille pour analyser une activité de conception que nous présentons dans le tableau suivant :

| Les savoirs mobilisés par un ingénieur concepteur | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|------------------|--------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Milieu de l'artefact (MA) | | | | | Artefact à concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | |
| COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PPMS | CD | PF | PA | OGD | OGP |
| Conditions Organisationnelles et Humaines | Conditions Matérielles | Fonction d'Usage | Performances | Modes de défaillance | Principe Opérateur | Configuration de l'Artefact | Méthodes et théories | Concepts Intellectuels | Considérations pratiques | Procédure Plus ou Moins structurées | Capacités de discernement | Procédure Formalisée | Procédure en Acte | Ordre de Grandeur Descriptif | Ordre de Grandeur Prescriptif |

Tableau n° 5 : grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur

En adéquation avec la structure de l'activité de conception que nous avons construite, les catégories de savoirs comme l'activité de conception, seront déterminées par la tâche (qui peut correspondre à l'exécution d'une phase du processus de conception).

Ainsi, la catégorie « le milieu de l'artefact à concevoir » n'aura de sens que par rapport à la tâche considérée ; c'est à dire qu'en changeant de tâche, l'artefact à considérer et les conditions organisationnelles, humaines et matérielles à prendre en compte vont changer également. Par exemple, en passant de la tâche « analyser le besoin » à celle d'« élaborer un plan de validation du produit », l'artefact à concevoir passe du produit industriel qui va

satisfaire le besoin dans le premier cas au plan de validation de ce même produit dans le second cas.

Comme nous l'avons souligné plus haut, nous tenterons de documenter ces savoirs en tant que contenu de l'activité de conception, en les observant au sein de la partie manifeste des opérations en tant que modes d'exécution de l'action. Nous faisons l'hypothèse que cette partie manifeste est révélée par les objets intermédiaires utilisés et les communications, verbales et non verbales, entre les acteurs de l'activité de conception.

**PARTIE TROISIEME : CARACTERISATION DE
L'ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION A
TRAVERS LES ENTRETIENS AVEC LES
TUTEURS INGENIEURS ET LES RAPPORTS
D'ALTERNANCE DES APPRENTIS**

CHAPITRE 1 : LA METHODE D'ANALYSE DES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGENIEURS

1- LE CONTEXTE DES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGENIEURS

Pour caractériser l'activité de conception des apprentis ingénieurs pendant la séquence industrielle de leur formation en alternance, en termes de savoirs mobilisés et de modalités de leur mobilisation, nous avons considéré une première source d'informations que sont les entretiens avec les tuteurs ingénieurs. Nous avons étayé l'apport des entretiens avec ces derniers par l'analyse des rapports d'alternance des apprentis.

Notre ambition de départ était de pouvoir nous entretenir avec les tuteurs ingénieurs de tous les apprentis qui ont été observés et filmés¹. L'éloignement géographique des entreprises nous a contraint à ne prévoir que ceux qui sont en région parisienne et qui sont au nombre de cinq tuteurs. Les cinq tuteurs ingénieurs, avec qui nous avons pu nous entretenir, prennent en charge l'encadrement de cinq apprentis dans cinq entreprises. Nous présentons leurs profils ci-après.

1.1.1- L'expérience des tuteurs en tant qu'ingénieurs

Les cinq tuteurs ingénieurs occupent des postes de responsabilité : quatre sont chefs de services ou de départements et un est Directeur adjoint. En revanche, les cinq tuteurs ont eu des évolutions professionnelles relativement différentes. Ainsi, AA a évolué dans le même service et la même entreprise (BOSCH). FG a travaillé dans plusieurs services (étude, développement et prototypage) dans la même entreprise. Quant à MS, il a occupé au CEA plusieurs fonctions dans plusieurs services. PA et PJ ont travaillé dans deux entreprises différentes (respectivement THOMSON puis MATRA pour PA et PSA puis RENAULT pour PJ) et ont exercé dans des services différents (analyse de la concurrence, prix de revient, gestion de l'emboutissage pour PJ et fabrication ensuite étude pour PA). En résumé :

¹ 19 apprentis.

| Tuteur | Entreprise | Fonction / service |
|--------|------------------------------------|----------------------------------|
| AA | BOSCH - SYSTEMES FREINAGE - DRANCY | Responsable du bureau d'étude |
| AP | MATRA - BAE DYNAMICS FRANCE | Chef du service étude |
| FG | RENAULT TRUCKS | Chef du bureau d'étude |
| PJ | RENAULT TECHNOCENTRE | Chef du département emboutissage |
| MS | CEA DRN - DMT DIR SACLAY | Directeur adjoint |

Tableau n° 5' : les tuteurs ingénieurs interviewés

1.1.2- L'expérience des ingénieurs en tant que tuteurs

Quatre tuteurs sur cinq (AA, AP, FG et PJ) sont à leur premier travail en tant que tuteur d'un apprenti **ingénieur** en formation **par apprentissage**. Cependant ils ont déjà encadré des stagiaires dans le cadre d'une formation classique d'ingénieurs ou de techniciens spécialisés. Le cinquième tuteur ingénieur (MS) est un grand connaisseur du domaine : il est à son troisième apprenti ingénieur en formation en alternance, et il s'occupe depuis dix ans du service formation au sein du CEA de Saclay.

2- LA DEMARCHE D'ANALYSE DES ENTRETIENS

En ce qui concerne l'analyse de contenu d'un entretien semi directif, Bardin (1977) propose une analyse en deux phases successives ou imbriquées, l'une enrichissant l'autre :

- le déchiffrement structurel qui consiste à analyser chaque entretien indépendamment des autres, dans la mesure où chaque entretien se construit selon une logique propre ;
- la transversalité thématique : il s'agit ensuite de repérer les répétitions thématiques entre les différents entretiens, les types de structuration thématiques, les oppositions ...etc.

L'analyse peut prendre les formes suivantes :

- l'analyse thématique des différents entretiens ;
- l'analyse comparative entre les différents entretiens en termes de caractéristiques associées au thème central (caractères positifs et négatifs par exemple) ;
- l'analyse séquentielle de chaque entretien qui est découpée en séquences. Les critères peuvent être sémantiques (organisation autour d'un thème dominant), stylistique (rupture de rythmes), lexicaux²...etc. ;

² Le logiciel ALCESTE lemmatise les termes, puis découpe le texte en unités comprenant chacune 14 ou 16 « mots pleins », c'est à dire des noms et des verbes. Une analyse hiérarchique descendante définit les classes de

- l'analyse des oppositions entre les différents entretiens ;
- l'analyse de l'énonciation (évolution du style, usage des on, je , ça ..).

Nous adopterons dans notre analyse les deux première formes, à savoir l'analyse thématique et l'analyse comparative entre les cinq entretiens.

Il vient enfin la phase de reconstruction de l'ossature de l'entretien : les différentes approches précédentes permettent de dégager « l'essentiel » de l'entretien : la structure de base des points de vues des tuteurs ingénieurs par rapport aux différentes questions qui ont structuré l'entretien.

Nous remarquons enfin que lors de l'analyse d'entretiens, il est rarement possible d'établir une grille catégorielle unique et homogène, en raison de la complexité du matériel verbal. Il est préférable « d'attaquer par plusieurs bords » (Bardin, 1977).

Deux possibilités existent : soit prendre un point de vue général et homogène, ce qui correspond à la grille d'analyse des savoirs mobilisé par les apprentis ingénieurs, soit fouiller certains aspects spécifiques, les deux méthodes se complètent.

Nous avons opté pour cette dernière approche : tout en préparant des questions qui renvoient à des thèmes mis en évidence dans notre cadre théorique, nous resterons ouverts aux catégories qui émergeront de l'analyse des entretiens. En effet, les catégories définies a priori peuvent être l'objet d'une redéfinition, partielle ou totale, en fonction de l'analyse des entretiens.

Dans le cas de l'analyse sans catégories a priori (sans que la recherche soit orientée par des consignes spéciales vers des caractéristiques à évaluer) comporte quatre opérations selon Mucchielli (1988) :

- découpage et reformulation « normalisées³ » des unités de sens (généralement des syntagmes⁴) ;
- distribution et regroupement de ces mots sous des catégories telles qu'elles se dégagent du texte lui-même ;
- inventaire et décompte fréquentiel des catégories ;

textes et ne conserve que celles qui sont stables quand la taille des unités varie. Trois classes sont ainsi définies, dont la signification est interprétable à partir des mots qui les caractérisent.

³ « Normalisé » est pris ici au sens de résultat de toute manipulation supprimant les ambiguïtés syntaxiques et les synonymes.

⁴ Groupe de morphèmes ou de mots qui se suivent avec un sens.

- recherche systématique des mots associés avec les mots ainsi reclassés, d'où qualification des contenus retenus, qualification qui aura des « dominantes » et des « sous-dominantes », calculées en fréquence significatives de l'intensité.

3- APPLICATION AUX ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGENIEURS

Chaque question posée est une question ouverte, ou une suite de questions pour amener l'interviewé à aller le plus loin possible dans sa réponse. L'interviewé a toute la liberté en ce qui concerne la structuration de sa réponse.

En fait, nous avons remarqué qu'en définitive, les thèmes que nous avons préparés pour structurer l'entretien, n'étaient pour nos interlocuteurs, à plusieurs reprises, que des prétextes pour formuler un point de vue, une critique, une proposition, une plainte ... par rapport à la formation en alternance en général ou par rapport aux expériences, heureuses ou malheureuses, avec les apprentis en particulier.

3.1- Les thèmes structurant les entretiens

3.1.1- Principe

Nous avons structuré nos entretiens par un ensemble de questions qui ont joué d'une part, le révélateur des points de vues et positions des tuteurs ingénieurs par rapport à la formation en alternance et la continuité des activités de formation entre les deux séquences. D'autre part, nos questions ont visé à amener les tuteurs ingénieurs à caractériser l'activité de conception confiée à l'apprenti en entreprise.

En effet, nous avons commencé tous les entretiens par l'interrogation sur l'expérience des tuteurs ingénieurs que ce soit professionnelle ou dans le domaine de l'encadrement des apprentis dans le cadre de la formation des ingénieurs par apprentissage. Nous nous sommes ensuite attelés à maintenir le dialogue avec nos interlocuteurs par des questions de relance qui étaient centrées sur les aspects de continuité ou de discontinuité des activités de formation entre la séquence académique et la séquence industrielle de la formation en alternance. Les aspects que nous avons retenus sont⁵ :

⁵ Voir les questions qui ont structuré les entretiens avec les tuteurs ingénieurs en annexe n° 3.

- **le statut de la formation en entreprise** : quels sont les objectifs qui président au recrutement d'un apprenti en formation en alternance ? Quels sont les acteurs concernés par la formation en entreprise ? Comment identifier la situation de formation de la situation de production en entreprise ? Quelles sont les moyens mis en œuvre pour fonder « la fonction formation » dans l'entreprise ?
- **le rôle du tuteur** : en quoi consiste le travail du tuteur ? Que fait le tuteur pour que la situation de travail soit formatrice ? Comment organise-t-il ses interventions d'aide ou d'évaluation : en fonction des difficultés de l'apprenti, relativement à un calendrier, relativement à l'importance pour la production de la phase en cours du projet qu'il prend en charge, suite à la demande de l'apprenti.. ?
- **l'activités de formation de l'apprenti** : quelle progression dans la « responsabilisation » de l'apprenti sur les trois années de formation ? S'agit-il d'une immersion progressive : tâches simples, segments d'activité, activité entière .. ou alors en fonction des « traditions » de l'entreprise (travail d'équipe, polyvalence..) ? Qu'est-ce qui fait que le projet proposé à l'apprenti soit formateur ? Quelles sont les spécificités qui le rendent ainsi ? Pouvez vous citer quelques situations que vous considérez de formation ? Serait-il possible de parler de parcours industriel comme on parle de parcours pédagogique ?
- **les savoirs en entreprise** : Quelles sont les fonctions d'un ingénieur concepteur (dans votre entreprise) ? Qui définit les savoirs et les savoirs faire à transmettre (existence d'un référentiel métier) ? En nous limitant aux tâches de conception, pourriez-vous nous citer des exemples de : démarches de conception, méthodes de calcul, logiciels les plus utilisées dans votre entreprise? Quelles ressources utilisez-vous en tant qu'ingénieur de conception industrielle pour exécuter les tâches les plus courantes ?
- **les savoirs de l'apprenti** : quels sont les types de savoirs que l'apprenti amène avec lui de la séquence académique ? A votre avis, ces savoirs constituent-ils des aides ou des obstacles aux apprentis dans la réalisation des tâches qu'ils ont à faire ? Qu'est-ce qui fait que le projet proposé à l'apprenti est formateur ? quelles sont les spécificités qui le rendent ainsi ?
- **les modalités de mobilisation des savoirs par les apprentis en entreprise** : quelle évaluation des acquis de l'apprenti ? Comment caractérisez-vous l'activité de l'apprenti en situation de travail, en tant qu'ingénieur en conception industrielle, en termes de : autonomie, communication et acte technique.

- **le rôle des nouvelles technologies dans une formation par alternance** : quel rôle pour une assistance pédagogique en ligne dans la formation ?

Il faut noter ici que les questions ci-dessus n'ont pas été toutes posées, systématiquement, à nos interlocuteurs. Il s'agissait plutôt de les relancer chaque fois que les réponses ne touchent pas le thème visé par la question.

Nous avons conclu chaque entretien par une question qui concerne la caractérisation de l'activité de l'ingénieur en conception. En accord avec notre cadre théorique, nous avons retenu trois critères pour la caractérisation du registre de technicité selon lequel l'apprenti effectue son activité industrielle de conception : l'autonomie, la communication et la position de l'acte technique dans l'activité :

| | |
|---|--------------------------|
| <i>Comment caractériseriez-vous l'activité de l'apprenti en situation de travail, en tant qu'ingénieur en conception industrielle, en termes de :</i> | |
| Autonomie : | |
| <i>très importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>assez importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>faible</i> | <input type="checkbox"/> |
| Communication : | |
| <i>très importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>assez importante</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>faible</i> | <input type="checkbox"/> |
| Acte technique : | |
| <i>n'est pas au centre de l'activité</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>fait partie de l'activité, non modifiable</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>au centre de l'activité, non modifiable</i> | <input type="checkbox"/> |
| <i>au centre de l'activité, modifiable</i> | <input type="checkbox"/> |

Figure n° 22 : caractérisation de l'activité de l'apprenti par le tuteur ingénieur

Pour mieux exprimer ce que nous voulons dire par les différentes propositions en ce qui concerne la position de l'acte technique dans l'activité, nous avons illustré chaque proposition en utilisant comme exemple une activité d'affûtage d'un outil de coupe :

N'est pas au centre de l'activité : discuter, expliquer... les conditions d'affûtage d'un outil de coupe (interprétation).
Fait partie de l'activité, non modifiable : participer à l'affûtage de l'outil de coupe en suivant scrupuleusement la procédure (participation)
Au centre de l'activité, non modifiable : affûter un outil de coupe, être capable de suivre scrupuleusement la procédure (maîtrise)
Au centre de l'activité, modifiable : affûter un outil de coupe, être capable de proposer une procédure nouvelle (innovation)

Figure n° 23 : exemples pour caractériser l'acte dans l'activité

Tous les entretiens se sont passés sur les sites de formation dans l'une des cinq entreprises et les rendez-vous ont été pris par contacts téléphoniques.

3.1.2- Exemple

Pour illustrer le déroulement des entretiens, voici un exemple d'échange avec un tuteur ingénieur :

| Questions de relance | Réponses des tuteurs |
|---|--|
| <i>Comment faites-vous pour identifier, dans la situation professionnelle, les situations qui ont ce potentiel de formation, qui sont donc formatrices pour les apprentis ?</i> | Ben je dirais les difficultés des personnes on les constate au fur et à mesure quoi, hein. J'ai un étudiant actuellement qui a des difficultés plutôt au niveau scientifique. |
| <i>C'est à dire..</i> | Un bon technicien, mais scientifiquement il a un peu de mal. Donc ça on l'a constaté assez vite, donc ça a fait qu'en première année et en deuxième année j'ai donné des choses plus pratiques, pour se mettre à l'aise et pour qu'il rentre dedans et cette année .. du raisonnement technique bon il faut qu'il travaille ça. Mais aussi parce que j'en ai besoin. Peut être j'aurais pu le donner à un autre ingénieur. Donc j'adapte en fonction des besoins quoi. Donc il a vraiment un travail que j'aurais pu donner à n'importe qui hein. |
| <i>Justement par rapport à la répartition des tâches au sein de l'équipe, quels sont les acteurs qui sont impliqués dans ce travail de tutorat ?</i> | Ben en fait il y a trois ou quatre ingénieurs ici, dans mon équipe, et puis ben il est intégré dans l'équipe, c'est à dire un travail d'équipe complet. Chacun a sa mission mais en fait par l'intermédiaire des réunions de service ou même des discussions journalière donc il travaille avec eux hein. Chacun supporte l'autre, des idées, donc il travaille au même titre qu'un autre ingénieur ici. Sachant bien qu'il est en formation, on lui donne pas les mêmes, on a pas les mêmes exigences bien entendu. Il doit rendre compte d'un travail. |
| <i>La différence c'est que vous êtes le tuteurs les autres c'est ..</i> | Sont des collègues voilà, collègues de travail .. |

Tableau n° 5'' : extrait d'un entretien avec un tuteur ingénieur

3.2- Découpage des entretiens en unités de sens

Les réponses des tuteurs ingénieurs ont été ensuite découpées en unités de sens. Nous avons considéré comme unité de sens le syntagme en tant que, dans la sens linguistique, « groupe de mots qui se suivent avec un sens ». Plusieurs thèmes ont été identifiés dans les réponses des tuteurs ingénieurs. Chaque thème a été repérée par une ou deux lettres alphabétiques (la ou les initiale(s) du thème).

| Les thèmes | Les repères |
|---|-------------|
| Expérience du tuteur ingénieur | E |
| Statut de la formation en entreprise | St |
| Rôle du tuteur | R |
| Activités de formation de l'apprenti | A |
| Savoirs en entreprise | Se |
| Savoirs de l'apprenti | Sa |
| Modalités de mobilisation des savoirs par les apprentis en entreprise | M |
| Rôle des nouvelles technologies dans une formation par alternance | N |
| Formation académique | F |

Tableau n° 6 : codage des différents thèmes des entretiens avec les tuteurs ingénieurs

Chaque unité de sens a été repérée par le symbole du thème (par exemple St) et par un numéro de classement comme le montre le tableau suivant :

| | |
|---|--|
| <i>Comment faites-vous pour identifier, dans la situation professionnelle, les situations qui ont ce potentiel de formation, qui sont donc formatrices pour les apprentis ?</i> | (St3) Ben je dirais les difficultés des personnes on les constate au fur et à mesure quoi, hein. (St4) J'ai un étudiant actuellement qui a des difficultés plutôt au niveau scientifique. |
| <i>C'est à dire..</i> | (St5) Un bon technicien, mais scientifiquement il a un peu de mal. (St6) Donc ça on l'a constaté assez vite, donc ça a fait qu'en première année et en deuxième année j'ai donné des choses plus pratiques, pour se mettre à l'aise et pour qu'il rentre dedans et cette année .. du raisonnement technique bon il faut qu'il travaille ça. (St7) Mais aussi parce que j'en ai besoin. (St8) Peut être j'aurais pu le donner à un autre ingénieur. (St9) Donc j'adapte en fonction des besoins quoi. (St10) Donc il a vraiment un travail que j'aurais pu donner à n'importe qui hein. |

| | |
|---|---|
| <p><i>Justement par rapport à la répartition des tâches au sein de l'équipe, quels sont les acteurs qui sont impliqués dans ce travail de tutorat ?</i></p> | <p>(R1) Ben en fait il y a trois ou quatre ingénieurs ici, dans mon équipe, et puis ben il est intégré dans l'équipe, c'est à dire un travail d'équipe complet. (R2) Chacun a sa mission mais en fait par l'intermédiaire des réunions de service ou même des discussions journalière donc il travaille avec eux hein. (R3) Chacun supporte l'autre, des idées, donc (R4) il travaille au même titre qu'un autre ingénieur ici. (R5) Sachant bien qu'il est en formation, on lui donne pas les mêmes, on a pas les mêmes exigences bien entendu. (R6) Il doit rendre compte d'un travail.</p> |
| <p><i>La différence c'est que vous vous êtes le tuteurs les autres c'est ..</i></p> | <p>Sont des collègues voilà, collègues de travail ...</p> |

Tableau n° 7 : exemple de codage des entretiens avec les tuteurs ingénieurs

3.3- Analyse des entretiens

L'analyse a consisté, comme nous l'avons expliqué plus haut, en une première analyse de chaque entretien, indépendamment des autres ou en un « déchiffrement structurel ». Une deuxième pour mettre en évidence « la transversalité thématique » en comparant les catégories de thèmes qui ont émergé de la première analyse. Notre objectif étant de caractériser l'activité industrielle de conception.

3.3.1- Le déchiffrement structurel

Michelat, cité par Bardin (1977), dit que « les individus ne sont pas interchangeables ». En effet, bien que nous ayons posé des questions qui relèvent des mêmes thèmes à tous les interviewés, ces derniers les ont traitées de façons différentes et, souvent, ont marqué les discussions par leurs propres préoccupations. A titre d'exemple, nous présentons par la suite quelques catégories de thèmes évoquées par deux tuteurs ingénieurs AA et GF :

3.3.1.1- Le tuteur AA

Expérience : elle concerne la formation antérieure, l'expérience professionnelle en entreprise, l'expérience dans le domaine du tutorat.

- Les spécificités de l'entreprise :

« Oui, et encore une fois c'est eh ..bon .. ici sur Drancy on a .. c'est malgré tout à la base .. ça reste un bureau d'étude même s'il y a des chefs de projets ...etc. donc je l'intègre à cette équipe là, c'est normale c'est l'équipe qui est en place, et les sujets dont on a besoin c'est surtout ceux là quoi »

- La stratégie du tuteur:

« Donc c'était mon premier apprenti. Et puis j'ai repris un deuxième en alternance, il y en a un du CNAM et l'autre de l'université. Comme ça, j'ai quelqu'un à 100% toute l'année, c'est un objectif pour moi. »

- Les savoirs locaux de l'entreprise :

« Voilà, tout à fait, car dans les fiches de poste (il y a tout ce) que doit savoir n'importe qui hein... l'ingénieur ça va du coup à .. eh on va dire suivi du planning ce genre de choses. Donc tout est décrit, les besoins, les savoirs tout est détaillé quoi. »

- La démarche du tuteur :

« Donc ça on l'a constaté assez vite, donc ça a fait qu'en première année et en deuxième année j'ai donné des choses plus pratiques, pour se mettre à l'aise et pour qu'il rentre dedans et cette année .. du raisonnement technique .. bon il faut qu'il travaille ça.»

- Les acteurs du tutorat

« Ben en fait il y a trois ou quatre ingénieurs ici, dans mon équipe, et puis ben il est intégré dans l'équipe, c'est à dire un travail d'équipe complet. »

- Le niveau de la tâche confiée à l'apprenti :

« Peut être j'aurais pu le (le travail confié à l'apprenti) donner à un autre ingénieur. Donc j'adapte en fonction des besoins quoi.»

- La formation académique :

« Mais ce qui manque le plus c'est ça. Je pense qu'on va trop, je pense pour ma part, il y a peut être des entreprises qui ont besoin un niveau scientifique plus élevé qu'ici, moi pour ma part j'aimerais qu'ils soient plus sensibilisés, sensibilisés aux bases, qui les ont bien comprises et les appliquent bien, que d'aller dans les détails ... »

- L'articulation entre l'activité académique et l'activité professionnelle :

« Je pense que les étudiant en général, les trois qu'on a vu, qu'ils ont appris qd même. C'est à dire que en tout les cas adapter ce qu'ils ont appris à ce qu'on leur fait faire. Maintenant quand même chacun essay d'orienter son étude là où il est à l'aise »

- La difficultés par rapport à la mise en place d'un parcours professionnelle en entreprise :

« A l'origine, ce que je souhaitais faire c'était de le faire parcourir tous ces métiers. Alors je m'étais dit en troisième année ça peut être un projet de suivi de qualité ou quelque chose comme ça, en fait ça c'est difficile à mettre en place dans un projet parce que la tâche le fil conducteur de tout ça c'est l'engineering et la partie méthode pour Bosch se fait en Espagne,

c'est à dire nous avons un correspondant en Espagne qui fait ça. Donc au final la difficulté étant, sa mission s'est transformée en mission d'engineering sur les trois ans »

- Les difficultés de l'apprenti :

« Donc .. eh pour les apprentis, ici le plus dur je pense que c'est ça, c'est gérer le nombre d'activités qui n'est pas un sujet dans d'autres entreprises on est responsable de quelque chose donc on fait ça, mais si c'est tout plein de sujets tout plein d'activité hein, liés au projet finalement hein, parce que la mise en production ben ça se passe pas tout seul donc lorsqu'on part sur un produit, ben on a plein de produits plein de problèmes, donc on est amené à s'occuper de pleins de choses. a c'est quelques chose qui est difficile pour eux je pense »

- L'évaluation de l'activité professionnelle :

« Au même titre qu'un manager quoi. C'est plus eh la seule différence c'est que quand je manage l'équipe je ne vais pas faire des remarques sans arrêt sur le niveau scolaire et ce genre de choses mais .. je fais des remarques sur ce qui ne va pas évidemment pour le faire évoluer »

3.3.1.2- Les autres tuteurs ingénieurs

Ces tuteurs ont introduit, en plus de la majorité des catégories de thèmes évoquées par AA, de nouvelles catégories que nous présentons sans détailler :

- le profil de l'ingénieur à former ;
- les fonctions d'un ingénieur ;
- le principe du tutorat ;
- le rythme des séquences d'alternance ;
- l'organisation de l'activité professionnelle ;
- la tâche de l'apprenti.

3.3.2- La transversalité thématique

La lecture comparative dans les cinq interviews nous a permis d'harmoniser les différentes catégories de thèmes mises en évidence dans chaque entretien indépendamment. Nous avons fait cette lecture comparative en considérant que l'activité de l'apprenti dans la séquence industrielle de formation est déterminée par plusieurs éléments, en particulier : le tutorat, la tâche confiée à l'apprenti, l'organisation de la séquence industrielle de formation, l'organisation de la séquence académique de formation, l'articulation entre ces deux dernières et l'évaluation. Aussi, avons-nous réduit au nombre de cinq puis formulé les différentes catégories comme l'indique le tableau suivant :

| Catégories | Sous catégories |
|--|-------------------------------------|
| Le tutorat | Stratégie du tuteur |
| | Principe du tutorat |
| | Démarche du tuteur |
| | Acteurs du tutorat |
| | Fonctions du tuteur |
| | Fonctions de l'ingénieur |
| | Formation au tutorat |
| La tâche de l'apprenti dans la séquence industrielle de formation | Nature de la tâche |
| | Niveau de la tâche |
| | Savoirs locaux |
| | Profil à former |
| | Difficultés de l'apprenti |
| | Progression de l'apprenti |
| L'organisation de la séquence industrielle (SI) de la formation | Spécificités de l'entreprise |
| | Organisation |
| | Rythme de l'alternance |
| | Parcours professionnel |
| | Position/parcours pro. |
| | Evaluation |
| La formation académique | Formation académique |
| Articulation SA/SI | Articulation |
| | Attitude/ NTIC |

Tableau n° 8 : catégories dégagées par une analyse thématique des entretiens

Ainsi, nous caractériserons l'activité de conception industrielle des apprentis, en termes de savoirs mobilisés et de modalités de mobilisations de ces savoirs, à travers l'analyse des propos des tuteurs ingénieurs concernant les catégories indiquées dans le tableau. Nous présentons dans le chapitre suivant les résultats de notre analyse.

CHAPITRE 2 : CARACTERISATION DE L'ACTIVITE DE CONCEPTION A TRAVERS LES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGENIEURS

Les entretiens avec les tuteurs ingénieurs ont pour objectif de caractériser l'activité industrielle de conception. Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent, pour analyser les entretiens semi-directifs avec les tuteurs ingénieurs, nous avons conjugué une analyse structurelle de chaque entretien indépendamment des autres et une analyse thématique de tous les entretiens. Cette analyse a consisté à dégager les catégories de thèmes communs aux cinq entretiens. Nous avons présenté sous forme de tableau ces catégories et les sous catégories qui les composent (voir figure n°8). Dans ce qui suit, nous présentons les résultats que nous avons mis en évidence au terme de cette analyse.

Notons tout d'abord que l'importance des différentes catégories, en termes de leurs occurrences dans les réponses des tuteurs ingénieurs, se répartit comme l'indique le tableau suivant :

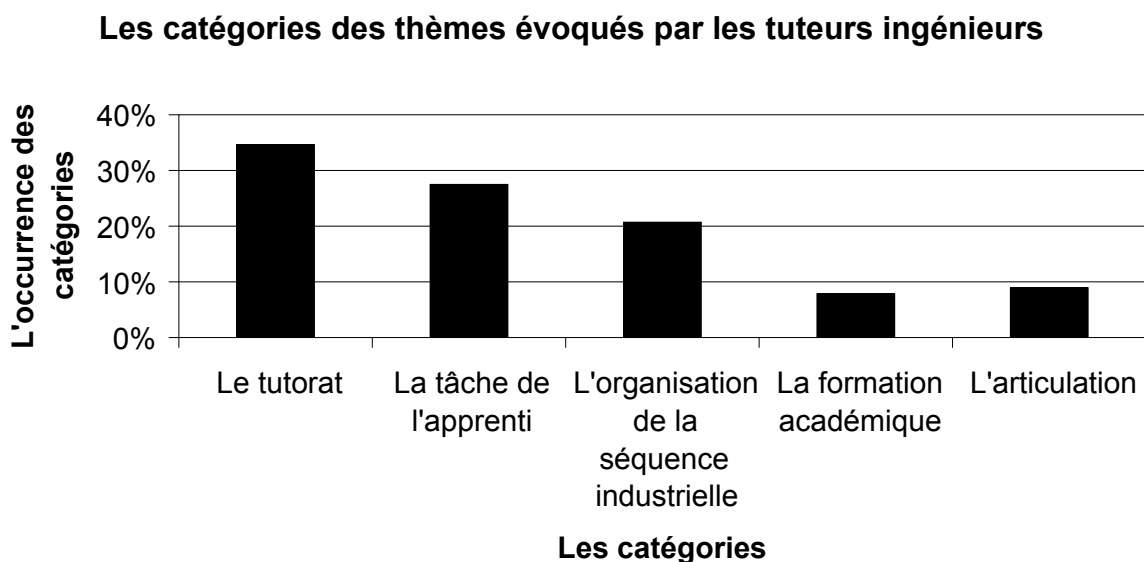


Figure n° 25 : occurrences des différentes catégories (thèmes) dans les réponses des tuteurs ingénieurs

Le graphique fait apparaître le fait que les tuteurs ingénieurs se sont exprimés plus en ce qui concerne le tutorat, la tâche des apprentis et l'organisation de la tâche pendant la séquence industrielle de la formation.

Dans la suite, nous détaillerons les réponses des tuteurs ingénieurs relevant de chaque catégorie et tenterons de mettre en évidence, en filigrane de ces réponses, des caractéristiques de la tâche industrielle de conception qui a été confiée aux apprentis.

1- IMPACTS DU TUTORAT SUR L'ACTIVITE DE CONCEPTION

L'apprenti ingénieur est suivi, pendant la séquence industrielle de sa formation par un tuteur ingénieur. C'est ce dernier qui définit la tâche et contrôle l'activité effective de l'apprenti. Les réponses des tuteurs ont montré que l'activité industrielle de conception de l'apprenti est fortement déterminée par la stratégie, le principe du tutorat, la démarche et les fonctions du tuteur. C'est ce que nous explicitons ci-après.

1.1- La stratégie du tuteur

Nous avons mis dans cette catégories les propos des tuteurs ingénieurs qui mettent en évidence les enjeux essentiels qui président à l'accueil en entreprise d'un ou plusieurs apprentis en formation en alternance.

Ainsi, les tuteurs mettent en avant d'abord la nécessité de satisfaire le besoin de l'entreprise ou de l'équipe de travail en termes de ressources humaines pour exécuter une tâche donnée. AA considère par exemple que : « le but de prendre justement les apprentis c'est justement de pouvoir .. eh bon, il y a l'aspect formation mais c'est aussi pour nous on va dire, pour augmenter les ressources quoi .. du service. (A5) »

Ce qui montre la primauté de la logique de production. Certes, selon les tuteurs, l'aspect formation est présent dans la prise de décision d'accueillir un apprenti, mais il n'est pas prioritaire. Les tuteurs l'ont exprimé de différentes façons. Ainsi, FG l'exprime en insistant sur la tâche à proposer à l'apprenti en disant que : « Eh .. quand nous on prend des gens en formation, apprentis ou stage d'ingénieur, stage DUT ou BTS l'apprentissage ingénieur ou l'apprentissage bac pro puisque on l'a aussi, eh .. il y a deux motivations essentielles : la première c'est d'exécuter un travail, c'est à dire on ne crée pas le sujet pour les besoins du stage, on a un travail à faire qui est bien ciblé sur ces objectifs sur le niveau de compétences à avoir pour le réaliser, sur les délais, et qui est compatible donc avec un stagiaire ou un apprenti (St1)»

Il considère même que « la présence » de cette tâche est la première condition qui préside au recrutement de l'apprenti : « (St5) Et si on n'a pas de sujet on prend pas de stagiaires ». Donc, il n'y a pas de recrutement dans une fin purement formative⁶.

Le tuteur AA comme PJ, intègrent la période de la séquence industrielle comme élément leur permettant de gérer les ressources humaines dont leurs services respectifs disposent. Ainsi, AA considère que : « En tant que tuteur, ben ça fait, JC⁷ c'est sa troisième année. Donc c'était mon premier apprenti. Et puis j'ai repris un deuxième en alternance, il y en a un du Cnam et l'autre de l'université. (E7) Comme ça j'ai quelqu'un à 100% toute l'année, c'est un objectif pour moi »

Quant à PJ, il affirme savoir « qu'un timing de six mois ça pouvait permettre d'aboutir à un certain nombre de résultats déjà visibles. (St5) A la fois parce que ...ça peut nous aider à régler un problème de ressources, (St6) et le deuxième point c'est la satisfaction du stagiaire parce que un sujet qui n'aboutit pas ou on voit pas bien les liens entre ... c'est pas particulièrement motivant ».

Nous considérons donc que l'activité industrielle de conception est caractérisée en premier lieu par le fait qu'elle se déroule sous la contrainte de la production en l'entreprise. Cette dernière privilégiant la gestion et la mobilisation des ressources humaines, y compris les apprentis, pour l'optimiser. Cependant, nous pensons que c'est justement cette contrainte de production qui favorise une mise en situation réelle de l'apprenti, ce qui constitue « l'intérêt » de la séquence industrielle. Et c'est au tuteur que revient le travail de dégager les « aspects » formateurs de la tâche de production confiée à l'apprenti.

1.2- Le principe du tutorat

La discussion avec les tuteurs ingénieurs nous a permis de dégager quelques spécificités essentielles du principe du tutorat. Nous les mettons en évidence à travers : les critères de choix des sujets de stage, la répartition progressive de ces derniers sur les trois années de formation et les objectifs des interventions du tuteur. C'est ce que nous présentons dans ce qui suit en nous appuyant sur les réponses des tuteurs pour illustrer notre propos.

1.2.1- Le choix des sujets de stage

A l'intérieur de la marge, très serrée, permise par les exigences de production, les tuteurs affirment prendre en considération lors du choix des tâches proposées aux apprentis la formation académique et le niveau des apprentis. FG considère que « bon, c'est clair que ce

⁶ Telle que l'on conçoit la formation dans la séquence académique.

⁷ Un apprenti.

qu'on cherche avant tout à faire, c'est à coller un peu avec le cursus scolaire et à exécuter une mise en puissance de l'apprenti au sein de l'organisation au niveau de ses prérogatives, ses responsabilités c'est clair (A1)». Quant à PJ, il montre que ce souci est présent bien qu'il ne soit pas évident à réaliser : « il n'est pas toujours évident de trouver un stage qui va être en bon rapport de bien savoir exploiter les connaissances qu'il a année par année (St2)»

1.2.2- La progression de la formation pendant la séquence industrielle

Cette progression est conçue de deux façons. D'une part, une progression en fonction des différentes « facettes » du métier d'un ingénieur concepteur tel que le tuteur le pense. MS dit par exemple : « Donc vous voyez, dans l'entreprise on a différentes possibilités j'essaye que chaque stage apporte quelques choses sur les facettes de ce que je pense être la formation d'un ingénieur dans ce domaine là (R11) »

D'autre part, la progression peut suivre les possibilités fournies par la richesse des domaines que l'entreprise permet de découvrir: « Maintenant, j'ai toujours considéré que je ne voulais pas qu'ils soient dans le même laboratoire ne serait-ce que deux ans ou trois ans de suite. Je voulais qu'il ait la chance et la possibilité de voir différents aspects (du métier). MS (R14)». La progression peut aussi suivre un ordre temporel : « la progression .. c'est sûr, je n'ai pas donné la première année la même chose qu'en dernière année. MS (A6) »

1.2.3- Les objectifs des interventions des tuteurs ingénieurs

Une autre façon pour exprimer les principes que les tuteurs adoptent dans leurs actions tutorales, c'est de définir les objectifs de leurs interventions. Nous avons distingué dans les réponses des tuteurs ingénieurs trois objectifs. Le premier concerne l'aide de l'apprenti à « nager », à se situer et à s'informer dans l'entreprise. Nous citons quelques tuteurs :

« le deuxième volet qui est à mon avis essentiel, c'est en gros je vais dire ça de façon imagée, c'est de leur apprendre à nager en entreprise FG (Sa5)».

« Moi mon rôle vis à vis de l'apprenti, c'est de l'aider d'abord à se situer dans l'entreprise ... une entreprise comme Renault, c'est également l'aider à trouver les interlocuteurs qui vont bien, les outils dont il a besoin PJ (R1)».

Le deuxième objectif c'est de les aider à mettre en œuvre les connaissances acquises en situation académique :

« Le premier aspect c'est l'aspect mise en œuvre des connaissances théoriques au sein de l'entreprise FG (R1)»

Le dernier objectif c'est de les aider à se construire une méthode de travail en situation industrielle :

« on les aide soit pour des compléments techniques qu'ils n'auraient pas, mais en tout cas pour les élèves ingénieurs c'est rarement le cas, pour ne pas dire jamais, soit simplement dans la façon de prendre en compte les problèmes et les traiter. Et les traiter je dirais dans une optique industrielle FG (R3)»

1.3- La démarche du tuteur

Nous entendons par démarche la manière dont les tuteurs ingénieurs procèdent pour mettre en application les principes que nous avons présentés avant. Ainsi, ils procèdent essentiellement par l'identification des difficultés des apprentis pour les aider à les dépasser et par l'insertion dans l'équipe.

1.3.1- L'identification des difficultés

Les tuteurs affirment construire leurs interventions par rapport aux difficultés (scientifiques, techniques ou d'insertion dans l'équipe) des apprentis. Ces difficultés qui sont ou bien constatées au début de l'activité de l'apprenti « Donc ça .. on l'a constaté assez vite, donc ça a fait qu'en première année et en deuxième année j'ai donné des choses plus pratiques, pour se mettre à l'aise et pour qu'il rentre dedans et cette année .. du raisonnement technique bon il faut qu'il travaille ça. AA (St6)». Ou bien, elles sont constatées au cours de l'activité : « Ben je dirais les difficultés des personnes on les constate au fur et à mesure quoi. AA (St3)»

1.3.2- L'insertion dans l'équipe de travail ...

La démarche des tuteurs consiste, en général, à impliquer l'apprenti dans l'équipe du travail : « ben, en fait il y a trois ou quatre ingénieurs ici, dans mon équipe, et puis ben il est intégré dans l'équipe, c'est à dire un travail d'équipe complet. AA : (R2)». Ainsi, c'est l'occasion de mettre l'apprenti en contact avec les différents aspects du métier : « le deuxième point c'est qu'on cherche un peu à les faire tourner aussi de manière à ce qu'ils découvrent, développent plusieurs notions du métier FG : (A2)». Mais aussi, c'est le moyen de lui faire acquérir les spécificités du service ou de l'entreprise : « je voudrais dire que c'est toute la méthodologie qu'on lui apporte et le relationnel avec les gens. PJ: (R6)».

1.3.3- Et d'autres activités diverses

Au sein de l'équipe, l'apprenti est alors amené à exécuter différentes tâches qui, selon les tuteurs, sont susceptibles de développer :

- la communication au sein de l'équipe : « PJ (R7) La première année je lui ai demandé des choses relativement simples, tu fais un petit compte rendu de telle façon que tout le monde comprenne les idées que tu veux dire » ;
- la « méthodologie » du travail industriel : « AP (Se15) Nous on a essayé là vraiment de .. une démarche de lui donner une démarche, parce que il a eu souvent tendance à replonger « ah oui j'ai le machin .. c'est ce que m'as dit c'est la solution électrique ». Faits toi des arguments, il a fallut qu'on l'oblige à faire un plan de son .. » ;
- les savoirs scientifiques : « AA (M5) Donc JC, cette année là cette année il travaille essentiellement sur des sujets scientifiques, et c'est là où il a du mal, et puis c'est là qu'on va l'attendre quand il aura son diplôme quoi ».

Les tuteurs insistent sur le fait que toutes ces activités font partie d'un travail utile pour l'entreprise : « FG (R12) Dès qu'on commence à sentir que c'est un sujet construit ou artificiel, je crois que le stagiaire a tout à perdre. L'entreprise n'a rien à gagner donc c'est inutile ».

1.4- Les fonctions du tuteur

La fonction essentielle du tuteur ingénieur, comme nous l'avons dégagé du principe du tutorat que ce dernier estime adopter, est d'abord d'aider l'apprenti à « s'y trouver » en situation industrielle : « Pour moi je pense que je suis là pour aider d'abord, proposer un parcours du jeune, et deuxièmement l'aider durant ce parcours MS (R15)». A côté de cette fonction, nous dirons principale, les tuteurs précisent deux autres fonctions importantes du tuteur. Premièrement le tuteur fait réfléchir l'apprenti sur sa propre expérience : « Après mon rôle de tuteur, je le répète, de discuter avec eux, de les faire réfléchir sur cette expérience qu'ils ont vécue MS (M5)». Deuxièmement, il amène les apprentis à comprendre pourquoi il n'y a pas les mêmes points de vues entre les deux séquences : « Ça fait partie je pense de mon rôle de tuteur .. d'essayer d'expliquer pourquoi il y a pas les mêmes points de vue, donc d'élargir le débat, d'essayer de dire il y a de l'enseignement qui est un peu théorique et adapté à telle chose et puis il y a la réalité qui est multiple MS (Sa14)».

Pour mener à bien cette fonction de tutorat, les tuteurs sont-ils pour une formation dans ce domaine ?

Les tuteurs ingénieurs constatent qu'ils affrontent ce travail de tutorat sans avoir reçu une formation spécifique pour ça : « on est pas formé particulièrement pour faire ce travail d'encadrement de ces étudiants PJ (St1) ». En effet, ils estiment qu'il est nécessaire de disposer d'un minimum de règles concernant le travail « tutorial » : « je pense que certains tuteurs doivent avoir un minimum de règles un peu défini pour éviter que ça soient des expériences inutiles, ou mal vécues par les stagiaires... FG (R9) ». Le minimum de règles que FG a souligné concerne essentiellement l'organisation de l'alternance et la définition précise des rôles des différents acteurs. Sinon, FG pense qu'une formation au tutorat tout azimut ne serait pas forcément utile. Elle pourrait produire des tuteurs ingénieurs qui forment des apprentis selon des « normes » scolaires : « si on fait une formation pour le tutorat eh .. on va faire un tuteur qui va former un ingénieur suivant des règles qui seront scolaires quoi .. FG (R8) ».

1.5- Conclusion

L'analyse du premier thème « Le tutorat » issu de l'analyse des entretiens nous a permis de dégager des éléments qui déterminent la construction des tâches des apprentis et par suite leurs activités industrielles de conception. Nous notons d'abord que cette catégorie a eu une grande importance⁸ dans les propos des tuteurs ingénieurs. En effet, elle a représenté 35% du nombre total⁹ des occurrences de toutes les catégories considérées. Le graphique suivant fait apparaître la répartition des différentes sous catégories dans la catégorie « Le tutorat » en termes de nombre d'occurrences :

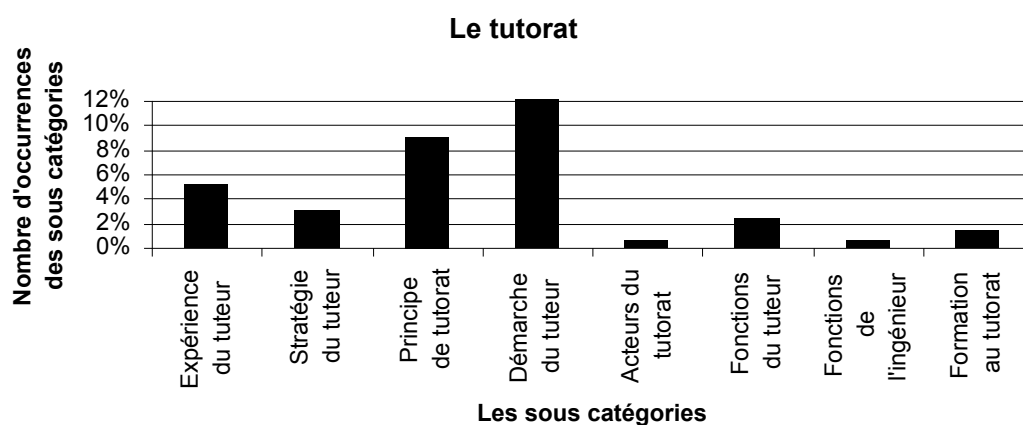


Figure n° 26 : répartition des différentes sous catégories dans la catégorie « Le tutorat »

⁸ Nous faisons l'hypothèse de la corrélation entre nombre d'occurrences d'une catégorie dans le discours des tuteurs ingénieurs et son importance pour eux.

⁹ Nombre total des occurrences : 328.

A travers les différentes sous-catégories évoquées par les tuteurs ingénieurs, et qui renvoient au tutorat, nous avons mis en évidence des caractéristiques importantes de la tâche qui détermine l'activité industrielle de conception des apprentis :

- la tâche confiée à l'apprenti comporte deux visées, l'une de formation (la tâche requiert des savoirs à construire ou à développer pour la réaliser) et l'autre, prioritaire, de production (gérer et augmenter les ressources humaines, exécuter un travail) ;
- les principes qui président au choix de la tâche confiée à l'apprenti apparaissent en filigrane :
 - des objectifs que les tuteurs fixent pour leurs actions : intégrer l'apprenti dans l'organisation de l'entreprise et l'aider à mettre en œuvre ses savoirs « académiques » ;
 - des caractéristiques de la tâche en rapport avec sa visée de formation : « coller au cursus scolaire » ou correspondre aux savoirs acquis en séquence académique ;
 - de la progression proposée pour les tâches et qui est fixée en fonction des « facettes » du métier accessibles dans l'entreprise et selon un échelonnement temporel qui couvre les trois années de formation.

Les visées et les principes qui caractérisent la tâche industrielle sont mis en œuvre par les tuteurs ingénieurs à travers :

- des interventions au cours de l'exécution de la tâche en fonction des difficultés des apprentis (faire réfléchir l'apprenti sur son expérience et sur les différences de points de vue entre les deux séquences de formation) ;
- l'inscription de l'exécution de la tâche par l'apprenti dans un travail d'équipe en vue de l'intégrer dans l'organisation.

2- LA NATURE DE LA TACHE DE CONCEPTION PROPOSEE A L'APPRENTI

Les tuteurs ingénieurs ont décrit dans leurs réponses la tâche de l'apprenti et son niveau de difficulté. Ils ont insisté sur la nécessité de proposer aux apprentis des tâches industrielles réelles. Nous avons relevé aussi, à travers les réponses des tuteurs ingénieurs, quelques catégories de savoirs propres aux entreprises, résultat d'un cumul de l'expérience, que nous avons appelés « savoirs locaux ». Les tuteurs ont insisté sur le fait qu'en séquence industrielle,

ce sont ces savoirs qui font l'objet d'apprentissage des apprentis en filigrane des tâches proposées. Les tuteurs ont évoqué aussi la question du profil de l'ingénieur concepteur à former que nous présentons en premier lieu.

2.1- Le profil de l'ingénieur à former

En évoquant la question du profil de l'ingénieur en conception industrielle avec les tuteurs, ils ont affirmé qu'il n'y a pas de profil type dans leurs entreprises respectives. En effet, FG affirme qu'« on a pas de profil cadre avec un référentiel qui dit il faut leur faire ceci et cela. Non ça, ça n'existe pas Se2 ». MS est plus catégorique quand il explique que « de toute façon, même l'ingénieur n'est défini nulle part. c'est pour ça que chaque école, chaque formation est différente ... Se4 »

Cependant, les deux tuteurs soulignent le caractère de généralité du profil d'un ingénieur en conception et production industrielle. Ainsi, FG pense que « globalement tous les cursus ingénieurs généralistes en étude de fabrication mécanique sont à peu près construits de la même manière et je dirais que sur les aspects techniques en tout cas j'en ai pas trouvé qui se démarquaient fondamentalement d'une école à l'autre quoi Se4 ». Quant à MS, l'ingénieur en conception industrielle « c'est quelqu'un qui sait tout faire, et qui a pu voir un certain nombre de métiers. Il faut qu'il soit quelqu'un qui puisse ne pas dominer tous les sujets de conception, mais puisse s'appuyer sur des spécialistes de ces sujets, c'est quelqu'un qui intègre les différents domaines sans être tout à fait un spécialiste du domaine. Il n'est pas spécialiste de qualité, n'est pas spécialiste de BE, n'est pas spécialiste d'autres domaines mais il peut intégrer .. (Se1, Se2et Se3) ».

Nous retenons de ces affirmations que les tuteurs ingénieurs visent former des ingénieurs généralistes dans un vaste domaine qui est la conception et la production industrielle. Dans ce cas, quelle est la nature des tâches qu'ils proposent aux apprentis ?

2.2- La tâche proposée à l'apprenti

Nous avons mis en évidence, à travers les réponses des tuteurs, une liste minimale de caractéristiques que doit satisfaire la tâche proposée à l'apprenti en situation industrielle. En effet, les tuteurs ont insisté sur plusieurs caractéristiques, qu'ils ont formulées tantôt de façon descriptive tantôt de façon prescriptive¹⁰. Nous les avons résumées aux caractéristiques

¹⁰ Voir l'analyse des entretiens en annexe n°4.

suivantes : inciter à la communication, inciter à la recherche d'information, développer la créativité et impliquer l'intégration dans l'équipe de travail.

2.2.1- La communication et la recherche d'information

La tâche, si elle n'est pas exclusivement une tâche de communication, doit immanquablement amener l'apprenti à communiquer avec les différents acteurs de l'entreprise. Et si la communication est, en partie, un ensemble de moyens et d'outils, elle est aussi un « contenu » qu'il faut spécifier pour une situation industrielle : « parler c'est pas de dire bonjour, c'est ... de négocier et d'expliquer ses choix .. AP (Se4, St10) », ou autrement, c'est être capable de communiquer avec les différents acteurs « dans leurs propres langages ».

D'autre part, le travail de communication de l'apprenti a souvent pour fin la recherche des informations indispensables à l'exécution de sa tâche. Il n'est pas toujours suivi de plus près par son tuteur, il a la responsabilité d'aller chercher l'information : « un (ingénieur) stagiaire on le laisse beaucoup plus se débrouiller seul. C'est à lui d'aller chercher l'information, c'est à lui de provoquer les réunions, c'est à lui d'être demandeur AP».

2.2.2- L'intégration dans l'équipe

La réalisation de la tâche confiée à l'apprenti doit l'inciter à s'intégrer dans l'équipe. A ce sujet, FG considère que le rôle du tuteur c'est de « leur apprendre à nager en entreprise : notamment dans ce qui constitue le relationnel, le travail en équipe, les approches du travail dans une organisation matricielle, les approches sociales, la gestion des conflits et ce genre de choses ... (Sa6) ».

2.3- Le « niveau » de la tâche

Les tuteurs ingénieurs s'accordent à affirmer que la tâche confiée à l'apprenti consiste à un travail qui répond à un besoin de l'entreprise : « typiquement, les sujets que j'ai donné à Gui, n'ont jamais été comme des sujets de stages pour écoles d'ingénieurs, ils ont toujours été des sujets de l'entreprise et pour lesquels je savais qu'un timing de six mois ça pouvait permettre d'aboutir à un certain nombre de résultats déjà visibles PJ (St4) ».

C'est donc un travail qui engage la même responsabilité, qui a le même « niveau » de difficulté et la même importance qu'un travail confié à un ingénieur titulaire. C'est ce qu'expriment les autres tuteurs différemment en disant :

« Peut être j'aurais pu le donner à un autre ingénieur. (AA :St8)»

« Donc aujourd'hui je lui confie le même travail que je confie à un ingénieur stagiaire. (AP : St11) »

« Comment je choisis ces projets ? je pense que la plupart des projets pourraient être donnés à des ingénieurs (MS : R20) »

Ces propos nous confortent dans notre constatation en ce qui concerne la double visée de la tâche industrielle de formation avec la priorité donnée par les tuteurs ingénieurs à la visée de production. Ces derniers remarquent tout de même la présence de la visée de formation : la tâche proposée est donc un travail d'ingénieur mais avec des nuances : « C'est clair, c'est un sujet sur lequel on n'aurait pas forcément le temps de creuser et on profite de ça, mais c'est vraiment quelque chose dont on a besoin. AA (A4)».

2.4- Les savoirs locaux

L'un des objets d'apprentissage en séquence industrielle est ce que nous pouvons appeler les « savoirs locaux »¹¹ de l'entreprise. En effet, les grandes entreprises aujourd'hui ont cumulé des savoirs et des savoirs faire et, d'une façon constante, en produisent d'autres dans leurs services de recherche et développement.

Nous présentons dans ce qui suit comment les tuteurs ingénieurs définissent les savoirs locaux de l'entreprise. D'autre part, et à défaut de pouvoir distinguer dans les propos des ingénieurs une typologie de ces savoirs, nous présentons deux types de savoirs locaux sur lesquels les tuteurs ont insisté le plus¹².

2.4.1- Les savoirs « de l'entreprise » ou les savoirs « locaux »

Il est difficile de donner une définition exacte à ce que peut être un savoir « local ». Les tuteurs l'ont exprimé de différentes façons : par opposition à ce qui s'apprend à l'école ou par les expériences accumulées par l'entreprise. Ainsi, pour AA, « la gestion c'est ...ça c'est plus ...c'est pas vraiment quelque chose qui s'apprend à l'école quoi.. donc c'est ça ce qu'on essaie de développer chez les apprentis (Se17)». AP, pour sa part dit que « Oui oui, à côté il y a la connaissance du milieu .. ce que les gens veulent, ce qu'ils ont l'habitude, les principaux écueils des différentes affaires précédentes. Se12». Quant à FG, il pense : « Ah oui, après il y a des choses

¹¹ Dans le sens de Mer (1999) qui les appelle les savoirs collectifs.

¹² Voir les indicateurs des « savoirs locaux » repérés dans les réponses des tuteurs ingénieurs en annexe n°4.

spécifiques au métier c'est clair. C'est clair aujourd'hui on fait des camions et des véhicules militaires il y a vraiment un savoir, il y a un métier propre à l'entreprise quoi. Se7»

2.4.2- Une typologie des savoirs locaux

2.4.2.1- Les savoirs « relationnels »

Le savoir sur lequel les tuteurs ingénieurs ont insisté le plus c'est sans doute ce qu'ils ont appelé le savoir « relationnel ». Ce sont tous les savoirs qui se rapportent à la communication avec les différents services et acteurs de l'entreprise pour expliquer sa tâche, c'est ce qui permet de s'informer pour exécuter sa tâche, c'est aussi ce qui permet de s'intégrer dans l'équipe pour profiter de ses savoirs. Nous l'avons déjà cité plus haut, PJ considère que c'est le savoir le plus important que le tuteur doit transmettre à l'apprenti : « PJ (R6) je voudrais dire que c'est toute la méthodologie qu'on lui apporte et le relationnel avec les gens ».

2.4.2.2- Les savoirs « méthodologiques »

Selon les tuteurs ingénieurs, les savoirs « méthodologiques » concernent les processus de conception et de production propres à l'entreprise. Ils concernent aussi la façon dont chaque métier y est organisé. L'ingénieur responsable de projet par exemple, selon AA :

« est responsable de ce qu'on appelle le... la mise en .. le départ du projet on va dire, jusqu'à la fin, c'est à dire qu'il va suivre la production, le planning complet du projet, toute l'industrialisation, à savoir donc la conception, la mise en application, l'industrialisation, le suivi des coûts ...etc. tout est sous la responsabilité du responsable d'étude Se6.»

Nous remarquons bien dans cet exemple la liaison forte entre le processus de conception et de fabrication d'une part et, d'autre part, l'organisation du métier de l'ingénieur. Donc mettre un apprenti sur une tâche d'un ingénieur responsable de projet vise à développer chez lui un savoir « méthodologique » qui est, selon AA toujours, « l'initiative et (la) pro activité ... la gestion quoi ; la gestion c'est ...ça c'est plus ...c'est pas vraiment quelque chose qui s'apprend à l'école quoi.. donc c'est ça ce qu'on essaye de développer chez les apprentis.. (Se17) ».

Le savoir méthodologique selon AP c'est aussi l'adaptation aux contraintes économiques qui imposent à l'ingénieur concepteur d'explorer toutes les pistes possibles plutôt que de partir sur une seule solution et plein de prototypes : « aujourd'hui vous n'avez plus les moyens pour vous accordez quatre techno différentes, quatre proto et dire bon ben je prend celui là. Il faudra montrer sur le papier que celle là est la bonne Se14. »

Enfin, si les savoirs méthodologiques, selon les tuteurs, sont caractérisés par la nature des process adoptés par chaque entreprise, donc en partie très « locaux » et « singuliers », une autre partie peut être considérée comme commune ou « générale ». Il s'agit de toutes les méthodes, techniques et démarches industrielles régies par des normes de sécurité, de qualité ou autre.

FG l'explique en disant :

« en termes de démarche le développement d'un projet aujourd'hui, je dirais dans toutes les entreprises les démarches de projets sont cadrées à peu près sur les mêmes règles de développement, qui sont des règles soit directement des règles ISO ou NF, soit sont des règles internes et on s'en fout .. fortement inspirées! Mais là si on regarde la plupart des entreprises qui (sont) certifiées selon les exigences assurances qualité type ISO 9000, elles vont toutes respecter globalement le même processus de développement .. pas d'écarts je dirais fondamentaux Se8, Se9. »

Nous pensons que c'est cette partie « générale » du savoir « méthodologique » qui peut constituer une matière pour des activités de formation en SA. La partie « singulière » ne pouvant être acquise que dans une situation réelle, à moins de transporter la situation industrielle, y compris ses différents enjeux, dans la situation académique.

Nous remarquons enfin que nos discussions avec les tuteurs, par rapport aux différents savoirs que la séquence industrielle doit développer chez l'apprenti, ont montré que pour les tuteurs les savoirs que nous pouvons qualifier de « techniques » viennent en dernier lieu après les savoirs relationnels et méthodologiques. En effet, les tuteurs ingénieurs se sont rarement plaints d'un apprenti qui ne sait pas étudier le niveau sonore d'un moteur ou la stabilité d'un système automatique par exemple. Par contre ils ont réitéré les difficultés des apprentis à communiquer, à s'informer, à profiter des savoirs de l'équipe ou à s'intégrer dans cette dernière. Mieux encore, un ingénieur maîtrisant des savoirs « relationnels » et « méthodologiques » a plus de chance d'être recruté qu'un autre très fort « techniquement » mais qui communique très peu. AP l'exprime avec humour ici :

« si le gars est super concepteur dans sa console et qui ne sort pas ... et qui n'a aucun sens relationnel j'en veux pas, j'en veux pas. On a eu des gens dans le bureau d'étude qui sont très forts en CAO, mais incapable de discuter avec leurs voisins. Il faut une messagerie pour discuter avec son chef de service !! (Se4)».

2.4.3- Les modalités de mobilisation des savoirs locaux

Un apprenti ingénieur en conception industrielle est destiné à prendre en charge un projet, à le gérer et à travailler en équipe. Ceci nécessite de mobiliser des savoirs et des savoir-faire en

situation dans des activités industrielles. Nous nous interrogeons ici sur les modalités de mobilisation de ces savoirs : comment l'apprenti ingénieur mobilise-t-il ses savoirs en situation industrielle ?

Comme nous l'avons expliqué dans notre cadre théorique, nous avons choisi d'examiner les modalités de mobilisation en termes de registres de technicité. Notre question devient alors : selon quels registres de technicité les apprentis ingénieurs mobilisent-ils leurs savoirs dans une activité de conception industrielle ?

Nous avons tenté de répondre à cette question en soumettant aux tuteurs ingénieurs le questionnaire que nous avons présenté plus haut (voir figure n°22).

2.4.4- La caractérisation des modalités de mobilisation des savoirs locaux

Pour répondre à notre question, nous avons présenté à chaque tuteur, au terme de chaque entretien, une question fermée qui concerne la caractérisation de l'activité de l'ingénieur en conception industrielle en termes de registres de technicité. En accord avec notre cadre théorique, nous avons retenu trois critères pour la caractérisation d'un registre de technicité : l'autonomie, la communication et la position de l'acte technique dans l'activité. Les registres de technicité retenus étant ceux de modification, de maîtrise, d'interprétation et de participation. Nous présentons les réponses des tuteurs ingénieurs sous forme de tableaux accompagnés des commentaires qu'ils ont formulés pour expliquer leurs choix¹³.

2.4.4.1- Le tuteur AA

2.4.4.1.1- Autonomie :

AA considère que l'autonomie de l'apprenti ingénieur est très importante vue la tâche dont il a la charge : « ... lorsqu'on est responsable de projet on ne peut pas être derrière tout le temps, donc l'autonomie c'est la base quoi ».

2.4.4.1.2- Communication :

L'apprenti ingénieur est appelé non pas seulement à communiquer pour exécuter sa tâche, mais aussi communiquer « autour » de la tâche auprès des différents services impliqués : « La communication, dans les grands groupes industriels comme le nôtre c'est très important. Moi aujourd'hui je prend l'exemple de mon service, on est responsable du développement d'une nouvelle famille de produits. Ce produit va être appliqué par d'autres équipes. Ils sont plus en relation avec les

¹³ Voir les réponses détaillées des tuteurs ingénieurs en annexe n°4.

clients, donc ces gens là sont très inquiets du produit qui va arriver. La communication de l'activité est très importante ».

2.4.4.1.3- Acte technique :

Le métier de conception industrielle, pour AA, est un métier d'innovation, que ce soit au niveau des produits ou au niveau des processus de conception et d'industrialisation. Il ajoute : « Et puis, si on a la base du produit, des procédures ..etc. l'innovation c'est l'objectif... Aujourd'hui dès le premier coup de crayon, la ligne elle est dessinée en parallèle et on adapte tout aux besoins fonctionnels du produit et au besoin industriel. Donc ça demande énormément d'innovation »

2.4.4.1.4- Résumé :

| Registres de technicité | AA - BOSCH | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | Autonomie | Communication | Acte technique |
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | Importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 9 : registre de technicité exigé par le tuteur AA - BOSCH

Ce tuteur considère que l'apprenti ingénieur doit mobiliser ses savoirs dans une activité de conception industrielle selon un registre de modification mais avec un degré « très important » en ce qui concerne la communication.

2.4.4.2- Le tuteur AP

2.4.4.2.1- Acte technique :

Pour AP, le travail d'un apprenti ingénieur en conception industrielle c'est d'explorer de nouvelles pistes, de proposer : « ... pour moi il faut qu'il propose, si le type ne propose pas, il ne fera que ce qui est fait pendant des années et des années »

2.4.4.2.2- Résumé :

| Registres de technicité | AP - MATRA | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--|
| | Autonomie | Communication | Acte technique |
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | Importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 10 : registre de technicité exigé par le tuteur AP - MATRA

Le tuteur AP a fait le choix d'un registre qui ne « colle » avec aucun des quatre registres proposés. Ainsi, il mentionne deux caractéristiques du registre interprétation (autonomie assez importante et communication importante), mais en exigeant une acte technique au centre de l'activité et modifiable. Là aussi, en donnant la priorité à l'acte technique attendue et justifiée par le tuteur AP, nous pouvons dire qu'il exige un registre de modification avec plus de communication et plus d'implication des autres acteurs du projet ou la tâche dont il a la charge.

2.4.4.3- Le tuteur FG

2.4.4.3.1- Autonomie :

FG était précis en ce qui concerne la nécessité de l'autonomie et la nuance qu'il fait en ce qui concerne le degré d'autonomie qu'il préconise pour l'apprenti ingénieur dans une activité industrielle. En effet, il explique que l'« autonomie, je pense qu'il faut que ça soit important... Parce qu'on n'est pas des profs à l'université, on est là pour les mettre en situation, mais on a pas le loisir de leur consacrer deux heures par jour. Je dis important car il doit rendre compte de ce qu'il fait».

2.4.4.3.2- Communication :

En ce qui concerne la communication, FG la considère comme une condition sine qua non à l'intégration dans l'équipe. Il a choisi la mention « très importante » en expliquant que la « communication .. je dirais à mon sens très importante, très importante parce que c'est à eux de se vendre et se faire passer comme crédible au sein de l'entreprise sachant qu'ils ne sont qu'apprentis. »

2.4.4.3.3- Acte technique :

Pour ce qui est de l'acte technique, le tuteur a choisi la mention « au centre de l'activité, modifiable » sans donner d'explications.

2.4.4.3.4- Résumé :

| Registres de technicité | FG - RENAULT TRUCKS | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | Autonomie | Communication | Acte technique |
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | Importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 11 : registre de technicité exigé par le tuteur FG - RENAULT TRUCKS

En résumé, FG, comme AA, considère que l'apprenti ingénieur mobilise ses savoirs, dans une activité industrielle, selon un registre de modification. Il privilégie donc une attitude d'innovation.

2.4.4.4- Le tuteur PJ

Le registre de maîtrise est caractérisé par une autonomie importante, une communication faible et une acte technique au centre de l'activité et non modifiable. La seule différence par rapport au choix du tuteur PJ, c'est qu'il a choisi une communication importante au lieu de faible. Nous pouvons assimiler ce registre à celui de maîtrise.

| Registres de technicité | PJ - RENAULT TECHNOCENTRE | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|--|
| | Autonomie | Communication | Acte technique |
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | Importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 12 : registre de technicité exigé par le tuteur PJ - RENAULT TECHNOCENTRE

2.4.4.5- Le tuteur MS

2.4.4.5.1- Autonomie :

Le tuteur MS considère que l'autonomie de l'apprenti doit être très importante pour les raisons suivantes : « pour moi l'autonomie est très importante, d'autant plus que j'ai envoyé déjà les trois stagiaires à l'étranger, dans des domaines qu'ils ne connaissaient pas. Deux étaient aux USA et ils n'avaient aucune aide. Il fallait absolument que leur autonomie soit importante autant pour leur vie personnelle que dans leur travail. Et ça a toujours été un point que j'ai souligné. »

2.4.4.5.2- Communication :

La communication est aussi très importante puisqu'elle est essentielle pour tout travail en équipe : « je souligne toujours que le travail doit être fait en équipe. Qui dit travail en équipe dit communication. C'est des relations humaines mais, il faut aussi bien savoir rendre compte, savoir s'informer, savoir tirer profit de tout ce qui est autour. Pour moi la communication est très importante aussi. »

2.4.4.5.3- Résumé :

| Registres de technicité | MS - CEA SACLAY | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | Autonomie | Communication | Acte technique |
| Modification | Très importante | Assez importante | Au centre de l'activité, modifiable |
| Maîtrise | Importante | Faible | Au centre de l'activité, non modifiable |
| Interprétation | Assez importante | Importante | Fait partie de l'activité, non modifiable |
| Participation | Faible, partielle | Très importante | N'est pas au centre de l'activité |

Tableau n° 13 : registre de technicité exigé par le tuteur MS - CEA SACLAY

En définitif, MS a choisi un registre de technicité similaire à celui choisi par FG, c'est à dire un registre de modification avec l'exigence d'un niveau de communication « très importante » au lieu d' « assez importante ».

2.5- Les difficultés de l'apprenti

Face à une tâche qui ne diffère en rien à celle confiée à un tuteur ingénieur, quelles sont les difficultés de l'apprenti ?

L'analyse des entretiens nous a permis de dégager trois types de difficultés : les lacunes au niveau des connaissances de base, le manque d'application en terme de « méthodologie » industrielle et le décalage entre les séquences académique et industrielle.

2.5.1- Des lacunes au niveau des connaissances scientifiques de base

En considérant les connaissances que l'apprenti doit acquérir en séquence académique comme étant « des données de base » pour la séquence industrielle, deux tuteurs ont déploré la persistance de difficultés au niveau de ces dernières. AA par exemple exprime ceci comme suit :

« Se20 Oui je dirais .. bon, il y a des apprentis même la base ça pose des problèmes »

« Se23 on les amène à faire du calcul, à la fin ils n'ont pas la notion si le calcul est logique ou pas. »

Les deux tuteurs ont considéré que les difficultés des apprentis par rapports aux savoirs de base reviennent en grande partie au fait qu'en séquence académique, les professeurs privilégient d'aller loin dans des développements très compliqués, si utiles soient-ils, au lieu de prendre le temps d'insister sur des notions simples et de base.

2.5.2- La méthode de travail en situation professionnelle

Parmi les difficultés des apprentis les plus relevées par les tuteurs sont celles qui concernent ce que les tuteurs appellent « la méthodologie industrielle » ou « l'approche industrielles » ou, d'une manière plus simple, la façon de s'y prendre en situation industrielle. Les tuteurs n'ont cessé de reprendre que l'une des caractéristiques de ces méthodologies et approches industrielles c'est le travail sur plusieurs pistes en même temps et la gestion simultanée de plusieurs activités. AA par exemple considère que « Donc .. eh pour les apprentis, ici le plus dur je pense que c'est ça, c'est gérer le nombre d'activités ... lorsqu'on part sur un produit, ben on a plein de produits plein de problèmes, donc on est amené à s'occuper de pleins de choses. (Se19)»

2.5.3- Le décalage entre les deux séquences de formation

C'est la difficulté à mettre en rapport, d'une part, la stabilité et la généralité de ce qui est enseigné pendant la séquence académique, et la complexité et la singularité de l'activité en séquence industrielle. MS explique ceci en ces termes :

« Dans certains cas, ils ont vu déjà qu'en entreprise ça a leur été utile, et ils les voient après à l'école, c'est normal. Alors, je sais qu'il y a une difficulté, qu'ayant vu des choses en entreprise, dans certains cas ils se disent, quand ils les voient à l'école, c'est pas comme ça qu'on les traite en l'entreprise, je pense que ça fait partie de l'aller-retour qu'on doit faire entre l'académique et l'industriel. F5»

2.6- Conclusion

La catégorie « la tâche de l'apprenti » a été la deuxième catégorie la plus évoquée par les tuteurs ingénieurs avec 27% du nombre total¹⁴ d'occurrences des cinq catégories que nous avons distinguées. Six sous-catégories composent la catégorie « la tâche de l'apprenti » et se répartissent comme l'indique le graphe suivant :

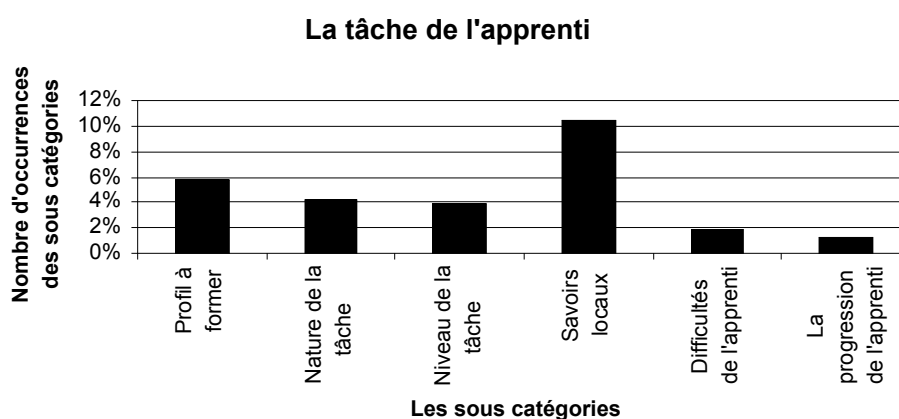


Figure n°27 : répartition des sous-catégories dans la catégorie « La tâche de l'apprenti »

Le graphe ci-dessus fait apparaître aussi que cette dernière correspond essentiellement aux explications des tuteurs ingénieurs qui ont concerné la nature de la tâche industrielle (10% environ) et des savoirs locaux (10%).

En effet, l'analyse de cette catégorie nous a permis de mettre en évidence comment les tuteurs ingénieurs, par leur stratégie, leur principe de tutorat et leur démarche adoptés, déterminent l'activité de conception industrielle des apprentis. Ainsi En ce qui concerne les savoirs, les tuteurs ingénieur ont insisté sur deux types :

- premièrement, les savoirs « relationnels » qui correspondent aux savoirs s'informer, communiquer et s'intégrer au sein de l'organisation de l'entreprise ;
- deuxièmement, les savoirs « méthodologiques » qui portent sur les processus de conception et de production propres à l'entreprise, l'organisation des différents métiers dans l'entreprise et l'adaptation aux contraintes économiques qui exigent d'explorer et d'épuiser toutes les « pistes » à la recherche de solutions industrielles ;
- les tuteurs ingénieurs mettent à la troisième position les savoirs scientifiques et techniques.

¹⁴ Nombre total des occurrences : 328.

Quant aux registres de technicité, les tuteurs ingénieurs ont exigé un registre de technicité qui ne figure pas sur la grille que nous leur avons soumise, mais que nous avons approché par un registre de modification (ou d'innovation) avec un niveau « très important » de communication et, pour l'un des tuteurs, avec un niveau « assez important » d'autonomie.

La question que nous pose ce choix, est comment les tuteurs ingénieurs concilient un profil de l'ingénieur généraliste et l'exigence de la mobilisation des savoirs selon un registre d'innovation ? Une réponse possible consiste à dire que la tâche d'un ingénieur, selon eux, est centrée sur la gestion de projet. Ce qui correspond, en termes de modalités de mobilisation des savoirs relationnels et méthodologiques en particulier, aux exigences du registre de modification. Nous constatons aussi comment la visée de production conduit les tuteurs ingénieurs à valoriser les savoirs relationnels et méthodologiques mobilisés selon un registre de modification.

Nous nous attacherons à confronter cette exigence avec l'activité des apprentis telles qu'elle a été livrée par les rapports d'alternance lorsque nous aurons à analyser l'activité académique de conception.

3- L'ORGANISATION DE LA SEQUENCE INDUSTRIELLE DE FORMATION

Nous présentons dans ce qui suit la caractérisation de l'organisation de la séquence industrielle de formation selon les tuteurs ingénieurs. Nous entendons « organisation » dans le sens de mise en place des conditions qui, en permettant l'intégration de l'apprenti dans l'équipe de travail, favorisent sa formation. Ainsi, nous pensons dégager les caractéristiques de l'organisation à travers l'évocation de trois points par les tuteurs ingénieurs : les spécificités de l'entreprise en termes d'organisation du travail et des process de production (et ses implications concernant les tâches de l'apprenti ingénieur), le rythme de l'alternance et les possibilités de construction de parcours industriels de formation à l'instar des parcours pédagogiques en séquence académique. Nous voulons repérer les implications d'une telle organisation sur les savoirs mobilisés pour exécuter la tâche.

3.1- Les spécificités de l'entreprise

3.1.1- Les spécificités organisationnelles

La spécificité organisationnelle de l'entreprise d'accueil influence fortement l'activité industrielle de conception des apprentis. L'apprenti étant inséré dans une équipe qui est insérée à son tour dans une organisation spécifique de l'entreprise. Les aspects du métier d'ingénieur qu'il aura à découvrir sont donc fortement déterminés par l'organisation (les conditions humaines et matérielles). Donc un premier élément déterminant est l'organisation de l'équipe du travail. C'est ce qu'explique AA par exemple :

« ici on constitue une (équipe de travail). A l'intérieur de cette équipe il y a un acheteur, enfin on a tous les métiers nécessaires à la mise en production d'un produit. Donc on a besoin de technicien d'essai, donc j'ai un service d'essai, on a besoin de dessinateurs, on a besoin d'ingénieur responsable de projet, on a besoin de responsable de qualité, d'acheteur, on a un acheteur dans notre service, et puis on a des gens de méthodes. Donc on a tous les corps de métiers (Se9)».

Un deuxième élément, en rapport avec l'organisation de l'entreprise, qui va déterminer l'activité industrielle de l'apprenti c'est le changement fréquent des tuteurs. AP explique ceci en disant que « les gens changent dans la boîte, les tuteurs changent parce que la boîte tourne beaucoup (A5)».

Le troisième élément c'est la familiarité de l'entreprise avec la formation en tant que fonction dans l'entreprise. Ceci rend l'activité de l'apprenti très riche dans le cas où l'entreprise d'accueil bénéficie d'une longue tradition de formation. C'est le cas du CEA par exemple comme l'explique MS :

« à Saclay on a une fonction qui par contre voit l'ensemble de nos activités, et nous avons quelques centaines de gens qui sont en formation à Saclay (St1)»

3.1.2- La diversité des profils recherchés

Une autre spécificité qui marque fortement l'activité de conception industrielle c'est la nature des profils du personnel qui constitue l'équipe ou le service d'accueil. FG exprime ceci en décrivant la spécificité de son équipe : « Ici il doit y avoir une vingtaine d'ingénieurs et cadres ..eh .. d'horizons complètement différents, en tout cas des niveaux des écoles, au niveau de la formation, j'ai pas trouvé moi d'écart essentiel Se5». De son côté, PJ souligne le caractère généraliste de son unité : « ... on va partir dans un aspect très technique ce qui n'est pas le cas dans cette unité qu'on a là. Cette activité est de certaine manière très généraliste (Se1, Se2)». La diversité des profils des

membres des équipes de travail exige des qualités d'autonomie et de communication importantes, c'est ce qui explique, peut-être, pourquoi les tuteurs ingénieurs exigent un registre de technicité de modification et, en même temps, ils considèrent que le profil dont ils ont besoin est celui d'un ingénieur généraliste.

3.2- Le rythme de l'alternance

L'organisation de la séquence industrielle de formation est caractérisée aussi par le rythme de l'alternance. C'est en fonction de ce rythme que va se définir le choix de la tâche à confier à l'apprenti ingénieur. Les tuteurs ingénieurs, devant la possibilité de remettre en cause le rythme de l'alternance, qui est de six mois et qui spécifie la formation des ingénieurs par apprentissage au CFA, sont dans un premier temps dubitatifs, mais rapidement catégoriques quant à l'impossibilité de concevoir le rythme autrement. C'est ce qui montrent les réponses successives de AP :

« J'ai le sentiment que, moi sur le stage industriel moi ça me paraît bien (le rythme de six mois six mois). A6»

« Une séquence professionnelle d'un mois on fait rien. Il faut arrêter de rêver je veux dire. Une séquence professionnelle d'un mois, le gars ok je le prends je le mets là, je lui explique en gros comment fonctionne l'entreprise et quand j'aurais fini ça y est il repart quoi A8»

« Aujourd'hui il y a toutes les écoles d'ingénieurs font deux stages longs en entreprise de quatre mois, plus un projet de fin d'étude, qui est un projet industriel, si l'apprentissage commence à avoir des durées des séquences en entreprise inférieures à ce qui se fait dans une école d'ingénieur normale ça n'a plus de sens, non ? A10 »

« Et à mon avis, même pour le cursus scolaire c'est pas bon, parce que les jeunes vont passer leur temps à se remettre dans le bain ...c'est pas évident. A12».

Quant à MS, il considère qu'une période de six mois permet de proposer à l'apprenti une tâche intéressante qui exige, pour l'exécuter, d'y être « à fond » :

« Pour nous c'est intéressant, avoir quelqu'un pendant six mois d'affilé ça nous permet de vraiment lui montrer, de lui faire faire un travail intéressant, utile et intéressant... Je suppose que quand on est dans une activité il faut y être à fond (A1A4) ».

3.3- L'évaluation

L'organisation de la séquence industrielle de formation est caractérisée aussi par l'évaluation des apprentis. Les tuteurs ingénieurs ont abordé cette question à travers deux points. D'abord,

les critères adoptés pour évaluer l'apprenti. Ainsi, les tuteurs ingénieurs évaluent par comparaison à un ingénieur titulaire, par rapport à la tâche de gestion de projet, en fonction de son intégration dans l'équipe ou en fonction de ses qualités personnelles. Ensuite, la forme que prend l'évaluation : compte rendu, rapport d'activité ...etc. Nous présentons ici ces deux points étayés par les propos des tuteurs ingénieurs.

3.3.1- Les critères de l'évaluation

3.3.1.1- L'évaluation par comparaison à un ingénieur titulaire :

Nous avons constaté que les tuteurs ingénieurs sont partagés par rapport à l'évaluation de l'apprenti en le considérant comme un ingénieur titulaire, ou au moins, en comparant son travail à ce dernier. AA et PJ tout en considérant le « travail » d'un ingénieur titulaire comme critère, ils n'ont pas les mêmes exigences. En effet, AA considère que « sachant bien qu'il est en formation, on lui donne pas les mêmes, on a pas les mêmes exigences bien entendu (R5) ». Ce qui n'empêche pas qu'il sera évalué par rapport à l'objectif de formation qui est de former un ingénieur capable de gérer un projet : « les gens qui arrivent ici on les forme pour atteindre un poste comme les autres ingénieurs à savoir un poste de gestion de projet je les évalue sur la gestion de projet on va dire (M1) ». Quant à PJ, il « compare le travail de l'apprenti avec celui d'un ingénieur déjà expérimenté. C'est à dire je prend les mêmes critères en étant moins sévère c'est normal. En tout cas sur le travail je mets la pression, puis ensuite en terme d'évaluation je prend les mêmes critères mais avec un niveau en deçà ... (M1) (M2) »

En revanche, si AP n'est pas pour évaluer l'apprenti par rapport à un ingénieur, FG est tout à fait pour considérer l'apprenti comme tout autre ingénieur dès lors qu'il prend en charge une tâche qui est utile pour l'entreprise. Nous pouvons voir cette opposition dans les propos des deux tuteurs :

AP : « non on ne peut pas le considérer comme un ingénieur, comme un autre .. un ingénieur vous le recrutez, vous lui laissez la première année, vous lui accordez un temps, il s'adapte, il voit, un ingénieur comme un autre, au bout d'un an il sera lancé sur des sujets concrets, je ne sais pas.. je ne peux pas le considérer comme un autre, je ne peux pas le faire pointer sur une affaire parce qu'il me rend pas le même service, je ne peux pas le noter comme ..une indulgence .. (M1) (M2) (M3) »

FG : « je dirais qu'on évalue l'apprenti comme on évalue notre personnel en interne (M9) »

Nous pouvons penser que la position mitigée des tuteurs par rapport à l'évaluation des apprentis dépend de l'expérience de chaque tuteur avec son apprenti.

3.3.1.2- L'évaluation par rapport à l'intégration dans l'équipe

Pour FG l'évaluation est quotidienne, et elle consiste à « regarder comment il a su s'intégrer dans l'organisation. M6 ». Les tuteurs ingénieurs n'ont pas précisé par quels moyens ils opérationnalisent cette évaluation « au regard ».

3.3.1.3- L'évaluation par rapport aux qualités personnelles

C'est ce qu'exprime MS en disant « Alors la deuxième chose, moi je tiens beaucoup compte des qualités personnelles de l'ingénieur. M2 ». Ces qualités qui peuvent présider à son recrutement « si le gars est super concepteur dans sa console et qui ne sort pas ... et qui n'a aucun sens relationnel, j'en veux pas, j'en veux pas AP ».

3.3.2- La forme de l'évaluation

L'évaluation des apprentis en situation industrielle peut prendre plusieurs formes selon les tuteurs ingénieurs:

- rapport d'activité et compte rendu : « il présente son sujet, ce que je lui demande c'est ce qu'il me fasse un petit rapport, un petit compte rendu de son activité eh, au moins mi-mensuelle, et puis on en discute donc eh en fonction des comptes rendus ou des rapports qu'il doit faire puisque je lui demande aussi des rapports sur l'activité, puisque c'est comme un travail que j'utilise, donc pour rendre compte pour moi, de mon côté j'ai besoin de compte rendus, donc on en parle avec lui puis je ben .. sa théorie puis on l'adapte quoi. AA R12 » ;
- réunion d'évaluation exposé : « puisque l'année dernière on s'est pris un peu tard, pour faire le point et pour corriger et orienter, donc il m'a dit je fais venir mon prof académique, je l'ai fait venir, il nous a fait une présentation. AP M7 » ;
- observation quotidienne : « Ça veut dire que maintenant j'ai une grille de cotation, non j'ai pas de grille de cotation mais on suit ça au quotidien. FG M8 » ;
- mise en situation difficile : « J'essaie d'évaluer ce que j'ai essayé de faire passer pendant la formation en entreprise, en mettant les gens dans des situations difficiles mais pour voir comment ils réagissent. MS M4 ».

3.4- Le parcours industriel

Une dernière caractéristique de l'activité industrielle de formation est l'organisation de la progressivité des différentes activités que l'apprenti effectue en entreprise. En effet, les tâches proposées à l'apprenti sont déterminées par le type de service, le profil du personnel, l'organisation de l'entreprise etc. Sans une intervention sur l'organisation de l'activité

industrielle de l'apprenti, les « facettes » du profil de l'ingénieur en conception industrielle à « construire » seront alors très variables d'une entreprise à l'autre, ou même d'un service à un autre.

Nous avons présenté plus haut le point de vue des tuteurs ingénieurs qui montre qu'en entreprise, la priorité est donnée à la production. En plus, le recrutement des apprentis ingénieurs s'inscrit dans la stratégie de production de l'entreprise. Néanmoins, dans la marge laissée pour la formation, serait-il possible d'organiser l'activité industrielle de formation en termes de parcours industriels à l'instar des parcours pédagogique pour l'activité académique de formation ? Ou en tout cas, serait-il possible d'imaginer une autre organisation pour l'activité industrielle de formation ? La réponse des tuteurs ingénieurs est d'abord un « oui mais », ensuite un « mais » et enfin « impossible » ! Ce qui montre encore une fois la primauté de la production sur la formation. Voici des échantillons des réponses des tuteurs ingénieurs :

« A l'origine, ce que je souhaitais faire c'était de le faire parcourir tous ces métiers. Alors je m'étais dit en troisième année ça peut être un projet de suivi de qualité ou quelque chose comme ça, en fait ça c'est difficile à mettre en place dans un projet parce que la tâche le fil conducteur de tout ça c'est l'engineering et la partie méthode pour Bosch se fait en Espagne, c'est à dire nous avons un correspondant en Espagne qui fait ça. Donc au final la difficulté étant, sa mission s'est transformée en mission d'engineering sur les trois ans PJ (Se10)»

« Oui faire un lien, moi ça me paraît utopique AA (A8)»

« Oui, oui, tout à fait... alors ça c'est difficile AA (Se8) »

« C'est très difficile, parce que sur trois ans, il part six mois.. il faudra trouver le sujet qui démarre pratiquement avec le stagiaire, l'apprenti à un moment, qu'il puisse bosser un certain temps dessus, quand il revient soit au même niveau, sur trois ans c'est quasiment impossible AP (A4)».

En fait, construire un « parcours industriel » dans la séquence industrielle de formation revient à dissocier la tâche de ses enjeux et la transformer en une tâche artificielle, et partant, à prolonger la formation académique au sein de l'entreprise ! Nous considérons que la construction du parcours industriel doit s'étendre aux deux séquences de formation. Elle doit se fonder d'abord sur la connaissance profonde des tâches et des activités de formation dans les deux séquences et, ensuite, sur une prise en compte de la spécificité des tâches et des activités dans les deux séquences.

3.5- Conclusion

La catégorie « organisation de la séquence industrielle de formation » est la troisième catégorie la plus évoquée par les tuteurs ingénieurs (21%) à travers les différentes sous-catégories qui y renvoient. Le graphe suivant fait apparaître la répartition de ces dernières au sein de la catégorie « organisation de la séquence industrielle de formation » et l'importance que les tuteurs ingénieurs ont donnés respectivement à l'évaluation, aux spécificités de l'entreprise et à la question de la construction du parcours industriel au sein de la séquence industrielle de formation.

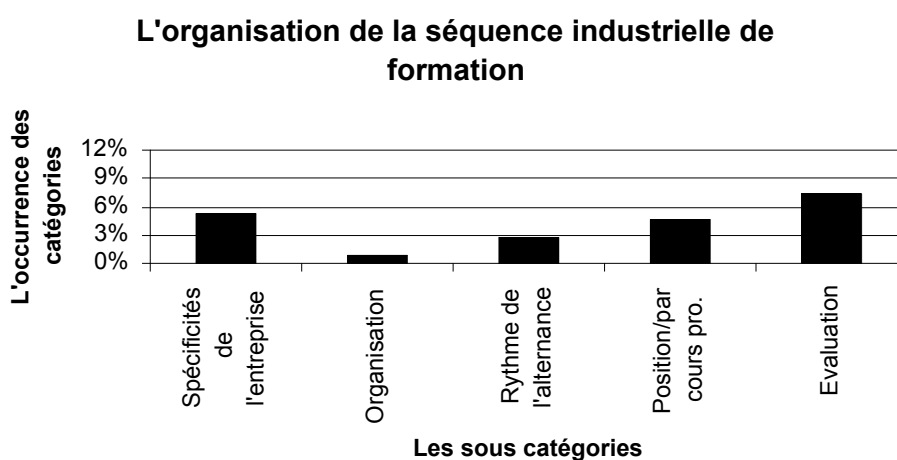


Figure n°28 : répartition des sous-catégories dans la catégorie « L'organisation de la Séquence Industrielle »

L'analyse de cette catégorie, nous a permis de repérer les implications de quelques éléments de l'organisation en séquence industrielle sur la construction de la tâche industrielle de conception en termes de savoirs mobilisés. Les éléments que nous avons retenus sont les spécificités organisationnelles de l'entreprise, l'évaluation, le parcours industriel et le rythme de l'alternance.

En ce qui concerne les spécificités organisationnelles de l'entreprise, la construction de la tâche et les savoirs que l'apprenti aura à mobiliser pour l'exécuter sont déterminés par :

- l'organisation de l'équipe de travail en termes de métiers représentés dans l'équipe ;
- les changements fréquents des tuteurs ingénieurs dans une entreprise qui « tourne normalement » ;
- la familiarité de l'entreprise avec la « fonction formation ».

L'évaluation aussi influence la construction de la tâche industrielle de formation et les savoirs que l'apprenti aura à mobiliser pour l'exécuter. En effet, le principe d'évaluation (par comparaison à un ingénieur titulaire, par rapport à l'intégration dans l'équipe, par rapport aux qualités personnelles) et la forme d'évaluation (rapport d'activité et compte rendu, réunion d'évaluation et exposé, observation quotidienne, mise en « situation difficile ») choisis par les tuteurs ingénieurs fixent les savoirs valorisés et ceux qui le sont moins. Ils fixent aussi les modalités de mobilisation valorisées dans l'entreprise et celles qui le sont moins. Par exemple, évaluer l'apprenti par comparaison à un ingénieur titulaire permet de développer chez l'apprenti des savoirs de responsabilité et de prise de décision, mais réduit le champ des savoirs mobilisés puisque c'est le résultat qui compte : il arrête d'approfondir la question dès l'apparition du résultat. En définitif, l'évaluation adoptées par les tuteurs ingénieurs, vus ses critères et ses formes, valorise les savoirs concernant la gestion de projets. Ce qui conduit les tuteurs à proposer des tâches industrielles de conception centrées sur la gestion de projets.

Quant aux deux derniers points : le parcours industriel et le rythme d'alternance, les tuteurs ingénieurs se sont montrés attachés à un parcours et à un rythme qui servent essentiellement la visée de production de la tâche industrielle. En effet, les tuteurs ingénieurs sont opposés à l'idée d'organiser les tâches industrielles de formation dans des parcours industriels à l'instar des parcours pédagogiques de la séquence académique de formation. Ceci aura pour conséquence, selon les tuteurs, de « scolariser » la séquence industrielle. Même point de vue concernant le rythme de l'alternance : une tâche industrielle réelle ne peut « tenir » dans une période inférieure à six mois. La tâche industrielle de conception est alors une tâche qui vise prioritairement la production, son intérêt « formatif » réside dans la production des savoirs indispensables à son exécution.

4- L'ACTIVITE ACADEMIQUE DE CONCEPTION VUE PAR LES TUTEURS INGENIEURS

A travers la réponse des tuteurs ingénieurs à la question « que proposeriez vous pour concevoir des activités de formation académique qui ont du sens par rapport aux activités de formation industrielles ? », nous avons mis en évidence quelques implications des exigences de la séquence industrielle de formation en termes d'activités académiques de formation.

4.1- L'activité académique de formation : apprendre à apprendre et apprendre à adapter

Le tuteur FG, loin de l'idée reçue qui décrit l'activité académique de conception comme étant « en rupture » avec celle industrielle, précise qu'il « ne fais pas partie des gens qui considèrent que ce qu'on fait dans une école d'ingénieurs est aux antipodes de ce qu'on voit après dans le milieu professionnel. En tout cas sur les aspects techniques et autres (F1)». AA va plus loin en considérant qu'il y a une corrélation entre le niveau de l'apprenti en séquence académique et son niveau en séquence professionnelle : « Moi je trouve qu'il y a une corrélation assez dure entre ça. Quelqu'un qui a des difficultés scientifiques ou scolaire, à l'université, ben c'est quelqu'un qui a des difficultés ici, parce qu'il a du mal à gérer plusieurs sujets, et puis il a du mal à voir quel est l'objectif (F2)». Plus fort qu'une simple corrélation entre le niveau des apprentis dans les deux séquences, PJ souligne que « le rôle d'une école c'est d'apprendre à apprendre, toutes ces matières qu'on apprend, ne vont être utilisées qu'à dix pour cent mais d'abord c'est une culture générale importante, ça c'est indéniable. La deuxième chose c'est que ça devient une méthodologie pour apprendre, à chaque fois qu'on change de poste ou qu'on a une nouvelle chose à apprendre, c'est le parcours académique qui nous a appris à apprendre ces nouvelles choses, s'organiser pour apprendre ...(Sa3) (Sa4) », donc à apprendre de nouveaux savoirs en séquence industrielle et adapter ses savoirs et ses attitudes déjà acquis.

4.2- Pour une activité académique en « continuité » avec l'activité industrielle

Les tuteurs ingénieurs dans leurs réponses à la question de la construction de l'activité de conception académique sont partis du constat suivant : dans les activités académiques de formation, les formateurs passent rapidement sur les connaissances de base, immédiatement utiles en entreprise, pour aller très loin dans des détails très peu utilisés par la suite. AA explique par exemple : « Je pense au final, je reviens toujours dessus je pense que on va trop vite dans le détail, sans faire travailler les étudiants sur des choses très simples déjà Sa2».

Ce qui ne veut pas dire qu'il faille laisser les développements théoriques poussés au profit des connaissances de base : « Je dirais déjà .. la seule chose comme je l'ai dit c'est les notions de base sur lesquelles on insiste pas assez dessus. Sinon, dans le reste, je dirais les notions même si elles ne sont pas appliquées en entreprise, elles permettent de développer malgré tout un esprit on va dire fin, c'est ce qu'on recherche, c'est clair que les gens qui vont pas trouver de difficultés en université, c'est aussi les gens qui seront à l'aise sur le terrain AA (F1) (F2)».

Les tuteurs ingénieurs proposent que la formation académique soit, d'une part, enrichie par des activités qui outillent les apprentis en termes de savoirs leur permettant de s'intégrer dans le monde de travail. C'est ce que propose FG par exemple en ce qui concerne les savoirs « relationnels » :

« le travail en équipe, les approches du travail dans une organisation matricielle, les approches sociales, la gestion des conflits et ce genre de choses, qui sont absolument pas abordées, en ce qui me concerne ce que je sais et ce que je vois chez les jeunes qui arrivent chez nous, ne sont pas abordés dans les cursus scolaires aujourd'hui, j'en suis intimement convaincu, en tout cas dans tout ce qui est formation d'ingénieurs. Il y a probablement des cours de communication ou des choses comme ça, le management à mon avis ça reste encore beaucoup plus léger. L'approche sociale elle est inexistante, le droit social en entreprise par exemple, les ingénieurs qui arrivent aujourd'hui n'en connaissent absolument rien, ne seraient ce que les instances de défense des droits des employés de type CE de type délégués de personnels délégués syndicaux, ou les droits des uns et des autres, leurs pouvoirs leurs mandats .. personne n'en sait rien. Le management des hommes passe à mon avis par un minimum de psychologie. A peu près les ingénieurs qui tombent chez nous sont à peu près vierges sur le sujet. FG (Sa6), (Sa7), (Sa8), (Sa9) et (Sa10) ».

D'autre part, ils proposent que les activités soient structurées par des projets, ce qui constitue une forme de « continuité » entre l'activité académique et l'activité industrielle qui se présente en général sous forme de projet. PJ pense « que la formation sur projet, généraliste ou pas, elle est importante dans le sens où lorsqu'on a un travail de concepteur il y a toujours des questions de coût, des questions d'organisation (F4) ».

Enfin, les écueils relevés par les tuteurs ingénieurs concernant l'activité académique de formation en général et les propositions formulées ne remettent pas en cause la qualité des enseignements dispensés. Au contraire, FG estime qu'« il y a toujours des travaux pratiques qui sont relativement bien pensés au sein des séquences académiques (F2) » et qu'il faut appuyer en privilégiant le travail sur projets.

4.3- Conclusion

La catégorie « formation académique » a occupé une place moyenne, en termes de nombre d'occurrences, dans les réponses des tuteurs ingénieurs. Elle a représenté 8% du nombre total¹⁵ d'occurrences des différentes catégories que nous avons distinguées.

¹⁵ Le nombre total des occurrences de toutes les catégories est 328.

Les tuteurs ingénieurs considèrent que la formation académique doit permettre aux apprentis d'apprendre à apprendre, d'apprendre à adapter leurs acquis académiques et surtout d'adopter une organisation des activités de formation académique proche de celle industrielle : travailler sur projet. Nous aurons l'occasion de mettre à l'épreuve cette proposition à l'occasion de l'analyse de l'activité académique de conception. Nous verrons que structurer l'activité académique de conception par un projet est nécessaire mais pas suffisant pour qu'il y ait articulation entre les deux activités.

5- L'ARTICULATION DES ACTIVITÉS DE CONCEPTION INDUSTRIELLE ET ACADÉMIQUE

Les tuteurs ingénieurs ont évoqué aussi dans leurs réponses l'articulation des deux séquences de la formation en alternance. Nous avons relevé trois façons de réaliser cette articulation : par l'apprenti, par les deux tuteurs des deux séquences ou à travers les contenus des activités de formation. Nous avons aussi noté la position positive des tuteurs ingénieurs par rapport au rôle que peut jouer une assistance pédagogique en ligne pour supporter l'articulation.

5.1- Articulation des deux activités

Ce que nous voulons dire par articuler entre les deux séquences de la formation c'est établir un lien et mettre en relation. Nous nous limiterons à cette acception.

5.1.1- L'apprenti comme acteur de l'articulation

Ainsi, ce lien peut être établi par l'apprenti lui-même en adaptant ses acquis académiques à la situation et en « se débrouillant » tout seul comme l'explique AA : « Dans l'ensemble ils essaient d'appliquer ce qu'ils ont vu dans le centre (Sa7) » et ensuite FG : « en plus je dirais en ce qui concerne l'apprentissage, les gens passent quand même la moitié de l'année en entreprise. Si les jeunes ne sont pas en mesure de faire le lien à un moment donné entre ce qu'ils ont vu sur le point de vue théorique à l'école avec ce qu'ils pratiquent en entreprise, ben après moi je peux pas grand chose pour eux quoi F6 ». Faire le lien lui-même veut dire se rendre compte de l'utilité des acquis académiques en entreprise, c'est à dire en donnant sens à ces activités académiques et industrielles. C'est ce qu'exprime MS : « moi je crois déjà que la formation par alternance ça un grand avantage, c'est que au moins tous les six mois les jeunes voient déjà les applications de ce qu'on leur a appris. Parce qu'ils sont en entreprise et ils voient rapidement une bonne partie de ce qu'on leur apprend est utile (F3) (F3) »

Le lien entre les deux activités peut être établi aussi en faisant appel à son tuteur enseignant en cas de difficulté : « ... c'est à lui de proposer, son prof .. Sur un sujet s'il trouve pas les réponses ici dans le service il pourrait faire appel à son prof.. AP (N3)»

5.1.2- Les formateurs et les tuteurs comme acteurs de l'articulation

Les tuteurs ingénieurs ont exprimé que l'articulation peut être établie grâce à la coordination entre eux, d'une part, et les tuteurs enseignants d'autre part. AP qui s'appuie sur l'évaluation académique de l'apprenti pour orienter le choix de la tâche à lui confier, ce qui constitue selon nous une mise en relation des deux séquences, pense qu'« un prof pourrait .. moi je suis surpris, ou pas surpris, que les profs ne me demandent jamais : tiens, est ce que vous avez des sujets concrets réels, de petits sujets, sur lesquels je pourrais demander à faire faire des exercices(F3) »

5.1.3- Les contenus des activités de conception en situation industrielle comme outil d'articulation entre SA et SI

Les tuteurs ingénieurs n'expriment pas explicitement que le contenu de l'activité de conception industrielle constitue un moyen pour articuler les deux séquences de la formation. Mais c'est ce que nous dégagons en filigrane des propos des interviewés lorsqu'ils considèrent par exemple que l'activité industrielle n'est pas aux antipodes de sa correspondante en séquence académique. Nous citons ici FG qui considère les démarches de conception et de fabrication « cadrent » bien avec ce qui est enseigné en SA. Il explique : « Aujourd'hui le bureau d'étude et la fabrication sont des outils de l'entreprise mais ne sont pas les meneurs du plan produit en tout cas; le plan produit est pensé bien avant, c'est une stratégie qui est orientée client et qui est développée .. enfin, le développement respecte les processus qui sont établis et qui à mon avis cadrent bien ce qui est enseigné. (F7)»

5.2- La position des tuteurs ingénieurs par rapport à l'Assistance Pédagogique en Ligne (APL)

5.2.1- Position des tuteurs ingénieurs

Les tuteurs ingénieurs sont unanimes quant à la pertinence d'une assistance pédagogique en tant que source d'aide aux apprentis pendant la séquence industrielle. En effet, PJ et MS tout en souhaitant le développement de l'expérience AMI, donnent des exemples d'utilisation de l'APL. Ainsi, PJ explique « Il y a un problème sur lequel j'étais directement confronté : c'est que

(l'apprenti) avait un module d'anglais à terminer, donc il a passé une semaine pendant le mois d'avril pour ... là dessus comme j'ai dit ... là j'ai automatiquement répondu il faut un diplôme, et on sait pertinemment que pour entrer chez Renault il faut un niveau en anglais, dans le cas contraire on ne peut pas rentrer. (N1)». Et de continuer : « Ensuite si j'ai bien compris la question c'est comment on peut mettre en évidence à travers une lacune de l'apprenti, un système de formation qui va permettre d'améliorer cette lacune. C'est peut être là qu'il y a le fait de voir souvent .. peut-être là c'est un manque .. c'est vrai il faut peut-être contacter l'école pour voir ce qu'elle peut mettre en place comme formation pour améliorer la chose. (N2) »

Quant à MS, il pense que « ça peut constituer une aide. Je suis dans un cas un petit peu particulier parce que les CEA est aussi une entreprise de formation. (N1)». Il donne un exemple d'utilisation : « Par contre, j'ai eu l'expérience, j'ai envoyé un de mes apprentis ingénieurs dans une petite usine et il avait besoin de documents qu'il ne trouvait pas du tout dans son environnement parce que la fonction qu'il assurait n'était pas remplie dans l'entreprise, c'est une fonction plus ou moins de recherche, donc s'il avait pu trouver, faire appel à des documentations ou à des connaissances qu'il trouverait sur le site, ou poser des questions à des enseignants, ça aurait été très très bien. (N2) »

Pour sa part, AP, avec quelques réserves, dit que « lui (l'apprenti) donner une aide de plus pourquoi pas, mais si c'est du systématisme : tiens je ne sais pas combien de spires je mets dans telle bobine pour avoir tel courant. (N2) », et que « ça a des limites .. je .. je n'ai pas d'avis particulier .. ça va dépendre du bonhomme, si le bonhomme dit attendez, dans le service où je suis je ne pose pas de questions, j'appelle mon université qui va me donner la réponse ... (N5)». Ainsi, il conditionne l'utilisation d'un tel dispositif s'il contribue à aider l'apprenti à construire des problèmes. Dans ce cas « Pourquoi pas, pourquoi pas ? (N6)».

5.2.2- L'assistance pédagogique en ligne comme support d'articulation entre SA et SI

Nous avons mis en évidence, en analysant les réponses des tuteurs ingénieurs, l'existence d'au moins trois acteurs pouvant jouer le rôle de lien entre les deux séquences. Ainsi, nous avons considéré l'apprenti, les tuteurs ingénieurs et formateurs et enfin le contenu des activités de formation dans les deux séquences. L'assistance pédagogique en ligne, qui consiste en une plate-forme gérant l'interaction des trois acteurs cités, est un support que les tuteurs ingénieurs trouvent intéressant pour articuler les séquences SA et SI. L'APL permettra d'opérationnaliser le lien entre les deux séquences en particulier, selon AA, « quand on demande quelques choses de plus complexe, on dit tiens renseignes-toi sur la méthode de (Wöhler) ou des choses comme ça, il y a en université des gens qui sont spécialisés, ou qui ont des savoirs là. Et ce qui manque c'est que c'est qu'il a du mal à obtenir de support de l'université dans ces situations

là. (N2)». Ce travail de mise en relation opérationnalisé par un support tel que l'APL peut dépasser l'intérêt immédiat de l'apprenti à résoudre ses problèmes et devenir un outil à la disposition de toute l'équipe. AA explique ceci en disant qu' « on pourrait mettre un apprenti sur un sujet comme ça pour décrire la méthode etc. et en faire un fascicule au niveau de l'apprentissage je veux dire. Donc ça sont des choses que l'on peut faire .. s'il a à chercher des informations, le fait d'avoir un lien avec l'université ça peut être quelque chose d'intéressant. (N5)».

5.3- Conclusion

Ce que nous retenons des réponses des tuteurs ingénieurs par rapport à la question de l'articulation entre les deux séquences de la formation, c'est qu'ils affirment la nécessité de construire des activités académiques en articulation avec celles industrielles. Ils considèrent que ce travail d'articulation est fait couramment par les apprentis eux même en faisant le lien entre leurs activités industrielles et ce que font à l'école ou en demandant aux formateurs d'intervenir en cas de difficultés en entreprise sur des points précis. Concernant ce dernier point, les tuteurs déplorent le fait que les formateurs ne demandent pas la construction conjointe d'activités académiques de conception.

Cependant, les tuteurs ingénieurs n'envisagent pas que l'articulation soit provoquée, voire programmée, en guidant les apprentis à ce que ce travail de mise en relation soit intégré¹⁶ à l'activité de formation en conception qu'elle soit académique ou industrielle.

6- CONCLUSION : CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION

Nous résumons ici les principales caractéristiques¹⁷ de la tâche de conception confiée aux apprentis pendant la séquence industrielle de leur formation en alternance. L'activité industrielle de conception, et partant les savoirs mobilisés en son sein, étant déterminée par la tâche que le tuteur ingénieur confie à l'apprenti.

En effet, la tâche industrielle de conception dans une situation, qu'est l'ensemble des conditions et des contraintes (organisationnelle, matérielle et humaine) spécifiques à l'entreprise, est caractérisée par deux visées :

¹⁶ C'est ce que nous avons fait par la suite en proposant aux formateurs, tuteurs et apprentis un carnet de bord qui permet d'intégrer le travail d'articulation aux activités des apprentis dans les deux séquences de la formation.

¹⁷ A travers l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs.

- une visée, prioritaire, de production et qui conduit les tuteurs ingénieurs à inscrire l'accueil des apprentis dans leurs entreprises dans un souci de gérer les ressources humaines de l'équipe en vue de répondre au mieux à des besoins de production ;
- une visée, secondaire, de formation qui vise d'abord l'intégration de l'apprenti dans l'équipe de travail (ce qui rejoint la première visée et fait que les deux visées soient complémentaires) et ensuite de permettre à l'apprenti de mettre en œuvre ses acquis académiques.

Pour satisfaire la dernière visée, la tâche est choisie de telle manière qu'elle « colle » dans la mesure du possible au cursus scolaire, et qu'elle s'inscrive dans une progression qui permet à l'apprenti de découvrir les différentes facettes du métier d'ingénieur.

La tâche industrielle de conception ainsi conçue, met l'apprenti dans une activité où les savoirs mobilisés (et à s'approprier) sont d'abord des savoirs relationnels et méthodologiques et ensuite des savoirs scientifiques et techniques mis en situation. Ces différents savoirs sont à mobiliser selon un registre de modification compte-tenu du fait que l'activité est centrée, en général, sur la gestion de projet¹⁸. Le schéma suivant reprend ces différentes caractéristiques :

¹⁸ Une activité qui consiste à élaborer un plan d'essai d'un composant par exemple, est prise en charge par l'apprenti dans sa globalité depuis l'étude du besoin jusqu'à la réalisation ou la recherche de sous-traitants pour la réaliser.

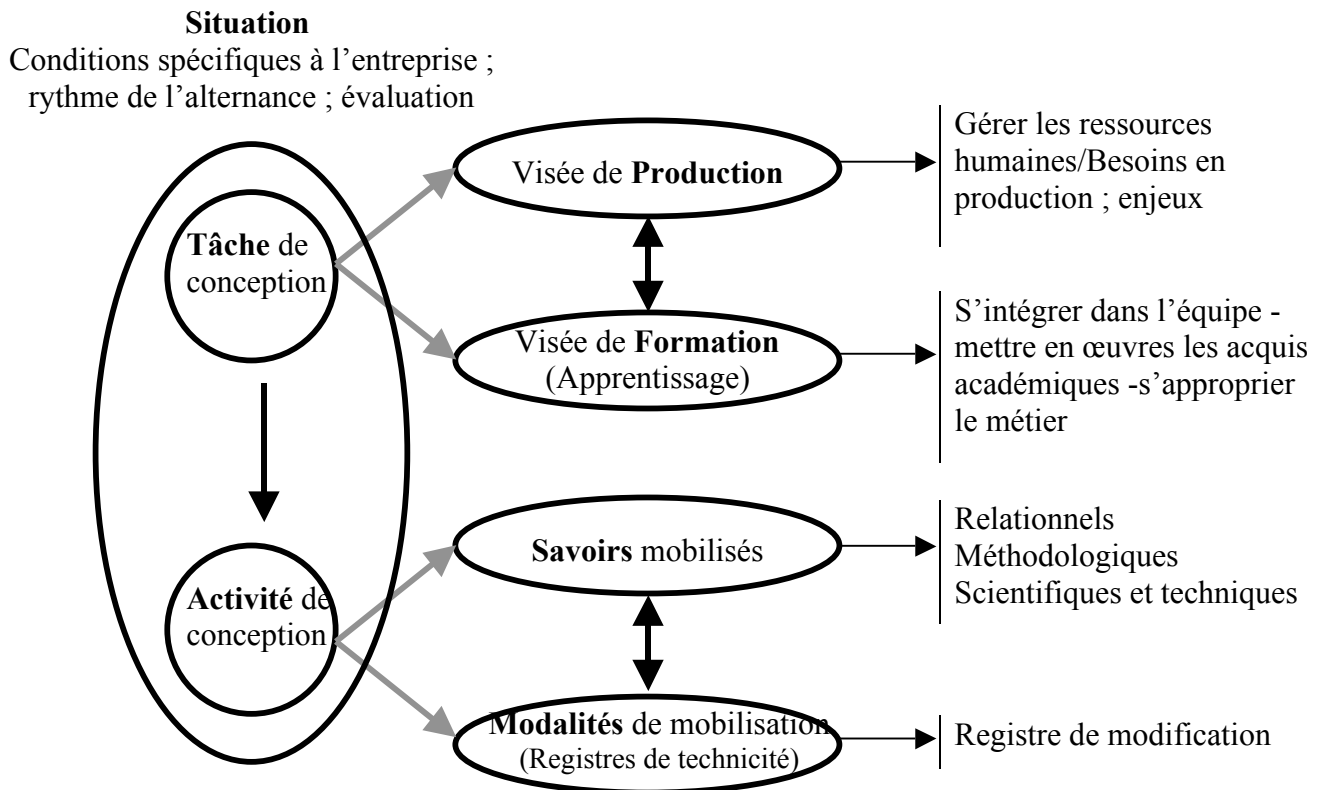


Figure n° 29 : caractérisation de la tâche de conception par les tuteurs ingénieurs

Les relations dynamiques (représentées par des flèches doubles sur le schéma) entre les visées de production et de formation et celles entre les savoirs mobilisés et les modalités de mobilisation des savoirs reviennent à la nature même de l'activité de conception. En effet, cette dernière est structurée par un processus de production d'artefacts intermédiaires qui sont en même temps des traces de l'appropriation de savoirs requis pour aboutir au produit. C'est en ce sens qu'Hatchuel (1996)¹⁹ désigne le processus de conception par un « processus d'apprentissages croisés ».

La caractérisation que nous avons esquissée à travers l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs reste générale et ne fait que délimiter « les contours » de l'activité industrielle de conception. Qu'en est-il de la nature des savoirs et des modalités de leur mobilisation ?

Nous répondons à cette question dans le chapitre suivant en analysant les rapports d'alternance de dix sept apprentis. Pour cela, nous mettons en oeuvre la grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur que nous avons présentée dans le cadre théorique.

¹⁹ Cité par Jeantet (1998).

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES RAPPORTS D'ALTERNANCE

A travers l'analyse des rapports d'alternance des apprentis, nous voulons caractériser les activités industrielles de conception dans une formation d'ingénieurs en alternance en répondant à trois questions : quelles sont les types de tâches de conception qui ont été confiées aux apprentis durant la séquence industrielle de leur formation ? Quelles sont les savoirs mobilisés par les apprentis dans leurs activités industrielles ? Comment ont été mobilisés ces savoirs par les apprentis ?

1- POURQUOI LES RAPPORTS D'ALTERNANCE ?

Les rapports d'alternance¹ que nous avons retenus pour l'analyse sont ceux de tous les apprentis qui ont été filmés dans l'activité de formation académique au cours des semaines thématiques (17 apprentis). La question qui a présidé à ce choix est la suivante : en quoi ces rapports d'alternance des apprentis constituent-ils une « bonne » source pour caractériser les activités des apprentis ?

Une première réponse à cette question est que ce sont les rapports d'alternance des apprentis que nous avons observés dans une activité académique de conception pendant les semaines thématiques. Ceci nous permettra de repérer les continuités ou les ruptures entre les activités de conception dans les deux séquences de formation.

Une deuxième réponse est que ces rapports d'alternance constituent un moyen d'évaluation des apprentis pendant la séquence industrielle. Ils rendent compte des différentes activités effectuées par les apprentis en entreprise. En effet, les consignes des formateurs en ce qui concerne la structuration des rapports ont précisé les thèmes principaux que doit développer le rapport d'alternance. Ils comportent alors une description détaillée du lieu de la séquence industrielle en précisant le service d'accueil et la situation de ce dernier par rapport aux autres services ; la description de l'activité, ou des activités, prise en charge par l'apprenti et celle du raisonnement qui a conduit ses actions ; les réflexions personnelles sur la séquence industrielle de la formation. Ces trois thèmes, en tant que sources d'informations, correspondent bien aux questions que nous avons posées au début de ce chapitre.

¹ Voir annexe n°5.

Enfin, les rapports d'alternances constituent aussi un exercice de communication exigeant un bon degré de clarté dans la présentation des différentes activités.

Ainsi, nous considérons que les rapports d'alternance constituent une source d'information pouvant nous donner une image de l'activité de conception de chaque apprenti en entreprise. Ils peuvent nous renseigner en particulier sur deux choses. D'abord sur la nature de l'activité de conception que l'apprenti a pris en charge pendant la séquence industrielle. Ensuite sur les savoirs mobilisés dans cette activité. Ce qui nous permettra de compléter la caractérisation que nous avons commencé dans le chapitre précédent en analysant les entretiens avec les tuteurs ingénieurs.

2- LA METHODE D'ANALYSE DES RAPPORTS D'ALTERNANCE

Nous avons procédé par deux méthodes d'analyse. La première a consisté à mettre en œuvre la grille d'analyse que nous avons construite dans notre cadre théorique. Il s'agit alors de faire correspondre aux différentes catégories de savoirs de la grille ceux mobilisés par les apprentis dans leurs activités. La deuxième est une analyse de contenu qui nous a permis, d'une part, d'analyser la partie « réflexions personnelles » des apprentis sur leurs activités que comporte les rapports et, d'autre part, d'explicitier les différents indicateurs renvoyant aux sous-catégories des savoirs de la grille des savoirs de l'ingénieur concepteur que nous avons construite dans le cadre théorique.

Nous présentons dans la suite les différentes étapes que nous avons suivie pour analyser les rapports d'alternance.

2.1- La préanalyse

Pour préparer l'exploitation des informations contenues dans les différents rapports d'alternance, nous avons établi un tableau où nous les avons « concentrées » sous un format « standard ». Le prix à payer pour travailler sur des données standards, suites aux simplifications et réductions que nous avons opérées sur le contenu de chaque rapport, c'est le nombre de détails qui ont dû être perdus vu la singularité et la richesse de chaque expérience reflétée par chaque rapport d'alternance. Nous avons essayé de pallier à ce problème en adoptant des tableaux standards mais « flexibles », sur lesquels nous avons opéré des changements chaque fois que le rapport concerné n'arrive pas à « entrer dans le moule ».

Ainsi, une lecture globale de tous les rapports d’alternance nous a permis d’en identifier ces grandes parties :

- la présentation du lieu de la séquence académique ;
- la description de l’activité, ou des activités, prise en charge par l’apprenti ;
- les réflexions personnelles sur la séquence industrielle de la formation.

Nous avons réorganisé cette structure et nous avons distingué dans la présentation du lieu de la séquence académique les thèmes suivants :

- la présentation de l’entreprise ;
- la présentation du domaine d’activité de l’entreprise ;
- les produits ;
- les services et les équipes ;
- le projet ou la tâche que l’entreprise a confié à l’apprenti.

Nous avons organisé la description de l’activité, ou des activités, effectuée par l’apprenti comme suit :

- la définition de la tâche ;
- la définition du besoin du client ;
- les solutions proposées pour concevoir l’artefact ;
- le choix d’une solution ;
- la mise en œuvre de la solution peut être selon les cas : la planification ; l’essai ; le traitement des données ; la validation et la réalisation.

Pour chacun des éléments identifiés, nous avons repéré des indicateurs qui renvoient aux sous-catégories et par suite aux catégories de la grille d’analyse des savoirs de l’ingénieur concepteur. Voici un exemple de tableau standard que nous avons construit pour présenter les informations contenues dans chaque rapport d’alternance :

| Nom: A2 | | Indicateurs | |
|--------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Présentation | Entreprise | C. automatismes | |
| | Domaine d'activité | Conception, fabrication et commercialisation de produits automatismes | |
| | Produits | Composants d'automatismes (actionneurs par exemple) | |
| | Service, équipe | Recherche et développement | |
| | Projet, tâche | Etude "acoustique" d'un moteur à courant continu _42 et le RC5 | |
| | | | |
| Activités | Tâche | Plan d'expérience pour le _42. | |
| | Besoin | Exigences des clients en termes de niveau sonore. Elaborer un outil permettant l'appréciation du niveau sonore des moteurs | Description du contexte d'utilisation du produit; Critères induits par le contexte; outil de mesure du bruit; produits étudiés; description du laboratoire de mesure. |
| | Planification | Identification des facteurs influençant le bruit | Démarche suivie; intuitions d'un expert; rapport entre fonctionnement et niveau sonore; l'outil d'analyse; les valeurs remarquables. |
| | Essais | Mesure du niveau de bruit selon différentes valeurs des paramètres déterminant le niveau sonore | Montage des moteurs d'essais; prise de mesure; paramètres de fonctionnement; |
| | Traitement des données et résultats | analyse des données recueillies au terme des essais . | Logiciel utilisé; procédure d'utilisation; différentes représentations graphique; étude de la variance; la configuration optimisée des facteurs |
| | Validation | Essais de moteurs montés selon la configuration optimisée; étude psycho acoustique | Montage et mesure des moteurs; amélioration de la configuration; influence de l'amélioration sur la performance en terme de niveau sonore; démarche psycho acoustique; utilisation d'un logiciel d'analyse des données |
| Réflexions des apprentis | Difficultés | Bouleversements organisationnels; charge de travail; retards de réception du matériel expérimental; | |
| | Aides | Retour sur le même site après la première alternance; connaissance de l'organisation | |
| | Compétences acquises | Formation au logiciel d'acoustique; Maîtrise du logiciel et création d'un support de formation pour le personnel; développer l'intuition; compétence d'organisation; communication; | |
| | Théorie/pratique | Utilité des notions d'acoustique acquises en SA; connaissances mécaniques générales. | |

Tableau n° 14 : les informations contenues dans un rapport d'alternance

2.2- L'exploitation des données issues des rapports d'alternance

2.2.1- La grille d'analyse

La grille d'analyse que nous mettrons en œuvre pour analyser les rapports d'alternance est celle que nous rappelons ci-dessous :

| Les savoirs mobilisés par un ingénieur concepteur | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------|--------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Milieu de l'artefact (MA) | | | | | Artefact à concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | | |
| COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PPMS | CD | PF | PA | OGD | OGP |
| Conditions Organisationnelles et Humaines | Conditions Matérielles | Fonction d'Usage | Performances | Modes de Défaillance | Principe Opérateur | Configuration de l'Artefact | Méthodes et Théories | Concepts Intellectuels | Considérations Pratiques | Procédure Plus ou Moins structurées | Capacités de Discernement | Procédure Formalisée | Procédure en Acte | Ordre de Grandeur Descriptif | Ordre de Grandeur Prescriptif |

Tableau n° 15 : la grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur

2.2.2- Découpage en unité de sens

2.2.2.1- Mise en évidence des catégories de savoirs mobilisés par les apprentis en SI

Nous considérons tout d'abord l'analyse des rapports d'alternance qui vise la mise en évidence des catégories de savoirs mobilisés par les apprentis lors de leurs activités industrielles de conception. Comme nous l'avons signalé lorsque nous avons parlé de la standardisation de la présentation des données, nous avons organisé le contenu des rapports d'alternance comme le montre le tableau ci-après.

En ce qui concerne l'unité de signification à coder, nous avons considéré les phrases, le paragraphe ou parfois les paragraphes qui relatent l'un des éléments sur la deuxième colonne du tableau (entreprise, domaine, tâche, etc.). L'unité ainsi définie est analysé en repérant les indicateurs qui renvoient à un ou plusieurs sous-catégories de la grille d'analyse. C'est ce que nous présentés dans le tableau (souligné) :

| Nom: A1 | | Indicateurs |
|--------------|----------------------|---|
| Présentation | Entreprise | ABB - ITI; "Clip conseil" en est une filiale Organigramme entreprise; |
| | Domaine d'activité | Automatisme; robotique; informatique industrielle. |
| | Produits | Etudes de conception |
| | Service, équipe | "soudage arc" |
| | Projet, tâche | Test cellules d'air bag; programmation de la ligne "flexicell" |
| Activité | Tâche | Test cellules d'air bag |
| | Besoin | Demande de test par un client Motif de la demande |
| | Solutions proposées | identification du principe; proposition d'une structure; définition des performances; proposer trois solutions. Plan de principe; plan de structure; performances chiffrées; différentes solutions; critères de choix; démarche suivie |
| | Choix d'une solution | Présentation de la solution retenue Plan de principe; structure du système de freinage, du chariot et du support |
| | Tâche | Projet P1x: programmation d'une ligne de production automatique |
| | Besoin | Demande de Volvo à ABB - ITI de concevoir la ligne de production Présentation du projet; organigramme des services impliqués; planning du travail. |
| | Conception | programmation de ligne de production Logiciel professionnel "contrôle builder"; démarche; services impliqués |
| | Choix d'une solution | choix des lignes "flexicell" Techniques de standardisation et d'ingénierie simultanée; domaines d'utilisation des "flexicell"; critères de choix. |

Tableau n° 16 : codage du contenu des rapports d'alternance

Cependant, nous notons que le travail le plus important de codage est opéré d'abord directement sur les rapports. Et les tableaux, comme le précédent, ne constituent qu'un outil de travail qui nous a aidé à retrouver des informations en retournant aux rapports. Ainsi, nous n'avons retenu que les phrases ou les paragraphes, ou même les parties des rapports, qui ont représenté la description ou le compte rendu d'une activité. Les développements théoriques ou parfois historiques de concepts ou de procédures d'obtention de divers produits n'ont pas été retenu pour l'analyse².

2.2.2.2- Mise en évidence des catégories de savoirs mobilisés par les apprentis en SI

Nous nous intéressons maintenant à l'analyse des rapports qui vise la caractérisation des activités de conception en entreprise. A cette fin, nous procéderons par une analyse de contenu des différents rapports pour proposer une catégorisation des différentes tâches qui ont

² Voir l'analyse d'un paragraphe d'un rapport d'alternance en annexe n°6.

été confiées aux apprentis. Nous mettons en évidence ensuite les savoirs mobilisés par les apprentis pour effectuer leurs activités et la façon dont ils ont organisé ces différents savoirs mobilisés. Nous envisageons de comparer l'organisation des savoirs mobilisés dans une activité de conception en situation réelle avec celle proposée par PYSTILE³. En effet, cet outil propose un ensemble d'activités « pour l'apprentissage technologique des concepteurs » (Cartonnet, 2000 ; p.112). Ces activités sont schématisés sur le l'outil Pystile par des activités (des allers et retours) mobilisant les savoirs des différentes catégories distinguées. Nous les reprenons ici avec les nouvelles appellations que nous avons retenues pour les quatre catégories de notre grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur : MA (milieu de l'Artefact), AC (Artefact à Concevoir), OS (Objets Simulants) et OG (Ordre de Grandeur). Le tableau suivant présente ces différentes activités possibles :

| Données de départ | Informations données ou recherchées | Activité possible de l'apprenti |
|---|--|---|
| Milieu de l'Artefact (MA) | Artefact à Concevoir (AC) | Définir les performances et les modes de défaillance prépondérants d'un artefact. |
| Artefact à Concevoir (AC) | Milieu de l'Artefact (MA) | Connaître les solutions classiques |
| Milieu de l'Artefact (MA) | Ordres de grandeurs (OG) | Définir les mesures à effectuer |
| Ordres de grandeurs (OG) | Milieu de l'Artefact (MA) | Evaluer l'adaptation du produit industriel aux milieux |
| Ordres de grandeurs (OG) | Objets simulant (OS) | Critiquer les résultats d'une simulation |
| Objets simulant (OS) | Ordres de grandeurs (OG) | Simuler |
| Objet simulant (OS) | Artefact à Concevoir (AC) | Analyser un produit existant |
| Artefact à Concevoir (AC) | Objets simulant (OS) | Modéliser |
| Milieux de fonctionnement (MA) | Objets simulant (OS) | Renseigner |
| Objets simulant (OS) | Milieux de fonctionnement (MA) | Identifier les outils théoriques pertinents, organiser le MA. |
| Artefact à Concevoir (AC) | Ordres de grandeurs (OG) | Mesurer des caractéristiques du produit |
| Ordres de grandeurs (OG) | Artefact à Concevoir (AC) | Vérifier ou critiquer des caractéristiques du produit |

Tableau n° 17 : modalités de mobilisation possibles des catégories de savoirs de la grille d'analyse (ou activités proposées par le schéma PYSTILE⁴)

³ Pyramide Sciences et Techniques Industrielles.

⁴ Se référer à Cartonnet, Y., (2002). Proposition d'un schéma d'organisation des formations de concepteurs à l'analyse de systèmes techniques : PYSTILE. *Aster* numéro 34.

Le schéma suivant caractérise deux activités de conception menés par un apprenti en entreprise et qu'il a rapportées dans son rapport d'alternance :

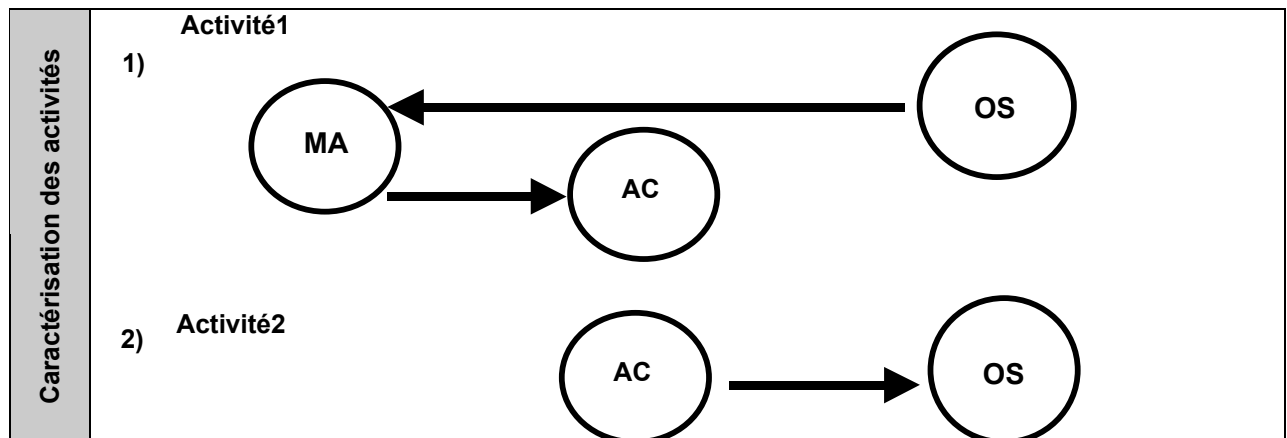


Figure n° 30 : schématisation de la mobilisation des catégories de savoirs

Dans l'exemple donné ci dessus, l'apprenti avait la tâche de mettre en œuvre des outils de la démarche qualité pour améliorer la gestion de la production dans l'entreprise. Les données de départ sont les outils de la démarche qualité avec des exemples d'implantation sur d'autres sites (OS). Ce qui est recherché est d'étudier la spécificité du nouveau milieu d'implantation pour réussir la mise en œuvre (MA). Le produit industriel à obtenir au bout c'est la démarche implantée dans l'entreprise (AC).

Nous notons qu'en ce qui concerne les caractérisations des activités, la présentation des activités ci-dessus (figure n°31) comme s'il y avait des priorités (c'est à dire que l'apprenti explore d'abord le Milieu de l'Artefact (MA) ensuite les possibilités du logiciel de programmation (OS)) n'est que schématique. En fait, l'organisation des savoirs mobilisés au sein des activités correspond à des allers-retours entre deux ou plusieurs catégories de savoirs.

2.2.3- Le codage et l'énumération

Que ce soit pour l'analyse des savoirs mobilisés par les apprentis en entreprise ou la caractérisation des activités de conception effectués en entreprise, nous allons procéder par une mesure fréquentielle. Ainsi, dans chaque unité de sens considérée, nous allons repérer la présence (ou l'absence) des catégories de la grille d'analyse des savoirs et celles de la grille des activités de conception possibles. Nous faisons l'hypothèse de la corrélation entre l'occurrence d'un indicateur d'une catégorie de savoirs et la mobilisation de cette dernière.

Nous affecterons le même poids à tous les indicateurs en considérant qu'ils sont d'égale importance.

Notons enfin la difficulté de choisir les unités de sens dans les rapports d'alternance des apprentis. La solution que nous avons adoptée est de dire que ces dernières pourraient être des segments d'activités, ce que nous avons appelés opérations, décrites dans le rapport. Mais la question est : peut-on saisir l'activité de l'apprenti à partir d'un document écrit ? Si oui, en considérant le texte comme une « mise en mots » de l'expérience de l'apprenti, une autre difficulté pointe. Elle réside dans le fait qu'avec une phrase, l'apprenti peut exprimer une activité ponctuelle qui concerne un but limité dans le temps (activité qui dure de quelques minutes à quelques heures), mais aussi une activité qui s'étend sur les six mois de la situation professionnelle ! Nous avons dû considérer le critère de la durée de l'activité décrite par les apprentis pour retenir ou éloigner des phrases ou des paragraphes des rapports d'alternance.

CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION A TRAVERS LES RAPPORTS D'ALTERNANCE

Nous visons par l'analyse des rapports d'alternance des apprentis à répondre à une série de questions en vue de caractériser l'activité industrielle de formation dans le cadre d'une formation d'ingénieurs en alternance : quels sont les savoirs que les apprentis mobilisent en séquence industrielle ? Dans quels types d'activités ? Selon quels registres de technicité les activités sont-elles effectuées?

1- CARACTERISATION DES SAVOIRS MOBILISES DANS UNE ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION

Nous avons analysé les rapports d'alternances, en termes de savoirs mobilisés et de modalités de leur mobilisation, en utilisant la grille d'analyse que nous présentons ci-après. Chaque catégorie de savoirs est ainsi repérée par un ensemble de sous-catégories. Ces dernières sont elles-mêmes repérées par des indicateurs que comportent les unités de contenu identifiées dans les rapports par une analyse de contenu. Nous donnons dans le tableau suivant, pour chaque sous-catégorie, les occurrences exprimées en valeurs absolues et en pourcentage⁵ :

| Milieu de l'Artefact | | | | | Artefact à Concevoir | | Objets Simulants | | | | | | | Ordre de Grandeur | | Total |
|---|------------------------|------------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PMS | CD | PF | PA | OGD | OGP | |
| Conditions Organisationnelles et Humaines | Conditions Matérielles | Fonction d'Usage | Performances | Modes de Défaillance | Principe Opérateur | Configuration de l'Artefact | Méthodes et Théories | Concepts Intellectuels | Considérations Pratiques | Procédure Plus ou Moins structurées | Capacités de Discernement | Procédure Formalisée | Procédure en Acte | Ordre de Grandeur Descriptif | Ordre de Grandeur Prescriptif | |
| 150 | 113 | 31 | 38 | 24 | 88 | 39 | 278 | 191 | 235 | 75 | 43 | 23 | 95 | 34 | 17 | 1474 |
| 10% | 8% | 2% | 3% | 2% | 6% | 3% | 19% | 13% | 16% | 5% | 3% | 1% | 7% | 2% | 1% | 100% |
| 25% | | | | | 9% | | 64% | | | | | | | 3% | | |

Tableau n° 17' : mise en évidence quantitative de la mobilisation des différentes sous catégories de savoirs dans l'activité industrielle des apprentis

⁵ Par exemple, la sous-catégorie COH apparaît 150 fois dans les dix sept rapports d'alternance analysés, ce qui représente environ 10% des occurrences de toutes les sous-catégories (1474).

Nous pouvons déjà remarquer que la sous-catégorie de savoirs la plus présente dans les rapports des apprentis est « Méthodes et théories » (19%), ce qui veut dire que l'activité industrielle n'est pas uniquement la mobilisation de savoirs « pratiques ».

Dans la suite, nous explicitons chacune des quatre catégories de savoirs en mettant en évidence à quoi correspondent leurs indicateurs dans différentes activités industrielles de conception.

1.1- La catégorie des savoirs du « Milieu de l'Artefact» (MA)

Nous avons identifié cette catégorie à l'aide des cinq sous-catégories : les conditions organisationnelles et humaines (COH) de l'activité des apprentis, les conditions matérielles (CM) de l'activité, la fonction d'usage de l'« artefact à concevoir» (FU) étudié dans une activité donnée, les performances de l'« artefact à concevoir» (PE) et ses modes de défaillances prépondérant (MD). L'occurrence de ces différentes sous-catégories dans le contenu des rapport d'alternance, tel que nous l'avons codé, n'a pas été uniforme. En effet, des sous-catégories comme la fonction d'usage, les performances et les modes de défaillances ont été peu présents dans l'activité des apprentis. Nous explicitons dans la suite les indicateurs renvoyant aux différentes sous-catégories de la grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur.

1.1.1- La sous-catégorie « Conditions Organisationnelles et Humaines» (COH)

La sous-catégorie COH correspond aux savoirs sur le contexte organisationnel et humain. L'analyse de contenu des rapports d'alternance nous a permis de mettre en évidence trois indicateurs pour la repérer. Ces indicateurs représentent en fait des savoirs indispensables à l'apprenti ingénieur pour se situer et exécuter sa tâche dans une activité industrielle de conception : le savoir s'informer, le savoir s'organiser et le savoir communiquer.

Nous avons constaté que selon les tâches confiées aux apprentis, les trois indicateurs ont correspondu à différentes actions que nous avons résumées comme suit :

- communiquer : présenter une démarche créée, demander la validation d'une décision par un responsable, présenter une stratégie à la direction, organiser des réunions, diffuser des propositions de solutions.

- s'informer : chercher les personnes compétentes par rapport à une question donnée, contacter le fabricant d'une machine, définir la tâche avec le tuteur, chercher des fournisseurs.
- s'organiser : collaborer avec des sous-traitants, interagir avec les autres services et fournisseurs de l'entreprise, travailler en collaboration avec d'autres sites de l'entreprise, présenter et se situer par rapport aux différents services de l'entreprise, établir un planning, constituer une équipe.

Le tableau suivant résume ces différents savoirs :

| S'organiser | | | S'informer | | Communiquer | |
|---|----------------------|--|--|--|------------------------------------|---------|
| Se situer / différents services de l'entreprise | Travailler en équipe | Collaborer avec sous-traitants, fournisseurs | Chercher les interlocuteurs compétents | Chercher dans les ressources documentaires ou multimédia | Rendre compte, demander validation | Exposer |

Tableau n°18 : indicateurs de la sous-catégorie COH

Les tâches proposées aux apprentis dans des situations industrielles les ont conduit prioritairement à s'organiser, donc à se situer par rapport aux différents services de l'entreprise, à travailler en équipe et à collaborer avec des acteurs extérieurs à l'entreprise ; à s'informer, donc à chercher les interlocuteurs compétents par rapport à leur besoin et chercher les informations nécessaires pour exécuter leurs tâches dans les ressources documentaires ou multimédia interne ou externe à l'entreprise ; et enfin, à communiquer, c'est à dire expliquer ses choix, rendre compte de son activité à l'équipe et aux décideurs.

Nous constatons que les apprentis ont donné une grande importance, dans leurs rapports, aux actions qui relèvent de l'indicateur « s'organiser ». Le graphique suivant montre que cet indicateur est très présent dans l'activité des apprentis en termes d'occurrences⁶ :

⁶ En considérant tous les rapports d'alternance, la sous-catégorie COH apparaît 150 fois dont 72% indiquée par « s'organiser ».

Contexte Organisationnel et Humain (COH)

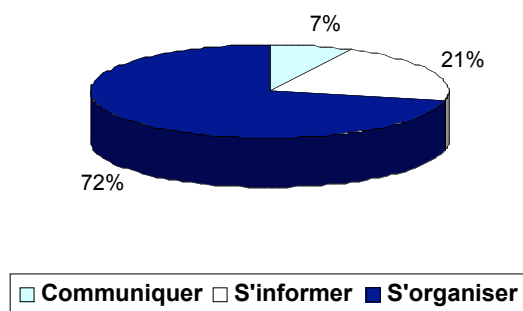


Figure n°31 : répartition des savoirs dans la sous-catégorie COH

L'indicateur prépondérant savoir « s'organiser » est dominé⁷ par la recherche constante des apprentis à créer des équipes de travail et à s'insérer dans les équipes existantes.

Nous notons enfin qu'en termes d'occurrence (ou de présence) dans les rapports des apprentis, l'indicateur COH représente 10% des occurrences de tous les indicateurs. Ce qui le place parmi les indicateurs les plus présents dans l'activité industrielle de formation par rapport à une moyenne d'occurrence de 6% de tous les indicateurs.

1.1.2- La sous-catégorie « Conditions Matérielles » (CM)

La sous-catégorie CM correspond aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur les « Conditions Matérielles » de son activité. Malgré la grande diversité des activités des apprentis reflétée par les rapports d'alternance, nous avons retenu trois indicateurs pour identifier CM :

- des savoirs sur l'environnement matériel de la tâche : magasin des matières premières, complexe de montage, pièce anéchoïque pour essais acoustiques ...etc.
- des savoirs sur des lignes de production ou sur des machines : poste de soudage, centre d'usinage, ligne de production d'un servomoteur, banc d'essai ...etc.
- des savoirs sur des outils ou des composants : fraise de taillage, écran tactile, comparateur, céramique piézoélectrique, vérin double effet, moteur pas à pas ...etc.

La répartition de ces trois indicateurs dans la sous-catégorie CM⁸ est présentée à titre indicatif par le tableau suivant :

⁷ « travailler en équipe » représente 66% des occurrences de l'indicateur « s'organiser » pris seul, le reste est partagé entre « se situer par rapport aux différents services de l'entreprise » et « collaborer avec les sous-traitants et les fournisseurs ».

| Indicateurs | Environnement matériel | Lignes de production, machines | Outils et composants |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Occurrences des indicateurs | 13% | 23% | 64% |

Tableau n°19 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CM

En termes de présence de la sous-catégorie CM dans le compte rendu des activités des apprentis, en comparaison avec ceux de toutes les catégories, nous avons mis en évidence qu'il est moyennement important. Elle représente 8% des occurrences de toutes les sous-catégories.

1.1.3- Autres sous-catégories de la catégorie « Milieu de l'Artefact »

L'analyse de contenu des rapports d'alternance nous a permis de constater que les autres sous-catégories de la catégorie MA sont faiblement représentées en termes d'occurrences :

- « Fonction d'Usage » qui renvoie aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur le besoin que devrait satisfaire le produit industriel chez l'utilisateur⁹.
- « Performances » : qui renvoie aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur les conditions de satisfaction du besoin de l'utilisateur par le produit industriel.
- « Modes de Défaillance Prépondérants » : qui renvoie aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur les risques que le concepteur doit étudier en priorité.

En effet, les sous-catégories « Fonction d'Usage » et « Modes de Défaillance Prépondérants » représentent 2% chacune du nombre total des occurrences de tous les indicateurs¹⁰. Tandis que l'indicateur « Performances » ne dépasse pas 3% du même nombre.

Concernant les indicateurs qui renvoient chacune de ces trois sous-catégories, il était difficile d'en faire une typologie vue la grande diversité des tâches des apprentis et la spécificité de chaque « artefact à concevoir » étudié. Ce dernier a varié du composant (moteur), au système (servo-embayage, servofrein) en passant par la démarche (démarche de conception intégrée) et le plan d'expérience (concevoir et effectuer des essais sur des prototypes avant production sérielle).

⁸ La sous-catégorie CM apparaît 113 fois sur 1474 occurrences de toutes les autres sous-catégories.

⁹ En se limitant à la partie rationnelle du besoin : les fonctions d'estime ne sont pas considérées.

¹⁰ Nombre total des occurrences de tous les indicateurs dans les rapports d'alternance : 1474 .

1.1.4- Conclusion

Nous avons vu que la catégorie de savoirs « Milieu de l'Artefact » (MA) est caractérisée essentiellement par les deux sous-catégories COH et CM qui renvoient respectivement à des savoirs de l'apprenti ingénieur sur les conditions organisationnelles et humaines, et les conditions matérielles de l'activité de conception. En effet, le tableau suivant montre l'importance des différentes sous-catégories en termes de nombre d'occurrences. La catégorie Milieu de l'Artefact (MA) est ainsi la deuxième catégorie la plus mobilisée par les apprentis dans l'activité industrielle de conception.

| Indicateurs | COH | CM | FU | PE | MD | Total |
|-----------------------------|-----|----|----|----|----|-------|
| Occurrences des indicateurs | 10% | 8% | 2% | 3% | 2% | 24% |

Tableau n°20 : répartition des indicateurs de la catégorie de savoirs MA

Nous avons mis en évidence aussi le fait que la sous-catégorie Conditions Organisationnelles et humaines (COH) de la catégorie MA est dominée par l'indicateur « s'organiser » qui renvoie en particulier aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur le travail en équipe (créer une équipe, s'intégrer dans une équipe). Viennent ensuite les deux indicateurs « s'informer » puis « communiquer ».

Quant à la sous-catégorie Conditions Matérielles (CM), nous avons vu qu'elle est dominée par les savoirs de l'apprenti ingénieur des composants et outils mis à sa disposition pour exécuter sa tâche.

Nous pouvons donc conclure que la catégorie des savoirs du milieu de l'artefact de l'activité industrielle de conception est caractérisé par les savoirs de l'organisation spécifique à l'entreprise ou à l'équipe de travail et par les outils que ces dernières mettent au service de l'apprenti pour exécuter sa tâche.

1.2- La catégorie des savoirs de l'« Artefact à Concevoir » (AC)

Cette catégorie comporte les savoirs de l'apprenti ingénieur sur l'artefact à concevoir qui est au centre de son activité. Nous précisons ici que le produit industriel au centre de l'activité de l'apprenti peut correspondre à un composant ou un système à concevoir ou à re-concevoir,

comme il peut correspondre à une démarche à mettre en œuvre (une démarche qualité par exemple) ou à concevoir (un plan d'essai).

Nous avons repéré cette catégorie par deux sous-catégories. La première c'est le « Principe Opérateur » de l'artefact à concevoir. Il renvoie aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur le principe (ou les principes) qui organise les composants constitutifs de l'artefact pour concourir fonctionnellement à la réalisation de sa finalité. La seconde c'est la « Configuration de l'Artefact » et qui correspond aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur l'organisation structurelle (l'agencement des composants) admise comme étant la meilleure incarnation du principe opératoire. Dans ce qui suit, nous caractérisons ces deux sous-catégories, et partant, la catégorie qu'elles représentent, dans le cas de l'activité de industrielle de conception.

1.2.1- La sous-catégorie « Principe Opérateur » (PO)

Les indicateurs que nous avons retenus pour repérer la présence de cette sous-catégorie sont :

- le principe d'une démarche (démarche qualité, plan d'expérience, plan d'essai de validation d'un produit), le principe d'un procédé (principe de soudage des tubes, principe de compensation de l'usure dans un servo-embayage)
- le principe de fonctionnement d'un système (système de contrôle actif sur un missile, servofrein, machine à souder les tubes).

A titre indicatif, le tableau suivant met en évidence comment sont répartis les indicateurs¹¹ cités, en termes d'occurrences, que nous avons comptées dans le contenu des rapports d'alternance :

| Les indicateurs | Principe d'une démarche | Principe d'un procédé | Principe de fonctionnement d'un système |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| Occurrences des indicateurs | 50% | 25% | 25% |

Tableau n°21 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie PO

Ainsi les apprentis ont prioritairement exprimé dans leurs rapports d'alternance la sous-catégorie PO par l'indicateur « principe d'une démarche ». Ce qui veut dire que les apprentis se sont attachés plus à mettre en avant comment ils s'y sont pris pour atteindre leurs objectifs ou ce que les apprentis comme les tuteurs appellent « l'aspect méthodologique » de leur

¹¹ La sous-catégorie PO apparaît 88 fois sur 1474 occurrences (soit 6%) de toutes les autres sous-catégories.

activité. De plus, plusieurs tâches qui ont été proposées aux apprentis, ont concerné la conception de démarches.

En ce qui concerne l'importance de la sous-catégorie PO parmi les autres sous-catégories en termes d'occurrence, elle était « moyennement » présente avec 6% du nombre total des occurrences des autres sous-catégories.

1.2.2- La sous-catégorie « configuration de l'artefact »

Nous avons repéré cette sous-catégorie par deux indicateurs :

- le premier est la structure d'une démarche : présentation de la méthode SMED ou KANBAN sur des panneaux sur des lignes de production, structure d'une base de données, les différentes parties de la notice ;
- le deuxième est la structure d'un système : structure du poste de soudage, structure de la commande d'embrayage, structure d'une unité de déminéralisation.

Cette sous-catégorie a été exprimée par les apprentis en particulier par le premier indicateur qui renvoie aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur la structure de la démarche qu'il a adoptée. Ce qui renforce le fait que les apprentis se sont intéressés plus à l'aspect méthodologique de leurs activités.

La sous-catégorie CA a été faiblement présente par rapport aux autres sous-catégories et par conséquent, les savoirs auxquels elle renvoie ont été faiblement mobilisés par les apprentis dans leurs activités de formation industrielle telles que les rapports d'alternance l'ont reflété. En effet, cette sous-catégorie représente, en termes d'occurrences, 3% du nombre total des occurrences des autres sous-catégories.

1.2.3- Conclusion

Cette catégorie de savoirs sur les « Artefact à Concevoir » (AC) est caractérisée par les deux sous-catégories PO et CA qui renvoient respectivement à des savoirs de l'apprenti ingénieur sur le principe opératoire et la structure du produit industriel au centre de son activité industrielle. Comme nous le montrons dans le tableau ci-après, la catégorie AC représente - en termes d'occurrences - 9% du nombre total¹² des occurrences de toutes les catégories.

¹² 1474 occurrences.

| Indicateurs | PO | CA | Total |
|-----------------------------|----|----|-------|
| Occurrences des indicateurs | 6% | 3% | 9% |

Tableau n°22 : répartition des indicateurs de la catégorie AC

En outre, en analysant les indicateurs des deux sous-catégories PO et CA, nous avons mis en évidence que, les apprentis ont mobilisé la catégorie de savoirs AC et l'ont exprimée, moyennant les sous-catégories PO (6%) et CA (3%), en mettant en avant la démarche qu'il ont suivie ou conçue en termes de principe et structure. Une des explications que nous pouvons avancer à cela c'est que l'une des caractéristiques communes aux tâches proposées aux apprentis pendant la séquence industrielle est la nature des artefacts à concevoir qui ont été au centre de leurs activités : ce sont dans la plupart des cas des démarches. Ceci rompt avec ce que les apprentis font dans la plupart des activités académiques de conception : concevoir un système en suivant une démarche formalisée donnée.

1.3- La catégorie des savoirs des « Objets Simulant » (OS)

Nous mettons dans cette catégorie les savoirs de l'apprenti ingénieur en termes d'outils théoriques, d'outils pratiques (démarches et considérations pratiques locales aux entreprise) et de schèmes mentaux et heuristiques, qu'il met en œuvre pour agir sur le produit industriel (ou sur la réalité en général) ou le simuler en vue d'évaluer s'il atteint les performances et évite les défaillances énoncés par les savoirs du milieu de fonctionnement.

Cette catégorie comporte sept sous-catégories dont nous rappelons brièvement les définitions. La première et la deuxième est ce que nous avons appelé respectivement les « Méthodes et théories » et les « Concepts Intellectuels » : elles renvoient aux savoirs de l'apprenti ingénieur sur les outils, méthodes et théories. La seconde et la troisième est ce que nous avons appelé respectivement la « Procédure Plus ou Moins Structurée » et la « Capacité de Discernement » : elles renvoient aux schèmes de conception et « intuitions » de l'ingénieur construites par l'expérience. La cinquième, la sixième et la septième est ce que nous avons appelé respectivement les « Considérations Pratiques », la « Procédure Formalisée » et la « Procédure en Acte » : elles renvoient aux démarches et aux savoirs locaux à l'entreprise acquis par l'expérience, aux procédures pratiques décontextualisées et les procédures pratiques en action.

1.3.1- La sous-catégorie « Méthodes et théories » (Mth)

Nous avons distingué cinq indicateurs qui renvoient à cette sous-catégorie :

- la gestion de production qui comporte des outils de gestion de production (ESP, SMED, KANBAN, logiciel GPAO) et différentes méthodes de calcul (calcul de la taille d'un lot de production, expression du taux horaire de production, expression du potentiel budgété d'une ligne de production) ;
- la mécanique¹³ qui comporte la mécanique des structures et la mécanique des fluides (équations de mouvements, calculs des pertes de charges, énergétique) ;
- les méthodes, outils et logiciel de traitement et de représentation des données qui correspondent à des méthodes (diagramme du processus de création des schémas d'ateliers, diagramme d'instrumentation et de procédé, méthode Pert) des logiciels de traitement et de représentation des données (Microsoft Project, logiciel pour l'analyse spectrale, logiciels pour traiter les données "statgraphics", logiciel Access, logiciel planning, logiciel CAPVISION pour calcul de capacité, DAO) des outils de représentation graphique (Pareto, dessin technique, Gantt, langage Bond Graph, dessins d'architecture) ;
- domaines divers où nous avons mis par exemple l'électricité (comportement d'un piézoélectrique) et l'acoustique (méthode d'écoute).

L'indicateur le plus présent dans les activités des apprentis, selon leurs rapports d'alternance, et qui renvoi à la sous-catégorie Mth¹⁴ est celui qui correspond aux savoirs des apprentis sur les méthodes, outils et logiciel de traitement et de représentation des données. C'est ce que nous représentons à l'aide du graphe suivant :

¹³ Nous utilisons les appellations des diverses disciplines que comportent les différents blocs du programme de la séquence académique : gestion de production, mécanique, thermique, etc. Voir annexe n°2

¹⁴ La sous-catégorie Mth apparaît 278 fois sur 1474 occurrences de toutes les sous-catégories.

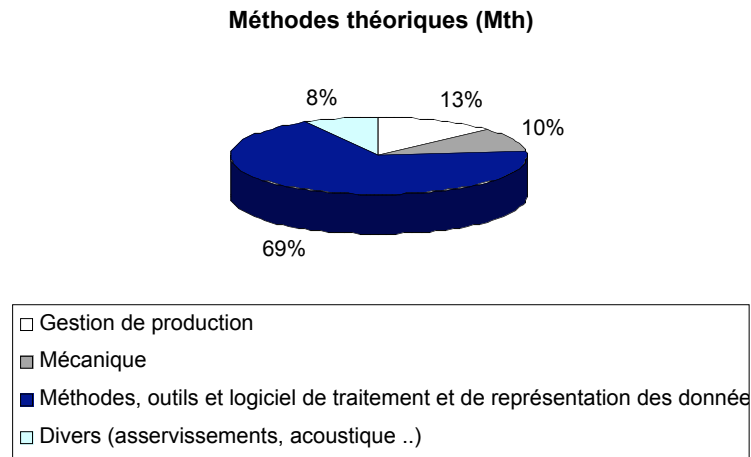


Figure n°32 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie Mth

En effet, les apprentis ont utilisé la sous-catégorie Mth en mobilisant plus l'indicateur « méthodes, outils et logiciel de traitement et de représentation des données » qui correspond à 69% des occurrences des autres indicateurs de cette sous-catégorie. Ils ont mobilisé aussi, presque de la même façon en termes de nombre d'occurrence, les deux indicateurs « gestion de production » et « mécanique » ce qui correspond à la tâche de l'ingénieur en conception et production industrielle.

Nous notons enfin, que la sous-catégorie « Méthodes et théories » est la plus présente dans les activités des apprentis. Elle représente 19% du nombre total¹⁵ des occurrences de toutes les sous-catégories repérés dans les rapports d'alternance des apprentis. Ainsi les savoirs correspondants à cette sous-catégorie (en particulier les méthodes, les outils et les logiciels de traitement et de représentation des données) ont été les plus mobilisés par les apprentis.

1.3.2- La sous-catégorie « concepts intellectuels » (CI)

L'analyse de contenu des rapports d'alternance nous a permis d'identifier trois indicateurs qui renvoient aux « concepts intellectuels » mobilisés par les apprentis :

- les concepts intellectuels qui renvoient aux domaines scientifiques (par exemple : les équations d'état, la matrice de transfert, la modélisation, le contrôle actif des vibrations ...etc.) ;
- les concepts intellectuels qui renvoient aux domaines techniques (par exemple : la qualité, la fiabilité, le profil des engrenages, le niveau sonore d'un moteur, une gamme d'usage, un asservissement de vitesse, la conception intégrée, l'analyse fonctionnelle ...etc.) ;

¹⁵ 1474 occurrences.

- les concepts intellectuels qui renvoient aux domaines industriels (par exemple : la rentabilité au m₂, la micro planification, une stratégie de livraison, des essais de compatibilité, traçabilité, capacité d'une ligne de production, insonorisation des ateliers ...etc.)

La répartition des occurrences de ces trois indicateurs dans la sous-catégorie CI¹⁶ est présentée à titre indicatif par le graphe suivant :

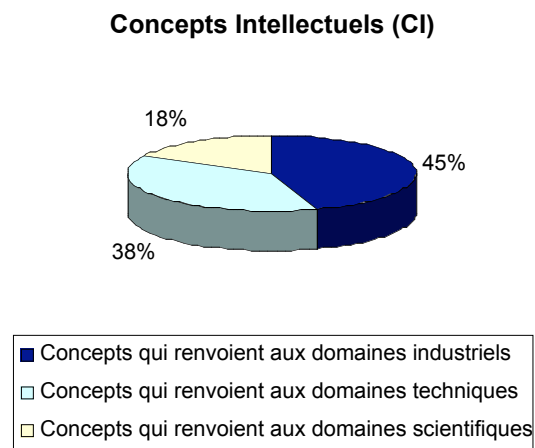


Figure n°33 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CI

Ainsi, cette sous-catégorie a été mobilisée par les apprentis en l'exprimant d'abord par des concepts qui renvoient au domaine industriel (45%), ensuite par des concepts qui renvoient à des domaines techniques (38%) et enfin par des concepts qui renvoient à des domaines scientifiques (18%). Ceci correspond tout à fait à la spécificité de l'activité industrielle qui privilégie la production, donc la recherche rapide de la solution la plus efficace. Cette dernière se trouve d'abord dans le savoir local de l'entreprise et ensuite dans le savoir technique un peu plus général et qui peut orienter la recherche des solutions.

Nous n'avons pas assez d'éléments pour montrer d'une façon précise comment les apprentis ont mobilisé la sous-catégorie CI : est-ce par une mise en œuvre pour exécuter leurs tâches ou simplement pour commenter cette dernière ? En revanche, nous pouvons affirmer que les apprentis ont fortement mobilisé les savoirs correspondant à la sous-catégorie CI. L'importance de cette sous-catégorie, en termes de présence parmi les autres sous-catégories, est renseignée par le fait que son occurrence représente 13% du nombre total des occurrences de toutes les sous-catégories dans l'activité des apprentis.

¹⁶ La sous-catégorie CI apparaît 191 fois sur 1474 occurrences (soit 13%) de toutes les sous-catégories.

1.3.3- La sous-catégorie (CP) « considérations pratiques »

Cette sous-catégorie correspond aux savoirs souvent valables localement à l'entreprise d'accueil. L'analyse des rapports d'alternance des apprentis nous a permis de distinguer ces savoirs en trois indicateurs :

- « démarches ou procédures spécifiques » (ou processus spécifiques à l'entreprise) d'essais, d'usinage, d'assemblage... spécifiques à l'entreprise. Par exemple : identification et classement de paramètres d'essai dans une réunion psycho acoustique, étude de l'impact de la lubrification sur le niveau sonore d'un composant, conditions de bridage des tubes à souder sur un poste de soudage circulaire, difficultés de mise en œuvre d'une démarche qualité selon les lignes de production ... ;
- « spécificités générales de l'entreprise » par exemple sa capacité de production, ses limites, le niveau sonore permis dans l'entreprise... ;
- « spécificités du produit » par exemple le nombre et les types de produits, leurs spécificités : un moules d'hélices pour hélicoptère est produit à la commande... et les exigences des clients par rapport aux produits attendus.

L'expression de la sous-catégorie CP par les apprentis dans leurs activités était dominée par l'indicateur « démarches ou procédures » avec 53% du nombre total d'occurrences des trois indicateurs. Ce qui renforce encore le fait que les apprentis ont mis en avant dans leurs rapports d'alternance l'aspect méthodologique de leurs activités. Ce qui ne veut pas dire qu'ils n'ont pas exprimé la sous-catégorie CP par l'intermédiaire des deux autres indicateurs. Le graphe suivant montre la répartition des trois indicateurs dans la sous-catégorie CP¹⁷ :



Figure n°34 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CP

¹⁷ La sous-catégorie CP apparaît 235 fois sur 1474 occurrences (soit 16%) de toutes les sous catégories.

Quant à l'importance de cette sous-catégorie par rapport aux autres sous-catégorie exprimées dans les rapports, nous pouvons dire qu'elle a été fortement mobilisée par les apprentis puisqu'elle représente en termes d'occurrence 16% du nombre total des occurrences de toutes les sous-catégories, soit la deuxième sous-catégorie la plus exprimée dans les rapports des apprentis après Mth.

1.3.4- La sous-catégorie (PPMS) « procédures plus ou moins structurées »

Cette sous-catégorie correspond aux savoirs de l'apprenti ingénieur en termes de façon de penser, ou de schèmes qui guident son raisonnement en conception : décomposer un artefact en ses composants par exemple. Ces savoirs sont spécifiques à chaque activité rapportée dans les rapports d'alternance des apprentis, d'où la difficulté d'identifier des indicateurs « généraux » pour les repérer. En effet, dans une activité de conception d'une colonne de déminéralisation par exemple, la sous-catégorie PPMS correspond à une procédure pour réaliser la colonne qui s'inspire d'une procédure formalisée mais sans s'y identifier. Nous pourrions dire la même chose dans le cas de la réalisation d'un schéma d'atelier en vue d'étudier l'implantation d'une nouvelle ligne de production.

Ainsi, nous nous limiterons à dire que les savoirs correspondant à cette sous-catégorie ont été moyennement mobilisés par les apprentis selon les descriptions qu'ils ont données de leurs activités industrielles. L'occurrence de cet indicateur est de 5%.

1.3.5- La sous-catégorie (PA) « procédures en acte »

Nous avons considéré que la sous-catégorie « procédures en acte » correspond plus à « un moment » de mise en œuvre d'un savoir plus qu'à un type de savoir bien identifié. Aussi, avons-nous associé à cet indicateur la description par les apprentis de leur mise en œuvre d'outils théoriques ou de démarches pratiques pour exécuter leurs tâches. A titre d'exemples, cet indicateur pourrait correspondre à « effectuer des recherches dans les normes propres à PSA », « rédiger une demande de prototype », « établir un Cdcf, établir un planning d'une tâche », « effectuer un contrôle métrologique d'un composant », « usiner des pistons », « réaliser des prototypes de pièces d'essai », « commander des ébauches de roues dentées », « recenser les facteurs influençant le bruit d'un moteur » etc.

Cette sous-catégorie a été moyennement mobilisée par les apprentis au cours de leurs activités telles qu'elles sont décrites dans leurs rapports. Elle correspond à 6% du nombre d'occurrences de toutes les sous-catégories.

1.3.6- Autres sous-catégories de la catégorie « Objets Simulant »

Nous présentons ici brièvement deux sous-catégories faiblement exprimés dans les rapports d'alternance analysés. Le premier c'est la sous-catégorie « capacités de discernement » et le second est la sous-catégorie « procédures formalisées ».

1.3.6.1- La sous-catégorie « capacités de discernement »

Cette sous-catégorie comporte les savoirs de l'apprenti ingénieur concernant la prise de décision en l'absence de démarche « systématique » ; ce sont des savoirs qui correspondent plus à des intuitions d'un expert. Nous avons fait correspondre à cette sous-catégorie les prises de décisions et les prises des initiatives, en faisant preuve de responsabilité, qui ont conduit à de bons résultats. Ces prises de décision ont été aussi diverses que les activités des apprentis : identifier les différents paramètres qui influencent le bruit engendré par un moteur, rédiger un protocole propre à l'entreprise pour contrôler le soudage de tubes, proposer un procédé d'usinage pour un trou d'évent dans un moule. A titre d'exemple, l'apprenti qui a fait cette dernière proposition a écrit dans son rapport :

« Depuis le début du projet « trous d'évent », mais sans pouvoir l'expliquer, la meilleure solution me paraît être la réintégration de cette activité dans l'usine d'une part et d'autre part, l'utilisation du perçage au foret. L'un des résultats attendu était de faire un bilan des technologies existantes afin de connaître les possibilités du moment. Cela a été fait. Si je n'avais pas mis mon intuition de côté, j'aurais certainement pu démontrer dès le départ sa véracité et ainsi gagner pas mal de temps.

Suivre une intuition peut être dangereux mais c'est un raccourci qui mérite d'être essayé. Dans l'avenir, je commencerais par vérifier mon intuition de façon rationnelle... »

Bien que cette sous-catégorie soit peu présente en termes d'occurrences dans l'activité des apprentis (3%), il n'en reste pas moins une sous-catégorie caractéristique d'une situation industrielle en générale et d'une activité de conception en particulier.

1.3.6.2- La sous-catégorie « procédures formalisées »

Cette sous-catégorie correspond aux savoirs de l'apprenti sur des procédures pratiques formalisées. La démarche de l'analyse fonctionnelle en est un exemple. Elle a été très peu

mobilisé par les apprentis bien que pour chaque tâche, dans chaque entreprise il y a plusieurs procédures pratiques formalisées. La raison en est vraisemblablement le fait que chaque tâche a sa singularité et répond à un besoin spécifique qui transforme les procédures formalisées au même rang que tous les autres savoirs de l'entreprise, bien que locaux, à adapter à la singularité de la tâche. Les rares procédures formalisées que les apprentis ont rapportées correspondent à la démarche d'analyse fonctionnelle, l'AMDEC, et des procédures d'essais ou de conception locales.

1.3.7- Conclusion

La catégorie Objets Simulants (OS) est fortement exprimée dans les rapports des apprentis à travers trois sous-catégories. La première est Méthodes et théories (Mth) qui constitue la sous-catégorie la plus présente en termes d'occurrences (19%). Or cette sous-catégorie correspond plus à l'indicateur « méthodes, outils et logiciels de traitement et de représentation des données ». Aussi, les apprentis ont-ils mobilisé fortement des savoirs sur les méthodes, les outils et les logiciels de traitement et de représentation des données dont nous avons donné des exemple plus haut. Nous notons là aussi que le caractère essentiel de ces savoirs sur ces outils et logiciels, c'est la diversité des tâches de conception confiées aux des apprentis.

La seconde sous-catégorie Concepts Intellectuels (CI) est la troisième sous-catégorie la plus présente en termes d'occurrences dans les activités des apprentis (13%). Elle a été manifestée par les apprentis dans leur activité prioritairement par les concepts qui renvoient à des domaines industriels. Ce qui veut dire que les apprentis, pour exécuter leurs tâches, ont orienté et commenté leur raisonnement en se référant à leur situation industrielle avec tout ce qu'elle leur met à disposition en termes de savoirs.

La troisième sous-catégorie Considérations Pratiques (CP) est la deuxième sous-catégorie la plus présente en terme d'occurrences dans l'activité des apprentis (16%). Elle a été manifestée par les apprentis dans leurs activités essentiellement par l'indicateur « démarche ou procédure » qui comprend des savoirs locaux aux entreprises d'accueil des démarches ou des procédures construites et continuellement enrichies par l'expérience.

Nous touchons là un autre caractère essentiel de l'activité de conception industrielle : le rôle central des démarches et procédures pour exécuter les tâches industrielles sont en constante adaptation et re-création. En effet, il s'agit d'exécuter la tâche en adaptant ou en re-crédant les démarches qui ont été construites par et dans l'expérience. Ce qui rompt profondément avec

ce qui se fait dans les activités de conception académiques : apprendre une démarche, souvent formalisée, en l'appliquant à diverses tâches.

D'autres sous-catégories sont faiblement présentes dans les activités des apprentis mais mettent en évidence des caractères essentiels de l'activité de conception industrielle. En particulier la sous-catégorie Capacité de Discernement (CD) qui correspond aux savoirs « experts » qui permettent à l'apprenti ingénieur de prendre des décisions. Ces savoirs ne sont mobilisables que dans une situation industrielle réelle avec des enjeux réels.

Le tableau ci-dessous donne la répartition au sein de l'activité industrielle de conception des occurrences des différentes sous-catégories de la catégorie Objets Simulant :

| Indicateurs de la catégorie | MTh | CI | CP | PMS | CD | PF | PA | Total |
|---|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|
| Occurrences des indicateurs (en % des occurrences de toutes les sous-catégories) | 19% | 13% | 16% | 5% | 3% | 2% | 6% | 64% |

Tableau n°22 : répartition des sous-catégories dans la catégorie OS

Nous constatons l'importance de cette catégorie de savoirs en séquence industrielle qui en représente 64% en termes d'occurrences, donc en termes de présence¹⁸ dans l'activité des apprentis. Ce qui est en opposition avec une conception commune qui fait de l'activité de formation industrielle une activité à « 100% pratique » et de l'activité académique une activité à « 100% théorie ».

2- CARACTERISATION DES MODALITES DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS UNE ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION

A travers l'analyse des catégories de savoirs que nous avons présentée dans le paragraphe précédent, nous avons mis en évidence la nature des savoirs mis en œuvre par les apprentis ingénieurs dans une activité industrielle de conception. Dans ce paragraphe nous nous attachons à mettre en évidence, les modalités de mobilisation de ces savoirs au sein de l'activité des apprentis. Nous caractérisons les modalités de mobilisation des savoirs en termes de relations que les apprentis établissent entre les différentes catégories de savoirs en fonction des tâches industrielles qui leurs sont confiées. Ainsi, nous commençons par

¹⁸ Selon l'hypothèse que nous avons faite dans le chapitre méthodologie : il y aurait corrélation entre occurrence et mobilisation des catégories de savoirs.

catégoriser les différentes tâches proposées aux apprentis, puis, éventuellement, associer à chaque catégorie de tâches un schéma qui représente comment ces derniers ont organisé les catégories de savoirs dans leurs activités.

2.1- Les tâches confiées aux apprentis

Nous avons eu accès et analysé 17 rapports d'alternance sur les 19¹⁹ apprentis que nous avons observés et filmés pendant les semaines thématiques. Dans ces rapports, les apprentis ont rendu compte de plus de 33 tâches industrielles²⁰. Nous avons distingué ces différentes tâches en quatre catégories en considérant le type d'artefact à concevoir au centre de l'activité des apprentis comme critère de catégorisation :

- la catégorie « méthodes » qui comporte des tâches qui ont visées la conception et/ou la mise en œuvre de plans d'essais ou de plans d'action pour mettre en œuvre des méthodes ou des procédés ;
- la catégorie « systèmes techniques » qui correspond aux tâches de conception qui ont concerné des systèmes techniques (banc d'essai pour des cellules d'air bag, poste de soudage, système de dosage) ;
- la catégorie « programme » qui correspond à une tâche de réalisation d'un programme informatique pour gérer des lignes de production ;
- la catégorie « documents » qui correspond à des tâches qui ont visé la rédaction de divers documents : des fiches techniques de machines, des notices d'utilisation d'un matériel, un schéma d'atelier, des états des lieux concernant divers aspects de production ou une recherche bibliographique sur le contrôle actif.

La répartition des différentes tâches sur les quatre catégories d'artefacts à concevoir est présentée par le graphe suivant :

¹⁹ Nous n'avons pas pu avoir accès à deux rapports pour des raisons de confidentialité.

²⁰ Voir annexe n°5.

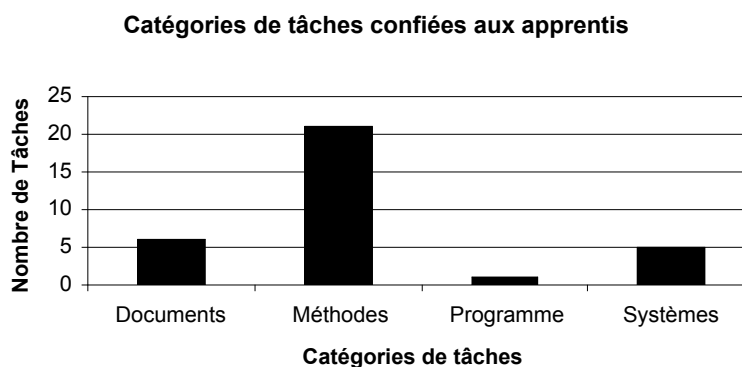


Figure n°35 : catégories des tâches de conception pendant la séquence industrielle

Nous constatons la nette domination de la catégorie « méthodes » avec 21 tâches. C'est ce qui justifie ce que nous avons remarqué avant concernant le fait que les apprentis ont mis en avant plus, dans leurs rapports d'alternance, ce qu'ils ont appelé « l'aspect méthodologique » de leurs activités en insistant plus sur le raisonnement qui a conduit leurs activités. En effet, la majorité des tâches proposées aux apprentis consiste à concevoir ou à mettre en œuvre des méthodes. C'est ce qui explique aussi que la catégorie de savoirs la plus mobilisée par les apprentis soit exprimée à travers les deux sous-catégories Mth et CP qui ont été manifestés majoritairement respectivement par les indicateurs « méthodes, outils et logiciel de traitement et de représentation des données » et « démarches et procédures ». L'analyse²¹ des différents rapports d'alternance des apprentis en termes de nombre d'occurrences des différents indicateurs confirme cette remarque.

2.2- L'organisation des activités des apprentis

Nous analysons ici les différentes catégories de tâches que nous avons distinguées en vue de mettre en évidence comment les apprentis mobilisent les différentes catégories de savoirs.

2.2.1- Les activités de conception ou de mise en œuvre de « méthodes »

Les tâches qui ont visé la conception ou la mise en œuvre de méthodes, de démarches ou de procédures ont constitué la majorité des tâches confiées aux apprentis lors de la séquence industrielle de formation. Nous avons essayé de voir comment les apprentis ont évoqué les différentes catégories de savoirs et comment ils les ont organisées pour exécuter leurs tâches.

²¹ Voir les graphes des dix sept rapports analysés en annexe n°7.

Ainsi, pour exécuter cette première catégorie de tâches, nous avons constaté que les apprentis ont mobilisé les mêmes catégories de savoirs selon deux façons différentes.

La première façon consiste à mettre en relation - par des allers et retours - d'une part, la catégorie de savoirs caractérisant le milieu de l'artefact (MA) et, d'autre part, les deux catégories de savoirs caractérisant les objets simulants (OS) et les ordres de grandeur (OG). L'objectif étant d'**adapter** les savoirs OS et/ou les exigences OG aux spécificités du milieu de l'artefact (MA). L'artefact à concevoir étant une « méthode » résultant de cette adaptation. Les exemples sont nombreux dans les rapports des apprentis, nous en donnons trois :

- mettre en place les outils ESP²² sur le maximum de lignes de production d'une entreprise exige d'étudier les outils ESP (OS), d'analyser le terrain concerné (MA) puis, par des allers retours entre les deux -les outils ESP et le terrain-, faire les corrections nécessaires à l'**adaptation** ;
- mettre en œuvre la démarche de conception intégrée « Graph Bond²³ » pour permettre des simulations numériques, des systèmes subissant différentes sollicitations, avant de passer aux simulations sur des bancs d'essais réels exige de restructurer cette démarche (OS) pour l'**adapter** aux systèmes simulés dans l'entreprise concernée (MA) ;
- proposer une méthode d'analyse de la planification de production dans une entreprise peut consister à **adapter** les principes de base acquis en gestion de production (OS) aux pratiques réelles de production (MA) et d'identifier les écarts de ces derniers par rapports aux premiers.

La seconde façon consiste à mettre en relation d'une part, la catégorie de savoirs caractérisant le milieu de l'artefact (MA) et, d'autre part, les deux catégories de savoirs caractérisant les objets simulants (OS) et les ordres de grandeur (OG). L'objectif cette fois étant de **construire** une « méthode » en se référant d'une part aux savoirs sur le milieu de l'artefact et d'autre part sur les objets simulants et les ordres de grandeur pertinents par rapport à l'artefact à concevoir.

Les exemples suivants illustrent nos propos :

- étudier l'insonorisation d'un atelier pour qu'il soit conforme aux normes de ce domaine exige d'analyser les conditions matérielles et humaines de l'atelier (MA), d'étudier les plans d'actions conseillés par la norme (OG) et de chercher les outils et les données pratiques (OS) pertinents par rapport à la construction de la démarche d'insonorisation ;

²²

²³

- établir un plan d'essai pour vérifier le niveau sonore engendré par des moteurs exige d'étudier les conditions de fonctionnement et la structure des moteurs (MA) et de chercher les outils théoriques et les données pratiques (OS et OG) nécessaires à la construction du plan d'essai ;
- proposer un plan d'essai pour valider une commande d'embrayage exige d'analyser les défaillances de la commande (MA), d'identifier les paramètres à contrôler (OS et OG) et de construire un plan d'essais pour valider les hypothèses²⁴ formulées.

Nous pouvons conclure sur cette première catégorie d'activités en disant que les apprentis ont conçu ou mis en œuvre une « méthode » par construction ou par adaptation, selon le schéma suivant :

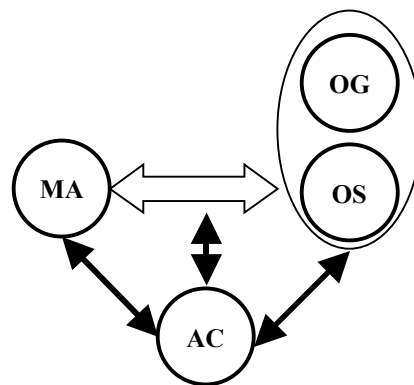


Figure n°36 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception d'une « méthode »

Les différentes flèches représentent le « raisonnement » des apprentis lors des activités de conception données en exemple ci-dessus. Ces « raisonnements » peuvent correspondre, selon les données de départ et celles recherchées, à des activités de conception possibles que nous avons indiquées dans le tableau n°17²⁵. Nous avons mis les catégories OG et OS dans la même ellipse parce qu'elles sont, en général, invoquées par les apprentis « en même temps ».

2.2.2- Les activités de conception de « systèmes techniques »

Nous avons identifié cinq activités de conception de « systèmes techniques » parmi les activités rapportées dans les rapports d'alternance des apprentis. Les artefacts à concevoir au centre des activités des apprentis ont été des systèmes techniques.

²⁴ Concernant l'influence des paramètres identifiés sur les défaillances de la commande.

²⁵ Page 156.

En effet, deux activités ont visé la conception de systèmes techniques en partant des besoins des clients :

- la conception d'un banc d'essai pour des cellules d'air bag ;
- la conception d'un système de dosage (ou d'additivation)²⁶.

Dans les deux cas, les apprentis ont adaptés les outils de l'analyse fonctionnelle pour structurer leurs raisonnements : analyse fonctionnelle du besoin, analyse des solutions existantes, proposition de nouvelles solutions et évaluation par calculs et simulation numérique.

Quant aux trois autres activités, elles ont concerné la re-conception de systèmes techniques existants :

- la re-conception d'une machine de soudage circulaire ;
- la re-conception des deux parties d'un système de dosage (partie automatique et partie mécanique).

Dans les trois cas, les apprentis ont procédé par une analyse fonctionnelle technique pour mettre en évidence les défaillances de ces systèmes pour en améliorer la conception.

Que ce soit pour les activités de conception ou celles de re-conception, les apprentis ont analysé le fonctionnement et la structure des systèmes techniques concernés ou le besoin correspondant (AC) par rapport aux exigences ou aux contraintes du milieu de l'artefact (MA) en cherchant continuellement les outils théoriques et les données pratiques (OS et OG) pour structurer leurs analyses. C'est ce que nous représentons par le schéma suivant :

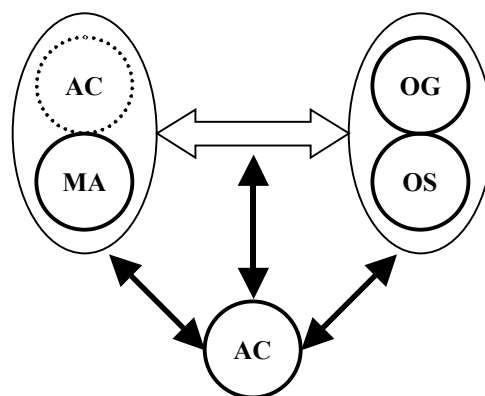


Figure n°37 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception

En effet, ce schéma représente l'organisation des différentes catégories de savoirs dans les activités des apprentis de conception ou de re-conception par des « allers et retours »

²⁶ Voir annexes n° 5 : les rapports d'alternances.

(représentés par les flèches) entre, d'une part, les catégories de savoirs de l'artefact à concevoir ou le besoin (AC) et du milieu de l'artefact (MA) et, d'autre part, les catégories de savoirs des objets simulants (OS) et les données, descriptives ou prescriptives, de la pratique (OG). L'objectif est d'aboutir à l'artefact à concevoir. Les différentes flèches correspondent, selon les données du problème, à des activités de conception possibles indiquées dans le tableau n°17.

2.2.3- Les activités de conception de « documents »

Parmi les 33 activités rapportées par les apprentis dans leurs rapports d'alternance, nous en avons identifié six qui ont visé la construction d'une documentation technique :

- des fiches techniques de machines pour donner aux différents services de l'entreprise un outil de communication et de gestion de production ;
- une notice d'utilisation d'un outillage (un moule de pales d'hélices pour hélicoptère) pour donner aux clients et aux utilisateurs un outil complet de description de la conception jusqu'à l'usage ;
- un schéma d'atelier spécifiant les conditions matérielles de l'atelier pour aider les décideurs à étudier les possibilités de nouveaux investissements en termes d'outillages, de machines, ou de lignes de production ;
- des enquêtes sur l'engagement des machines dans la production ou sur la capacité de l'entreprise ;
- une recherche bibliographique sur le contrôle actif des vibrations pour préparer l'étude de développement d'une nouvelle génération de missiles.

Dans toutes ces activités de conceptions de « documents », les apprentis ont procédé en recherchant les informations nécessaires au sein de l'organisation de l'entreprise (MA) d'une part et, d'autre part en recherchant et en mettant en œuvre des outils théoriques et des données pratiques (OS, OG) pour analyser, structurer et présenter les données recueillies sous forme de documents (AC). Nous retrouvons alors des activités dans lesquelles les différentes catégories de savoirs sont organisées de la même façon présentée par le schéma de la figure n°38 sauf que l'artefact à concevoir au centre de l'activité est un document.

2.2.4- L'activité de conception d'un « programme » informatique

Une seule tâche a visé la programmation d'une ligne de production automatique. Il s'agissait d'analyser le fonctionnement de la ligne de production dans son environnement réel, de

maîtriser le logiciel de programmation²⁷ et de représenter tous les composants et tous les mouvements de la ligne à l'aide du logiciel. L'organisation de cette activité, en termes de catégories de savoirs mobilisées, est similaire à celle de la conception de « méthodes ». Nous l'avons considéré seule d'une part pour souligner la diversité des activités industrielles des apprentis et, d'autre part, parce que c'est une activité « intermédiaire » entre la conception d'une méthode et la conception d'une documentation.

2.3- Conclusion

L'analyse ci-dessus nous a permis de mettre en évidence la grande diversité des objets issus des activités de conception qui ont été effectuées par les apprentis au cours de la séquence industrielle de la formation. En effet, l'artefact à concevoir au centre de l'activité conception peut être un système technique comme il peut être une méthode, un document ou un programme informatique. Nous avons montré que la conception d'une méthode consiste à une adaptation, ou une construction à partir, des outils théoriques et des données pratiques aux spécificités du milieu de « fonctionnement » de la méthode ou par construction.

Concevoir un système technique ou le re-concevoir consiste à adapter des méthodes et outils théoriques, par exemple les outils de l'analyse fonctionnelle, aux spécificités de l'artefact à concevoir ou du besoin et à celles de son milieu.

Quant à la conception des documents ou d'un programme, elle consiste à la construction couplée d'un « contenu », qui en constitue la substance, et d'une structure qui « encapsule » une « méthode ».

Enfin, nous considérons que notre choix d'analyser les activités des apprentis en termes de catégories de savoirs mobilisés et en termes d'organisation de ces catégories c'est avéré pertinent. En effet, il nous a permis d'examiner les différentes activités et en représenter l'organisation, en termes de savoirs mobilisés, sans « tomber » prisonnier des détails de chacune d'elle.

²⁷ Control Builder qui permet la programmation d'une ligne de production robotisée.

3- POINT DE VUE DES APPRENTIS SUR L'ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION

Les formateurs ont demandé aux apprentis de prévoir au terme de leur rapport, une page où ils explicitent, en particulier, les « savoirs académiques » qu'ils ont mis en œuvre et les « savoirs industriels » qu'ils ont acquis en entreprise ainsi que leurs difficultés. Nous avons analysé ces « réflexions personnelles » des apprentis sur leurs activités industrielles et nous en présentons les principaux enseignements. Ainsi, nous présentons les savoirs que les apprentis ont acquis pendant les séquences académiques et qu'ils ont « appliqués » dans les activités industrielles, les savoirs « industriels » qu'ils ont acquis en entreprise et les difficultés qu'ils ont rencontrées en entreprise.

3.1- Les savoirs « académiques » mis en oeuvre pendant la séquence industrielle

Les apprentis n'ont considéré comme « utiles », parmi les savoirs qu'ils ont acquis en formation académique, que ceux qui étaient en rapport avec leurs activités industrielles. Il est alors compréhensible, vu les tâches que nous avons présentées plus haut, de trouver que les savoirs les plus cités sont respectivement : la mécanique, la gestion de production, la communication et ses techniques, la construction mécanique, l'acoustique, l'anglais, les automatismes, les statistiques et la thermique. Le tableau suivant donne à titre indicatif le nombre de fois où les apprentis ont fait référence aux différentes disciplines académiques dans leurs « réflexions » :

| Mécanique | Gestion de production | Communication | Construction mécanique | Acoustique | Anglais | Automatismes | Statistiques | Thermique |
|-----------|-----------------------|---------------|------------------------|------------|---------|--------------|--------------|-----------|
| 6 | 6 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |

Tableau n° 23 : disciplines auxquelles les apprentis font référence dans leurs rapports

Il est aisé de noter ici que la diversité des savoirs cités par les apprentis a été favorisée par la diversité des tâches confiées aux apprentis²⁸. Il est à noter aussi que les apprentis sont imprégnés par les étiquettes que la formation académique donne à ses différents

²⁸ Ce qui nous conduit à penser que pour réussir les « semaines thématiques » conçues par les formateurs comme un sas de passage des savoirs « décontextualisés » aux savoirs « utiles » dans une situation donnée, il est indispensable de diversifier les tâches et favoriser la confrontation des réalisations des apprentis.

enseignements. Ainsi, ils décodent les acquis de la séquence industrielle en reprenant les mêmes étiquettes : mécanique des solides, thermique, automatique, etc.

3.2- Les acquis pendant la séquence industrielle

Les apprentis ont considéré avoir acquis un ensemble de savoirs que nous résumons dans ce qui suit :

- les logiciels relevant de différents domaines pour modéliser, calculer et présenter des données (automatisme, acoustique, robotique, conception intégrée, GPAO et DAO) ;
- la mise en œuvres de plusieurs savoirs techniques en construction mécanique, technologies, procédé d'obtention, fabrication, techniques d'essai et de validation et gestion de production. Ces savoirs se référant dans la plupart des cas aux savoirs locaux de l'entreprise ;
- les attitudes personnelles, en particulier la responsabilité, l'autonomie, la prise de décision, le sens de réalisme et d'intuition et l'anticipation ;
- l'organisation qui, pour les apprentis, correspond essentiellement au travail en équipe ;
- la conduite de projet, la conduite de plusieurs projets simultanément et l'évaluation des projets ;
- la communication et la recherche d'informations.

Le tableau suivant donne, les nombres d'occurrences des différents savoirs considérés acquis pendant la séquence industrielle de la formation :

| Les acquis en SI | Attitudes personnelles | Communication, information | Conduite de projet | Logiciels | Organisation | Savoirs techniques |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|-----------|--------------|--------------------|
| Le nombre d'occurrences | 14 | 14 | 9 | 5 | 13 | 17 |

Tableau n°24 : occurrences des différents savoirs acquis pendant la séquence industrielle

En reprenant les catégories de savoirs de notre grille d'analyse, et en mettant les savoirs techniques, les logiciels et la conduite de projets dans la catégorie objets simulant (OS) et les attitudes personnelles, la communication et l'organisation dans la catégorie milieu de l'artefact (MA), le tableau précédent fait apparaître un léger avantage, en termes

d'occurrences, pour (MA) (41²⁹) par rapport à OS (33). En revanche, la domination des savoirs des conditions organisationnelles et humaines sur la catégorie (MA) et celle des savoirs locaux sur la catégorie (OS) sont confirmées.

3.3- Les difficultés des apprentis

Nous avons distingué dans les « réflexions » des apprentis quatre grandes catégories de difficultés que nous rapportons comme suit :

- les difficultés de conduite de projets qui concernent :
 - la définition du projet (manque de clarté au niveau de la définition des objectifs et de la délimitation des responsabilités ; incertitudes liées à l'évolution du projet) ;
 - la méthode de travail (construction d'un dossier d'étude, choix de la démarche à suivre) ;
 - la gestion des délais ;
 - la gestion des retards de réception du matériel ;
 - la charge de travail ;
- les lacunes techniques qui concernent :
 - l'utilisation de certains logiciels professionnels ;
 - la connaissance des méthodes et des moyens de mesure ;
- les difficultés de communication et de recherche d'informations :
 - la communication avec les autres salariés ;
 - la barrière « langagière » pour les apprentis qui ont travaillé à l'étranger ;
 - la recherche d'information sur le projet ;
 - la recherche d'information sur des sites distants ;
- les difficultés d'intégration dans le groupe et dans l'organisation :
 - la coopération des salariés ;
 - la résistance des salariés au changement ;
 - leur refus d'échanger des savoir-faire ;
 - le statut de stagiaire ;
 - le changement d'un service ou sa délocalisation ;
 - la restructuration de l'entreprise ;
 - la complexité de la structure de l'entreprise.

²⁹ Nombre d'occurrences de cette catégorie dans les « réflexions » des apprentis.

Nous résumons ces différentes difficultés dans le tableau suivant :

| Catégories de difficultés | Conduite de projet | Intégration dans le groupe/entreprise | Communications Informations | Savoirs techniques | Total |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------|
| Nombre d'occurrence des difficultés | 14 | 11 | 4 | 10 | 39 |
| | 36% | 28% | 10% | 26% | 100% |

Tableau n°25 : difficultés des apprentis pendant la séquence industrielle

Nous ne pouvons pas affirmer la prépondérance d'un type de difficulté sur les autres vu les occurrences rapprochées entre les différentes difficultés, bien qu'il y ait un léger « avantage » pour les difficultés de conduite de projets.

Nous constatons que les « réflexions personnelles » des apprentis sur leurs activités industrielles de conception confirment les caractéristiques de ces dernières que nous avons mises en évidence dans les paragraphes précédents.

4- CONCLUSION : CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE DE CONCEPTION

Nous soulignons deux caractères de l'activité industrielle de conception que nous avons retenus de l'analyse des rapports d'alternance des apprentis.

Le premier caractère est la diversité des activités de conception que les apprentis ont effectuées en entreprise. En effet, ces activités ont été diversifiées aussi bien par la nature des artefacts à concevoir que par les processus de conception qu'ils induisent.

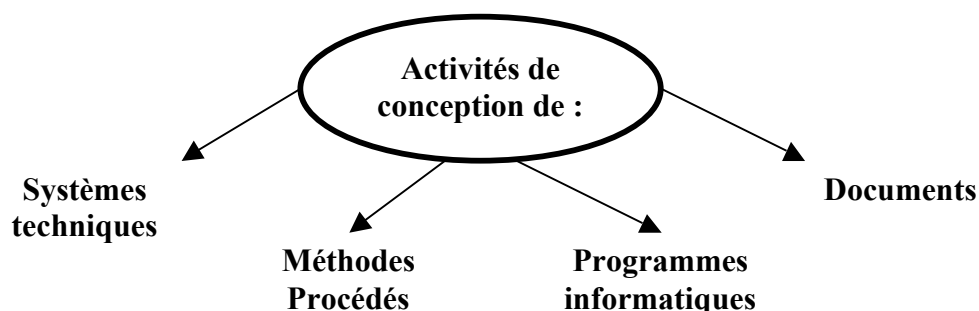


Figure n°38 : catégories d'activités de conception pendant la séquence industrielle

Ces différents artefacts à concevoir et les processus de conception qu'ils induisent ont conduit les apprentis à mobiliser des savoirs dont la nature et les modalités de mobilisation sont spécifiques à la situation industrielle.

Ainsi, la catégorie de savoirs « Milieu de l'Artefact » correspond essentiellement à des savoirs « s'organiser » et des savoirs « mettre en œuvre » les composants, les outils et les ressources que l'organisation de l'entreprise met à la disposition de l'apprenti ingénieur. La catégorie « Artefact à Concevoir » correspond à des modes opératoires ou des structures moins de systèmes techniques que de démarches et des procédures à concevoir. Quant à la catégorie « Objets Simulant », elle recouvre aussi bien les méthodes, les outils et les logiciel de traitement et de représentation des données que les démarches et procédures relevant des savoirs locaux à l'entreprise.

Selon les catégories des tâches de conception que nous avons distinguées (conception de systèmes techniques, de méthodes, de programmes informatiques ou de documents), nous avons proposé des schéma représentant les modalités de mobilisation des catégories de savoirs en termes de raisonnements qui ont structuré les processus de conception. Nous proposons de les résumer par le schéma suivant :

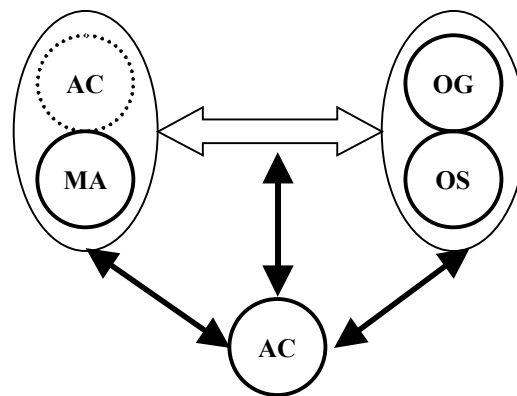


Figure n°39 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception

Ainsi la conception de l'artefact, ou sa re-conception, correspond à des mises en relation dynamiques (représentées par les quatre flèches) des quatre catégories de savoirs (MA, AC³⁰, OS et OG) en vue de les adapter (les unes aux autres) ou d'en construire de nouvelles dans le cas où la situation est inédite. Les interactions dynamiques entre les quatre catégories sont dominées par celles représentées par la double flèche en blanc. Les différentes flèches correspondent, selon les données du problème, à des activités de conception possibles indiquées dans le tableau n°17.

³⁰ Dans le cas d'une activité de conception, la catégorie AC (en trait fort sur le schéma) se construit au cours du processus de conception, par anticipation à ce que doit être l'artefact à concevoir. Dans le cas d'une activité de re-conception, la catégorie AC porte sur l'artefact existant et s'enrichi au cours du processus de re-conception (en trait mixte sur le schéma).

Le deuxième caractère de l'activité industrielle de conception est qu'elle est centrée aussi bien sur la conception de « méthodes ou procédures » que sur des « systèmes techniques » avec un avantage pour la conception de « méthodes ou procédures ». C'est ce qui affirme ce que nous avons mis en évidence dans l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs : les tâches proposées aux apprentis les mettent dans des activités de conception centrées sur la gestion de projets, où les savoirs mobilisés sont d'abord des savoirs relationnels et méthodologiques et ensuite des savoirs scientifiques et techniques mis en situation.

**PARTIE QUATRIEME : CARACTERISATION DE
L'ACTIVITE ACADEMIQUE DE CONCEPTION**

CHAPITRE 1 : DESCRIPTION ET METHODE D'ANALYSE DE L'ACTIVITE ACADEMIQUE¹ DE CONCEPTION

Nous nous intéressons ici à une solution, mise en place par les formateurs au centre de formation par apprentissage, pour articuler les activités de formation dans les séquences académiques et industrielles. En effet, au cours de la dernière année de formation des apprentis ingénieurs au CFAI 2000, les formateurs programment des « semaines thématiques » pour une mise en œuvre de synthèse des savoirs acquis pendant la séquence académique de la formation en alternance. Durant les deux premières années de la formation académique, les apprentis ingénieurs ont reçu un enseignement scientifique et technologique en rapport avec la finalité de la formation définie par le référentiel métier. Au terme des deux premières années, les apprentis sont ainsi considérés comme ayant acquis les « savoirs » requis pour faire le métier d'ingénieur. Les semaines thématiques sont alors programmées pour mettre en œuvre ces savoirs à l'occasion de la conduite d'un projet « construit » à cette fin.

A travers l'analyse de l'activité académique de conception des apprentis durant ces semaines thématiques, nous voulons répondre à une série de questions que nous rappelons ici : les semaines thématiques, telles qu'elles ont été construites par les formateurs, permettent-elles d'articuler les activités académiques et les activités industrielles de formation ? En quoi consiste cette articulation ? Comment se déroulent effectivement les activités des apprentis pendant les semaines thématiques ? Permettent-elles aux apprentis de donner du sens² aux enseignements qu'ils ont reçus pendant les deux années de formation académique ? Leur permettent-elles, en définitive, la mise en œuvre de leurs acquis académiques en situation industrielle ?

Nous présentons dans ce chapitre d'abord la description de la tâche de conception que les apprentis ingénieurs avaient à effectuer pendant les trois semaines thématiques. Nous

¹ Une activité de conception d'un composant de moteur de voiture pendant la séquence académique d'une formation d'ingénieurs en alternance.

² Nous rappelons que Charlot (1995) le définit comme suit : « ...dire qu'un objet ou une activité, un lien, une situation etc. lié au savoir a du sens, ce n'est pas simplement de la « signifiante » (qu'il peut inscrire dans un ensemble de relations), c'est aussi dire qu'il peut provoquer un désir, mobiliser, mettre en mouvement un sujet qui lui trouve de la valeur. »

expliquons ensuite comment nous avons procédé pour analyser les transcriptions des enregistrements vidéo des activités des apprentis que nous avons observés.

1- LA DESCRIPTION DE LA TACHE³

Nous avons assisté à l'activité des apprentis ingénieurs (filiales CNAM et UMLV) en troisième année de formation. La spécialité étant la Conception et la Production Industrielles. Nous avons suivi et filmé, en particulier, un groupe de six apprentis de la filière UMLV au cours de deux phases : « conception et calcul » et « préconception ».

L'objectif de ces trois semaines de formation est de permettre aux apprentis de mobiliser tous les outils et les techniques de la méthode de conception, ou de re-conception, d'un produit industriel vus pendant les deux années précédentes. La tâche de conception proposée aux apprentis comporte trois étapes : la préconception, la conception du produit et la conception et calcul. Chacune des étapes dure une semaine où les apprentis travaillent en groupe⁴.

Comme cela a été présenté par les formateurs lors de la première journée de la première semaine thématique, il s'agit d'étudier la conception/re-conception d'un composant d'un des trois systèmes faisant partie d'un moteur automobile⁵ :

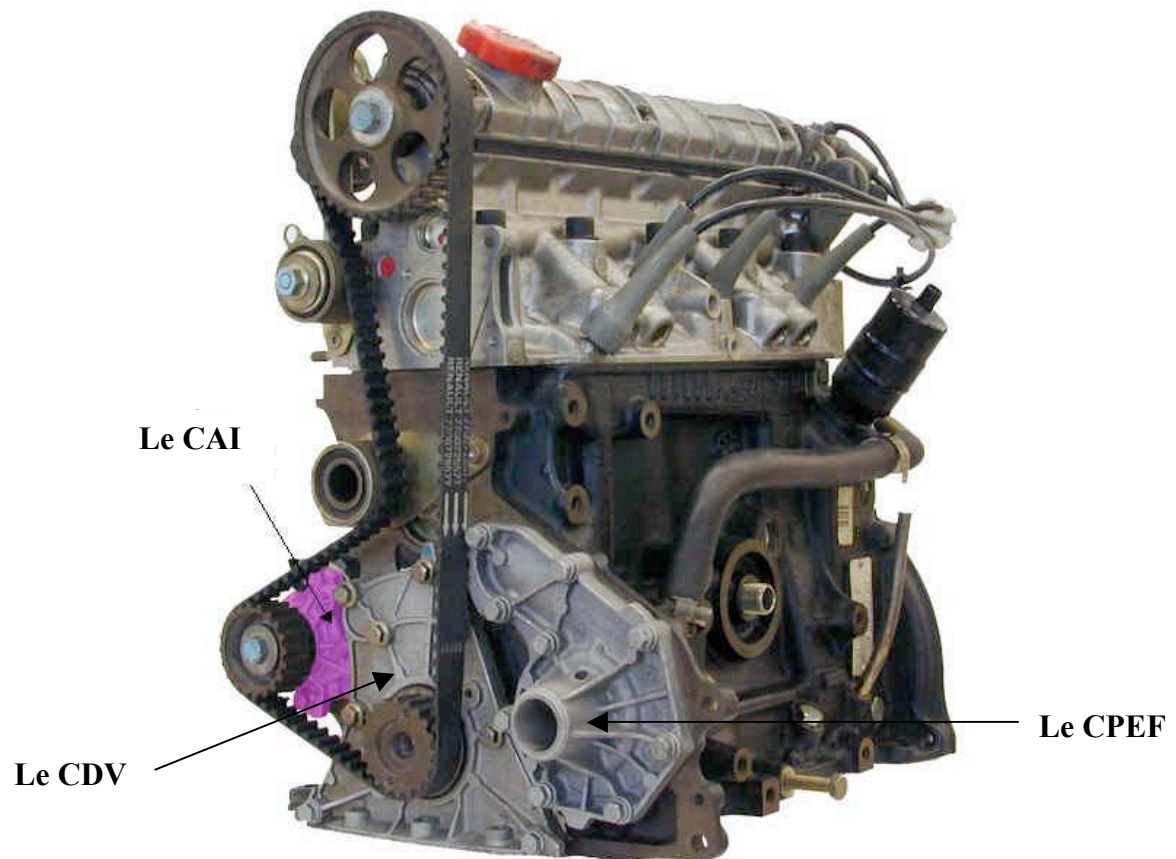
- 1^{er} composant : corps de pompe à eau du moteur (CPEF) ;
- 2^{ème} composant : couvercle de vilebrequin (CDV) ;
- 3^{ème} composant : couvercle d'arbre intermédiaire (CAI).

La vue d'ensemble du moteur avec le CAI monté et les différents composants du système étudié sont présentés par les figures ci-après :

³ voir l'énoncé de la tâche de conception en annexe n° 9.

⁴ Trois groupes de sept apprentis.

⁵ Renault 11.



Le CAI et les pièces constituant son environnement sont représentés par les deux figures suivantes :

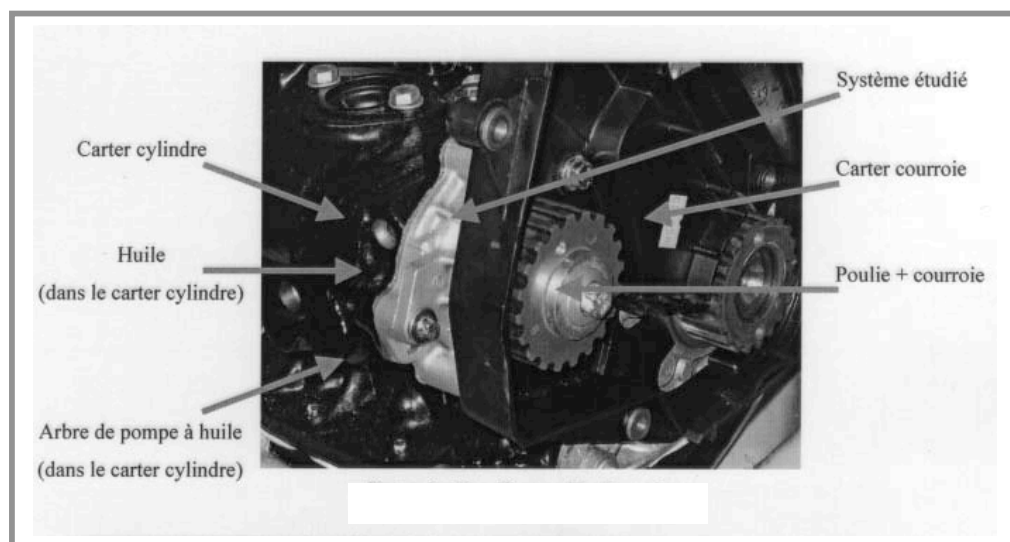


Figure n°40 : CAI monté sur le moteur



Figure n°41 : Les différents composants du système étudié

1.1- La préconception

Cette étape comporte les phases suivantes :

- définition du besoin ;
- analyse fonctionnelle du besoin ;
- rédaction du cahier des charges ;
- modélisation du produit ;
- définition du produit.

Cette étape s'est déroulée à l'atelier du CFA Ingénieurs 2000 à l'université de Marne La Vallée.

1.2- La conception du produit

Cette étape comporte les phases suivantes :

- détermination du couple produit procédé ;
- définition des règles de tracé ;
- définition du modèle industrialisé ;
- prototypage du composant.

Une partie de cette étape s'est déroulée à l'atelier du CFA ingénieurs 2000, le prototypage s'est déroulé au Lycée DIDEROT à Paris. Les maquettes des composants sont réalisées par frittage laser de poudre polyamide sur machine DTM. Nous n'avons pas pu observer cette étape.

1.3- La conception et calcul

Cette étape comporte les phases suivantes :

- expérimentation ;
- quantification et modélisation des actions de coupe ;
- simulation numérique ;
- simulation numérique de l'opération d'usinage.

Cette étape s'est déroulée à l'atelier du CFA Ingénieurs 2000 à l'université de Marne La Vallée.

C'est donc une tâche qui demande à l'apprenti de se mettre dans une double posture : une posture de conception d'un composant d'un système et une posture de re-conception du même composant considéré existant cette fois. L'objectif dans ce dernier cas c'est de retracer le raisonnement qui a conduit à la solution existante en utilisant les outils de l'analyse fonctionnelle. Cette double posture a créé beaucoup de difficultés aux apprentis comme nous le verrons dans le chapitre « résultats » de l'analyse de l'activité de formation académique des apprentis.

Les phases que nous avons observées, et que nous analysons dans la suite, concernent le composant CAI :

- la préconception : analyse du besoin, caractérisation des fonctions de service, analyse fonctionnelle « FAST », analyse fonctionnelle « TAF » et cotation fonctionnelle ;

- la conception calcul : calcul et simulation de l'action de coupe et expérimentation su banc d'essai d'extensométrie.

1.4- Les objectifs visés par les « semaines thématiques »

Les formateurs annoncent plusieurs objectifs pour cette activité académique en conception et production industrielle :

- mettre en œuvre une méthode d'analyse fonctionnelle du besoin pour analyser un produit industriel existant ;
- mettre en œuvre une méthode d'analyse fonctionnelle technique concernant un produit existant ;
- exprimer les exigences fonctionnelles liées à son fonctionnement ;
- traduire ces exigences fonctionnelles en exigences géométriques ;
- exécuter un modèle surfacique des surfaces fonctionnelles d'un composant ;
- définir les spécifications géométriques ;
- comparer les résultats issus d'un essai de comportement d'une pièce réelle et des résultats issus d'une simulation sur une pièce virtuelle en vue de valider son modèle numérique ;
- modéliser les conditions de liaisons et les sollicitations appliquées sur la pièce lors de l'opération d'usinage la plus critique ;
- analyser les résultats issus d'un calcul par éléments finis et conclure quant à la validité des spécifications géométriques préconisées.

1.5- Les moyens mis à la disposition des apprentis

Pour exécuter la tâche de conception, les apprentis disposent des moyens suivants :

- le moteur R11 ;
- une boîte à outils pour chaque groupe ;
- des ordinateurs équipés du logiciel CATIA ;
- des ressources documentaires ;
- des moyens de projection audio-visuel ;
- des tableaux blancs.

1.6- L'organisation de la tâche

En ce qui concerne l'organisation temporelle, l'activité des apprentis s'est déroulée du 30/04/03 au 02/05/03. Chaque journée compte sept heures de travail. En moyenne, les formateurs interviennent dans la journée deux fois par groupe. Les apprentis sont appelés à rédiger au fur et à mesure le compte-rendu de leur travail en prenant des notes chacun sur ses documents personnels qui seront également contrôlés à la fin de l'activité.

Quant à la répartition des rôles à l'intérieur de chaque groupe d'apprentis, elle a été proposée par les formateurs⁶ en fonction des étapes de chaque étape de la démarche de conception.

Ainsi, pour l'étape de préconception, il y a un responsable « rapport » ; un responsable « planning » ; un responsable « caractérisation des fonctions de service » etc.

1.7- La disposition des apprentis

Selon la phase de l'activité des apprentis, ils ont travaillé ensemble au tour d'une table (figure n° 42), par binôme sur un ordinateur ou sur le banc d'essai d'extensométrie (figure n° 43) :



Figure n°42 : salle de travail



Figure n°43 : banc d'extensométrie

Nous avons utilisé trois caméras pour filmer l'activité d'un sous groupe de sept apprentis. Vu les déplacements multiples des apprentis et les interventions des formateurs en des endroits différents de l'atelier, et tout en essayant de suivre un seul sous groupe nous avons tenté aussi de suivre les différentes phases de la tâche proposée. Ce qui nous a permis de sélectionner plus de seize heures « exploitables⁷ » sur environ quarante heures enregistrées.

⁶ Voir l'énoncé de la tâche de conception en annexe n° 9.

⁷ Parfois l'image est claire mais les discussions sont inaudibles, parfois les apprentis se déplacent à côté de la caméra pour discuter ou exécuter des actions ... nous avons considéré ces vidéos non exploitables.

Nous avons utilisé deux caméras pour suivre un seul sous groupe de sept apprentis dans l'activité de préconception. Les enregistrements ont été transcrits comme nous le présentons dans le paragraphe qui suit.

2- L'ANALYSE DES TRANSCRIPTIONS DES ENREGISTREMENTS VIDEO

Nous présentons dans les paragraphes suivants la préanalyse des données qui consiste à présenter les transcriptions des enregistrements vidéos des activités d'un groupe d'apprentis sous forme d'un tableau décrivant leurs opérations en repérant la durée et en donnant les commentaires et les dialogues qui les ont accompagnés. Nous explicitons ensuite l'exploitation des données qui consiste à repérer dans l'unité d'analyse que nous avons considérée (opération ou série d'opérations) les catégories de savoirs mobilisés en mettant en œuvre la grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur en conception que nous avons construite dans la deuxième partie⁸ de ce travail. Ainsi, en accord avec nos choix théoriques, nous saisissons les savoirs mobilisés dans l'activité de conception, dans l'action.

2.1- La préanalyse

Après la sélection des enregistrements exploitables, nous avons transcrit ces derniers selon le tableau suivant :

| K7 N° 2 | Activités | |
|----------|---|--|
| | Actions | Dialogues et commentaires |
| 00:00:00 | Ba et Gu découvrent les différentes fonctionnalités de CATIA (par tâtonnement). Ils travaillent chacun sur leur postes en essayant d'avancer en même temps. | |
| 00:02:41 | Discutent de la nature de la sollicitation à appliquer à la pièce sur CATIA. | Gu: ..mais nous on fait en fait des actions juste comme ça (verticales) et non par traction ou compression. <Ba:il faut voir avec Ph> |
| 00:02:52 | Gu appelle Ph | <Gu: il n'est pas là, Ph, Ph, tu peux venir ?> |
| 00:03:04 | Arrivée de Ph...<Gu: "tiré" veut dire par là une action horizontale> | <Gu: l'effort qu'on a à mettre sur ..., combien d'effort sur la pièce ? Est ce que c'est appliqué sur un endroit? Est ce que c'est tiré ?> |
| | | <Ph: non, tu vois, les deux endroits c'est là et là (montre avec son doigt sur l'écran)> |
| | | <Gu: pour l'instant mon effort est comme ça ...> |

⁸ Cadre théorique.

| | | |
|----------|---|---|
| | | <Ph: l'action sera sur un seul endroit (qu'il montre sur le dessin)> |
| | | <Ba: ici ou ici> |
| 00:04:15 | Ba imprime le dessin de la pièce pour raisonner "dessus". | <Ph: la pièce est en porte à faux là et là> |
| 00:04:26 | | <Gu: la force est appliquée sur toute la surface (la surface usinée)> |

Tableau n°26 : exemple de transcription

Chaque tableau est repéré par un symbole qui renvoie au sous groupe filmé et à l'activité en cours (K7N°2 par exemple). Chaque opération, ou série d'opérations, est repérée temporellement comme le montre la première colonne du tableau. Les opérations sont décrites dans la deuxième colonne et, dans la dernière, sont rapportées les communications que les apprentis ont échangées pour guider ou commenter leurs opérations. La standardisation des transcriptions ainsi faite nous permet, d'une part, de faciliter la manipulation des données recueillies⁹ ; d'autre part, elle nous permet de traduire notre choix théorique de considérer le savoir comme action. Nous saisissons ainsi la nature des savoirs mobilisés par l'apprenti ingénieur dans une activité de conception en considérant comme unité d'analyse la partie manifeste d'une opération, ou série d'opérations, en tant que « mode d'exécution d'une action » (Leontiev, 1976). C'est ce que nous explicitons ci-après.

2.2- L'exploitation des données

2.2.1- La grille d'analyse des savoirs

Comme nous l'avons expliqué avant, en accord avec notre cadre théorique, nous visons à analyser les savoirs mobilisés ainsi qu'à caractériser leur modalité de mobilisation. Les savoirs et la mobilisation des savoirs sont analysés au sein de l'activité des apprentis.

Pour repérer les catégories de savoirs mobilisés par ces derniers, nous avons mené une étude bibliographique (voir cadre théorie dans la deuxième partie) qui nous a permis de proposer une grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur. Chaque catégorie est repérée par un ensemble de sous-catégories comme l'indique le tableau suivant :

⁹ Les transcriptions des enregistrements vidéos sont données en annexe n°8.

| Les savoirs mobilisés par un ingénieur concepteur | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------|--------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Milieu de l'artefact (MA) | | | | | Artefact à Concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | |
| COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PPMS | CD | PF | PA | OGD | OGP |
| Conditions Organisationnelles et Humaines | Conditions Matérielles | Fonction d'Usage | Performances | Modes de Défaillance | Principe Opérateur | Configuration de l'Artefact | Méthodes et Théories | Concepts Intellectuels | Considérations Pratiques | Procédure Plus ou Moins Structurées | Capacités de Discernement | Procédure Formalisée | Procédure en Acte | Ordre de Grandeur Descriptif | Ordre de Grandeur Prescriptif |

Tableau n°27 : grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur

Nous avons procédé par une analyse qualitative des communications et des opérations des apprentis en prenant en compte :

- l'objet (sur quoi portent les communications et les opérations, l'environnement, l'opérateur, l'équipement, les procédures) ;
- le mode (interrogatif, affirmatif, impératif ou, de façon plus concrète, la demande ou l'apport de l'information ou de directives) ;
- la nature des moyens mis en jeu (indices volontaires ou signaux proprement dits) ;
- les média utilisés et les rôles des communications dans l'activité (préparation, exécution, contrôle) (Desnoyers, 1991).

Au sein de chaque unité d'analyse qui est l'opération, pour repérer les sous-catégories de savoirs (COH, CM, FU ...etc.), nous avons identifié des indicateurs que nous avons mis en évidence suite à l'analyse de contenu des transcriptions des enregistrements vidéo (analyse des communications et des opérations des apprentis). Ainsi, les indicateurs renvoient aux sous-catégories. En ce sens les indicateurs comme les sous-catégories correspondent à des savoirs. Par exemple « demander une information au professeur » correspond à l'indicateur « savoir s'informer » dans les Conditions Organisationnelles et Humaines (COH) dans lesquelles se trouve l'apprenti ingénieur. Cet indicateur renvoie à la sous-catégorie COH qui renvoie, elle, à la catégorie « Milieu de l'Artefact » (MA).

2.2.2- Découpage en unités d'analyse

Nous avons choisi comme unité d'analyse élémentaire l'opération, ou série d'opérations, effectuées par les apprentis ingénieurs. Ainsi, comme l'indique le tableau, l'activité des apprentis est déclinée en termes d'actions, elles mêmes déclinées en opérations. A chaque

opération, ou série d'opérations, que nous avons décrite dans la colonne « actions », correspond la communication entre les apprentis du groupe filmé. C'est la lecture conjointe de la description de l'opération, en tant qu'unité d'enregistrement, et du commentaire ou des communications des apprentis, en tant qu'unité de contexte¹⁰, qui permet de donner sens aux activités des apprentis. C'est à ce niveau que la notion d'« objets intermédiaires » (Vinck, 1999) prend toute son importance dans la lecture des savoirs mobilisés dans l'activité de conception.

2.2.3- Le codage et l'énumération

Nous comptons mener l'analyse des savoirs et les registres de technicité, selon lesquels les savoirs ont été mobilisés, en croisant l'analyse qualitative à une mesure fréquentielle où chaque apparition d'un type de savoir ou d'un registre sera affecté d'un poids. Adopter le même poids revient à considérer que tous les savoirs (ou tous les registres) ont la même importance. C'est ce que nous adoptons dans notre travail en vue de caractériser les activités de conception pendant la séquence académique de la formation.

En ce qui concerne la technique de codage proprement dite, nous avons repéré pour chaque opération, ou série d'opérations, les éléments suivants :

- le temps de l'opération ou la série d'opérations ;
- la nature de l'opération : d'orientation (O), de contrôle (C) ou d'exécution (E) ;
- le code de la sous-catégorie de savoirs mobilisée au cours de l'opération ou série d'opérations (COH, CA, OP, etc.).

Ces éléments sont représentés comme l'indique le tableau suivant (les codes sont en gras) :

¹⁰ C'est en prenant en considération l'unité de contexte que l'unité d'enregistrement acquiert un sens.

| M1,2 31/03 | Activités | | Opérations (O, E, C) |
|---|--|--|-------------------------|
| | Temps | Actions | |
| Répartition des tâches, définition du périmètre de l'étude et énoncé du besoin | | | |
| 00:00:00 | les trois groupes sont présents. OB donne quelques explications sur le déroulement de la semaine bloquée. Répartition des boîtes qui contiennent les systèmes étudiés. AG établit au tableau la répartition de tâches. | | O |
| 00:00:19 | Intervention de FC, ouverture de la boîte et discussion avec un apprenti. | Pour vous c'est la pompe à eau ? | O |
| 00:00:35 | AC examine la pompe dans la boîte. | | O |
| 00:00:40 | | FC: c'est intéressant de commencer à voir comment le système est fait (plusieurs solutions)(CA) .. Ça c'est le corps et la turbine ...(CA) | O |
| 00:00:51 | Intervention d'OB (COH) | OB: normalement de toute façon au niveau de l'entrée, le badge devrait fonctionner... | O |
| 00:00:59 | Les apprentis sont autour de la boîte et observent le système.. | | O |
| 00:01:05 | FC continue l'explication; discute avec les apprentis en examinant différentes solutions. AG continue à compléter le tableau des tâches. | ça c'était le ... (l'arbre et la turbine) et ça c'est la dernière (solution), d'accord?(CM) Ce qui est intéressant aussi c'est de regarder les évolutions des formes, ne serait ce que pour les formes ...(cherche une pièce).... Ça c'est le noyau dans une ...(CA) C'est intéressant parce que les trous sont des trous de fonderie (CA) ... Voilà, vous avez plein d'éléments à votre disposition, et vous pouvez vous associer à vos collègues pour ..(CM) | O |
| 00:01:15 | Les apprentis se préparent pour commencer le travail. Ils continuent à examiner les différentes solutions des composants du système. AC essaie de monter l'arbre et la turbine dans le carter, puis discute avec son collègue (AS) | AG: tiens on va faire trois équipes (COH) | O |
| 00:03:41 | | AC: au départ il a dit qu'il faut travailler tous ensemble.(COH) | O |

Tableau n°28 : exemple de codage des transcriptions des enregistrements vidéo

La fréquence d'apparition, ou occurrence, de chaque sous-catégorie est indiquée en faisant correspondre « 1 » à la case correspondant au code de la sous-catégorie comme le montre le tableau suivant :

| M1,2 31/03 | Milieu de l'Artefact | | | | | Artefact à Concevoir | | Objets Simulant | | | | | | | Ordre de Grandeur | |
|---------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------|----|-----------------|----|----|-----|----|----|----|-------------------|-----|
| | COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PMS | CD | PF | PA | OGD | OGP |
| 00:00:00 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00:00:19 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 00:00:35 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 00:00:40 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 00:00:51 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00:00:59 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00:01:05 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | |

Tableau n°29 : repérage et comptage des apparitions des sous-catégories dans l'activité de conception

Pour représenter graphiquement les activités des apprentis en termes de savoirs mobilisés, de leur nature et de leur évolution au cours de l'activité de conception (donc en fonction du temps), nous utiliserons des représentations sous forme d'actigrammes (Cartonnet, 1996 ; Huchette, 2000). La figure suivante représente l'actigramme d'une phase de l'activité de conception. En abscisse est porté le temps exprimé en pourcentage du temps de la phase concernée ; en ordonnées sont indiquées les différentes sous-catégories (de un à seize) que comporte la grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur. Les sous-catégories appartenant à la même catégorie de savoirs sont représentées par des segments de même couleur :

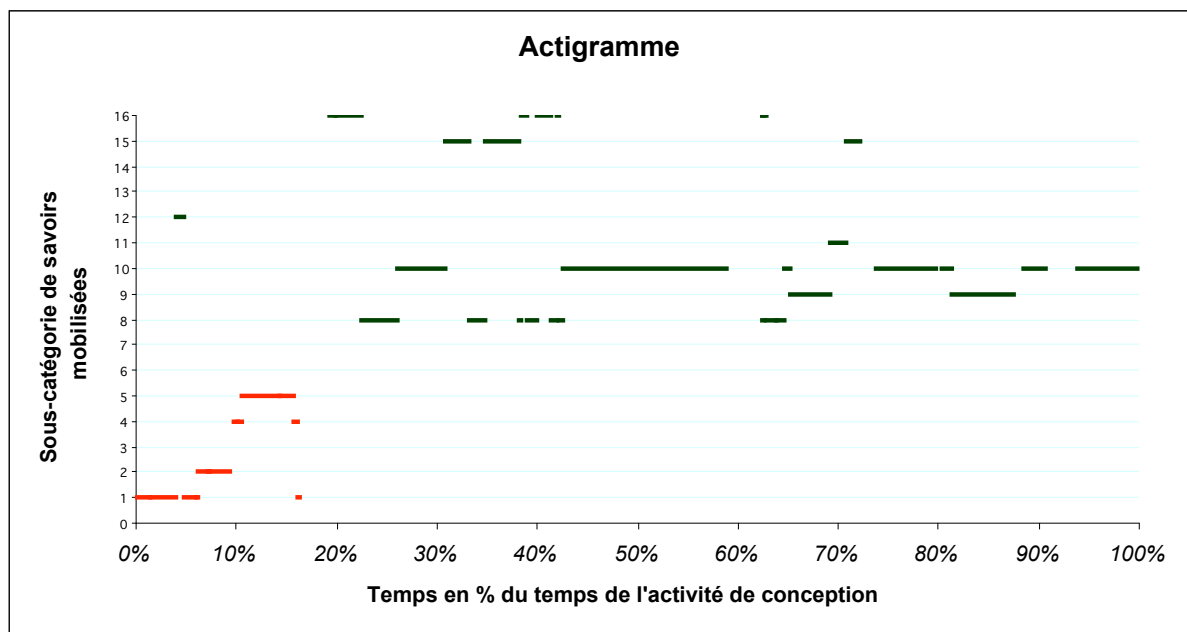


Figure n°44 : actigramme de l'évolution temporelle de la mobilisation des catégories de savoirs de conception

CHAPITRE 2 : MISE EN EVIDENCE DES SAVOIRS MOBILISES PAR LES APPRENTIS DANS UNE ACTIVITE ACADEMIQUE DE CONCEPTION

Par l'analyse des enregistrements vidéo des apprentis dans une activité de conception pendant la séquence académique, nous visons à répondre à une série de questions que nous rappelons ci-dessous :

Quels sont les savoirs mobilisés par les apprentis ingénieurs en conception et production industrielle dans une activité académique de conception dans le cadre d'une formation en alternance ? Comment les tuteurs formateurs ont-ils organisé la tâche proposée aux apprentis ? Comment ont-ils structuré la situation de formation académique ? Quelles sont les caractéristiques essentielles de l'activité de formation en situation industrielle ? Quelles sont les ruptures et les continuités entre les activités de formation académique et industrielle ?

Nous analysons l'activité des apprentis ingénieurs en utilisant la grille que nous avons construite dans le cadre théorique.

1- ANALYSE « GLOBALE » DE L'ACTIVITE DES APPRENTIS

Nous entendons par analyse globale de l'activité de conception, pendant la séquence académique, l'analyse pour laquelle nous ne prenons pas en considération les différentes phases que nous avons distinguées¹¹ au sein de l'activité du groupe observé. Cette analyse concernera alors les deux « semaines thématiques » que nous avons observées et enregistrées dans leur globalité.

Comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent, nous faisons l'hypothèse de la corrélation entre l'occurrence d'une catégorie de savoirs dans les communications des apprentis et sa mobilisation par ces derniers. Aussi, nous attachons-nous, dans un premier temps, à analyser l'occurrence des différentes catégories de savoirs au cours de toute l'activité du groupe des apprentis filmés. Nous nous intéresserons dans un second temps à l'analyse des différents sous-catégories qui renvoient aux différentes catégories de savoirs.

¹¹ Nous avons distingué sept phases dans l'activité du groupe d'apprentis que nous avons observé.

Le tableau suivant met en évidence, quantitativement, comment les seize sous-catégories, définissant les quatre catégories de savoirs que nous avons retenues dans la grille d'analyse, se répartissent dans l'activité des apprentis ingénieurs :

| Milieu de l'Artefact | | | | | Artefact à Concevoir | | Objets Simulants | | | | | | | Ordre de Grandeur | | Total |
|---|------------------------|------------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | CP | PMS | CD | PF | PA | OGD | OGP | |
| Conditions Organisationnelles et Humaines | Conditions Matérielles | Fonction d'Usage | Performances | Modes de Défaillance | Principe Opérateur | Configuration de l'Artefact | Méthodes et Théories | Concepts Intellectuels | Considérations Pratiques | Procédure Plus ou Moins structurées | Capacités de Discernement | Procédure Formalisée | Procédure en Acte | Ordre de Grandeur Descriptif | Ordre de Grandeur Prescriptif | |
| 268 | 34 | 17 | 4 | 0 | 133 | 269 | 174 | 544 | 50 | 45 | 0 | 385 | 62 | 28 | 4 | 2017 |
| 13% | 2% | 1% | 0% | 0% | 7% | 13% | 9% | 27% | 2% | 2% | 0% | 19% | 3% | 1% | 1% | 100% ¹² |
| 14% | | | | | 20% | | 62% | | | | | | | 2% | | |

Tableau n° 29' : mise en évidence quantitative de la mobilisation des différentes sous catégories de savoirs dans l'activité académique des apprentis

Dans ce paragraphe, nous tenterons de caractériser la nature de chacune des sous-catégories présentes dans l'activité académique de conception en explicitant les indicateurs qui y renvoient.

1.1- La catégorie des savoirs du «Milieu de l'Artefact » (MA)

1.1.1- La sous-catégorie COH : « Contexte Organisationnel et Humain »

L'analyse des opérations et communications des apprentis, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent, au cours de toute l'activité nous a permis de mettre en évidence trois types d'indicateurs qui renvoient à la sous-catégorie COH qui sont :

- le « savoir s'organiser » qui recouvre la répartition des tâches¹³ entre les apprentis et la planification des différentes étapes de leur activité :

« AG¹⁴ : moi je propose de prendre cette partie dès maintenant, c'est comme vous voulez...(COH) »

¹² La somme des pourcentages ne correspond pas exactement à 100% mais à 98%. Ceci est dû au fait que nous avons adopté des pourcentages à zéro chiffre après la virgule.

¹³ La répartition des tâches proposées par les formateurs (responsable rapport, responsable planning ...etc.) a été renégociée par les apprentis au terme de chaque étape de l'activité de conception au cours des semaines thématiques

« AT: le responsable CAO c'est toi (AS) ? (COH) »

« FC: alors ? Vous avez des questions, vous avez réparti les tâches ? Vous avez désigné un responsable? (COH) »

« AT: nous n'avons pas désigné de responsable (COH) »

- le « savoir s'informer » et tirer profit de l'organisation de l'entreprise pour trouver les informations en termes de données indispensables pour exécuter la tâche. Ainsi, les apprentis se sont orientés vers les formateurs, les autres groupes et les ressources documentaires et multimédia disponibles sur le lieu de l'activité ou à la bibliothèque de l'école :

« Relecture des documents (COH); recherche de documents dans la petite bibliothèque de la salle de TP, lecture à deux d'une revue..(COH) »

- le « savoir communiquer » qui recouvre rendre compte et exposer son activité aux formateurs et aux autres apprentis.

Ces trois indicateurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| Communiquer | | S'informer | | | | S'organiser | |
|---------------|---------|------------|--------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Rendre compte | Exposer | Tuteur | Autre groupe | Ressources documentaires | Ressources multimédia | Répartir les tâches | Préparer des étapes |

Tableau n° 30 : indicateurs de la sous-catégorie COH

Concernant la répartition¹⁵ des différents savoirs appartenant à la sous-catégorie COH, nous avons mis en évidence une prépondérance de la recherche des informations (elle apparaît 61% du nombre d'apparition des trois indicateurs) auprès des différentes sources indiquées dans le tableau par rapport aux autres indicateurs : s'organiser et communiquer. C'est ce que montre le graphique suivant :

¹⁴ AG et AT sont des apprentis ingénieurs ; FC : un formateur.

¹⁵ Le nombre total des occurrences de la sous-catégorie COH est 268

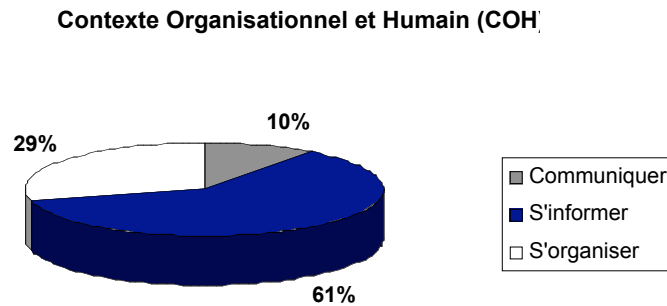


Figure n°45 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie COH

En considérant cette fois l'indicateur « s'informer » seul, 42% du nombre de fois de son apparition dans l'activité des apprentis ingénieurs correspond à une recherche sur des ressources documentaires ou multimédia, le reste étant réparti entre la recherche auprès des formateurs (17%) ou auprès des autres groupes (2%).

D'autre part, au cours de toutes les phases de l'activité de conception, les apprentis ont fait référence à la sous-catégorie COH 268 fois, ce qui représente 13% du nombre total¹⁶ des apparitions des autres sous-catégories. C'est la troisième sous-catégorie la plus présente dans l'activité des apprentis.

1.1.2- La sous-catégorie CM : « Contexte Matériel »

Nous avons retenu deux indicateurs pour documenter cette sous-catégorie.

- Le premier correspond aux communications et opérations des apprentis qui portent sur le système ou les composants du système à re-concevoir :

« FC : ça c'était le ... (l'arbre et la turbine) et ça c'est la dernière (solution), d'accord ? (CM)
(cherche une pièce) ... Voilà, vous avez plein d'éléments à votre disposition, et vous pouvez vous associer à vos collègues pour ..(CM) »

- Le deuxième correspond aux communications et opérations qui portent sur divers moyens matériels utilisés pour manipuler ce système :

« (L'apprenti) AT introduit une bride dans la rainure en T et essaie la mise en position de la pièce. Il cherche une règle.. (pa) (cm) »

Ainsi, les savoirs correspondant à cette sous-catégorie que les apprentis ont mobilisés sont déterminés par le système et le matériel fournis.

¹⁶ 2018 occurrences.

La sous-catégorie CM est peu présente dans l'activité des apprentis en termes de nombre d'occurrences (elle apparaît 34 fois). Elle représente ainsi 2% du nombre total¹⁷ des apparitions de toutes les sous-catégories au cours de toute l'activité des apprentis.

1.1.3- La sous-catégorie FU : « Fonction d'Usage »

Les deux indicateurs que nous avons retenus pour repérer cette sous-catégorie dans les communications et les opérations des apprentis sont la fonction d'usage du système étudié (amener le fluide, faire circuler le fluide .. etc.) et la fonction d'usage d'un ou plusieurs composants du système étudié (fonction du thermostat, des deux trous, du carter... etc.).

Cette sous-catégorie est peu présente parmi celles mobilisées par les apprentis. En effet, elle représente moins de 1% du nombre total d'occurrences de toutes les autres sous-catégories au cours de toute l'activité de conception. Là aussi, nous constatons que les opérations et les communications des apprentis concernant cette sous-catégorie, donc les savoirs lui correspondant, sont restées limitées au système étudié et à ses composants. Ce qui montre que les savoirs mobilisés dans l'activité de conception sont déterminés par les données de l'activité.

Les deux autres sous-catégories représentant la catégorie Milieu de l'Artefact (MA), à savoir la sous-catégorie « les performances » et « les modes de défaillances » n'apparaissent pratiquement pas au cours de l'activité des apprentis (le nombre de leur apparition est respectivement quatre et zéro fois).

1.2- La catégorie des savoirs de l'«Artefact à Concevoir » (AC)

1.2.1- La sous-catégorie PO : « Principe Opérateur »

L'analyse des communications des apprentis nous a permis de retenir les cinq indicateurs suivants pour repérer cette sous-catégorie de savoirs :

- le principe de fonctionnement du système, par exemple quand l'apprenti AB explique à son collègue AT que :
 - « AB : c'est le système qui apporte de l'énergie au fluide, voilà .. »
- le principe de fonctionnement d'un composant comme l'explique AS :

¹⁷ 2018 occurrences.

« AS : oui je suis d'accord, mais le thermostat réagit à la température, plus il y a de température plus il va réagir différemment »

- le principe d'une démarche, par exemple AC explique le principe pour compléter le FAST de créativité :

« AC : il faut libérer l'esprit, tu peux dire des conneries mais ce n'est pas grave ! »

- une phase de fonctionnement du système, par exemple la phase moteur à l'arrêt ou la phase moteur en marche ;
- les principes physiques de diverses solutions que les apprentis ont proposés pendant la phase de conception du système en utilisant le FAST de créativité (transport du fluide par variation de pression, écoulement couette, corps poreux qui monte le fluide ... etc.).

La répartition des occurrences¹⁸ des différents indicateurs est montrée par le graphique suivant :

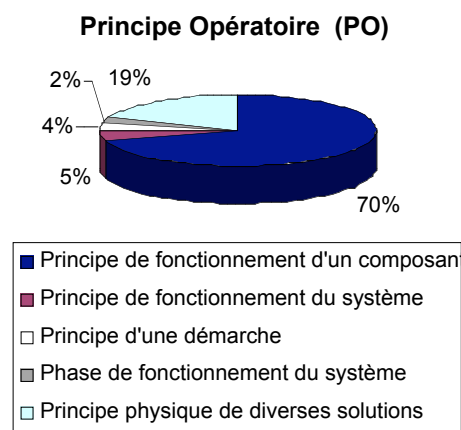


Figure n°46 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie PO

Nous constatons que les apprentis ont discuté plus les principes de fonctionnement des différents composants du système pour en comprendre le fonctionnement global ou pour le reconcevoir.

La sous-catégorie Principe Opérateur (PO) représente 7% du nombre total¹⁹ d'occurrences de toutes les sous-catégories présentes dans l'activité des apprentis.

¹⁸ Le nombre total des occurrences de cette sous-catégorie est 133.

¹⁹ 2018 occurrences.

1.2.2- La sous-catégorie CA : « Configuration de l'Artefact »

Les indicateurs qui renvoient à cette sous-catégorie sont d'abord les savoirs de la configuration du « Système ou composants du système » : thermostat, radiateur, turbine, noyau de la poulie, carter, vis de fixation, flasque, carter cylindre, pompe ... etc. Le second indicateur correspond à la « Fonction, géométrie ou comportement de surfaces des composants du système » : contacts carter, méplat, partie ailettes du carter, jeu entre la cannelure et le roulement... etc. Enfin, un troisième indicateur correspond à «Diverses structures » : la structure d'un artefact, d'une démarche par exemple.

L'occurrence²⁰ de ces indicateurs est répartie selon le graphique suivant :

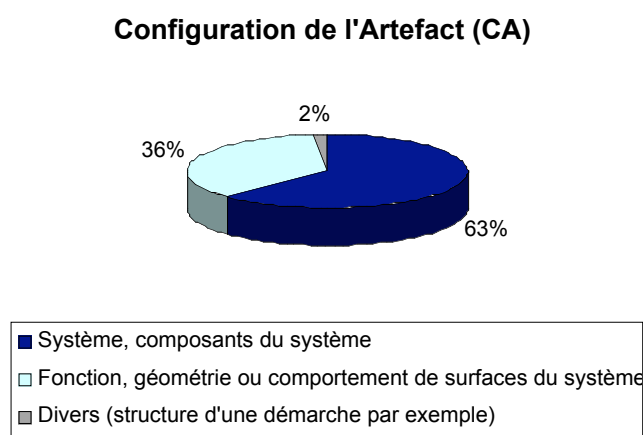


Figure n°47 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CA

Encore une fois, nous constatons à quel point les communications et les opérations des apprentis sont centrées sur le système proposé par les formateurs comme support pour l'activité de conception et de re-conception durant les deux semaines thématiques.

Cette sous-catégorie de savoirs est la troisième sous-catégorie la plus mobilisée par les apprentis avec 13% du nombre total²¹ des occurrences de toutes les sous-catégories de catégories de savoirs durant toute l'activité.

²⁰ Le nombre total des occurrences des trois indices de cet indicateur est 269.

²¹ 2018 occurrences.

1.3- La catégorie des savoirs des « Objets Simulants »

1.3.1- La sous-catégories MTh : « Méthodes et Théories »

Nous mettons dans cette sous-catégorie les méthodes et théories permettant l'expression sous forme d'équations, formules et autres formalismes mathématiques²². Les indicateurs que nous avons retenus pour repérer cet sous-catégorie sont des objets intermédiaires qui sont au nombre de trois :

- équations et lois de la mécanique (exemple : équation de Reynolds, méthode de calcul du tenseur de déformation en un point, loi de Lamé, de Hooke ... etc.) ;
- méthodes, outils et logiciels de traitement et de représentation des données (exemple : représentation de la répartition des contraintes sur CATIA, graphe de liaisons, dessin d'ensemble ... etc.) ;
- méthodes de calcul numérique (exemple : choisir ou valider un maillage, un maillage).

Les équations et lois de la mécanique sont prépondérantes. Les différents indicateurs sont répartis comme le montre le graphique ci-dessous.

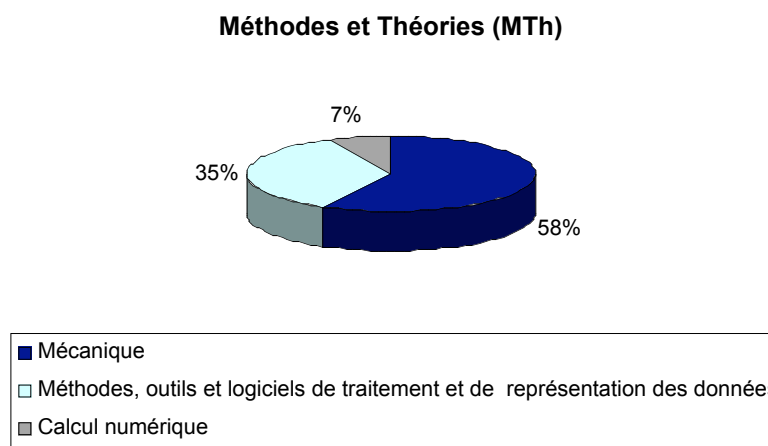


Figure n°48 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie Mth

Cette sous-catégorie²³ de savoirs représente 9% du nombre total²⁴ des occurrences de toutes les sous-catégories.

²² Des lois physiques, des « lois phénoménologiques », des règles quantitatives admises, mais aussi des outils graphiques et logiciels de traitement et de représentation des données.

²³ Le nombre total d'occurrences des trois indices de cet indicateur est 174.

1.3.2- La sous-catégorie CI : « Concepts Intellectuels »

Comme nous l'avons expliqué dans notre cadre théorique, cette sous-catégorie comporte les concepts qui vont du scientifique au pragmatique, du quantitatif au qualitatif, du mathématique au physique. Certains concernent seulement une classe d'artefacts, d'autres sont généraux. Ils peuvent renvoyer à des notions scientifiques (forces, masse, courant électrique) ou techniques (rendement, rétroaction) et sont souvent associés à des formalismes mathématiques. L'analyse des opérations et des communications des apprentis nous a permis d'identifier les indicateurs de cette sous-catégorie comme suit :

- les concepts qui renvoient au domaine scientifique²⁵ que nous avons distingués en quatre domaines : électricité, mécanique, thermique et matériaux.
- les concepts qui renvoient au domaines techniques que nous avons distingués en démarche de conception (exemple : intégration de fonction, solutions techniques, couple produit procédé), outils d'analyse fonctionnelle (besoin, périmètre d'étude, recenser les EMU²⁶, contraintes, flexibilité) et procédés d'obtention (fraisage, emboutissage, gamme de fabrication) ;
- Les concepts qui renvoient au domaine industriel et qui ont été très peu mobilisés par les apprentis. Par exemple : visibilité, budget, standardisation, délais, parc machine ... etc.

L'occurrence des différents indicateurs est répartie comme l'indiquent le tableau suivant :

| Concepts qui renvoient aux domaines techniques | | | Concepts qui renvoient aux domaines scientifiques | | | | Concepts renvoyant aux domaines industriels |
|--|------------|----------------------|---|-----------|-----------|-----------|---|
| 57% | | | 42% | | | | 1% |
| Outils de l'AF ²⁷ | Conception | Procédés d'obtention | Electricité | Mécanique | Thermique | Matériaux | |
| 59% | 37% | 4% | 7% | 78% | 7% | 8% | |

Tableau n°31 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CI

Nous constatons que la mobilisation des concepts qui relèvent du domaine technique (57%) est plus importante que celle des concepts relevant du domaine scientifique (42%). Nous

²⁴ 2018 occurrences.

²⁵ « Scientifique » et « technique » nous les entendons dans le sens utilisé dans le programme de la formation académique. Voir les différents blocs du programme académique en annexe n°2.

²⁶ Eléments du Milieu d'Utilisation de l'artefact.

²⁷ Les outils de l'analyse fonctionnelle.

constatons aussi la quasi-absence des concepts intellectuels qui renvoient au domaine industriel et partant la mobilisation exclusive de savoirs « académiques » qui sont scientifiques ou techniques.

Les indicateurs renvoyant au domaine scientifique sont dominés par la mécanique (78%), ce qui correspond à la spécificité de la formation d'ingénieurs en conception industrielle mais aussi à la spécificité de la tâche de conception proposée par les formateurs. Tandis que les indicateurs qui renvoient au domaines techniques sont exclusivement dominés par la démarche de conception et les outils d'analyse fonctionnelle (96%).

La sous-catégorie Concepts Intellectuels (CI²⁸) reste, de loin, la sous-catégorie la plus présente dans l'activité des apprentis. Elle constitue 27% des occurrences de toutes les sous-catégories des catégories de savoirs mobilisées durant toute l'activité. Nous préciserons dans l'analyse locale de l'activité des apprentis, comment cet indicateur de savoirs a été mobilisée : par énonciation, par « application » dans l'action, pour accompagner l'action ou pour mener ou étayer un raisonnement.

1.3.3- La sous-catégorie CP : « Considérations Pratiques »

En entreprise, La sous-catégorie CP correspond aux savoirs locaux accumulés par l'expérience : ce sont des savoirs qui ne se trouvent pas dans les manuels et qui constituent la « culture » de l'entreprise. Ainsi, les ingénieurs, pour exécuter leurs tâches s'appuient, entre autres, sur ces savoirs qui prennent référence sur l'expérience « locale » à des entreprises. Mais, à quoi correspondent ces savoirs dans le cas d'une tâche de conception exécutée par les apprentis pendant la séquence académique ?

En fait, les tâches proposées par les formateurs au cours de ces deux semaines thématiques sont construites autour d'un projet « industriel ». Cette démarche met alors l'apprenti dans une situation "proche" de celle de l'entreprise. La tension entre la singularité de la situation suggérée par le projet et la généralité des savoirs "académiques" obligent l'apprenti et le formateur à puiser dans les situations correspondantes en l'entreprise. Ils ont recours alors à des savoirs locaux²⁹ de l'entreprise. Ainsi, pour identifier des critères d'appréciation d'une fonction de service, pour chiffrer des flexibilités et leur niveaux d'appréciation, pour proposer

²⁸ Le nombre total des occurrences de cette sous-catégorie est 544.

²⁹ Résultats des réponses à des questions contextualisées et locales à ces entreprises.

des tolérances ... il n'y a pas de méthode systématique, c'est l'expérience relative à des situations locales à des entreprises qui permet de faire ces choix³⁰.

En conséquence, nous avons retenu deux indicateurs pour identifier cette sous-catégorie :

- la « Référence aux savoirs "de la séquence académique" » :

« le prof a dit que si on isole le corps tout (les pièces constituant son environnement) doit apparaître »

- la « Référence aux savoirs "locaux" de l'entreprise » :

« Pr. : Il ne faut pas croire qu'il y a une solution que l'on peut atteindre par une démarche ».

Ces deux indicateurs de cette sous-catégorie, à laquelle les apprentis ont fait référence 50 fois, se répartissent comme indiqué par le graphique suivant :

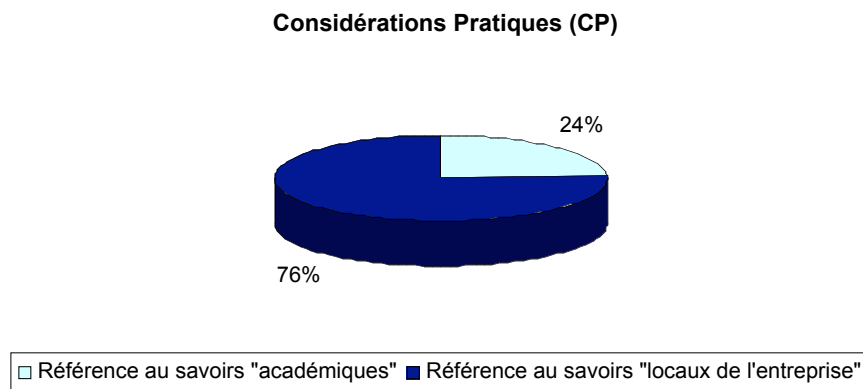


Figure n°49 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CP

Nous constatons que cette sous-catégorie est dominée par les savoirs qui prennent référence sur les savoirs locaux des entreprises. Cependant, elle ne représente que 2% des apparitions totales³¹ de toutes les sous-catégories au cours de toute l'activité des apprentis. C'est donc une sous-catégorie qui est faiblement mobilisée par les apprentis. Nous pouvons dire que la présence de la sous-catégorie CP dans l'activité des apprentis caractérise, pendant la séquence académique, les situations où les méthodes "générales", "systématiques" et "formalisées" sont en « crise », elles ne sont plus aptes à répondre au problème posé. Deux comportements ont été observés : celui de l'apprenti qui reste arc-bouté sur la méthode qu'il a acquise dans la

³⁰ Des exemples peuvent être cités en s'appuyant sur les échanges entre les apprentis et les formateurs par rapport au choix des flexibilités.

³¹ 50 fois sur 2018 occurrences.

séquence académique, et celui du formateur qui tend à tirer l'attention de l'apprenti vers les situations de référence en entreprise :

« ZI: cette démarche c'est celle qui était implantée chez Renault, simplement, suivant les gens, suivant les enseignants, la démarche est la même, mais la façon diffère selon les uns et les autres. Il ne faut pas croire qu'il y a une solution que l'on peut atteindre par une démarche .. et puis il n'y a jamais une solution unique, vous avez déjà regardé ça (la méthode simplifiée de cotation tridimensionnelle) ? Donc il y a des étapes, des syntaxes...ça va c'est clair? Et puis essayez de planifier les tâches, vous avez un plan ? vous l'avez fait ? Faites voir .. (pf) (cp) »

1.3.4- La sous-catégorie PPMS : « Procédure Plus ou Moins Structurée »

Cette sous-catégorie correspond à des schèmes de conception d'un produit ou d'un processus. Par exemple dans le cas de la conception d'un produit, la démarche qui consiste à l'analyser en ses composants est une procédure plus ou moins structurée (PPMS). Dans le cas de la tâche proposée aux apprentis, plusieurs opérations peuvent renvoyer à une PPMS : « jouer sur une dimension », « tâtonner », « placer les rosettes aux endroits les plus contraints » etc.

Les échanges suivants donnent une idée sur ce que peut être une procédure plus ou moins structurée :

« AS³² : oui, je voulais savoir comment fixer la rosette.. (pms) (coh) »

« Ga : je ne sais pas, il faut demander à Jc, mais à priori je peux t'aider.. »

« AS : oui.. »

« Ga : tu prends tous les fils là, là tu prends les deux gris et tu les soudes sur une jauge. Et là tu prends toujours le gris.. Voilà, en fait, tu prends les deux fils (rouge et blanc) de chaque voie, et tu les colles sur tes jauges 1, 2 et 3. (pms) (pa) »

Cette sous-catégorie est faiblement mobilisée par les apprentis, elle représente 2% du nombre total des occurrences de toutes les sous-catégories pendant toute l'activité.

1.3.5- La sous-catégorie PF : « Procédure Formalisée »

Une procédure formalisée (PF) est une démarche pratique qui a été formalisée par des experts. Par exemple, la tâche proposée par les formateurs aux apprentis est structurée selon une démarche qui utilise les outils de l'analyse fonctionnelle qui constitue une PF. Cette tâche vise à recouvrir toute la démarche de conception, ou de re-conception, du système étudié et celle

³² AS, Ga, Jc sont des initiales des apprentis observés.

du processus de son industrialisation. Aussi, repérons-nous les savoirs de cette sous-catégorie par les indicateurs suivants :

- le principe et les concepts de l'AF ;
- les conditions d'application de l'AF ;
- les outils de l'AF ;
- les différentes étapes de l'AF ;
- les difficultés de la démarche.

L'occurrence de ces différents indicateurs est répartie comme l'indique le graphique suivant :

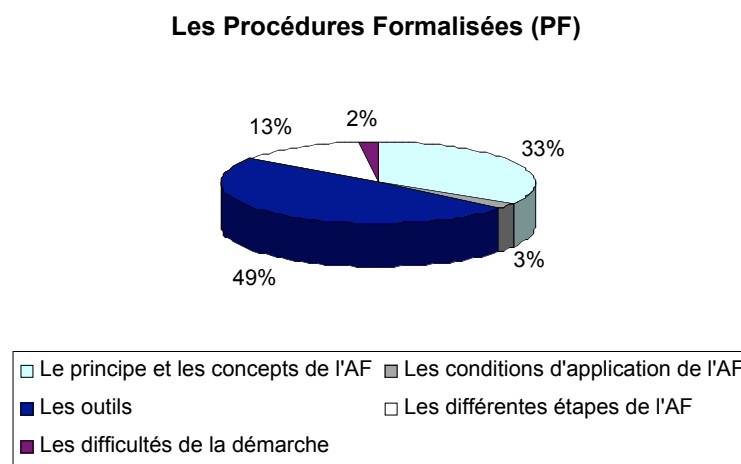


Figure n°50 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie PF

Cette sous-catégorie³³ est la deuxième la plus mobilisée après la sous-catégorie CI (Concepts Intellectuels). Son occurrence représente 19% des occurrences³⁴ de toutes les sous-catégories mobilisées par les apprentis. La mobilisation forte de cette sous-catégorie par les apprentis peut être expliquée par le fait que la tâche proposée a été structurée selon une « procédure formalisée » de la conception d'un produit et celle du processus de son industrialisation.

1.3.6- La sous-catégorie PA : « Procédure en Acte »

Comme nous l'avons défini dans le cadre théorique, une démarche pratique est exécutée ou bien selon une procédure formalisée ou bien selon une procédure en acte. Cette dernière est difficile à repérer par des sous-catégories transversales à toutes les phases de l'exécution de la tâche de conception proposée aux apprentis. Chaque phase a ses procédures en acte propres. Ainsi, pour la phase extensométrie, nous pouvons repérer plusieurs procédures en acte :

³³ Les occurrences de cette sous-catégorie est 385.

³⁴ 2018 occurrences.

souder les fils sur les jauges, brider la pièce, fixer le montage sur la table de presse, vérifier les différentes voies du pont d'extensométrie ... etc. L'intérêt du repérage des différentes procédures en acte est de les comparer avec celles repérées dans l'analyse des rapports d'alternance, donc celles qui correspondent à l'activité industrielle de formation.

Notons enfin que cette sous-catégorie³⁵ est faiblement mobilisée par les apprentis, il représente 3% du nombre total d'occurrences de toutes les catégories de savoirs mobilisées.

1.4- La catégorie des savoirs des « Ordres de Grandeur » (OG)

Les sous-catégories de savoirs renvoyant à la catégorie OG (les sous-catégories OGD et OGP : « Ordre de Grandeur Descriptif et Prescriptif») sont les sous-catégories les moins mobilisées. Les apprentis raisonnent très peu en termes de normes ou de données chiffrées. Nous comparerons, plus loin, la mobilisation de cette catégorie dans les deux séquences académique et industrielle.

1.5- Les sous-catégories non mobilisés

Plusieurs sous-catégories de la grille d'analyse que nous avons mise en œuvre, n'ont pas été mobilisées par les apprentis. Dans la catégorie « milieu de de l'Artefact », il y a les deux sous-catégories Performances (PE) et Modes de Défaillances (MD) qui n'ont pratiquement pas été mobilisés. Dans la troisième catégorie « Objets Simulant » il y a la sous-catégorie Capacité de Discernement (CD) qui n'a pas été mobilisée.

Quelle significations pouvons-nous donner à ces absences ? Nous pourrions donner des éléments de réponse à cette question en comparant ces différentes catégories et leur signification dans la séquence académique avec leurs correspondantes dans la séquence industrielle.

2- ANALYSE « LOCALE » DE L'ACTIVITE DES APPRENTIS

Nous avons distingué six phases³⁶ dans l'activité du groupe filmé : l'analyse du besoin, la caractérisation des fonctions de service, l'analyse fonctionnelle FAST³⁷, l'analyse

³⁵ Le nombre total des occurrences de cette sous-catégorie est 63.

fonctionnelle TAF³⁸, la cotation fonctionnelle et le TP d'extensométrie. Ainsi, nous avons repris la distinction que les apprentis ont faite en ce qui concerne les différentes phases de leur activité. C'est une distinction qui montre que ce qui est mis en avant par les apprentis dans l'activité c'est la démarche avec ses différentes étapes et ses différents outils. Le projet lui-même, la re-conception du couvercle d'arbre intermédiaire, est ainsi relégué au deuxième plan.

Après avoir analysé globalement toute l'activité de conception, nous examinons chacune des phases pour repérer l'occurrence des différentes catégories de savoirs et l'évolution des occurrences au cours de l'activité des apprentis. Chaque phase étant représentée sur un actigramme. Il s'agit toujours de la même activité de conception avec le même groupe observé.

2.1- Analyse des modalités de mobilisation des savoirs dans l'activité de re-conception du Couvercle d'Arbre Intermédiaire (CAI)

Comme nous l'avons présenté avant, les apprentis ont eu à redécouvrir le raisonnement qui a conduit à la conception du CAI existant, puis conduire sa re-conception.

2.1.1- La phase analyse du besoin

Nous avons représenté chacune des six phases d'exécution de la tâche sur un actigramme³⁹. L'intérêt de cet outil de représentation est de nous permettre de suivre l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs par les apprentis au cours de leur activité. Nous avons segmenté l'activité du groupe étudié AG en une suite d'opérations d'orientation, de contrôle et d'exécution, ce qui facilite le retour aux transcriptions des enregistrements pour donner sens à chaque catégorie de savoir mobilisée. Ainsi, nous pouvons dire, par exemple, que si la catégorie CI est mobilisée dans un segment d'opérations « orientation » alors les apprentis mobilisent des concepts intellectuels pour discuter et pour préparer leur action. Tandis que si la même catégorie est mobilisée dans un segment d'opérations « exécution », il

³⁶ Voir l'énoncé de la tâche en annexe n°9.

³⁷ Functional Analysis System Technique (« technique d'analyse fonctionnelle systématique ». Traduction du dictionnaire des sciences de l'ingénieur (Rak et al, 1998)).

³⁸ Tableau d'Analyse Fonctionnelle.

³⁹ voir définition et principe au chapitre précédent (méthodologie).

s'agit alors de la mise en œuvre de ces concepts intellectuels pour exécuter une action ou pour commenter son exécution.

Ainsi, la phase « analyse du besoin », l'activité des apprentis, en termes de types d'opérations, s'organise de la façon suivante :

Série d'opérations d'orientation : les apprentis ont commencé par lire les documents qui énoncent la tâche, répartir les tâches et nommer un responsable du groupe qui communiquera les résultats aux formateurs. Les savoirs mobilisés dans ces opérations relèvent de la catégorie de savoirs MA. Les apprentis suivent les explications du professeur puis discutent les différentes étapes de la démarche pour analyser le besoin. Ils passent ainsi dans la catégorie de savoirs OS : ils essaient de comprendre la procédure formalisée concernant l'analyse du besoin (PF) en verbalisant sur leurs opérations (CI). Manifestement en difficulté, les apprentis sollicitent le professeur (COH) qui leur explique les incidences du choix du périmètre de l'étude sur la démarche de conception. Ils reprennent ensuite la recherche sur diverses ressources documentaires disponibles dans la salle de TP.

Série d'opérations d'exécution : les apprentis analysent la structure du système étudié (PA) après l'avoir démonté du bloc moteur. Ils discutent les composants (CA) à retenir à l'intérieur du périmètre d'étude (PF). Le professeur intervient une nouvelle fois pour proposer une « façon de faire » pour définir le périmètre d'étude (PPMS) tout en discutant avec les apprentis (CI). Ils continuent ensuite l'analyse des différents composants du système étudié (CA) en complétant au tableau l'analyse du besoin en utilisant l'outil graphique correspondant à cette étape de la démarche (PF).

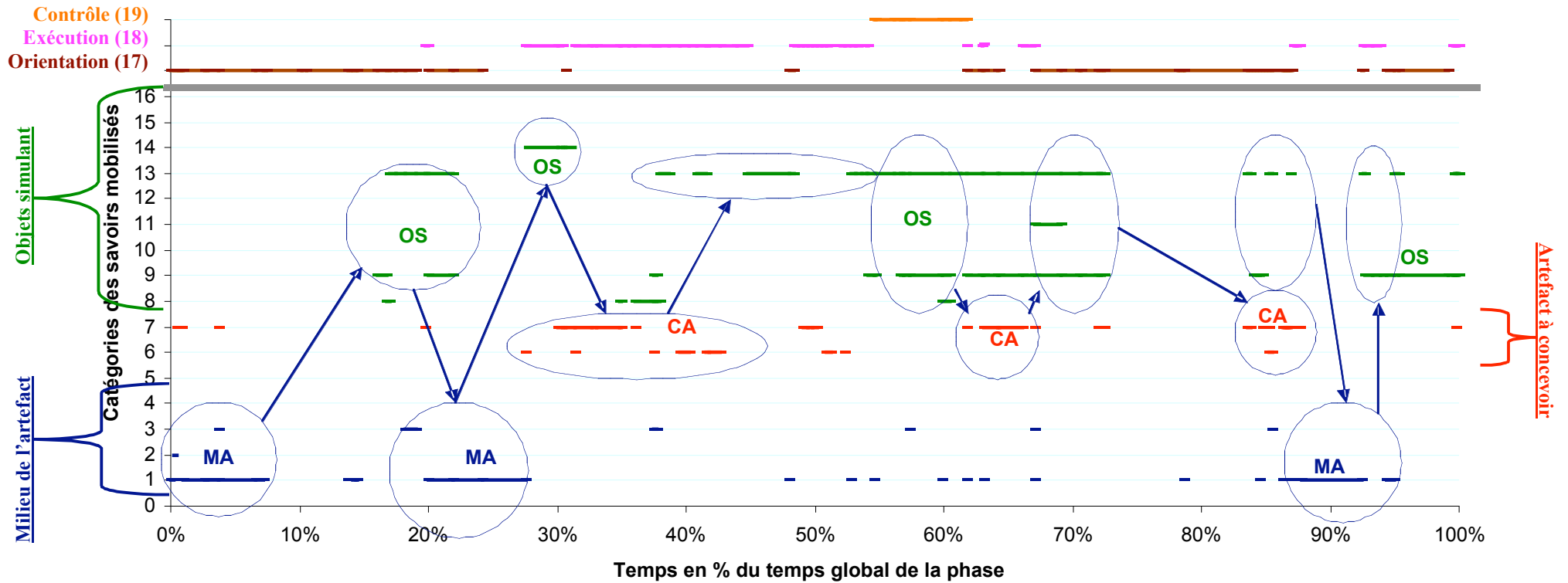
Série d'opérations de contrôle : les apprentis se sont arrêtés pour vérifier si le raisonnement qu'ils ont mené à l'aide des outils de l'analyse fonctionnelle correspondent à un raisonnement de conception ou de re-conception (PF et CI). Ils ont demandé aussi au professeur de vérifier leurs choix concernant le périmètre d'étude (PF et CI).

Dans la suite de l'activité, l'évolution des trois types de séries d'opérations des apprentis, orientation, exécution et contrôle au cours de chaque phase allaient se succéder en suivant, à peu près, le cycle orientation – exécution – contrôle. Dans chaque type d'opération, il y a alternance entre les catégories des savoirs MA, CA et OS.

Leurs discussions et travail au tableau sont constamment accompagnés par des retours aux documents (COH) pour reprendre des définitions ou pour préparer la suite des étapes de la phase analyse du besoin.

L'évolution de la mobilisation des différents ensembles de catégories de savoirs et des trois types d'opérations en fonction du temps est donnée par l'actigramme ci-après :

Actigramme de la phase "Besoin"



- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| — Contexte Organisationel/Humain (1) | — Contexte Matériel (2) | — Fonction d'Usage (3) |
| — Principe Opérateur (6) | — Configuration Artefact (7) | — Méthode théorique (8) |
| — Concepts intellectuels (9) | — Procédure non structurée (10) | — Procédure Formalisée (13) |
| — Procédure en Acte (14) | — Orientation (17) | — Exécution (18) |
| — Contrôle (19) | | |

Cette évolution des trois séries d'opérations peut être schématisée en représentant le passage de la mobilisation d'une catégorie à une autre :

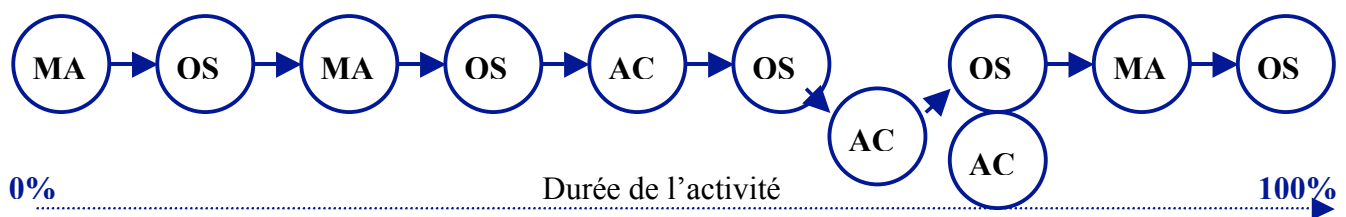


Figure n°51 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « Besoin »

Le tableau ci-dessous met en évidence que la catégorie de savoirs la plus mobilisée par les apprentis au cours de cette phase de l'activité de conception est OS (51%). Les deux autres sous-catégories MA et AC sont « moyennement » mobilisées avec successivement 28% et 22% du nombre des fréquences d'occurrence de toutes les sous-catégories au cours de cette phase.

| Besoin | Milieu de l'Artefact à Concevoir (MA) 22% | | | | | Artefact à Concevoir (AC) 28% | | Objets Simulant (OS) 51% | | | | | Total |
|---------------------------------|---|----|----|----|----|-------------------------------|-----|--------------------------|-----|-----|-----|----|-------|
| | COH | CM | FU | PE | MD | PO | CA | MTh | CI | PMS | PF | PA | |
| Occurrences des sous-catégories | 34 | 4 | 9 | 0 | 0 | 13 | 47 | 6 | 41 | 2 | 59 | 3 | 218 |
| | 16% | 2% | 4% | 0% | 0% | 6% | 22% | 3% | 19% | 1% | 27% | 1% | 100% |

Tableau n°32 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « Besoin »

Les deux catégories MA et AC constituent, en quelque sorte, des catégories de savoirs « de service » pour la catégorie OS. En effet, les apprentis ont alterné la mobilisation de deux ensembles : OS et AC ou OS et MA. Dans le premier cas, les apprentis ont identifié les composants du système « utiles » à la phase « analyse du besoin ». Dans le second cas, les apprentis ont cherché les informations pertinentes par rapport à l'étape en cours de l'analyse fonctionnelle (OS). Les apprentis ont rarement sollicité le formateur ou les autres groupes pour comprendre le fonctionnement du système (c'est ce que représente le trait mixte fin entre MA et AC sur le schéma ci-après). Les passages de la mobilisation d'une catégorie à une autre nous les avons représentées par de doubles flèches. Ainsi, nous pouvons résumer le schéma ci-dessus comme suit :

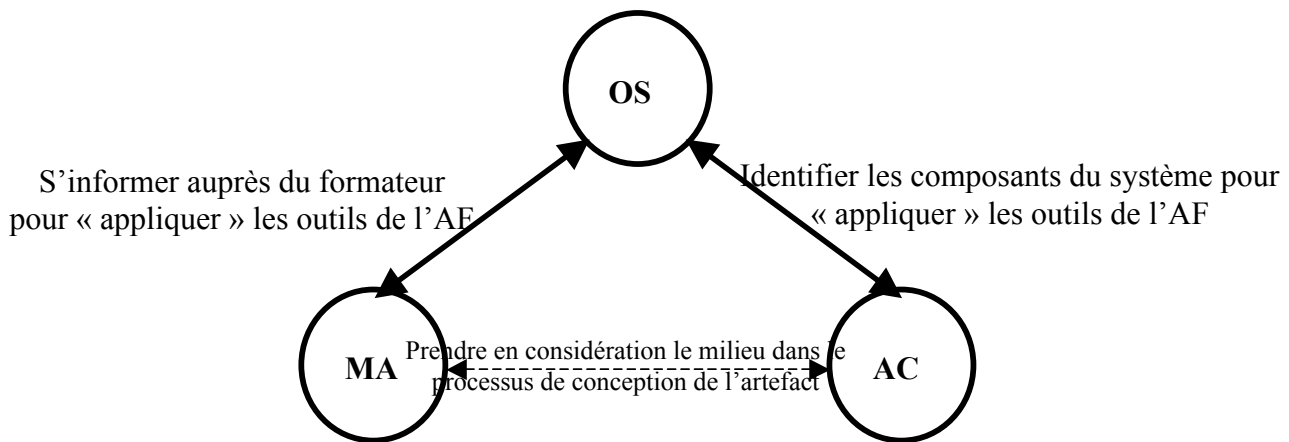


Figure n°52 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoir OS, AC et MA dans la phase « Besoin »

2.1.2- La caractérisation des fonctions de service

Nous avons distingué dans la phase « caractérisation des fonctions de service » les séries d'opérations suivantes :

Série d'opérations d'orientation : les apprentis reprennent leurs documents pour aborder la seconde phase « caractérisation des fonctions de service » (COH). Ils discutent les différentes étapes de cette phase et les outils graphiques utilisés. Par exemple l'apprenti AT demande à ses collègues :

« AT: la spécification du produit dans son environnement c'est quoi ? C'est le tableau qui est là ? » (CI, PF)

Les apprentis sont revenus ensuite pour lire sur les documents/énoncé pour expliquer ce que veut dire 'recenser les éléments du milieu d'utilisation' (COH).

Série d'opérations d'exécution : les apprentis ont complété les outils graphiques qui leur permettent de recenser les fonctions de service. Ils ont discuté l'énoncé et la formulation de ces dernières en revenant au système étudié. Voici un passage des discussions qui accompagnent l'exécution de cette phase de entre les apprentis :

« AT: là on étudie le carter et le but était de maintenir le fluide à l'intérieur du carter, le carter reçoit le fluide, d'où là la fonction c'est de .. c'est une circulation du fluide tu vois, alors que nous là, on étudie ... »

« AS: non mais dans quel but ? But un, amener le fluide et but deux éviter de dégrader le milieu ambiant »

Durant cette série, deux sous-catégories de savoirs sont mobilisées : les concepts intellectuels CI et les procédures formalisées PF. Les deux catégories relèvent de la même catégorie qui est la catégorie OS. Ces deux dernières séries ont été marquées par deux très courtes séries de contrôle. La première concernait la vérification par l'apprenti du fait que tous les éléments de l'environnement du système ont été pris en compte, la deuxième concernait la vérification du codage des éléments du milieu d'utilisation :

« AC: mais pourquoi on n'a pas mis les éléments de l'ambiance, de la route, l'eau, l'air, le sel ? »

« AT: tous les EMU, tu les a déjà numérotés non ? »

Les apprentis ont continué leur activité quasiment selon le cycle orientation – exécution – contrôle. Les moments de contrôle n'apparaissent pas souvent sur l'actigramme car souvent très courts. C'est pour cela que nous n'en commentons que les séries de contrôle qui sont « visibles » sur l'actigramme comme la série qui suit.

Série d'opérations de contrôle : cette série vient après trois cycles orientations – exécution successifs. Les apprentis ont vérifié avec l'aide du formateur si la formulation d'une fonction de service est pertinente :

« Pr. : la question que vous vous êtes posée pour la F3 c'est que le milieu ambiant c'est le fluide qui est à l'intérieur du système »

« AC: mais on s'est dit qu'on va la mettre sur la contrainte ... »

« Pr.: exactement, car le fluide concerné c'est le fluide qui est dans le système .. Ce fluide qui ne fait partie ni du fluide entrant ni du fluide sortant .. »

Comme le montre l'actigramme⁴⁰ de cette phase, durant cette série d'opérations de contrôle, les apprentis ont mobilisé les deux sous-catégories de savoirs : CI et PF qui relèvent de la catégorie OS.

Notons enfin que durant cette phase de leur activité, les apprentis au cours d'une série d'opérations d'exécution ont mobilisé aussi la catégorie de savoirs « Ordres de Grandeur Descriptifs » (ODG) à l'occasion de la discussion des valeurs des flexibilités à associer aux différentes fonctions de service.

L'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs lors de la phase « caractérisation des fonctions de service » peut être schématisée comme suit :

⁴⁰ Voir annexe n°10.

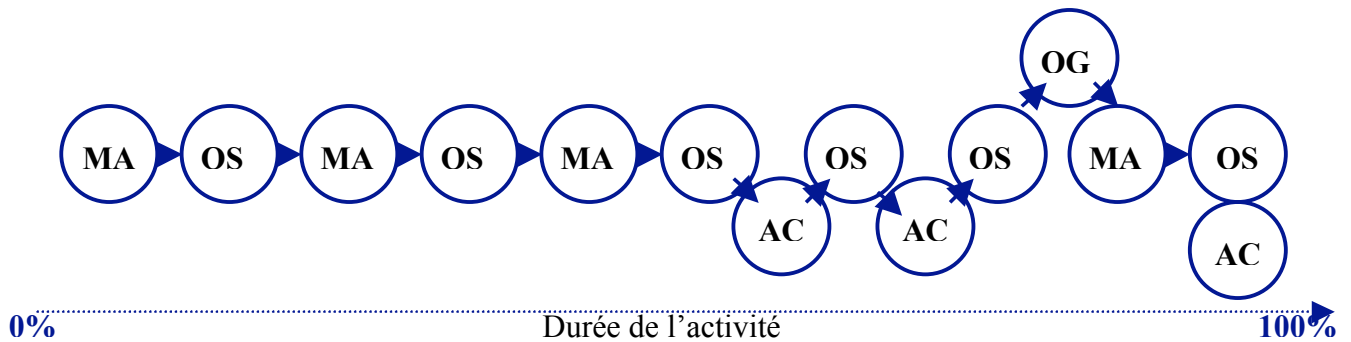


Figure n°53 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service »

Or, le tableau ci-dessous montre la prépondérance de la catégorie OS (77%) dont 55% correspond aux outils et principes de l'analyse fonctionnelle :

| Caractérisation des FS | Milieu de l'Artefact (MA) | | | Artefact à Concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | Total |
|--------------------------------------|---------------------------|----|----|---------------------------|----|----------------------|-----|----|-----|----|------------------------|-------|
| | COH | FU | PE | PO | CA | MTh | CI | CP | PF | PA | OGD | |
| Occurrences des catégories de savoir | 14 | 8 | 4 | 8 | 6 | 9 | 91 | 5 | 55 | 4 | 3 | 210 |
| | 7% | 4% | 2% | 4% | 3% | 4% | 43% | 2% | 26% | 2% | 1% | 100% |

Figure n°33 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service »

Nous constatons alors que l'évolution de la mobilisation des catégories de savoirs est quasiment une alternance entre les deux ensembles MA et OS. En effet, les apprentis, pour identifier et caractériser les fonctions de services, ont principalement recherché les outils adéquats de l'AF dans des ressources documentaires ou en demandant au formateur (MA, OS) et, d'une façon secondaire, ils ont analysé et discuté le fonctionnement du système (AC) et ils ont eu recours à des données de l'expérience pour chiffrer les niveaux des critères d'appréciation et les flexibilités (OG). Nous pouvons dire que là aussi, les deux catégories MA et AC ont constitué pour les apprentis des catégories de savoirs « de service » par rapport à la catégorie OS. Aussi, le schéma ci-dessus peut-il être simplifié comme suit :

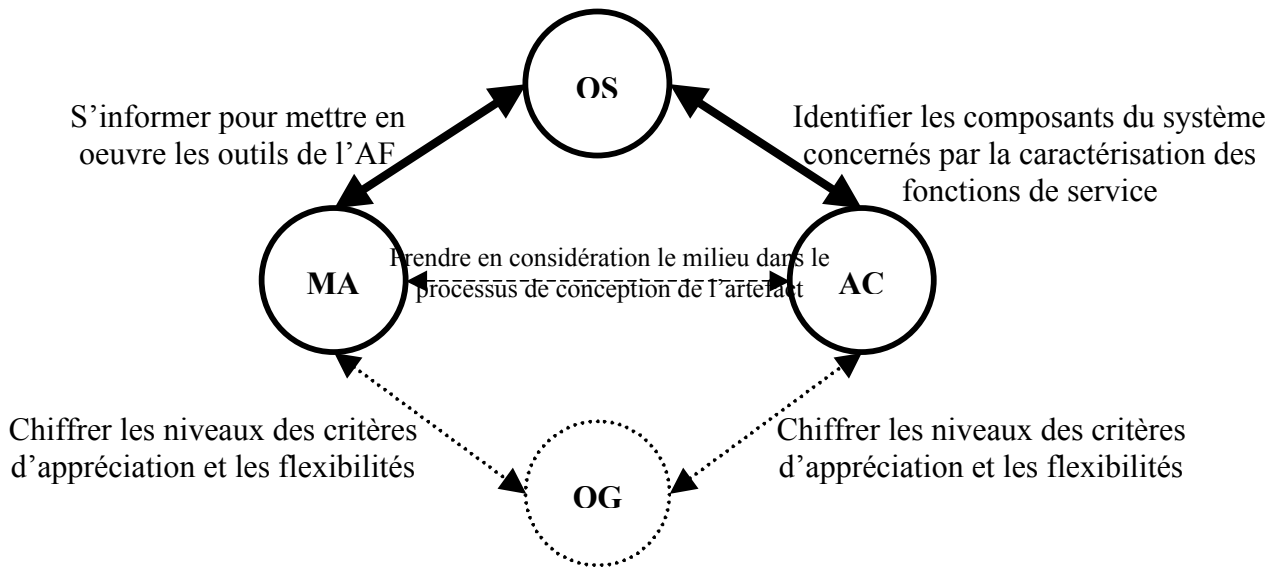


Figure n°54 : schéma représentant l'évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service »

2.1.3- L'analyse fonctionnelle FAST⁴¹

L'analyse de la phase de travail des apprentis nommée « analyse fonctionnelle FAST » montre qu'au fur et à mesure que les apprentis progressent dans l'exécution de la tâche de reconception du CAI, la distinction des séries d'opérations - en termes d'orientation, exécution et contrôle - devient de plus en plus difficile. Comme le montre l'actigramme⁴² de cette phase, les segments correspondant aux trois types d'opérations s'alternent avec une grande fréquence et parfois s'interpénètrent. Ainsi, nous avons distingué quatre segments dans l'activité des apprentis, dont les deux premiers comportent différents types de séries d'opérations : le premier segment est composé des séries d'opérations successives et courtes d'orientation, de contrôle et d'exécution ; le second segment est composé des séries d'opérations de contrôle et d'orientation.

Séries d'opérations d'orientation - contrôle – exécution : les apprentis ont entamé cette phase par une très courte série d'opérations d'orientation. En effet, les apprentis ont lu l'énoncé de cette phase, puis ils se sont informés auprès du formateur par rapport à la procédure à suivre pour établir le FAST dans le cas d'une démarche de conception. Après avoir choisi la phase du cycle de vie du système à considérer, ils se sont arrêtés pour une courte série d'opérations de contrôle et ainsi vérifier leur choix en demandant au formateur. Les apprentis ont entamé ensuite une longue série d'alternances entre orientation et exécution.

⁴¹ Function Analysis System Technique

⁴² voir annexe n°10.

Ils ont mobilisé en parallèle les catégories AC et OS. Ainsi, tout en analysant la structure et le principe de fonctionnement du système (PO et CA), ils ont mis en œuvre la procédure pour compléter le FAST (PF) en commentant leurs opérations (CI). Voici quelques échanges des apprentis durant cette série d'opérations :

« AC: qu'est ce qu'il a écrit là »

« AG: la liaison étanche et démontable »

« AT: amener le fluide par énergie mécanique (po) (pf) (ci) »

« AC: tu n'as pas compris ce qu'on veut dire »

« AT: marques énergie mécanique, en dessous tu mets énergie magnétique (ci) »

« AG: il ne faut pas faire du copier coller bêtement! »

« AC: je n'ai pas dit qu'il faut copier coller bêtement »

« AT: ensuite tu mets énergie magnétique (ci) (pf) »

Les apprentis, avant de reprendre la réalisation du FAST et les commentaires de leurs opérations, se sont arrêtés un moment pour discuter la répartition des tâches pour la suite du travail (MA).

Séries d'opérations de contrôle – orientation : les apprentis ont entamé ces séries par une discussion entre eux puis avec le formateur pour vérifier le FAST qu'ils ont réalisé. Pour proposer des principes opératoires pour le système à concevoir, ils ont mobilisé, quasiment en parallèle, les deux catégories AC et OS. Ils ont mobilisé ensuite la catégorie OG à l'occasion de la définition de la température de fonctionnement du système au cours du contrôle du FAST. Les apprentis ont repris leurs propositions concernant le principe opératoire du système à concevoir avant que le formateur n'intervienne (MA) pour corriger la formulation de certains principes opératoires proposés et leur organisation à l'aide du FAST. Par la suite, et en prolongement des opérations des séries précédentes, ils ont mis en œuvre et commenté la procédure FAST tout en analysant la structure et le fonctionnement du système (AC et OS) :

« AS: j'ai l'impression qu'on a une hiérarchie commune pour mécanique, thermique .. (ci) »

« Pr.: je pense que c'est lié à votre cursus de mécanicien. (cp) »

« AS: en fait à la place de turbine on aurait du faire rotation? (pf) (ci) »

« Pr.: on aurait du mettre la propriété. C'est à dire une variation de pression, une variation de volume, une variation de vitesse...(ci) (pf) »

Dans la suite de ces séries d'opérations, les apprentis ont alterné la mobilisation des ensembles de catégories OS et MA.

Série d'opérations de contrôle : dans cette série les apprentis ont mobilisé les trois catégories de savoirs : OS, AC et OG avec une prépondérance nette de la première catégorie. En effet, les apprentis ont présenté un compte rendu de la phase en cours au formateur :

« Pr.: vous êtes à la fin de la deuxième partie. Vous avez fait le diagramme des interacteurs ?
(pf) (ci) »

« AT: nous avons fait l'analyse fonctionnelle du besoin, les contraintes et on est arrivé .. (pf)
(ci) »

« Pr.: vous avez identifié les phases de .. »

« Pr.: vous avez notifié chacun des points, ensuite vous avez vérifié .. »

« AC: nous avons avancé sur .. »

« Pr. d'autant plus que ... j'essaie de voir ce que vous avez fait ... ça ce sont des fonctions de service, je ne sais pas comment vous l'avez expliqué vous.(pf) (ci) »

« AT: .. Il y a des fonctions de service et des contraintes.(ci) »

« Pr.: le vocabulaire change.. Une contrainte est une limitation imposée à liberté du concepteur .. La fonction F1 c'est quoi ? (ci) »

Série d'opérations d'orientation : vers la fin de la phase « analyse fonctionnelle FAST », le formateur intervient pour donner un exemple concernant la mise en œuvre des outils de l'analyse fonctionnelle pour, d'une part, identifier les fonctions de service et les caractériser et, d'autre part, pour identifier les surfaces fonctionnelles correspondant à chaque fonction de service et quantifier les jeux entre ces surfaces en s'appuyant sur le système en tant que support d'explication et d'analyse. Les apprentis et le formateur ont ainsi mobilisé les trois catégories : AC, OS et brièvement la catégorie OG.

Ainsi, nous pouvons dire que l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs au cours de cette phase de l'exécution de la tâche de conception peut être représentée par le schéma suivant :

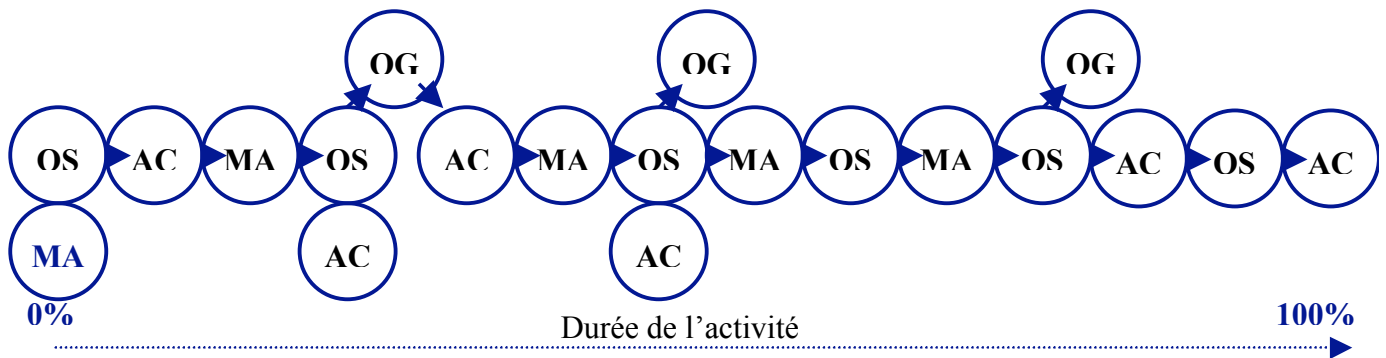


Figure n°55 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service »

Concernant la répartition des fréquences d'occurrences des différentes catégories de savoirs, nous l'avons mise en évidence comme l'indique le tableau suivant :

| Analyse fonctionnelle : FAST | Milieu de Fonctionnement (MA) | | Produit Industriel (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | Ordre de Grandeur (OG) | | Total |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------|--------|----------------------|--------|-------|--------|------------------------|-------|---------|
| | COH | CM | PO | CA | MTh | CI | CP | PF | OGD | OGP | |
| Occurrences des catégories de savoirs | 29 | 1 | 58 | 62 | 2 | 118 | 2 | 74 | 3 | 1 | 350 |
| | 8,29% | 0,29% | 16,57% | 17,71% | 0,57% | 33,71% | 0,57% | 21,14% | 0,86% | 0,29% | 100,00% |

Tableau n°34 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle FAST »

Nous constatons que les deux catégories les plus présentes dans l'activité des apprentis sont successivement OS (56%) et AC (34%). En troisième position, en terme de mobilisation, vient MA (8%). Quant à la catégorie OG, sa fréquence d'occurrence dépasse de peu le 1% du nombre d'occurrences de toutes les catégories pendant cette phase. Ainsi, nous pouvons dire que la mobilisation des catégories de savoirs par les apprentis au cours de cette phase était principalement une alternance entre les deux catégories OS et AC. Dans le premier cas pour établir le FAST et dans le second pour étudier le fonctionnement du système existant et en proposer de nouvelles solutions ; et secondairement des deux catégories MA pour s'informer auprès du professeur ou pour réorganiser la répartition des tâches, puis OG pour prendre en considération les conditions de fonctionnement du système lors de la proposition de nouvelles solutions. L'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs au cours de l'activité est alors selon le schéma suivant :

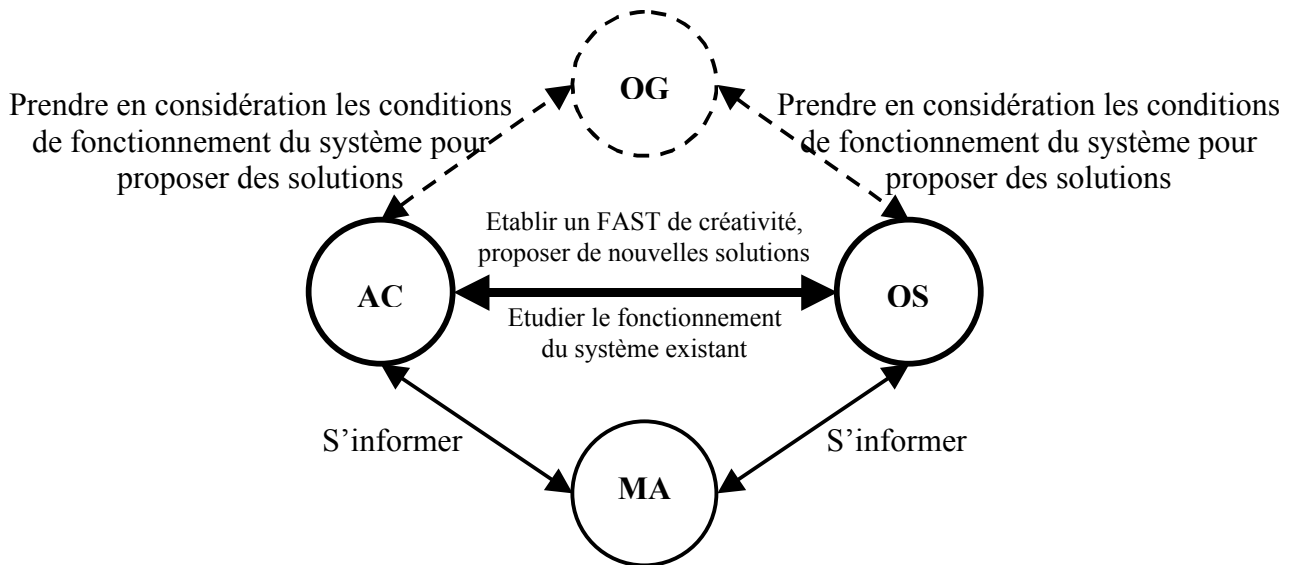


Figure n°56 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle FAST »

2.1.4- L'analyse fonctionnelle TAF⁴³

Comme dans la phase précédente, l'activité des apprentis était centrée plus sur la mise en œuvre d'un autre outil d'analyse fonctionnelle, qui est le tableau d'analyse fonctionnelle (TAF), que d'étudier la conception et la re-conception d'un système. D'autre part, comme pour la phase précédente, il nous a été difficile de distinguer des séries d'opérations d'une façon nette en termes d'orientation, exécution et contrôle. Souvent, une série d'exécution, par exemple, est interrompue par de très courtes séries d'orientations ou de contrôle. En nous appuyant sur l'actigramme de cette phase, et en considérant les séries prépondérantes, nous avons segmenté cette dernière en quatre séries d'opérations.

Séries d'opérations d'orientation : les apprentis et le formateur ont d'abord lu les documents de l'énoncé de la tâche. En prenant le graphe des liaisons du système étudié comme support, le formateur a expliqué que le TAF et la détermination des conditions fonctionnelles entre les surfaces fonctionnelles « ça se fait en parallèle ». Les apprentis ont recherché, d'une façon continue, à « appliquer » une démarche systématique qu'il auraient apprise en cours, ce qui a poussé le formateur à insister sur le fait que :

« Pr. : Il ne faut pas croire qu'il y a une solution que l'on peut atteindre par une démarche .. et puis il n'y a jamais une solution unique, vous avez déjà regardé ça (la méthode simplifiée de

⁴³ Tableau d'Analyse Fonctionnelle

cotation tridimensionnelle) ? Donc il y a des étapes, des syntaxes...ça va c'est clair ? Et puis essayez de planifier les tâches, vous avez un plan ? vous l'avez fait ? Faites voir ... »

Dans cette première série, les apprentis ont alterné la mobilisation des catégories OS (la procédure pour établir le TAF (PF) et les considérations pratiques (CP) (expliquées par le formateur et qui font qu'il n'y a pas une démarche systématique) et MA (la recherche d'informations auprès du formateur et l'organisation de la suite de la phase (COH)).

Séries d'opérations d'exécution - orientation : les apprentis ont commencé par compléter le TAF en cherchant les informations nécessaires sur le graphe des liaisons dessiné au tableau ou en analysant directement le fonctionnement du système. Ainsi, les apprentis ont mobilisé principalement, et d'une façon simultanée, les catégories OS et AC et secondairement la catégorie MA. Il n'y a pas d'ordre en ce qui concerne le passage d'une catégorie à l'autre comme le montre l'actigramme⁴⁴ de cette phase. Voici quelques échanges qui ont accompagné l'établissement du TAF :

« AC: ah non ici c'est le Cy2 (une surface) (pf) »

« AT: bien joué »

« AC: c'est tout? »

« AS: la pression sur la vis, l'effort de serrage.. C'est le couple de serrage (ci) (pf) »

« AC oui mais tu as la pression de la tête de la vis ..le couple tu peux le quantifier (ci) »

« AS: comment tu fais pour .. »

« AC: ben une clé dynamométrique ... donc je mets couple de serrage (ci) »

« AS: est ce que tu as mis des choses pour la sollicitation des vis? En tout cas là, tu as pression, RDM, (ci) »

« AC: d'accord si tu veux »

« AS: non c'est ce que nous avons mis »

« AC: ok ! Donc je mets quoi .. pression ? (ci) »

« AS: couple maximum et pour comment rdm (ci) »

Séries d'opérations de contrôle : les apprentis ont marqué des moments de contrôle de leur activité, parfois à la demande du formateur, comme dans le cas de cette série d'opérations de

⁴⁴ Voir annexe n°10.

contrôle. En effet, le formateur voulait vérifier la démarche des apprentis pour compléter le TAF. Ceci a permis aux apprentis de poser des questions aux formateurs pour dépasser leurs difficultés. Les échanges suivants illustrent cette série d'opérations :

«ZI: s'il y a une chose que je n'ai pas tout à fait suivi, il y a ça.(le taf) (pf) »

« AB: la deuxième ligne c'est transmet ... sur le joint.. (pf) (po) »

« AM: en même temps ça transmet une pression sur le joint pour empêcher le passage du fluide (po) (ca) »

«AS: notre question c'est que ici (une case du taf), il y a une surface qui intervient, on se demandait si on l'avait pas oublié dans l'autre tableau (pf) »

« ZI: c'est quoi comme surface (ca) »

« AS: c'est la surface gauche (ca) »

« ZI: c'est pas une surface de contact, mais, c'est une surface fonctionnelle (ca) (ci) »

« AS: mais c'est un contact entre guillemets, contact physico chimique (ci) »

« AT: ah on a pas fait les contacts physico chimiques, les traits en pointillés on les a pas fait. (ci) »

«ZI: c'est à vous de choisir (PPMS) »

« AT: comment ça à nous de choisir ? »

Les apprentis ont donc mobilisé, d'une façon simultanée, trois catégories de savoirs. La catégorie OS, en particulier la procédure à suivre pour compléter le TAF (PF) ; la catégorie AC, en particulier PO et CA pour identifier les composants et les surfaces fonctionnelles nécessaires pour compléter le TAF ; la catégorie MA, en particulier COH, pour s'informer auprès du professeur et en cherchant dans différentes ressources documentaires.

Nous pouvons schématiser l'évolution de la mobilisation des différentes catégories au cours de l'exécution de la phase « analyse fonctionnelle TAF » par le schéma suivant :

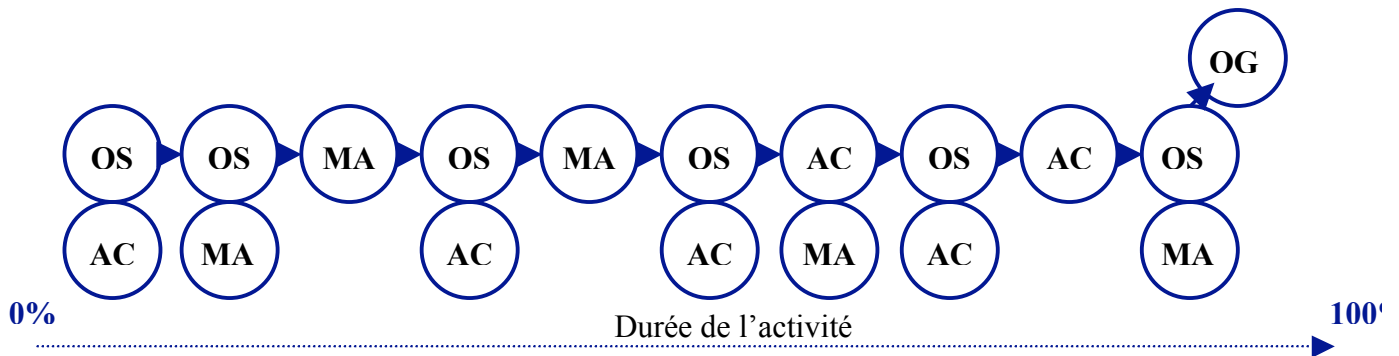


Figure n°57 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF »

Nous notons que les différentes catégories de savoirs ne sont pas présentes, en termes d'occurrences, dans l'activité des apprentis de la même façon. Le tableau suivant présente les occurrences des différentes catégories au cours de cette phase d'exécution de la tâche de conception du système.

| Analyse fonctionnelle: TAF | Milieu de l'Artefact (MA) | | | Artefact à Concevoir (AC) | | | Objets Simulant (OS) | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | | Total |
|---------------------------------------|---------------------------|----|----|---------------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|----|-----|------------------------|------|-------|
| | COH | CM | PO | CA | MTh | CI | CP | PMS | PF | PA | OGD | OGP | | |
| Occurrences des catégories de savoirs | 44 | 2 | 26 | 96 | 4 | 77 | 6 | 2 | 105 | 3 | 2 | 2 | 369 | |
| | 12% | 1% | 7% | 26% | 1% | 21% | 2% | 1% | 28% | 1% | 1% | 1% | 100% | |

Tableau n°35 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF »

Ce tableau montre alors que, par ordre de présence dans l'activité des apprentis, il y a d'abord la catégorie OS (54%) dont 21% sont des commentaires qui ont accompagné ou guidé les opérations des apprentis et 28% correspond à la mise en œuvre des outils de l'analyse fonctionnelle ; la catégorie CA (33%) dont 26% correspond à l'analyse de la structure du système en vue d'identifier les composants ou surfaces fonctionnelles pour compléter le TAF ; la catégorie MF (13%) dont 12% correspond à la recherche d'informations ou la réorganisation de l'activité des apprentis ; et enfin la catégorie OG très peu présente avec 2% de la fréquence d'occurrence de toutes les catégories au cours de la phase « analyse fonctionnelle TAF ».

Aussi, pouvons-nous réduire les séries d'opérations des apprentis au cours de cette phase à l'alternance entre, d'une part, la mise en œuvre des outils de l'analyse fonctionnelle (OS) en parallèle avec la recherche des composants ou surfaces fonctionnelles du système étudié (AC) et d'autre part, le recours aux documents ou au formateur pour chercher les informations

nécessaires pour compléter le TAF ou pour contrôler leur progression (MA). Nous proposons le schéma suivant pour cette phase :

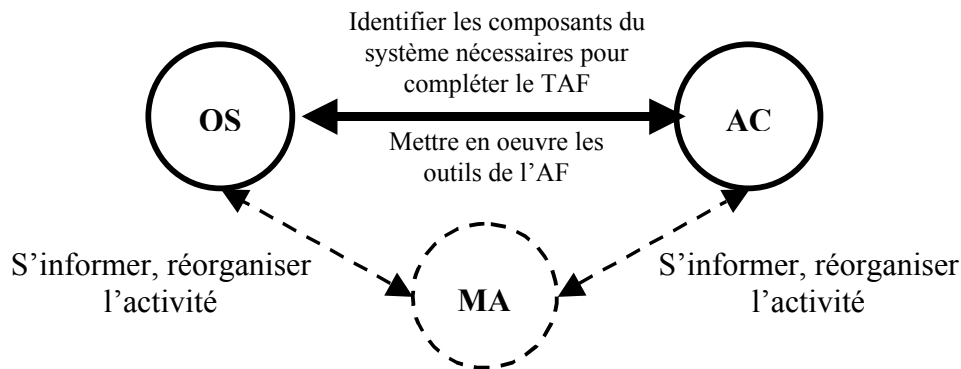


Figure n°58 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF »

2.1.5- La cotation fonctionnelle

Concernant la phase « cotation fonctionnelle », nous analysons l'activité des apprentis, en termes de catégories de savoirs mobilisées, de la façon suivante :

Série d'opérations d'orientation : l'activité des apprentis a débuté par une courte série d'opérations d'orientation, au cours de laquelle les apprentis ont fixé une démarche pour effectuer la cotation fonctionnelle d'un composant du système étudié. C'est ce qui est illustré par les échanges suivants entre deux apprentis :

AT: ça suffit (deux éléments dessinés) on va faire ce qu'on a (coh)

AB : on fait le tout et après on détaille (coh)

AT: je pense qu'il faut suivre le tableau (TAF) ligne par ligne. (pf) (coh)

Il s'agissait alors de planifier la phase de cotation fonctionnelle, ce qui a amené les apprentis à puiser dans la catégorie MA et en particulier COH : organiser leur activité dans cette phase.

Série d'opérations d'exécution-contrôle : les apprentis ont enchaîné par une série d'opérations d'exécution, où ils ont commencé par modéliser les liaisons entre les différents composants du système puis discuter le choix entre différentes méthodes (méthode des torseurs et méthode tridimensionnelle simplifiée) pour aboutir aux spécifications fonctionnelles concernant un composant du système. C'est à cette occasion qu'il ont eu recours au formateur pour les aider dans ce choix. Ainsi, les apprentis ont mobilisé d'une façon simultanée d'une part la catégorie OS et AC.

Série d'opérations d'orientation : les apprentis ont abordé ensuite une longue série d'opérations d'orientation pour discuter le choix entre une démarche « systématique » (PF) apprise dans le cours, et une démarche à construire à partir des démarche acquises dans le cours et en fonction du cas étudié une démarche propre (PPMS). Le professeur a largement participé à cette discussion et a expliqué aux apprentis que :

« La cotation exprime le choix du concepteur.. Et là on fait le travail du détective, c'est à dire on cherche à savoir comment le concepteur a fait pour arriver à ce choix là. Et la démarche c'est de faire ça et puis prendre la décision. Ça fait partie de votre expertise, de vos connaissances de prendre des décisions. Plutôt c'est comme ça qu'il faut le voir que de dire comment j'arrive à ça. La méthode ne remplace pas la prise de décision, elle permet de prendre des décisions en transmettant les choix qui ont été faits, les arguments... (ci) (pc) »

Dans cette série les apprentis ont mobilisé d'abord la catégorie de savoirs AC en analysant le fonctionnement et la structure du système, puis la catégorie OS discutant collectivement avec le formateur la mise en œuvre des procédures formalisées issues de la pratique.

Série d'opérations de contrôle : après une succession de séries très courtes d'opérations de contrôle, d'exécution puis d'orientation, les apprentis ont marqué un arrêt⁴⁵ pour contrôler ce qu'ils ont réalisé dans le cadre de la phase « cotation fonctionnelle ». Ils ont vérifié en particulier les calculs qu'ils ont faits pour quantifier les spécifications fonctionnelles selon la méthode des torseurs. Deux apprentis sont partis discuter leurs choix avec leur tuteur enseignant, pour dépasser le blocage qu'ils ont eu à cause de l'hésitation entre « la méthode systématique », qui permet d'arriver au résultat par une « simple application » de cours, et la méthode proposée par le formateur et qui est à construire. L'analyse des interactions des apprentis a mis en évidence que les apprentis ont mobilisé les catégories OS et MA. L'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs est schématisée sur l'actigramme⁴⁶ de la phase « cotation fonctionnelle ». Nous reprenons cette schématisation comme suit :

⁴⁵ Une série d'opérations de contrôle.

⁴⁶ Voir annexe n°10.

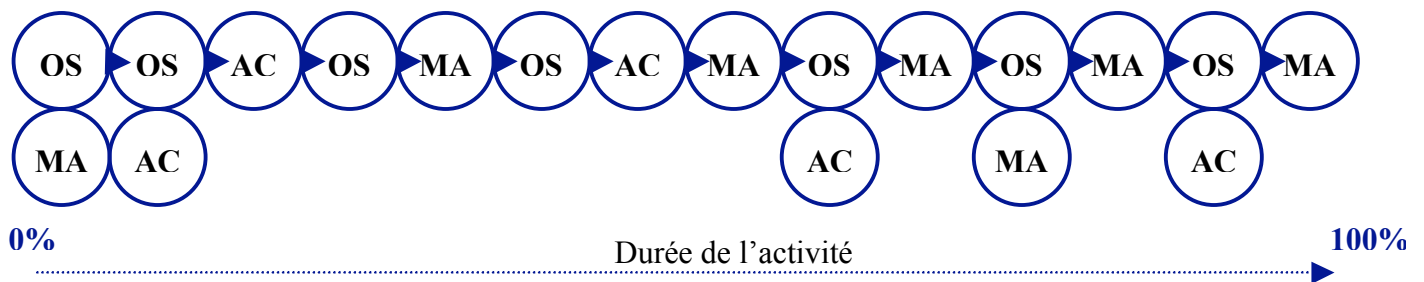


Figure n°59 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « cotation fonctionnelle »

Les fréquences d'occurrence des différentes catégories durant cette phase est donnée par le tableau suivant :

| Cotation fonctionnelle | Milieu de l'Artefact (MA) | Artefact à Concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | | Total |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|----------------------|-----|----|-----|-----|----|-------|
| | COH | PO | CA | MTh | CI | CP | PMS | PF | PA | |
| Occurrences des catégories de savoirs | 36 | 19 | 53 | 35 | 89 | 10 | 19 | 61 | 3 | 325 |
| | 11% | 6% | 16% | 11% | 27% | 3% | 6% | 19% | 1% | 100% |

Tableau n°36 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service »

Nous mettons en évidence, à travers ce tableau, la prépondérance de la mobilisation de la catégorie OS par rapport aux autres catégories mobilisées pendant l'activité des apprentis. En effet, cette catégorie constitue 67% des occurrences de toutes les catégories de savoirs mobilisées au cours de cette phase « cotation fonctionnelle ». Nous soulignons l'apparition des sous-catégories considérations pratiques (CP), procédure plus ou moins structurée (PPMS) et procédure en acte (PA). CP représente 3% de la catégorie OS et correspond aux discussions, et aussi aux difficultés, que les apprentis ont eues par rapport au choix entre la méthode des torseurs et celle tridimensionnelle simplifiée pour coter fonctionnellement un composant du système. PPMS représente 6% et correspond aux tentatives du professeur de convaincre les apprentis de construire, à partir des outils de l'analyse fonctionnelle dont ils disposaient, leur propre démarche. Quant à PA, elle est peu mobilisée et représente 1% des occurrences de la catégorie OS. Nous avons repéré peu d'opérations où les apprentis ont résolu des problèmes dans l'action.

En conclusion, nous constatons que les catégories les plus présentes dans l'activité des apprentis sont, par ordre décroissant, en termes d'occurrences, sont OS, AC et MA. Aussi, réduisons-nous le schéma précédent en mettant en avant l'alternance principale entre les catégories OS (pour Choisir et mettre en œuvre des méthodes de cotation fonctionnelle) et AC

(pour identifier les contacts entre la pièce à coter et les autres composants du système), et le retour, secondaire, à la catégorie MA. Ainsi, nous retenons le même schéma que pour la phase précédente :

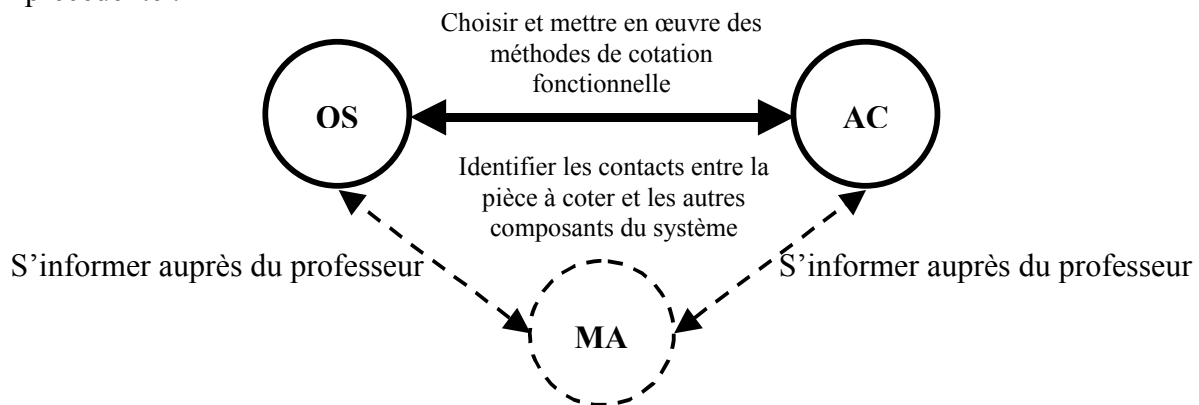


Figure n°60 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « cotation fonctionnelle »

2.2- Analyse des modalités de mobilisation des savoirs dans l'activité de conception du processus d'industrialisation du CAI

L'objectif de la conception du processus d'industrialisation est réduit ici à l'étude des procédés d'obtention de la pièce CAI. Après avoir étudié et réalisé par moulage par injection un prototype du CAI, les apprentis ont étudié le procédé d'obtention par usinage de plusieurs surfaces fonctionnelles en simulant les conditions d'usinage de la pièce à l'aide du logiciel CATIA et en validant le modèle numérique obtenu par des essais sur un banc d'extensométrie.

2.2.1- La phase extensométrie « calcul »

Nous ne présentons ici que quelques séries d'opérations, correspondant à l'activité des apprentis dans la phase « extensométrie calcul », vu le grand nombre de séries que nous avons distinguées sur l'actigramme⁴⁷ de cette phase. L'objectif étant de mettre en évidence l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs par les apprentis au cours de cette phase. Comme pour les phases précédentes, nous retenons les séries prépondérantes dans l'activité des apprentis, et qui sont relativement longues⁴⁸ en termes de durée.

⁴⁷ voir annexe n°10.

⁴⁸ Nous avons choisi les séries dont les durées sont supérieures à 3% du temps global de la phase considérée et qui ne se superposent pas à d'autres séries plus longues.

Série d'opérations d'orientation : les apprentis ont entamé cette nouvelle phase, qui se centre plus sur le processus de fabrication que sur le composant à fabriquer, par la répartition des tâches et la planification de leurs actions. Nous illustrons ceci par les échanges suivants :

« AT : il faut voir d'abord les différentes responsabilités sur le document. (coh) »

« AG : il y a deux cas tests (pf) (ci) »

« AT : oui, modéliser et calculer (ci) »

« AC : mais vous avez la gamme (ci) »

« AG : il est malade, il dit puisque c'est la CAI donc vous avez la gamme; mais non, ce n'est pas la gamme (ci) (ca) »

« AT: c'est pareil, on peut mettre des priorités...parce qu'il y a ceux qui ne veulent pas. (coh) »

Les apprentis ont ensuite discuté les termes de l'énoncé pour comprendre ce qui leur est demandé :

« AB : la différence entre le cas test et simulation d'usinage c'est quoi? (ci) (pf) »

« AT : je crois que c'est par rapport à la gamme de fabrication (ci) »

« AB : et le cas test ? (ci) »

« AG : non non, modélisation cas test c'est le gars qui va dire comment modéliser s'il y a déformation ou déplacement déjà...la simulation pour arriver pour arriver à un modèle.. fin, faire avec l'expérience que l'on va faire (ci) »

Ces discussions ont continué avec l'intervention des formateurs qui ont encadré les semaines thématiques et qui ont précisé les conditions matérielles dans lesquelles va se dérouler cette phase. Ils ont apporté par la même occasion des réponses aux questions des apprentis par rapport à l'énoncé de la tâche. Après un arrêt de quelques minutes, les discussions entre les apprentis en ce qui concerne l'enchaînement et la dépendance des étapes ont repris :

« AT : tu as deux phases: définir le protocole expérimental (en lisant sur son document), ensuite tu fais la modélisation d'usinage.. Eux ils font le maillage ok? A partir de ça, on va faire la modélisation de l'usinage .. Donc définition du maillage le plus approprié, ce qui va te donner l'emplacement des rosettes. (pf) (ci) »

« AM : donc on est d'accord que AC n'a pas un truc tout à fait indépendant. (pf) (coh) »

« AT c'est la galère quoi ! »

Au terme de cette série d'opérations d'orientation, les apprentis ont préparé l'étape de modélisation des actions de coupe sur CATIA.

Nous constatons que dans cette série les apprentis ont mobilisé principalement les catégories de savoirs MA (COH et CM) pour s'informer et planifier leur tâche ; et OS (CI, Mth, CP et PPMS) pour comprendre et formaliser leur planification de la tâche.

Série d'opérations d'exécution : cette série d'opérations concerne la modélisation de l'effort de coupe au cours de l'usinage d'une surface fonctionnelle du composant à réaliser. C'est donc une simulation du fraisage de cette surface. Les apprentis avaient à choisir le type de maillage de la structure modélisant le composant, la valeur et la représentation sur CATIA de l'effort de coupe et l'emplacement de cet effort de coupe. Voici quelques échanges entre les apprentis qui illustrent cette série :

« AB : ça va être chaud sur la machine (l'essai) de refaire le même que ça (les points d'application). On enregistre ça.. (pf) (ci) »

« AG : je me met en 4 parabolique (type de maillage) (mth) (ci) »

« AB moi, je suis en 2 linéaire.. Alors la force distribuée, on la met comment ? Pareil ou on met 2000N. (ci) (mth) (ogd) »

Les savoirs mobilisés dans cette série sont essentiellement ceux de la catégorie OS : Mth qui correspond à l'utilisation du logiciel CATIA pour représenter l'effort de coupe, calculer les contraintes dans zone chargée du composant à usiner et en représenter la répartition ; PA qui correspond mise en œuvre des différentes fonctionnalités du logiciel CATIA en le découvrant dans l'action et sans une formation préalable.

Série d'opérations de contrôle : les apprentis ont eu recours à deux reprises aux autres groupes et au formateur pour vérifier la modélisation qu'il ont choisie. Comme dans la série précédente, les apprentis ont mobilisé les savoirs renvoyant à la catégorie OS : AP et Mth.

Dans la suite de cette phase, les séries ont été successivement des opérations d'orientation, de contrôle et d'orientation, avec deux séries très courtes d'exécution. Ces séries ont concerné la simulation d'usinage d'un composant du système étudié à l'aide de CATIA ; le choix, la représentation et le calcul de l'effort de coupe à l'aide de CATIA et enfin, l'intervention du formateur pour expliquer le déroulement de la validation expérimentale du modèle numérique à l'aide du banc d'extensométrie. Les catégories de savoirs mobilisées sont principalement OS, MA et secondairement OG. Nous constatons ici la quasi absence de la catégorie AC.

L'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs au cours de la phase « extensométrie : calcul » peut être représentée par le schéma suivant :

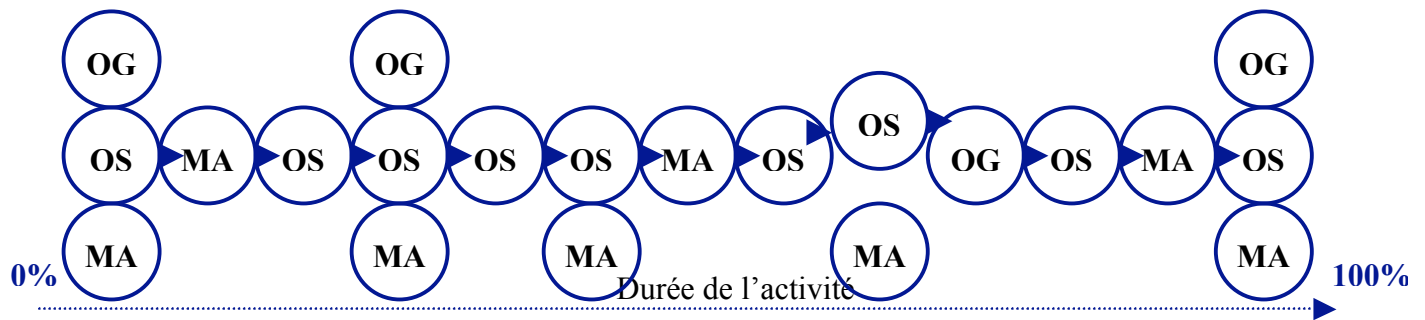


Figure n°61 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »

Une première lecture de ce schéma nous permet de dire que l'évolution des catégories de savoirs mobilisées par les apprentis est une alternance entre d'une part OS et MF mobilisées simultanément et, d'autre part, MF et OS mobilisées successivement. La catégorie OG est constamment présente dans l'activité des apprentis mais d'une façon moins importante que les deux autres. Le tableau suivant donne plus de précision sur la présence des différentes catégories en termes de fréquences d'occurrences :

| Extensométrie : calcul | Milieu de l'Artefact (MA) | | Artefact à Concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | Total |
|---|---------------------------------|----|---------------------------------|----|----------------------|-----|----|------|----|----|------------------------------|-------|
| | COH | CM | PO | CA | MTh | CI | CP | PPMS | PF | PA | OGD | |
| Occurrence des catégories de savoirs | 77 | 20 | 8 | 4 | 104 | 112 | 27 | 16 | 28 | 12 | 13 | 421 |
| | 18% | 5% | 2% | 1% | 25% | 27% | 6% | 4% | 7% | 3% | 3% | 100% |

Tableau n°37 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »

Ainsi, la catégorie de savoirs la plus présente dans l'activité des apprentis est OS (72%) dont 27% de commentaires des différentes opérations des apprentis et 25% correspondant à la mise en œuvre du logiciel CATIA pour simuler le comportement d'un composant en usinage. Cette catégorie a comporté aussi les sous-catégories CP (6%), PPMS (4%), PF (7%) et PA (3%) qui correspondent tous à des savoirs « pratiques », plus ou moins formalisés ou en action. La seconde catégorie la plus présente dans l'activité des apprentis est MA (23%) qui correspond d'une façon principale à la recherche d'informations auprès du professeur, et secondairement, à la planification de l'exécution de la tâche. Vient ensuite la catégorie OG (3%) peu mobilisée par rapport aux deux premières catégories mais plus présente dans cette phase par rapport aux précédentes. Enfin, il y a la catégorie AC (3%) quasiment absente comparée aux phases

précédentes. Nous pouvons alors réduire le schéma précédent de l'évolution de la mobilisation des catégories de savoirs par les apprentis par le schéma suivant :

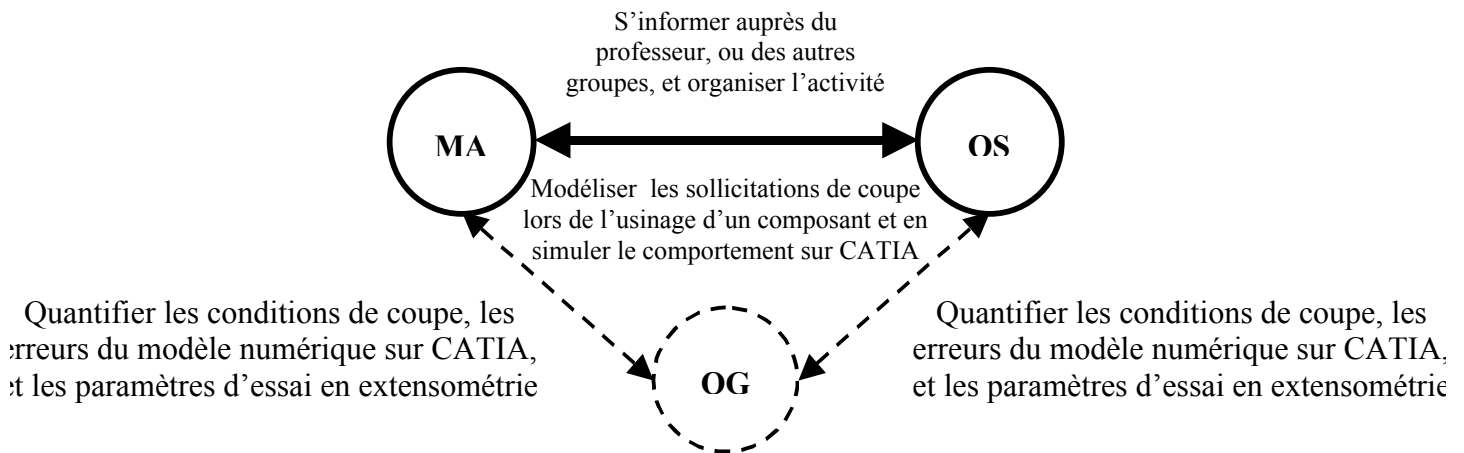


Figure n°62 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »

Ainsi, nous considérons que l'évolution de la mobilisation des catégories de savoirs par les apprentis au cours de la phase « extensométrie : calcul » est une alternance entre la mobilisation simultanée et successive des catégories MA (dans le but de chercher les informations qui leur sont nécessaires et d'organiser leur activité) et OS (dans le but de modéliser les sollicitations de coupe lors de l'usinage d'un composant et d'en simuler le comportement sur CATIA). Les apprentis ont eu aussi recours à la catégorie OG pour quantifier les conditions de coupe, les erreurs du modèle numérique de comportement du composant en usinage, et les paramètres d'essai en extensométrie.

2.2.2- La phase extensométrie « TP »

2.2.2.1- Modalités de mobilisation des différentes catégories de savoirs

La spécificité de cette phase tient au fait que c'est une activité « pratique », une activité de conception d'un processus de fabrication. Elle consiste à valider expérimentalement le modèle numérique choisi à l'aide du logiciel CATIA avant de la retenir pour simuler le comportement d'un composant du système pendant l'usinage. En effet, au cours de la phase « extensométrie : calcul », les apprentis ont modélisé le composant étudié numériquement⁴⁹ et en ont représenté la répartition des contraintes, dans la structure numérique obtenue, dans les

⁴⁹ En choisissant une structure numérique ou maillage.

conditions de chargement les plus défavorables. La représentation de la répartition des contraintes à l'aide du logiciel CATIA a permis, en particulier, de situer la zone critique où la contrainte est maximale. Ce résultat a guidé les apprentis à choisir l'emplacement des rosettes d'extensométrie qui vont détecter les déformations du composant sous des chargements successifs. La validation du modèle numérique consiste alors à comparer les répartitions des contraintes dans la zone critique obtenues à l'aide du logiciel CATIA et celles obtenues grâce au banc d'extensométrie.

Nous avons représenté cette phase sur un actigramme⁵⁰, ce qui nous a permis de mettre en évidence l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs sous la forme d'une succession de séries d'opérations. Nous en présentons dans la suite les quatre premières.

Série d'opérations d'orientation : cette phase a démarré par une intervention du formateur pour expliquer le déroulement de l'essai expérimental d'extensométrie. Le formateur a présenté d'une part l'environnement matériel de l'essai expérimental (presse de chargement, montage de bridage, pont d'extensométrie, rosettes, produits pour coller les rosettes, logiciel de pilotage de la presse). D'autre part, il a expliqué les principes physiques et mécaniques du pont d'extensométrie et les caractéristiques cinématiques et dynamiques de la presse.

Les apprentis ont donc mobilisé lors de la première série de préparation de cette phase les catégories MA, OS et OG.

Série d'opérations d'exécution : un premier segment de l'exécution de la tâche au cours de cette phase était de coller les rosettes sur le composant et monter le montage de bridage sur la table de la presse. Les apprentis ont mobilisé les catégories de savoirs MA et OG en posant des questions au formateurs et aux autres groupes et en préparant leur compte rendu, et la catégorie OS en situant la zone de chargement, en y fixant les rosettes et en bridant la pièce sur la table de la presse.

Série d'opérations de contrôle : cette série correspond aux vérifications que les apprentis ont mené, aidés par le formateur, avant d'appliquer les charges. Ils ont mobilisé les catégories OS (des savoirs en action) et AC en prenant en considération les caractéristiques géométriques dans le chargement du composant.

⁵⁰ Voir annexe n°10.

Série d'opérations d'orientation : c'est la série « chargement », les apprentis ont recueilli les résultats à l'aide du logiciel de pilotage de la presse. Là aussi, les apprentis ont mobilisé prioritairement les catégories MA et OS, et de façon occasionnelle les catégories AC et OG.

Comme pour les autres phases, en repérant sur l'actigramme de cette phase l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs, nous pouvons la présenter par le schéma suivant :

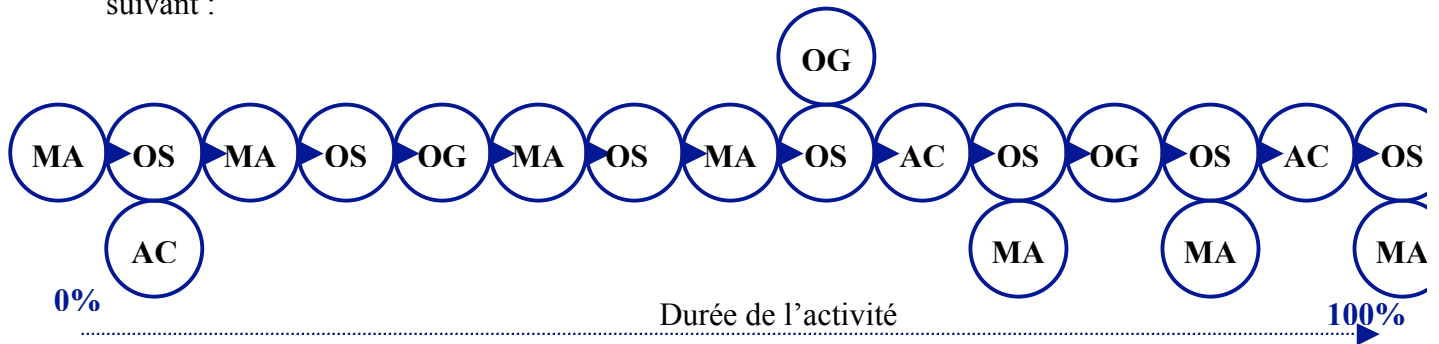


Figure n°63 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie TP »

Ce schéma montre, de prime abord, que l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs au cours de cette phase correspond en premier lieu à une alternance entre MA et OS. L'occurrence des catégories OG et AC étant moins importante. Le tableau suivant nous permettra de montrer ceci avec plus de précision.

| Extensométrie: TP | Milieu de l'Artefact (MA) | | | Artefact à Concevoir (AC) | | Objets Simulant (OS) | | | | | Ordre de Grandeur (OG) | Total |
|--------------------------------------|---------------------------|----|----|---------------------------|----|----------------------|-----|-----|----|-----|------------------------|-------|
| | COH | CM | MD | PO | CA | MTh | CI | PMS | PF | PA | OGD | |
| Occurrence des catégories de savoirs | 34 | 6 | 1 | 1 | 1 | 14 | 16 | 5 | 3 | 37 | 7 | 125 |
| | 27% | 5% | 1% | 1% | 1% | 11% | 13% | 4% | 2% | 30% | 6% | 100% |

Tableau n°38: occurrences des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie TP »

En effet, la catégorie OS est la plus mobilisée avec 60% des occurrences de toutes les catégories pendant cette phase, dont 30% sont des procédures en acte, ce qui reflète la spécificité « pratique » de cette phase. La deuxième catégorie la plus présente dans l'activité des apprentis est MA (32%) dont 27% correspond à la recherche d'information et la préparation du compte rendu de la phase et 5% correspond aux savoirs concernant le matériel disponible pour réaliser les essais d'extensométrie. La catégorie OG est en troisième position avec 6% des occurrences. Quant à AC, elle est pratiquement absente dans l'activité des apprentis (1%), ce qui est paradoxal avec la nature de la phase qui concerne la conception du processus d'industrialisation (l'usinage en fraisage) d'un composant.

L'activité des apprentis correspond ainsi à un « va et vient » constant entre deux pôles : la recherche des informations, pour exécuter la tâche et pour rédiger le compte rendu de la phase, et la compréhension du principe et la mise en œuvre de l'essai d'extensométrie. Pour l'un et l'autre, les apprentis ont dû identifier les paramètres de l'essai d'extensométrie (les caractéristiques cinématiques de la presse, la valeur des charges successives, les facteurs de rosettes). Le schéma précédent devient :

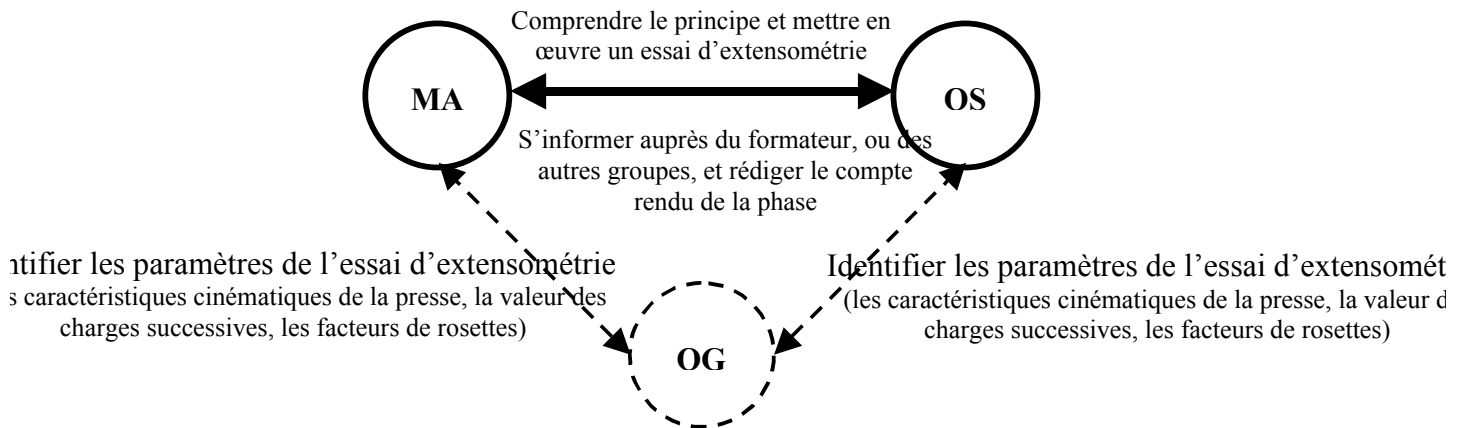


Figure n°64 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »

2.2.2.2- Evolution de la mobilisation des sous-catégories composant la catégorie OS

Nous mettons en évidence ici comment les différentes sous-catégories de savoirs composant la catégorie OS évoluent lors de l'activité de conception, en prenant comme exemple sa phase « extensométrie TP ». Ainsi il ne sera question dans ce paragraphe que de la catégorie OS.

La première série d'opérations d'orientation a été consacrée presque entièrement à l'intervention du formateur. Ce dernier a présenté l'environnement matériel de l'essai expérimental et en a expliqué les principes physiques et mécaniques ainsi que ceux du pont d'extensométrie et la presse. Aussi, les sous-catégories les plus mobilisées sont-elles « Méthodes et théories » et « Concepts Intellectuel » (Mth et CI). Il faut souligner ici que le formateur a expliqué le principe de fonctionnement en suggérant une démarche à suivre pour exécuter l'essai d'extensométrie.

En ce qui concerne la série suivante, qui est une série d'opérations d'exécution, les apprentis l'ont entamée en mobilisant la sous-catégorie « Procédure Plus ou Moins Structuré » (PPMS) :

« AS : oui, je voulais savoir comment fixer la rosette.. (coh) »

« Ga: je ne sais pas, il faut demander à Jc, mais à priori je peux t'aider.. (coh)»

« AS : oui.. »

« Ga: tu prends tous les fils là, là tu prends les deux gris et tu les soudes sur une jauge. Et là tu prends toujours le gris.. Voilà, en fait, tu prend les deux fils (rouge et blanc) de chaque voie, et tu les colles sur tes jauges 1, 2 et 3. (pms) (pa) »

Une fois la démarche acquise, les apprentis ont mobilisé exclusivement la catégorie « Procédure en Acte » (PA) que ce soit pour la fixation de la pièce sur la table de la presse, pour coller les jauges d'extensométries sur la pièce à contrôler ou pour charger la pièce, ce qui est visible sur l'actigramme de cette phase.

Dans la troisième série, qui est une série d'opérations de contrôle, les apprentis ont mobilisé la sous-catégorie Mth (en se référant au modèle numérique du chargement de la pièce) suite à leur difficulté à trouver l'emplacement de la charge par rapport à la rosette, c'est ce que montre la description des opérations suivante :

| | | |
|----------|---|---|
| 01:17:33 | AT : la replace puis la repositionne. (pa) | AB : regardes de ce coté, on est plus près du creux qui permet de laisser l'huile à ... on peut pas aller voir là bas ? |
| 01:18:15 | Reprennent la vérification de la position du chargement sur papier. (coh) (mth) | AG: franchement ... |
| 01:18:28 | Reviennent sur la machine, AT prend la feuille (dessin de la pièce) et vérifie la position de la pièce au mm près. (pa) (mth) | |

Dans la série d'opérations d'exécution, les apprentis reprennent la mobilisation de la sous-catégories PA, ils essaient de fixer la pièce sur la table de la presse avant de lancer le chargement.

Ainsi, nous constatons qu'au sein de la même série d'opérations, les apprentis visant la réalisation d'un même objectif (fixer la pièce sur la table de la presse par exemple), ils mobilisent des sous-catégories de savoirs qui se transforment au fur et à mesure de leur actions. En effet, de la sous-catégorie (PF) concernant la réalisation de l'essai discutée avec le formateur, les apprentis commencent par demander aux autres (CP), puis par adopter une démarche qui s'adapte plus ou moins bien à leur pièce à essayer et à leurs contraintes (PPMS), avant d'intégrer cette dernière dans leur actions (PA).

3- CONCLUSION

Dans ce chapitre nous nous sommes attachés à mettre en évidence la nature des savoirs mobilisés dans une activité académique de conception ainsi que leurs modalités de mobilisation. Ainsi, en ce qui concerne la nature des savoirs mobilisés, nous avons explicité, dans l'analyse globale, les indicateurs qui renvoient aux différentes sous-catégories de la grille d'analyse que nous avons utilisée. Quant aux modalités de mobilisation des savoirs, nous avons mis en évidence dans l'analyse locale l'évolution temporelle des occurrences des catégories de savoirs en utilisant des actigrammes.

3.1- Quant à l'analyse globale

Le tableau ci-dessous montre la répartition des occurrences (ou fréquences d'apparition) des différentes catégories de savoirs pendant toutes les phases de l'activité académique de conception (semaines thématiques). Ces occurrences nous les supposons en corrélation avec la mobilisation des savoirs correspondant.

| Catégories de savoirs mobilisées | MA | AC | OS | OG |
|--|-----|-----|------|----|
| Occurrences des catégories de savoirs dans les activités des apprentis | 323 | 402 | 1260 | 36 |
| | 16% | 20% | 62% | 2% |

Tableau n°39 : occurrences des catégories de savoirs l'activité de conception

3.1.1- Les objets simulants (OS)

La catégorie de savoir la plus mobilisée est OS (62%). Nous avons distingué entre deux types d'indicateurs qui renvoient à cette catégorie. D'une part, ceux qui renvoient à ce que nous considérons comme des savoirs formalisés et que nous avons repérés par les sous-catégories Mth, PF et CI. D'autre part, ceux qui renvoient à ce que nous considérons comme des savoirs non formalisés et que nous avons repéré par les sous-catégories CP (Considérations Pratiques), PPMS (Procédure Plus ou Moins Structurée) et PA (Procédure en Acte).

Concernant les sous-catégories qui renvoient aux savoirs formalisés, nous avons constaté que les apprentis ont fortement mobilisé les savoirs relevant de la sous-catégorie PF (Procédure Formalisée) et qui concernent le principe et les concepts de l'Analyse Fonctionnelle (AF), les conditions d'application de l'AF, ses outils, ses différentes étapes et les difficultés de la démarche. Ce qui montre que la tâche proposée aux apprentis les a amené à se centrer en premier lieu sur les outils de l'analyse fonctionnelle.

En revanche, les apprentis ont mobilisé les savoirs de la sous-catégorie Mth (équations et lois de la mécanique ; méthodes, outils et logiciels de traitement et de représentation des données ; méthodes de calcul numérique) et dont les « équations et lois de la mécanique » en représente 56%.

Quant aux sous-catégories qui renvoient aux savoirs non formalisés, nous avons constaté que ceux qui relèvent de « Concepts Intellectuels » (CI) sont les plus présents dans l'activité des apprentis. Ce que nous expliquons par le fait qu'ils ont été en général mobilisés « par énonciation », c'est à dire, sous forme de commentaires qui préparent, accompagnent ou évaluent les opérations des apprentis. Nous avons relevé aussi que (57%) des savoirs de la sous-catégorie CI relèvent du domaines techniques⁵¹, tandis que (42%) relèvent du domaine scientifique comme nous les avons définis plus haut. En outre, nous avons constaté la quasi-absence des concepts intellectuels qui renvoient au domaine industriel et, par conséquent, la mobilisation exclusive de savoirs « académiques », c'est à dire ceux qui composent les différents blocs du programme académique, qui peuvent être scientifiques ou techniques.

D'autres savoirs non formalisés sont repérés par la sous-catégorie CP. Ce sont des savoirs qui ont été faiblement mobilisés par les apprentis. Ils ont été dominés par les savoirs qui prennent référence sur les savoirs locaux des entreprises. Nous avons remarqué que ces savoirs caractérisent dans l'activité des apprentis des « moments de crise » où les méthodes "générales", "systématiques" et "formalisées" ne sont plus aptes à répondre au problème posé.

Parmi les savoirs que nous avons considérés aussi comme non formalisé, il y a ceux contenus dans les deux sous-catégories PPMS et PA et qui ont été l'expression de la mise en œuvre des savoirs formalisés (PF par exemple) en fonction des caractéristiques du système à concevoir et les conditions matérielles disponibles.

3.1.2- L'Artefact à Concevoir (AC)

La seconde catégorie de savoirs la plus utilisée est AC (20%). Nous avons constaté que les apprentis se sont intéressés en premier lieu aux principes de fonctionnement des différents composants du système pour le re-concevoir. L'étude du fonctionnement du système était ainsi guidée par les différentes étapes et les différents outils de l'Analyse Fonctionnelle.

⁵¹ « Scientifique » et « technique » nous les entendons dans le sens utilisé dans le programme de la formation académique. Voir les différents blocs du programme académique en annexe n°2.

3.1.3- Le milieu de l'Artefact à concevoir (MA)

La troisième catégorie la plus présente dans l'activité des apprentis est MA (16%).

La première sous-catégorie qui représente les savoirs appartenant à cette catégorie est la sous-catégorie COH. Nous avons mis en évidence que ces derniers ont été dominés par le savoir « s'informer » (c'est à dire rechercher des informations auprès du formateur, des autres groupes ou dans des documents) par rapport aux savoirs « s'organiser » et « communiquer ». La seconde sous-catégorie CM a été peu mobilisée dans l'activité des apprentis en termes de nombre d'occurrences. Les savoirs correspondant, c'est à dire les savoirs sur le contexte matériel dans lequel se déroule l'activité, ont été déterminés essentiellement par le système et le matériel fourni pour exécuter la tâche. Nous avons fait la même constatation concernant la troisième sous-catégorie qui est FU. En effet, les opérations et les communications des apprentis renvoyant à cet indicateur, donc les savoirs lui correspondant, sont restées limitées au système étudié et à ses composants.

3.2- Quant à l'analyse locale

Nous avons schématisé l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs dans chacune des phases de l'activité de conception. Ainsi, pour la phase « analyse du besoin », l'activité des apprentis se résume à comprendre et mettre en œuvre les outils de l'analyse fonctionnelle (d'où la relation forte OS et AM). La question fondamentale dans une phase d'analyse du besoin qui est de chercher à analyser l'artefact à concevoir ou à reconcevoir en rapport avec son milieu (extérieur et intérieur) est quasiment absente. Ce qui explique la mise en relation faible entre les deux catégories AC et MA.

Dans la phase « caractérisation des fonctions de service », l'activité des apprentis est restée dans le même schéma précédent. Ainsi, la prise en compte du milieu de l'artefact à concevoir (MA) et le réinvestissement de l'expérience dans la caractérisation (OG) sont restés secondaires. D'autre part, les catégories AC et MA ont été mobilisées dans la plupart des cas pour mettre en œuvre les outils de l'analyse fonctionnelle, si bien que nous les avons appelées des catégories de savoirs « de service » pour la catégorie OS.

Dans la phase « analyse fonctionnelle FAST », les apprentis se sont centrés plus sur la mise en œuvre de l'outil FAST. Ils se sont moins attachés à situer l'outil par rapport à la mise en rapport de son milieu interne et externe (mobilisation des catégories MA). Les mêmes remarques pour la phase « cotation fonctionnelle ».

Quant aux deux dernières phases concernant l'essai d'extensométrie, le constat essentiel que nous avons fait est que dans le raisonnement des apprentis, l'artefact à re-concevoir en même temps que la conception de son processus d'industrialisation ont été évacués au profit d'un problème générique qui consiste à modéliser et calculer un effort de coupe et effectuer le contrôle du comportement de la pièce à usiner en utilisant des jauges d'extensométrie.

3.3- Quant aux ruptures entre les activités académique et industrielle de conception

L'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs et celle des rapports d'alternance, nous ont permis de dégager un ensemble de caractères déterminants de l'activité industrielle de conception. Nous avons observé aussi une activité académique de conception (les semaines thématiques) dont nous avons mis en évidence les caractères essentiels. Dans les deux cas nous considérons que les caractères de l'activité de conception peuvent être concentrés dans les points suivants :

- la visée de l'activité de conception ;
- la situation de l'activité de conception ;
- la nature des savoirs mobilisés ;
- les modalités de leur mobilisation.

Nous retenons ces différents caractères pour repérer les ruptures entre les deux activités de conception académique et industrielle.

3.3.1- Rupture relative à la visée de l'activité de conception

Comme l'annoncent les objectifs⁵² des semaines thématiques, l'activité académique de conception, que nous avons étudiée, a une visée purement de formation. En effet, lorsque nous avons présenté et décrit les semaines thématiques, nous avons mentionné les différents objectifs visés par l'organisation d'une telle activité de conception. La liste des objectifs fixée par les formateurs porte entièrement sur l'acquisition d'un ensemble d'outils et de méthodes du processus de conception qui constituent un corpus de savoirs formalisés, faisant partie du programme⁵³ de la formation académique.

⁵² Voir Partie Quatrième, chapitre 1 (Les objectifs visés par les « semaines thématiques »)

⁵³ voir annexe n°2.

En ce qui concerne l'activité industrielle, nous avons mis en évidence le fait que la tâche qui la détermine a deux visées : une visée prioritaire de production et une visée secondaire de formation. Ainsi, l'activité de l'apprenti ingénieur s'inscrit, selon les tuteurs ingénieurs que nous avons interviewés, dans une stratégie de gestion des ressources humaines des équipes de travail par rapport à des impératifs de production. Quant à la visée de formation en entreprise, elle consiste à aider l'apprenti à s'intégrer dans l'équipe de travail, mettre en œuvre ses acquis académiques et s'approprier le métier, ce qui rejoint la première visée.

La différence des visées des deux situations de formation académique et industrielle implique celle des enjeux et des objectifs et par la suite celle des activités des apprentis. Ce qui constitue un premier aspect de la rupture entre les deux séquences d'une formation en alternance en général.

3.3.2- Ruptures relatives à la situation de l'activité de conception

Nous entendons situation dans le sens de conditions organisationnelles, matérielles et humaines qui déterminent l'activité de l'apprenti ingénieur concepteur. La visée de la tâche industrielle de conception étant dominée par la visée de production, il n'y a pas une organisation de l'activité de l'apprenti de type « pédagogique », c'est à dire le déploiement de moyens dédiés explicitement à des fins de formation. L'organisation qui caractérise l'activité n'est autre que celle spécifique à chaque équipe de travail ou service de l'entreprise. Ce qui implique une diversité des activités de l'apprenti en termes d'organisations de son activité.

Quant à la situation de l'activité académique de conception, elle est caractérisée par une organisation pédagogique⁵⁴ qui vise à mettre l'apprenti dans une situation lui permettant d'acquérir les savoirs inscrits dans le programme de la formation académique. C'est un autre aspect de la rupture entre les deux séquences de formation en alternance.

3.3.3- Ruptures relatives à la nature des savoirs mobilisés

Du point de vue des tuteurs ingénieurs, les savoirs mobilisés dans une activité de conception sont de trois types : des savoirs « relationnels », des savoirs « méthodologiques » et des savoirs scientifiques et techniques. Nous avons explicité ces savoirs en analysant les rapports d'alternance des apprentis en mettant en œuvre la grille d'analyse des savoirs des ingénieurs

⁵⁴ Voir la description des semaines thématiques en annexe n°9.

concepteurs. Ainsi, nous avons constaté que les catégories les plus mobilisées sont respectivement « les objets simulant » OS (55%)⁵⁵, « le milieu de l'artefact » MA (18%) et « l'artefact à concevoir » AC (9%).

La mise en œuvre de la grille d'analyse des savoirs des ingénieurs concepteurs, dans le cas de l'activité académique de conception, nous a permis de mettre en évidence les catégories de savoirs mobilisées. Ainsi, nous avons constaté que les catégories les plus présentes, en termes d'occurrences, dans l'activité des apprentis sont respectivement OS (58%), AC (20%) et MA (15%).

L'examen de la nature des savoirs correspondant aux différentes sous-catégories mobilisées d'une part, dans l'activité académique de conception et, d'autre part dans l'activité industrielle de conception, permet de mettre en évidence des ruptures entre les deux séquences de formation, cette fois en termes de natures des savoirs mobilisés.

En effet, dans l'activité industrielle de conception, nous avons relevé que la catégorie MA a été manifestée essentiellement par les sous-catégories « conditions organisationnelle et humaine » COH et CM « conditions matérielles » qui caractérisent le milieu extérieur de l'artefact à concevoir. Tandis que les sous-catégories « fonction d'usage » FU, « performances de l'artefact » PE et « modes de défaillances de l'artefact » MD, qui caractérisent la relation qu'établit l'artefact entre les milieux extérieur et intérieur, sont faiblement⁵⁶ mobilisées dans l'activité. La sous-catégorie COH correspond en particulier aux savoirs « s'organiser », c'est à dire se situer par rapport aux différents services et équipes de l'entreprise, travailler en équipe et collaborer avec des fournisseurs ou des sous-traitants. La sous-catégorie COH correspond aussi, mais d'une façon moindre, au savoir « s'informer », surtout auprès des personnes compétentes, au sein de l'organisation, par rapport à leurs tâches. Quant à la sous-catégorie CM, elle correspond au savoir mettre en œuvre les outils et moyens que l'organisation met au service de l'apprenti.

⁵⁵ Les occurrences de toutes les catégories est 1474.

⁵⁶ La somme des occurrences des trois sous-catégories représentent 7% des occurrences de toutes les sous-catégories.

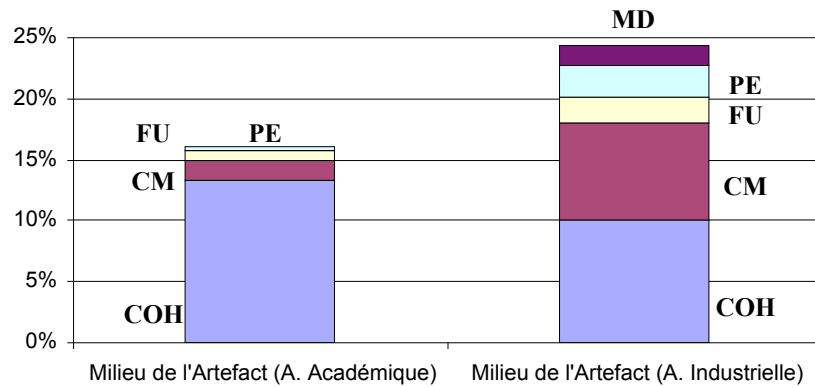


Figure n°65 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie MA dans les séquences industrielle et académique

Dans l'activité académique de conception, la catégorie MA correspond aux savoirs des sous-catégories COH et CM. Les sous-catégories FU, PE et MD ne sont pratiquement pas mobilisées. La sous-catégorie COH correspond en particulier au savoir « s'informer » qui correspond, en grande partie, à une recherche sur des ressources documentaires ou multimédia, le reste étant réparti entre la recherche auprès des formateurs ou auprès des autres groupes. Quant à la sous-catégorie CM, ses savoirs sont centrés sur le système et le matériel fourni par le formateur pour exécuter la tâche.

En ce qui concerne la catégorie « artefact à concevoir » AC, dans l'activité industrielle elle correspond particulièrement à des savoirs sur les principes et les structures de méthodes et de procédures. Tandis qu'elle correspond dans l'activité académique aux savoirs sur le principe de fonctionnement et la structure de l'artefact à re-concevoir (couvercle d'arbre intermédiaire).

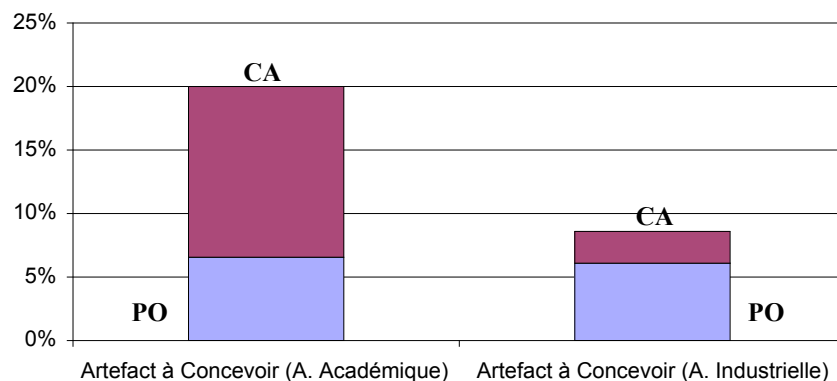


Figure n°66 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie AC dans les séquences industrielle et académique

La comparaison des savoirs correspondant aux sous-catégories composant la catégorie OS mobilisés dans les activités académique et industrielle, mettent en évidence d'autres ruptures entre les deux séquences de formation. En effet, si les trois sous-catégories de OS les plus mobilisées dans l'activité industrielle sont « méthodes et théories » Mth, « concepts intellectuels » CI et « considérations pratiques » CP, dans l'activité académique, ce sont les sous-catégories MTh, CI et « procédures formalisées » PF qui sont les plus mobilisées dans l'activité académique. Mth et CI ne correspondent pas aux mêmes savoirs dans les deux séquences.

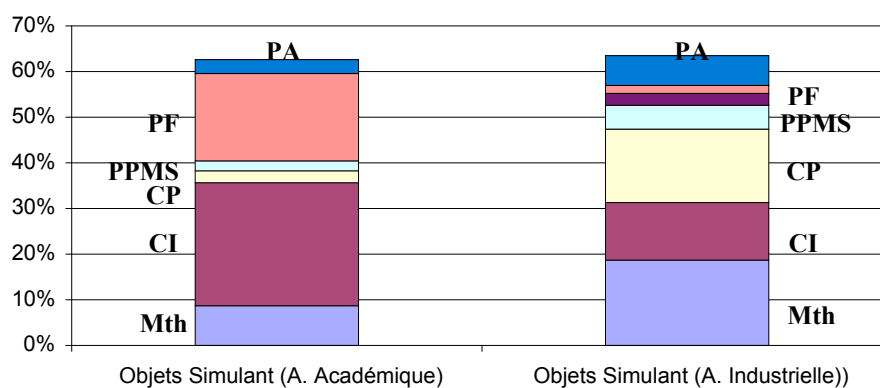


Figure n°67 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie AC dans les séquences industrielle et académique

Ainsi, dans l'activité industrielle, Mth correspond à des méthodes, des outils et des logiciels de traitement et de représentation des données. Dans l'activité académique, Mth correspond à des lois et des équations qui relèvent de la mécanique. Dans l'activité industrielle, CI correspond à des concepts qui renvoient à des domaines industriels, tandis que dans l'activité académique, elle correspond exclusivement aux disciplines inscrites dans le programme académique.

D'autre part, si l'activité industrielle de conception est marquée par le fait que les apprentis ont mobilisé fortement la sous-catégorie de savoirs CP, qui correspond à des démarches et procédures spécifiques, locales à l'entreprise ; l'activité académique est marquée par la mobilisation forte de la sous-catégorie PF qui correspond aux outils de l'analyse fonctionnelle.

3.3.4- Ruptures relatives aux modalités de mobilisation des savoirs

Les ruptures que nous avons mises en évidence, en termes de visées, d'organisation des activités de conception et de nature des savoirs mobilisés, impliquent celles concernant les modalités de mobilisation des savoirs dans les activités industrielle et académique. Nous résumons les aspects de cette rupture, qui ont émergé de l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs, des rapports d'alternance et des enregistrements vidéo, dans les points suivants.

D'abord, la variabilité des activités de conception que les apprentis ont effectuées en entreprise. Nous avons distingué quatre types d'activités qui ont visé la conception de systèmes techniques, de méthodes, de programmes informatiques ou de documents. En revanche, les semaines thématiques constituent une activité académique de conception « unique » en termes d'artefact à concevoir et de processus de conception.

D'autre part, les activités industrielles de conception sont centrées sur l'artefact à concevoir, donc sur l'objectif de satisfaire le besoin d'un client ou d'un autre service de l'entreprise. En revanche, pendant les semaines thématiques, nous avons constaté que les apprentis se sont centrés plutôt sur l'acquisition des outils d'analyse fonctionnelle et ceux de CAO et DAO (CATIA).

Nous avons montré que dans ce cas, les catégories de savoirs ont été mobilisés de telle façon que les deux catégories MA et AC ont constitué des savoirs de « service » pour la catégorie OS. Dans une activité industrielle de conception, ces différentes catégories de savoirs sont mobilisées par leur mise en relation dynamique.

Nous avons mis en évidence aussi qu'au moment où les tuteurs ingénieurs insistent sur le fait que l'ingénieur concepteur doit mobiliser ses savoirs sur un registre de technicité de modification, le caractère « scolaire » de l'activité académique de conception a exigé un registre de participation. En effet, la tâche académique de conception a été exécutée avec une autonomie partielle, voire faible, une communication très importante et l'acte technique n'était pas au centre de leurs activités.

Enfin, nous considérons que dans le cas de la formation d'ingénieurs concepteurs en alternance, l'articulation des deux séquences de formation correspond à opérer des continuités entre les activités industrielle et académique, en termes de visées, de situations des activités de conception, des savoirs mobilisés et des modalités de mobilisation des savoirs.

CHAPITRE 3 : UN CARNET DE BORD POUR SUPPORTER LA CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SEQUENCES DE FORMATION

Dans les chapitres précédents, nous avons caractérisé les activités industrielles et académiques de conception. Nous avons mis en évidence le fait que l'activité de conception est déterminée d'abord par la définition des conditions de son exécution : définition de son objectif, délimitation de son contexte organisationnel et matériel, description des ressources et des moyens disponibles pour l'exécuter. Nous avons explicité ensuite les catégories des savoirs mobilisés pour exécuter une activité de conception : le milieu de l'artefact (savoirs de la fonction d'usage du produit industriel, de ses performances et de ses modes de défaillances), l'artefact à concevoir (savoirs sur son principe opératoire et sa structure), les objets simulants (les savoirs techniques et les savoirs locaux à l'entreprise) et les ordres de grandeur (savoirs des données descriptives et prescriptives concernant le produit industriel). Nous avons vu aussi que l'activité de conception, dans les deux séquences, est caractérisée par : la visée, l'organisation, le savoir mobilisé et la modalité de sa mobilisation.

Pour remédier aux différentes ruptures citées entre les deux séquences de formation en alternance, nous avons proposés aux formateurs, aux tuteurs ingénieurs et aux apprentis, un carnet de bord¹.

Nous visons à ce que cet outil constitue un support de continuité entre les deux activités industrielles et académiques de conception. A cette fin, l'apprenti, aidé par le tuteur ingénieur, doit renseigner² les différentes catégories³ de savoirs qu'il mobilise pour exécuter sa tâche industrielle de conception. Pendant la séquence académique, le carnet de bord peut constituer une ressource pour le formateur pour construire et proposer une activité académique de conception ; il peut aussi constituer un outil qui permet à l'apprenti de réfléchir sur son activité industrielle de conception.

¹ Voir annexe n°11.

² En accord avec Pelpel (1989), nous considérons qu'« une bonne partie des dysfonctionnements des stages provient du fait que ceux qui y participent ne disposent pas d'informations suffisantes sur l'expérience dans laquelle ils sont impliqués ».

³ Les quatre catégories des savoirs de l'ingénieur concepteur relativement à une tâche donnée : milieu de l'artefact, artefact à concevoir, objets simulants et ordres de grandeur.

Dans ce chapitre, nous tenterons de répondre à un ensemble de questions concernant la mise en œuvre du carnet de bord : est ce que les apprentis sont capables de renseigner correctement les différentes catégories de savoirs du carnet de bord ? Quelles étaient leurs difficultés à l'utiliser ? Ont-ils saisi l'objectif visé par le carnet : comprendre comment « fonctionnent » les différentes catégories de savoirs « académiques » en entreprise, et comment peuvent « fonctionner » les savoirs locaux aux entreprises à l'école ? Ont-ils compris que l'enjeu de l'utilisation du carnet est l'apprentissage?

1- LA METHODE D'ANALYSE DES ENTRETIENS ET DES CARNETS DE BORD

Nous avons profité de la première séquence industrielle de formation des apprentis ingénieurs de la filière mécatronique à l'ISTY⁴ pour valider le carnet de bord. La validation a consisté à expliquer aux apprentis le « fonctionnement »⁵ du carnet, et de leur demander de l'utiliser pour rendre compte de leurs activités industrielles d'un mois dans différentes entreprises. La validation a concerné pour l'instant les apprentis, sachant que le carnet de bord est un outil à utiliser par les trois acteurs de l'activité de formation : le tuteur ingénieur, l'apprenti et l'enseignant. Dès le retour des apprentis de la séquence industrielle, nous avons récupéré leurs carnets de bord⁶ complétés et nous les avons interviewés⁷.

Nous nous sommes entretenus avec les quatorze apprentis qui ont rendu les carnets de bord complétés. Chaque entretien a duré dix minutes. Nous avons discuté avec les apprentis par rapport aux carnets de bord en soulevant trois thèmes :

- la présentation de la tâche industrielle pour caractériser l'activité de l'apprenti ;
- l'utilisation du carnet de bord pour identifier les difficultés de l'apprenti ;
- l'articulation entre les deux séquences de formation pour voir si les apprentis conçoivent le carnet de bord comme outil leur permettant d'être acteur de cette articulation.

Chacun des trois thèmes a été structuré par des questions pour relancer les apprentis et les « pousser » à expliciter leur première expérience en entreprise.

⁴ Institut des Sciences et Techniques des Yvelines.

⁵ Nous avons présenté un exposé pour leur expliquer le rôle du carnet de bord , voir annexe n°12.

⁶ Voir des exemples de carnets de bord en annexe n°13.

⁷ La fiche que nous avons utilisée pour orienter les entretiens avec les apprentis est donnée en annexe n°14.

Nous avons procédé par une analyse qualitative similaire à celle que nous avons adoptée dans l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs.

Pour analyser, d'une façon précise, les difficultés des apprentis à utiliser le carnet de bord, nous avons analysé aussi les carnets de bord complétés par les apprentis. A cette fin, nous avons résumé le contenu du carnet de bord de chaque apprenti sous forme d'un tableau ⁸ :

| Apprentis | Tâches | Milieu de fonctionnement | Produits industriels | Objets simulant | Ordres de grandeur |
|----------------------------|---|---|---|---|--|
| Apprenti 6 | Description : présentation de la tâche qui va s'étaler sur les trois ans de formation | la tâche consiste à découvrir l'entreprise et comprendre le xPC. Organisation : plateau projet L'apprenti comprend que « produit industriel » a un sens large qui comporte « équipements et documents ». Organisation : processus, fonctions expertes, fonctions support | Sans PO : Puisque le produit industriel de la tâche n'est pas défini, l'apprenti a présenté les trois produits qui seront au centre de son activité durant les trois ans de formation : les servocommandes et le xPC Target qui est un environnement de prototypage rapide. CA : figures | Vague : « Les méthodes et théories mathématiques » L'apprenti confond le savoir local avec celui « formalisé » sous forme de manuel écrit par un ancien directeur de l'entreprise : « L'asservissement hydraulique et électrohydraulique » : Théorie et technique, | Définition approuvée par la DGAC ISO 9001 EN 9100/9110 |
| Remarques et commentaires. | Le carnet de bord a permis à l'apprenti de prendre conscience de sa tâche, de se situer et de nommer l'organisation dans laquelle elle travaille, d'identifier les produits industriels de l'entreprise (équipements et documents). En revanche, elle (l'apprenti) a eu du mal à spécifier les « savoirs académiques » et « les savoirs locaux » mis en œuvre ou produit dans l'activité industrielle. Ce qui est explicable par le manque de prise de distance par rapport à sa première activité en entreprise. Quant aux ordres de grandeur, bien qu'elle ait cité les références des ordres de grandeur utilisés (des normes), elle n'a pas fait de différence entre ce qui est prescriptif et ce qui est descriptif. Rien n'indique que c'est la tâche qui détermine le milieu, le produit et partant les modèles et les ordres de grandeur. Chaque catégorie a été renseignée indépendamment des autres. | | | | |

Tableau n°40 : format du résumé de chaque carnet de bord

Ainsi, nous nous sommes attachés à mettre en évidence si les différents champs du carnet sont complétés, l'ordre dans lequel les catégories de savoirs demandées sont complétées, le contenu de chaque catégorie et la cohérence de l'ensemble des catégories⁹.

⁸ Voir annexe n°15.

⁹ Les définitions que nous avons données à chacune des catégories à renseigner sont précisées dans le carnet de bord en annexe n°11.

2- LES ASPECTS DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SÉQUENCES DE FORMATION ASSURÉES PAR LE CARNET DE BORD

2.1- Matérialiser « la visée de formation » des tâches industrielles

Les tâches qui ont été confiées aux apprentis avaient pour objectif, en priorité, la découverte de l'entreprise et de son environnement : le produit, les services, les équipes, l'organisation, les clients, les fournisseurs et le marché de l'entreprise. En effet, pendant une période industrielle d'un mois, les apprentis ont eu parfois plusieurs « petites » tâches. Ce qui prouve que la priorité n'était pas la production mais la mise en situation des apprentis :

« A3 : Donc j'ai fait plusieurs essais, sur les structures couples (pt3). J'ai appris l'utilisation de plusieurs logiciels, MATH CAD et HPCS qui sont des logiciels qui ... (pt4) »

« A8 : Mon travail consiste à regarder les boîtes concurrentes (pt2) j'ai traduit (un) cahier des charges en anglais aussi (pt3).. Et quand j'ai eu du temps libre. J'ai travaillé sur un bon de fiabilité pour un composant aussi... (pt4) »

En ce qui concerne les actions des tuteurs lors de cette première séquence industrielle de formation, nous pouvons les concentrer en trois actions :

- la spécification des attentes et la stratégie du tuteur durant toute la période de formation ;
- la mise en situation de l'apprenti dans l'organisation de l'entreprise ;
- fournir à l'apprenti les documents et le matériel nécessaire à l'exécution de sa tâche.

Le carnet de bord était peu présent parmi les préoccupations des tuteurs ingénieurs lors de cette première séquence industrielle dédiée à la découverte de l'entreprise. Cependant, la visée de formation de la séquence industrielle a été « matérialisée » par l'utilisation du carnet de bord, dans le sens où il constitue une trace d'une activité de production et d'appropriation de savoirs.

2.2- Véhiculer les spécificités des situations des activités entre les deux séquences de formation

Nous avons montré que l'activité industrielle de conception est organisée pour optimiser la production. Tandis que l'activité de conception académique est organisée pour amener l'apprenti à s'approprier des savoirs inscrits dans un programme. Nous mettons en évidence

dans ce qui suit que le carnet de bord peut constituer un vecteur véhiculant dans la séquence académique les spécificités de l'activité industrielle en termes d'organisation (diversité des tâches, diversité des métiers, organisation des équipes de travail, enjeux d'un projet ...), et inversement (construire des problèmes, réfléchir sur sa pratique, formaliser des savoirs...).

2.2.1- La diversité des tâches proposées

Les carnets de bord nous ont permis d'apprécier la diversité des tâches proposées et leur richesse. Ainsi, parmi les entreprises d'accueil il y avait aussi des laboratoires de recherches et de développement. Les artefacts au centre des activités de production des apprentis étaient des composants, des systèmes mais aussi des savoirs. Quant aux tâches, elles ont couvert plusieurs domaines :

- la conception et le calcul ;
- les essais ;
- la recherche et le développement ;
- la formation ;
- la veille technologique.

Nous imaginons bien quelle serait la richesse des activités de formation académique qui, d'une part, permettraient aux apprentis de confronter leurs expériences industrielles respectives et, d'autre part, permettraient aux enseignants d'intervenir pour structurer les savoirs produits ou restructurer ceux mis en œuvre lors de la séquence industrielle. Bien sûr, la richesse et la diversité des tâches proposées aux apprentis apparaît plus en mettant en perspective (en considérant ensemble) toutes ces tâches.

Nous remarquons enfin qu'au regard de la diversité des tâches proposées, la dichotomie entre théorie et pratique n'a plus de sens. Il suffit de voir que parmi les tâches proposées en entreprise, il y a celles de production de savoirs : les tâches de recherche et développement.

2.2.2- Le carnet de bord comme lien entre les activités de conception dans les deux séquences de formation

Les apprentis, dans leur ensemble, ont plutôt utilisé le carnet de bord au fur et à mesure qu'ils avançaient dans leurs activités industrielles. Ils ont perçu différentes « facettes » du rôle du carnet de bord qu'ils ont considéré comme :

- un outil pour informer l'école :

« A1 : Après les gens qui sont ici .. comme prof savent exactement ce qu'on fait. Donc c'est un bon lien pour ça (cu5). »

« A11 : Oui c'est pas vraiment qu'il à servi à ça, il a servi à montrer ce qu'on a fait en séquence professionnelle, pour le redonner en académique (uc2) »

« A13 : en fait pour moi ça servait plus à expliquer ce que j'ai fait (uc7) »

- Une aide pour exécuter la tâche industrielle :

« A3 : au contraire nous y avons trouvé quelque chose que nous avons trouvé très très intéressant mon tuteur et moi même, c'est le milieu de fonctionnement, c'est analyser le besoin, analyser le fonctionnement ... le milieu de fonctionnement je veux dire. C'est très intéressant pour nous au niveau ESDF ... nous travaillons beaucoup sur le mode de défaillance (uc2) »

- Une aide pour poser les « bonnes » questions :

« A3 : mais pour la mise en forme on va dire oui par ce que ça m'a permis de poser des questions par rapport à l'entreprise que je n'aurais pas vues toute seule et que j'ai pu voir grâce au carnet (uc4) »

« A12 : le carnet de bord m'a permis de prendre du recul sur le sujet (uc2) ... quelles questions je dois me poser pour aborder le sujet. (uc3) »

En ce qui concerne la question : « Pensez-vous que le carnet de bord est un outil qui vous permet de faire le lien entre vos activités de formation académique et industrielle ? Expliquer... ». Huit sur les treize apprentis qui ont répondu ont affirmé que le carnet de bord fait le lien entre les activités des deux séquences de formation. Ils ont expliqué comme suit :

« A1 : Oui ... Pour moi c'est une bonne idée pour rédiger mon rapport d'alternance (uc3). Puisque ça fait un mémoire d'un mois .. et que l'alternance fait un mois puis trois mois trois mois, au bout de six mois on a déjà oublié. Donc il y a déjà ça (uc4) »

« A2 : Oui, parce que ça permet d'avoir du recul par rapport à ce qu'on a fait (uc3) et il permet aussi de définir les besoins qu'on peut avoir en séquence académique (uc4) »

« A6 : Oui, je pense notamment à la partie où il faut donner des formules mathématiques, enfin tout ce qui est modélisation, là on retrouve des formules que l'on retrouve dans des livres académiques, donc je suis d'accord en pensant à cette partie (uc2) »

En revanche, deux apprentis ont jugé que le carnet de bord ne peut pas constituer un lien entre les deux séquences, ce qu'ils ont expliqué par :

« A7 : Je n'ai pas tout compris dans le carnet, il y a des points que je n'ai pas saisis (uc2) ... Après vis à vis de mon travail, ma tutrice m'a très bien expliqué, c'était très clair pour moi.. (uc5) »

« Non, ça c'est une des choses que je n'est pas vue comment, je l'ai rempli, (uc6) en fait pour moi ça servait plus à expliquer ce que j'ai fait (uc7). Je n'ai pas vu où est le lien, moi personnellement je ne vois pas du tout, peut être après quand il y aura un retour je dirais mais là pour l'instant je ne vois pas le rapport (uc8) »

Ainsi, ces deux apprentis ont fait la différence entre utiliser pour rendre compte ou informer l'école d'une part et faire le lien entre les deux séquences d'autre part.

2.3- Documenter les savoirs mobilisés dans l'activité industrielle de conception

Nous avons cherché à savoir comment les apprentis ont renseigné les différentes catégories de savoirs demandées par le carnet de bord. Nous avons choisi de procéder par l'analyse des difficultés des apprentis (à comprendre les différentes catégories, d'adapter le carnet à différentes tâches ...). Nous explicitons dans ce qui suit ces difficultés à travers l'analyse des entretiens et à travers celle des carnets de bord complétés par les apprentis. Mais avant, comment les apprentis définissent-ils leurs besoins, en termes de savoirs à mobiliser dans l'activité académique, par rapport à la tâche industrielle ?

2.3.1- La définition des apprentis de leurs besoins par rapport à la tâche industrielle

Nous nous sommes interrogés si les apprentis, en renseignant les quatre catégories de savoirs du carnet de bord, sont capables de définir leurs besoins en termes d'activités de formation académique. Ainsi, un apprenti, sur les treize qui ont répondu à cette question, considère que, de façon générale, la tâche industrielle ne peut pas constituer un support pour une activité académique. Quant aux douze apprentis restant, leurs réponses sont réparties comme suit : trois apprentis se réfèrent indifféremment à la tâche et à la formation antérieure pour définir leurs besoins en formation académique ; trois apprentis se réfèrent uniquement à leurs formations antérieures et six apprentis ont défini leurs besoins en se référant à leurs tâches industrielles. Ces derniers l'ont fait en se référant en particulier aux savoirs nécessaires pour exécuter les tâches qu'ils ont effectuées en entreprise :

« A16 : Pour l'instant pas besoin de tout ce qui est ingénierie, ce que j'ai fait ça demandais des connaissances de base électronique et tout ça (ac3), peut-être plus tard, c'est simplement plus technique ce que j'ai fait. (ac4) »

Ce qui correspond tout à fait à l'objectif du carnet de bord. En effet, ce dernier vise, d'une part, à outiller les apprentis pour informer les enseignants à l'école de leurs activités industrielles et leurs exigences en termes de savoirs à construire. D'autre part il vise à permettre aux formateurs de restructurer les savoirs mis en œuvre et structurer ceux produits par les apprentis au cours de leurs activités industrielles.

Les apprentis ont défini aussi leurs besoins en se référant à leur formations antérieures :

« A14 : Je ne sais pas quoi dire. Mes besoins sont plutôt tout ce qui touche à l'informatique et l'électronique, vu que j'ai fait de la mécanique (ca1). J'ai fait un DUT génie mécanique (ac2) »

« A8 : oui, en mécanique je vois des choses parfois ... des matières ... j'y connais pas, plein de choses comme ça. Mes connaissances en mécanique ne sont pas très solides (ac4) »

« A6 : oui, je pense notamment ... moi je viens d'un DUT génie électrique (ac1), donc j'ai besoin de la mécanique dont la simulation de structures ... par éléments finis (ac2). Donc ça c'est quelque chose que je ne connaissais pas »

nous notons que les réponses des apprentis montrent bien qu'il n'y a pas de contradictions entre se référer à la formation antérieure ou à la tâche puis que c'est cette dernière qui révèle aux apprentis leurs lacunes dues à leurs formations antérieures.

2.3.2- Les difficultés des apprentis à utiliser le carnet de bord : à travers l'analyse des entretiens

Interrogés sur leurs difficultés à utiliser le carnet de bord, les apprentis ont insisté sur deux types de difficultés : celles de compréhension (relatives à des « questions qui ne sont pas claires », des phrases et des mots difficiles ou à l'ordre des questions) et celles de mise en œuvre du carnet (dues au fait que le carnet soit centré sur la notion d'artefact à concevoir difficile à adapter à des tâches de recherche ou à « l'habitude » de structurer les rapports autrement).

2.3.2.1- Les difficultés de compréhension

En effet, concernant les difficultés de compréhension, trois apprentis sur seize ont considéré qu'ils n'ont pas compris les sens des quatre catégories d'informations sur la tâche à compléter sur le carnet :

« A13 : il y a eu quelques problèmes de compréhension au niveau tout bêtement des phrases utilisées quoi, des fois on a pas compris tout ce qu'il fallait faire (uc3). Même dans les réunions il y avait un certain flou, je n'ai pas compris quel était le but, il y en a un, je ne dis pas que c'était pas bien, je dis que je n'ai pas compris où est ce qu'on voulait venir (uc4) »

Quatre apprentis ont expliqué les difficultés à comprendre les quatre catégories d'informations par la formulation des phrases explicatives et les mots utilisés dans le carnet qu'ils ont trouvées « très soutenues » donc compliquées :

« A1 : Il y a déjà une question que je n'ai pas du tout compris (artefact)»

« A2 : J'ai eu quelques difficultés notamment il y a quelques phrases que j'ai trouvées difficiles à comprendre (uc5). Exemple : la structure et l'artefact. J'ai eu du mal à les comprendre (uc6) »

Un apprentis a soulevé une difficulté causée par l'ordre des catégories d'informations à compléter :

« A1 : Ah oui, je trouve qu'on parle d'abord de la tâche à réaliser après on parle de l'entreprise (uc6). Ça me paraît comme une coupure dans ... je ne sais pas si c'est moi qui doit arranger le truc .. (uc7) »

2.3.2.2- Les difficultés « d'adaptation » du carnet à des tâches relevant de domaines autres que mécaniques

La notion de « produit industriel » a été comprise par les apprentis dans le sens de composants mécaniques (roulement, joint, contacteur, moteur, vérin... etc.) ou système mécanique (machine outil par exemple). Cette dernière difficulté constitue celle qui revient le plus dans les réponses des apprentis¹⁰. Les exemples suivants illustrent le fait que les apprentis, dont la moitié sont de formation antérieure de mécanique (BTS et IUT), considèrent qu'un produit industriel ne peut être qu'un composant ou un système mécanique :

« A4 : La difficulté c'était l'adaptation du carnet à la situation du laboratoire (uc1). Le carnet est construit sur l'idée du produit industriel (uc2). Moi j'ai l'aspect démarche, la performance et les défaillances (de la démarche) ça se présente moins bien. (uc3) »

« A6 : l'adaptation à ma propre tâche effectivement, puisque je travaille sur un ensemble de recherches, tu parles de produits de production, j'étais un peu coincé (uc3)... Quand même un actionneur est un produit industriel, mais le carnet est très orienté produit industriel ... (uc4) »

¹⁰ 12 fois sur 27 occurrences de cette réponse.

« A7 : il y a aussi puisque j'ai travaillé sur le XPC, il y a une partie qui parle des servocommandes, j'ai pas parlé de la servocommande sur laquelle je vais travailler, après je ne savais plus de quoi il fallait que je parle, de la servocommande ou du XPC (uc8) »

« A11 : Comme il y a pas mal de .. ben c'est un carnet de bord assez général pour ... moi je suis de formation mécanique, si c'était la conception mécanique ça aurait été plus facile à remplir (uc4), mais quelque chose qui est plus électronique, pas plus abstrait mais plus, c'est un logiciel donc c'est plus compliqué de remplir... (uc5) »

Ce dernier exemple montre que les apprentis ont eu du mal à transférer la démarche du carnet de bord que nous avons expliquée en nous appuyant sur un exemple en conception mécanique, vers d'autres applications électroniques ou logicielles.

2.3.3- Les difficultés des apprentis à utiliser le carnet de bord : à travers l'analyse des carnets de bord

Nous avons cherché aussi à répondre à deux questions à travers l'analyse des carnets de bord complétés par les apprentis. La première question est : est ce que les apprentis renseignent correctement les différentes catégories de savoirs du carnet de bord ? Nous entendons « correctement » dans le sens de ne pas mettre dans une catégorie « milieu de l'artefact », par exemple, des savoirs de la catégorie « artefact à concevoir ». La seconde question est : est ce que les catégories de savoirs complétées par les apprentis sont cohérentes et correspondent à l'objectif du carnet de bord ? Nous entendons par la cohérence des catégories de savoirs le fait qu'elle correspondent bien à l'intitulé de la tâche. Par exemple, lorsqu'il s'agit d'élaborer un plan d'expérience, ce dernier constitue le produit industriel, et les informations à mettre dans la catégorie milieu de fonctionnement doivent correspondre à ce produit industriel.

En analysant ces derniers complétés par les apprentis, nous notons que plusieurs apprentis ont complété les carnets de bord correctement. En même temps, nous retrouvons les difficultés qu'ils ont énoncées dans les entretiens de compréhension et d'adaptation. Nous présentons ces difficultés en rapport avec les différentes informations demandées par le carnet : la tâche, le milieu de l'artefact, l'artefact à concevoir, les objets simulant, les ordres de grandeur et enfin la cohérence de toutes ces informations.

2.3.3.1- La tâche

Tous les apprentis ont décrit leurs tâches selon la grille du carnet de bord. Cependant, cinq apprentis sur quatorze ont changé l'ordre des informations concernant la tâche par rapport aux autres catégories demandées. Ils ont jugé leur réorganisation plus logique que ce qui est proposé par le carnet. Ainsi, ils ont commencé par présenter l'entreprise, ses produits et son

organisation avant de décrire la tâche. L'un des cinq apprentis a présenté ses tâches en entreprise en dernier lieu, après avoir complété toutes les autres catégories. Si nous voyons dans cette réorganisation une sorte d'appropriation du carnet par les apprentis, elle montre aussi que ces apprentis n'ont pas assimilé le fait que toutes les autres catégories de savoirs sont définies et déterminées par rapport à la tâche, ce qui est fondamental.

2.3.3.2- Le milieu de l'artefact

Tous les apprentis ont complété cette catégorie de savoirs. Cependant, nous avons relevé les difficultés suivantes : la confusion entre fonction d'usage d'un produit et objectif de la tâche (deux apprentis), la difficulté à identifier l'artefact à concevoir concerné par la tâche (cinq apprentis) et l'exclusion de l'entreprise du milieu de l'artefact.

2.3.3.3- L'artefact à concevoir

Tous les apprentis ont complété cette catégorie de savoirs. Les difficultés que nous avons relevées concernent la confusion entre principe opératoire et structure d'un produit (trois apprentis) et celle entre cette catégorie avec l'objet de la tâche ou la fonction d'usage du produit qui fait partie de la catégorie milieu de l'artefact (quatre apprentis).

2.3.3.4- Les objets simulants et les ordres de grandeurs

Ces deux catégories ont été renseignées par douze apprentis sur quatorze. Les difficultés sont surtout relatives à la confusion entre savoirs « académiques » et savoirs locaux aux entreprises pour la première catégorie et ordres de grandeur descriptives et prescriptives pour la seconde.

2.3.3.5- La cohérence des différentes catégories complétées

Un des rôles que nous avons fixés au carnet de bord, et qui apparaît en filigrane des difficultés des apprentis, est de les aider à identifier avec précision l'objectif visé par la tâche et les orienter à rechercher les informations pertinentes par rapport à la production attendue au terme de l'exécution de la tâche. Ce qui veut dire qu'il s'agit moins d'inventorier les savoirs de chaque catégorie que de mettre ces dernières en cohérence les unes par rapport aux autres.

Nous avons remarqué que huit apprentis sur quatorze ne sont pas arrivés à mettre en cohérence les différentes catégories de savoirs. Ainsi, bien que la description de leurs tâches et leurs mises en situation dans l'entreprise sont généralement bien faites, les artefacts à concevoir caractérisés par leurs fonctions d'usage, leurs principes opératoires et leurs structures ne correspondent pas aux tâches annoncées. La même remarque est à signaler par rapport aux objets simulants et ordres de grandeur correspondants. Ces apprentis s'en sont tenus à la présentation et à l'énonciation des différentes catégories de savoirs demandées par le carnet.

2.3.4- La tâche industrielle comme support de la tâche académique

Les réponses des apprentis à la question « Pensez-vous que la tâche (ou les tâches) que vous avez effectuée pendant votre première séquence industrielle puisse constituer un sujet ou un support pour des activités de formation académique (par exemple en mécanique, en électronique, en automatique ou en communication) ? » sont partagées entre deux positions. En effet, six apprentis sur les dix répondant à cette question ont considéré que la tâche qu'ils ont effectuée en entreprise ne pourrait pas constituer un support pour une activité de formation académique. Cependant, ils considèrent qu'il y a d'autres tâches qui pourraient l'être :

« A16 : Je ne pense pas enfin... rechercher vraiment chez les fournisseurs tout ça c'est ce qu'on apprend en entreprise ... (ac1) »

« A9 : Le *Benchmarking* je ne pense pas quand même ... (ac1) »

« A4 : C'est pas facile à dire (ac1). Ce que j'ai fait c'est plutôt la gestion de projet, c'est pas facile d'appliquer directement ... (ac2) »

En substance, ils affirment qu'une tâche industrielle pourrait bien être le support d'une activité de formation académique mais, en tout cas, pas la leur. Cependant, deux apprentis sont catégoriques par rapport à cette question et considèrent que les tâches industrielles ne peuvent pas constituer des supports pour des activités de formation en entreprise :

« A10 : en fait je ne conçois pas du tout le transport d'informations de l'entreprise vers l'école (ac3). C'est du travail collaboratif ... il y a eu beaucoup de problèmes surtout .. (qui ont été discutés) à la conférence au niveau de la concurrence et des choses comme ça (ac4) »

Ce qui montre bien la difficulté des apprentis à donner sens à ce qu'ils font en entreprise par rapport aux activités de formation à l'école.

Quant aux deux apprentis restant, l'un n'a pas eu de tâche, tandis que l'autre considère que sa tâche industrielle peut bien constituer un support d'une activité de formation à l'école :

« A11 : oui, je pense que c'était pas mal de voir certains logiciels, comme Math Lab., et le connaître avant de rentrer en séquence professionnelle c'est peut-être pas mal. (ac1) ».

3- CONCLUSION

Nous pouvons conclure, par rapport aux questions que nous avons posées au début de ce chapitre, que globalement, les apprentis étaient capables de renseigner correctement les différentes catégories de savoirs demandées par le carnet de bord. Cependant, ils l'ont fait avec quelques difficultés.

En effet, les apprentis, à travers leurs carnets de bord et les entretiens, ont manifesté trois types de difficultés. Premièrement, la difficulté de compréhension des intitulés des différentes catégories de savoirs à renseigner et les explications qui les ont accompagnées. Deuxièmement, la difficulté d'adaptation du carnet de bord aux différentes tâches autres que celle que nous avons utilisée comme exemple lors des explications que nous avons présentées aux apprentis avant leur première séquence industrielle. Les apprentis ont trouvé le carnet orienté plus vers les « tâches en conception mécanique ». Troisièmement, la difficulté de mise en cohérence de toutes les catégories de savoirs dégagées par les apprentis dans leurs carnets. Ainsi, les apprentis ont eu tendance à compléter les différents champs du carnet les uns indépendamment des autres et, partant, inventorier les savoirs correspondant à chaque catégorie indépendamment des autres. Cette difficulté nous paraît extrêmement intéressante à analyser, car nous considérons qu'elle constitue le fond du problème, plus vaste, de mise en cohérence entre les activités de formation des deux séquences de la formation en alternance. En effet, bien que les apprentis se trouvent en situation industrielle, ils formalisent leurs activités, en termes de catégories de savoirs mobilisées, d'une façon cloisonnée, donc d'une façon « académique ».

Afin de situer les différentes difficultés que nous avons citées, il ne faut pas perdre de vue que c'était la première séquence industrielle pour les apprentis. Ce qui veut dire que la priorité pour les tuteurs ingénieurs était de leur trouver une tâche, et celle des apprentis de découvrir l'entreprise. C'est ce qui explique que plusieurs apprentis ont effectué des séries de petites activités dans différents services.

En ce qui concerne le rôle du carnet de bord, les apprentis l'ont perçu de différentes façons, correspondant à ses différentes facettes : outil pour informer l'école sur l'activité industrielle, une aide pour exécuter la tâche industrielle et un guide pour découvrir l'entreprise en posant les « bonnes » questions. La majorité des apprentis considère que le carnet de bord permet de faire le lien entre les deux séquences de formation et que l'articulation entre les deux séquences incombe au premier lieu aux tuteurs ingénieurs et enseignants.

Enfin, nous considérons que la mise en œuvre du carnet de bord, en tant que support de la continuité entre les deux séquences de formation en alternance, est validée. Ceci, bien que pour cette première séquence industrielle d'un mois, seuls les apprentis ont été impliqués dans son utilisation. Les aspects de continuité, entre les deux séquences de formation, que le carnet de bord peut assurer recouvrent les visées des activités, leurs organisations et les savoirs et leurs modalités de mobilisation au sein des activités.

**PARTIE CINQUIEME : « AMI », UNE
ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE POUR
SUPPORTER L'ARTICULATION DES
ACTIVITES ACADEMIQUE ET INDUSTRIELLE
DE FORMATION ?**

CHAPITRE 1 : LA METHODE D'ANALYSE DES ACTIVITES DE FORMATION EN UTILISANT L'ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE AMI

Nous examinons ici une autre solution pour articuler les deux séquences de la formation en alternance : une Assistance Pédagogique en Ligne. Elle a été proposée par les responsables de la formation au Centre de Formation par Apprentissage Ingénieurs 2000 (CFAI). Nous avons expliqué dans la première partie de ce travail de thèse que deux motivations ont présidé à la mise en place de l'Assistance Pédagogique en Ligne¹ AMI. D'une part, il s'agit d'assurer la remise à niveau² des apprentis, en l'individualisant, pendant la séquence académique (en présence) ou pendant la séquence industrielle (à distance) ; d'autre part, il s'agit de proposer l'APL comme outil pour supporter l'articulation entre l'activité académique et l'activité industrielle de formation. En effet, articuler les deux séquences de formation c'est aussi articuler les méthodes et les moyens de formation et ceux du travail qui s'appuient de plus en plus sur les nouvelles technologies. Il s'agit ici d'étudier une solution qui, pour articuler les deux séquences de formation, procède par une entrée « matérielle »³ : une APL dont la structure est explicitée dans la suite.

Nous avons reformulé la demande des responsables du CFAI d'évaluer l'APL par une série de questions que nous rappelons : l'APL permet-elle aux apprentis d'acquérir des connaissances de base indispensables à la formation ? Permet-elle d'individualiser la remise à niveau ? Leur permet-elle de travailler en autonomie ? Quelles sont les conditions d'une mise en œuvre efficace d'AMI ? Comment garantir la mobilisation des fonctionnalités de la plate-forme AMI en cohérence avec la formation en alternance ? Quelles sont les spécificités de la plate-forme et celles du contenu qu'elle véhicule dans le cas de la formation en alternance ?

Nous avons choisi de répondre à ces questions en examinant les difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de l'APL, et à la pédagogie qui la sous-tend, dans une activité de remise à niveau.

¹ Désormais APL.

² Voir les objectifs et le principe de la remise à niveau dans le chapitre 3 de la partie première.

³ Par opposition aux deux solutions, étudiées dans la partie quatrième, où l'entrée considérée pour articuler les deux séquences est le contenu de l'activité de formation.

A la lumière des choix théoriques que nous avons faits dans le cadre théorique, nous avons croisé différentes techniques de recueil de données afin de répondre à ces questions.

Dans les paragraphes qui suivent, nous explicitons d'abord la structure de l'APL (la plate-forme, la base de données et la pédagogie qui sous-tend la plate-forme). Nous présentons ensuite les conditions des activités de remise à niveau observées et les techniques de recueil et d'analyse des données que nous avons adoptées.

1- LA STRUCTURE DE L'ASSISTANCE PEDAGOGIQUE EN LIGNE AMI

L'assistance pédagogique en ligne AMI est constitué par les éléments suivants :

- la plate-forme ;
- la base de données ;
- l'outil de création des contenus ;
- les différents intervenants dans la remise à niveau.

La plate-forme permettant la gestion des interactions entre les acteurs du dispositif. Nous représentons la structure d'AMI par le schéma suivant :

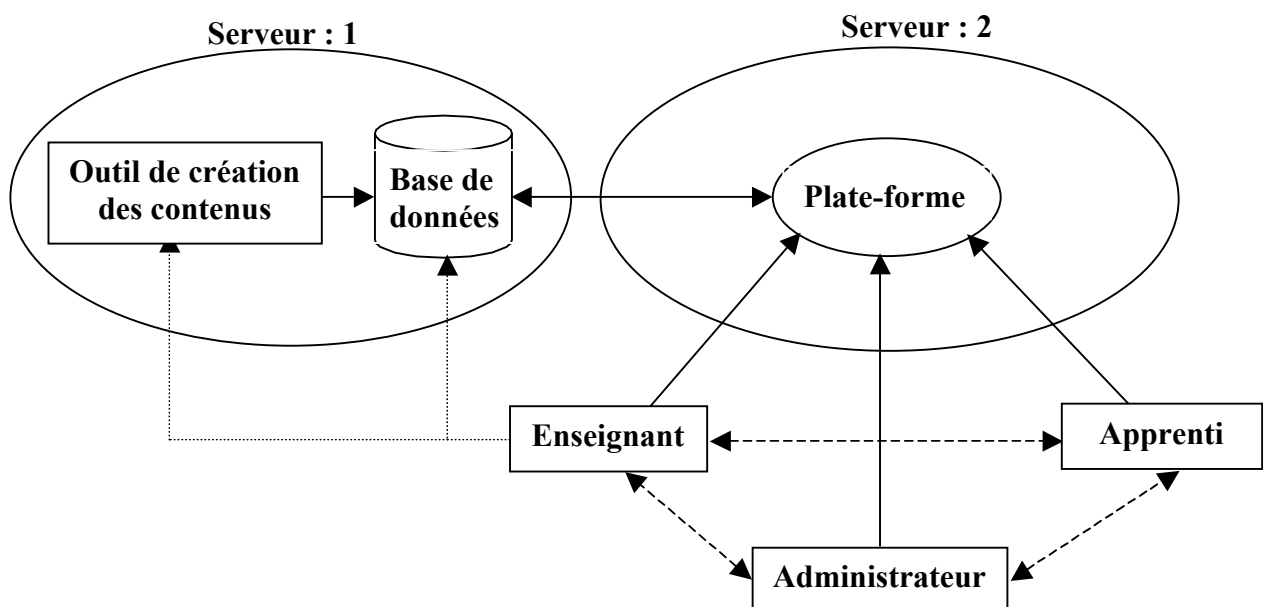


Figure n°68 : structure de l'assistance pédagogique en ligne AMI

1.1- La plate-forme

1.1.1- Les caractéristiques d'une plate-forme de formation

1.1.1.1- Définition

Pour donner une définition à l'élément plate-forme, nous nous référons à deux études qui ont été faites sur les nouveaux dispositifs de formation à distance assistée par ordinateur. La première étude est celle de l'OVAREP⁴ (2000), élaborée à la demande du ministère de la recherche scientifique et de technologie. La deuxième étude sur la « télé formation » élaborée par l'association le Préau⁵ (2000) et deux organismes de conseils dans le domaine de la formation à distance : Aska et Klr (2000)⁶.

Selon la première étude, une plate-forme pour la formation ouverte et à distance est un logiciel qui assiste la conduite des enseignements à distance. Ce type de logiciel regroupe les outils nécessaires aux trois principaux utilisateurs - enseignant, étudiant, administrateur- d'un dispositif qui a pour finalité la consultation à distance de contenus pédagogiques, l'individualisation de la formation, au commerce électronique, à la gestion de la qualité de la formation.

Pour la seconde étude, les plates-formes sont apparues durant les années quatre vingt dix pour aider les concepteurs et les formateurs à mener à bien l'essentiel des fonctions pédagogiques impliquées par la formation à distance:

- production et intégration des ressources pédagogiques ;
- diffusion et accès aux ressources ;
- construction des parcours de formation ;
- gestion des parcours ;
- animation des personnes et des groupes ou tutorat ;
- administration.

⁴ Etude réalisée avec l'appui du Fond Social Européen.

⁵ Association fondée par la chambre de commerce et d'industrie de Paris, l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunication, l'Université de Technologie de Compiègne et Paribas

⁶ Cabinets de conseil spécialisés dans la mise en place de système de téléformation intervenant auprès d'organismes publics ou privés.

1.1.1.2- Les fonctions et caractéristiques des plates-formes

L'étude menée par le Préau a distingué au moins trois fonctions qu'une plate-forme doit assurer: la gestion (organiser, négocier les parcours), le contenu (créer, distribuer, accéder aux ressources) et l'interaction (travailler en groupe, tutorer).

Quant à l'OVAREP, elle considère que l'intérêt d'une plate-forme réside dans l'intégration de diverses fonctionnalités. En effet, une plate-forme sera utile si elle évite à ses utilisateurs de recourir à plusieurs outils séparés, donc à multiplier les opérations d'ouverture, de fermeture, enregistrement des résultats et messages.. etc. Cette intégration se voit à plusieurs niveaux:

- l'intégration technique consiste à incorporer des techniques diverses qui permettent à l'utilisateur de garder l'impression d'être dans la même application;
- l'intégration fonctionnelle concerne les fonctionnalités destinées aux utilisateurs et leur cohérence. L'intégration fonctionnelle permet par exemple de construire des scénarios pédagogiques.

Un autre point souligné par les deux études citées, en ce qui concerne la caractérisation, c'est la spécification des rôles et des outils qu'offre la plate-forme pour satisfaire les besoins des différents intervenants dans la formation. Ainsi, selon l'OVAREP, toutes les plates-formes prévoient au moins trois rôles: l'administrateur de la plate-forme, le créateur de cours/formateur et l'étudiant. En ce qui concerne les étudiants, les outils prévus relèvent de trois catégories :

- des outils tableau de bord, leur permettant de suivre leur progression ;
- des outils d'appropriation des documents de cours ;
- des outils d'organisation personnelle (agenda, sauvegarde, classement).

Les plates-formes prévoient par ailleurs des outils pour l'organisation des apprentissages en groupe en s'appuyant sur des solutions telles que les forums, le « chat » et la fonctionnalité du tableau blanc.

En ce qui concerne les tuteurs, certaines plates-formes étudiées par l'OVAREP, autorisent un certain partage des tâches entre enseignants. Quant au créateur de cours, une tâche centrale consiste à construire un parcours type qui définira un cadre temporel et une organisation pour les activités d'apprentissage. Cette tâche est complétée par :

- la construction de lien entre ce parcours et des documents, lesquels sont ou ne sont pas partie intégrante de la plate-forme ;

- la création de tests et d'exercices, avec un outil qui se trouvera ou non dans la plate-forme ;
- l'insertion structurée des activités de communication individuelles ou collectives au choix des apprentis.

Enfin, la gestion administrative des travaux soumis par les étudiants est une question critique, selon l'étude de l'Ovarep, dans toutes les formes de l'enseignement à distance. Plusieurs fonctionnalités s'avèrent nécessaires: alerte automatiques et accusés de réception, sécurité des contenus, sécurités des envois, sécurité des copies locales et lisibilité des commentaires.

1.1.1.3- Conclusion

De ce qui précède, nous considérons qu'une plate-forme est un logiciel qui assiste la conduite des formations à distance. Ce logiciel doit assurer les fonctions de gestion, de création de contenu et de communication entre les différents intervenants dans la formation.

En ce qui concerne les fonctions de communication, la plate-forme met à la disposition de tous les intervenants un ensemble de fonctionnalités pouvant recouvrir plusieurs modalités d'interaction : courrier, forum, conférence et « chat ». Une plate-forme est donc caractérisée par une double intégration : technique et fonctionnelle. La première intégration concerne les diverses solutions techniques adoptées, la deuxième concerne la mise en cohérence de ces solutions techniques dans une fin de formation.

Une plate-forme est caractérisée d'autre part par le type des fonctionnalités qu'elle met à la disposition des différents intervenants dans la formation, à savoir les administrateurs, les créateurs de contenu, les tuteurs et les formés.

Ainsi, les caractéristiques essentielles d'une plate forme de formation sont les suivantes :

- la fonction de gestion ;
- la fonction de communication ;
- la fonction de création des contenus ;
- les fonctionnalités mises à la disposition des apprentis ;
- les fonctionnalités mises à la disposition des tuteurs ;
- les fonctionnalités mises à la disposition des administrateurs ;
- la pédagogie qui sous-tend la plate-forme.

1.1.2- La plate-forme utilisée dans l'assistance pédagogique en ligne AMI

Dans ce paragraphe, nous analysons la plate-forme utilisée dans l'assistance pédagogique AMI à la lumière des caractéristiques que nous avons mis en évidence dans le paragraphe précédent.

1.1.2.1- Analyse des fonctionnalités de la plate-forme utilisé dans l'assistance pédagogique en ligne AMI

1.1.2.1.1- La fonction gestion administrative

Cette fonction recouvre plusieurs tâches de l'administrateur. En effet, ce dernier paramètre le formulaire d'inscription d'un nouveau utilisateur (apprenti ou tuteur), gère les tuteurs et les sessions de formation⁷, gère les apprentis⁸ et contrôle les « statistiques » concernant la connexion des apprentis et le suivi des tuteurs.

La plate-forme AMI propose des outils de reporting permettant de développer des tableaux de bord pour le responsable de formation.

1.1.2.1.2- La fonction communication

La communication entre les différents intervenants dans la formation à distance (apprenants, formateurs, responsables de formation) est assurée par la plate-forme AMI par les fonctionnalités⁹ suivantes :

- « Courrier » : un outil de communication interne qui permet d'échanger des messages avec le tuteur et les autres apprentis inscrits à la formation ;
- « Les connectés » : un outil qui permet de dialoguer en direct, avec les apprentis inscrits à la même formation, et ceux qui sont connectés à la plate-forme au même moment ;
- « Forum » : un outil qui permet d'échanger des messages avec le tuteur et les autres apprentis inscrits dans les mêmes formations ;
- « Conférence » : un outil qui permet de communiquer en direct avec le tuteur et les autres apprentis invités à la conférence.

⁷ Créer/modifier un tuteur, créer/modifier/supprimer une session, ajouter/supprimer un tuteur dans une session.

⁸ Créer/modifier/supprimer un apprenti, inscrire/désinscrire un apprenti dans une formation.

⁹ Ces fonctionnalités ont respectivement le même principe que les fonctionnalités courrier électronique, chat, forum et conférence sur Internet.

1.1.2.1.3- La fonction création des contenus

Les ressources pédagogiques accessibles à partir des plates-formes sont différentes : documents multimédia, simulations, logiciels bureautique, vidéos, etc. Elles peuvent être accédées en ligne ou hors ligne après avoir été téléchargées ou recopiées sur la station de l'apprenant.

Le format HTML, même s'il représente l'essentiel des documents accessibles sur Internet, il ne permet qu'un nombre relativement limité d'activités pédagogiques (ce sont des pages lisibles sur écran et imprimables, parfois des exercices, parfois des simulations avec animations). Pour aller au-delà, un outil d'édition¹⁰ est mis à la disposition des créateurs de contenus.

Il faut remarquer ici que l'offre d'AMI a évolué d'une plate-forme de distribution et de gestion des contenus, en un portail qui comporte plusieurs outils: la plate-forme, la base de données (dont chacun est mis sur un serveur indépendant), l'outil de création de contenus (Enovae), le conseil et le suivi pédagogiques.

1.1.2.1.4- La fonction tutorat

Le tutorat est le lien « humain » avec l'apprenant, il peut intervenir :

- avant et après la formation ;
- de façon individuel ou en groupe ;
- avec des outils synchrones (« les connectés » et « conférence ») ou asynchrones (« courrier » et « forum »).

Lorsque le tutorat a lieu avant la formation, il peut être une aide au choix de cours ou au parcours pédagogique et agit en conseil. L'attribution des activités aux apprentis tient une grande place et est pratiquée par décision du formateur à partir de données plus ou moins complètes : résultats de tests, positionnement par rapport à un référentiel.

Deux dimensions permettent de caractériser la gestion du rôle du formateur, selon l'OVAREP, par la plate-forme :

- l'envergure qui lui est donné dans l'utilisation des fonctionnalités et notamment la possibilité d'avoir une vision sur les autres enseignements. Ce qui n'est pas prévu sur la plate-forme AMI.

¹⁰ Logiciel de création de contenu Enovae.

- la possibilité de partage de tâches dans une formation, ce qui est prévu par la plate-forme AMI. Cette dernière permet en particulier au formateur :
 - la communication avec les apprenants, par courrier, par chat, par forum et par des conférences ;
 - la possibilité de suivre les activités des apprentis sur la plate-forme, de constituer des groupes en fonction des données de suivi ;
 - la gestion d'agendas et la possibilité d'organiser des activités de tutorat en temps réel, synchrone.

1.1.2.1.5- Les fonctionnalités mises à la disposition des apprentis

En plus de l'accès aux activités, aux tests ou aux différentes ressources, la plate-forme AMI met à la disposition des apprentis deux catégories de fonctionnalités : les fonctionnalités de communication (« forum », « conférence », « les connectés » et « courrier ») que nous avons définis avant et les fonctionnalités pour organiser la formation :

- « Plan de travail » : c'est un outil qui permet à l'apprenti d'organiser son planning et de gérer ses activités. Il lui indique aussi le temps passé dans les modules de sa formation ;
- « Bloc note » : c'est un outil qui permet à l'apprenti de prendre des notes au cours ou à la suite de sa formation avec l'assistance pédagogique en ligne AMI ;
- « Rapport d'activité » : c'est un outil qui permet à l'apprenti de contrôler sa progression dans la formation ;
- « Travail collaboratif » : c'est un outil qui permet l'échange de fichiers entre apprentis et tuteurs.

1.1.2.1.6- Les fonctionnalités mises à la disposition des tuteurs

Les tuteurs disposent des mêmes fonctionnalités que les apprentis. Ils disposent en plus des outils qui leur permettent de créer des activités, des parcours et des modules. Ils ont accès au plan de travail, le bloc note, le rapport d'activité des apprentis pour contrôler leur progression dans les parcours proposés.

1.1.2.1.7- La pédagogie qui sous-tend la plate-forme.

En ce qui concerne la pédagogie qui sous-tend la plate-forme, elle apparaît en filigrane les possibilités offertes par la plate-forme. Nous pouvons répertorier les grandes situations pédagogiques possibles à l'aide de la plate-forme :

- le travail personnel en auto formation avec un accès à des documents pédagogiques en ligne ou téléchargés ;

- les travaux dirigés avec tutorat synchrone ou asynchrone ;
- le travail en groupe avec échange de travaux (grâce à la fonctionnalité « travail collaboratif »).

1.2- La base de données

En ce qui concerne la base de données de l'APL AMI, elle comporte 9000¹¹ Modules Elémentaires Pédagogiques (MEP) qui peuvent être des cours ou des tests. C'est une base de donnée qui a été réalisée par NAVCO¹², en Français et en Anglais, pour atteindre les objectifs suivants :

- faire des remises à niveau en début de formation pour amener les apprenants de leur « niveau réel » de connaissances au « niveau requis » pour la formation ;
- répondre rapidement et d'une façon souple à des besoins de formations nouvelles et diversifiés ;
- permettre la pérennité des documents.

Un MEP constitue « la brique » de base et concerne des disciplines scientifiques et techniques. Les tuteurs ou les formateurs ont la possibilité de modifier et de créer des MEP. La base de données est structurées selon une arborescence de cinq niveaux (bloc, matière, module, leçon et MEP) comme le montre la figure ci-après.

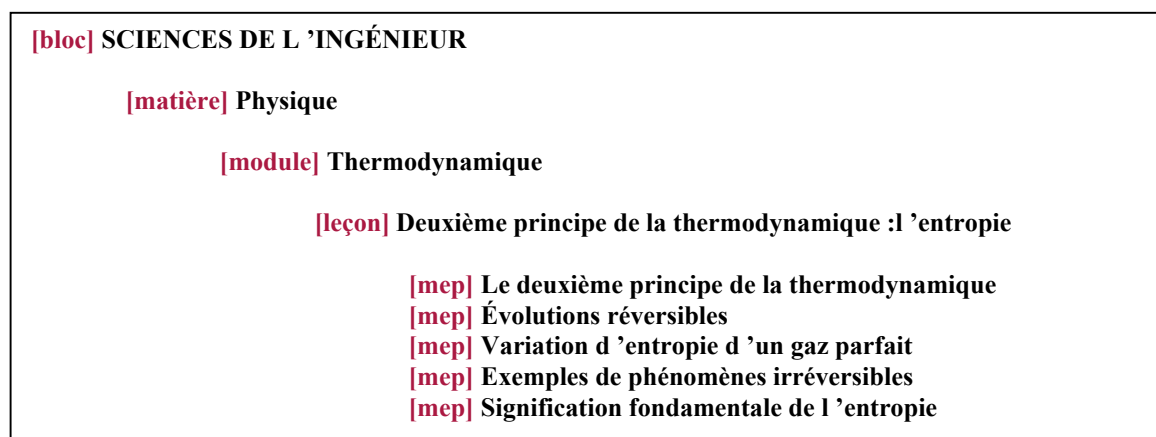


Figure n°69 : structure de la base de données AMI

Quelques pages du listing des MEP sont données ainsi que le contenu d'un MEP sont donnés en annexe n°17.

¹¹ 5000 activités (cours) et 4000 tests.

¹² Société Navale Française de Formation et de Conseil.

1.3- La pédagogie qui sous-tend la plate-forme AMI

Que voulons-nous dire par organisation pédagogique de l'APL ? Qu'est ce qui relève du « pédagogique » dans l'APL ? De quelle manière allons-nous rendre compte de la pédagogie qui sous-tend l'activité de formation à l'aide de l'APL ? Nous répondons à ces questions, dans ce qui suit, en partant de la définition de la notion de « pédagogie ».

La pédagogie est la conduite ou l'accompagnement de celui qui s'éduque, ou encore la relation d'éducation établie entre l'éducateur et celui qui s'éduque (Cousinet, 1959). Cet auteur met l'accent ainsi sur la conduite et l'accompagnement, et partant, sur la gestion des relations qui s'établissent entre les intervenants dans une situation d'enseignement apprentissage. Pour rendre compte de ces relations, Houssaye (1993 ; p. 22) a proposé son modèle triangulaire, dans lequel il identifie la pédagogie au processus « former » qui s'établit entre l'enseignant et l'apprenant. Ce processus constitue l'objet du travail pédagogique en vue de l'optimiser et de le rationaliser. Notons que pour les deux auteurs cités, l'enseignant est l'élément moteur de l'action pédagogique.

Cependant, quelles sont les actions caractéristiques du travail d'optimisation du processus « former » ? En quoi consiste la gestion du « relationnel » dans une situation d'enseignement apprentissage ?

1.3.1- Les actions de planification pédagogique

Selon Bru (1993 ; p.106), l'enseignant gère les apprentissages en agissant sur un certain nombre de variables qu'il peut modifier. Bru distingue trois catégories de variables :

- les variables de structuration des contenus : transposition didactique, opérationnalisation des objectifs, choix des activités sur les contenus ;
- les variables processuelles : dynamique de l'apprentissage, répartition des initiatives, registres de la communication didactique, modalités d'évaluation ;
- Variables relatives au dispositif : organisation de l'espace, du temps, groupement des élèves, matériels et supports utilisés.

Par ces actions, portant sur les trois variables citées, l'enseignant anticipe la situation enseignement apprentissage. C'est ce travail d'anticipation qu'Altet (1993 ; p.77) appelle planification pédagogique. La phase de planification concerne ainsi le moment de l'anticipation des contenus et de leurs organisations. Altet distingue deux approches de la planification de l'enseignement :

- une approche technologique, prescriptive, héritée de Skinner et de l'enseignement programmé et qui comporte selon quatre opérations repérables dans la majorité des modèles des approches technologiques : analyse, design, évaluation et rétroaction. Cette approche centre la planification de l'enseignant sur le processus d'apprentissage des élèves ;
- une approche cognitiviste, issue de travaux descriptifs qui se sont développés avec la psychologie cognitive.

Dans les deux approches, l'intervention de l'enseignant, est pilotée par le besoin ou la difficulté de l'apprenti. En s'inscrivant dans cette dernière approche, Altet (1993) considère que le processus enseigner est « un processus de traitement d'informations et de prise de décision », et montre que les éléments de la planification, donc les trois catégories de variables mises en évidence par Bru, constituent déjà les déterminants du type d'interactions entre l'enseignant et les élèves en classe. Nous nous intéressons dans la suite à ce processus de prise de décision en vue de le caractériser dans le cas de la formation à l'aide de l'assistance pédagogique AMI.

1.3.2- La remise à niveau utilisant l'assistance pédagogique AMI : médiation ou tutelle ?

Comme nous l'avons décrit plus haut, l'apprenti mène sa formation, à l'aide du dispositif AMI, d'une façon individuelle. Pour assurer le suivi de la formation, un tuteur, donc une fonction de tutorat, est mis à la disposition des apprentis pour les aider à dépasser leurs difficultés aussi bien « disciplinaires » que techniques.

1.3.2.1- La fonction de tutorat

L'une des premières formes de tutorat, selon Danner et *al* (2000), c'était l'enseignement mutuel qui a été mis au point par Lancaster en 1801. Au fil des innovations, le tuteur est devenu un enseignant et non plus un élève ou un étudiant, et le tutorat s'est inscrite par la suite dans la mouvance du courant des pédagogies dites nouvelles.

D'un point de vue étymologique, le terme tutorat renvoie à des significations comme protéger, s'occuper de ou prendre soin de. Le tuteur est donc quelqu'un dont l'attention est particulièrement portée sur une autre personne. Sarbin (1976) définit un tuteur comme : « une personne prête à rendre service ou à se montrer bienveillante à l'égard d'une autre, sans qu'il lui soit nécessaire de posséder des titres ou connaissances particulières ». Cet auteur met ainsi l'aide au cœur de l'activité tutorale.

Baudrit (2000), pour sa part, distingue entre monitorat et tutorat en ce qui concerne l'individualisation. En effet, le premier concerne la conduite des groupes d'une dizaine d'enfants, voir plus; le second s'adresse à des formations plus restreintes, ou souvent à une seule personne. Aussi, pouvons-nous dire que l'activité tutorale consiste à une activité d'aide individualisée.

1.3.2.2- Médiation ou tutelle ?

Nous nous interrogeons ici sur la nature des interactions entre le tuteur et ses apprentis dans le cas de la formation par AMI. En effet, la formation à l'aide du dispositif AMI consiste à désigner, pour chaque apprenti, un ou plusieurs parcours¹³ pédagogiques relevant de différentes disciplines scientifiques et techniques. Ces parcours sont définis suite à un test au début de la formation. Les parcours sont organisés en une suite de cours ou d'exercices. L'activité de l'apprenti peut se dérouler à distance, s'il est en séquence professionnelle, ou en présence pendant la séquence académique. Il s'agit donc de transmettre des savoirs, aider à la production de réponses, guider des actions et aider à l'appropriation de procédures¹⁴. Ainsi, l'intervention du tuteur est déterminée par l'exécution des tâches proposées à l'apprenti. Une telle intervention est qualifiée par Carré et *al* (1998) comme une intervention de tutelle par opposition à une intervention déterminée par le travail du rapport au savoir¹⁵ qui est qualifiée par les mêmes auteurs de médiation.

1.3.2.3- Las actions tutorielles

En considérant la situation de formation avec l'assistance pédagogique en ligne AMI comme une situation de tutelle, nous qualifierons par la suite les actions du tuteur d'actions tutorielles. Quelles sont alors les principales actions tutorielles que nous allons considérer ? nous présentons dans la suite quelques propositions de réponses avant de les synthétiser en trois grandes catégories d'actions tutorielles.

1.3.2.3.1- Les actions tutorielles

En nous référant tout d'abord au bulletin officiel¹⁶ de l'Education Nationale, le tutorat vise à :

- aider au travail personnel de l'étudiant ;
- aider au travail documentaire ;
- donner son appui aux techniques d'auto évaluation et d'auto-formation ;

¹³ Tels qu'ils ont été définis dans le chapitre précédent, voir page ...

¹⁴ De résolution de problèmes par exemple.

¹⁵ Aider l'apprenti à accéder à la culture scientifique.

¹⁶ N° , 11/03/96.

- permettre d'établir des relations de proximité entre les étudiants et leurs professeurs.

De son côté, Glikman (1999) désigne les actions tutorielles sous le terme générique de "fonctions tutorales ». elles comprennent les fonctions "d'aide et de conseil" ou d'assistance individualisée. Cet auteur considère que les interventions tutorales s'appliquent à différents moments et aspects du processus de formation. Elle portent sur :

- le choix de la formation (orientation) ;
- le choix des contenus (soutien didactique) ;
- le choix des supports (soutien technique) ;
- l'organisation des apprentissages (soutien méthodologique) ;
- la mise en place d'un travail collaboratif entre apprenants.

1.3.2.3.2- Les catégories d'actions tutorielles retenues

Nous pouvons synthétiser ces différentes actions tutorielles dans trois grandes catégories :

- la spécification de l'activité des apprentis : elle comporte l'aide au travail personnel de l'apprenti, l'aide au travail documentaire, le choix de la formation, le choix des contenus, l'organisation des apprentissages, l'émergence des objectifs du groupe, l'établissement de la tâche et la distribution des rôles. Ces actions sont spécifiques à l'enseignement avec ordinateur et à distance. En effet, concernant l'enseignement avec ordinateur, le travail pédagogique peut apparaître, selon Bruillard (1996), comme une opération finalisée de transmission d'informations. Elle peut être modélisée en trois étapes: la phase de transmission des informations; la phase d'assimilation qui concerne le récepteur et la phase de validation et contrôle du récepteur par l'émetteur ce qui permet de fermer la boucle de contrôle ;
- l'explicitation des règles de communication : elle comporte l'établissement de règles et de protocoles de communication et de collaboration et le choix des outils de communication pertinents par rapport à la tâche proposée. En effet, Navarro (2001) insiste sur « l'importance de mener une analyse de la nature des tâches pour que l'outil de communication proposé soit adapté et réellement utilisé par les personnes concernées par son usage au quotidien ». Navarro dégage ensuite les points que les systèmes de communication à distance doivent pouvoir "simuler" pour concurrencer réellement une interaction fonctionnelle en coprésence:
 - o partage des données : suivre la situation et son évolution, transférer et utiliser facilement les informations;
 - o coordination des actions: suivre et contrôler les procédures en cours;

- contact avec autrui: maintenir une conscience mutuelle, gérer les tours de parole;
 - choix du mode de communication: utiliser la voix, le geste le texte, la graphique, l'image, la vue animée;
 - gestion des délais: travailler en mode synchrone ou asynchrone ;
- le maintien de la progression des apprentis : elle comporte l'appui aux techniques d'auto évaluation et d'autoformation, l'établissement des relations de proximité entre les apprentis et leurs tuteurs et le choix des supports pour la tâche.

Nous résumons dans la suite les différentes sources de difficultés des apprentis dans une remise à niveau en utilisant l'assistance pédagogique en ligne AMI.

2- LA REMISE A NIVEAU EN PRESENCE

2.1- Description

La formation se passe en présentiel : les apprentis, pendant la phase académique, suivent des cours ou des remises à niveau en classe. Chaque apprenti dispose d'un ordinateur qui lui permet d'accéder à la plate-forme qui organise la formation (accès aux parcours pédagogiques, communication avec les autres apprentis, communication avec les tuteurs..). Un guide de l'utilisateur est fourni à chaque apprenti pour l'aider à découvrir et utiliser les fonctionnalités de la plate-forme. Nous avons organisé le guide de l'utilisateur selon une logique d'utilisation des fonctionnalités. Ainsi, l'élève peut suivre sur le guide un exemple de formation à l'aide d'AMI.

La première séance de remise à niveau a concerné la cinématique de solide. Le travail proposé aux élèves est la résolution d'un problème de synthèse en cinématique du solide, où ils doivent mobiliser toutes les notions vues en cours. L'objectif du problème est de déterminer les composantes du torseur cinématique en plusieurs points du mécanisme support du problème. Les apprentis ont travaillé selon la disposition montrée par la figure suivante:

- Filière: GM1 CNAM (groupe B)
- Apprentis observés: 5
- Tâche:
 - résolution d'un problème de cinématique des solides
 - en classe
 - un élève par ordinateur



Figure n°70 : disposition de travail des apprentis. Remise à niveau en cinématique.

La deuxième séance de remise à niveau a concerné une application directe des notions de résistance des matériaux vues en cours. Le travail proposé aux élèves consiste en une série d'exercices d'applications organisés en sept parties. Chaque partie vise à atteindre un objectif intermédiaire qui contribue à atteindre l'objectif final de la remise à niveau en Rdm : être capable de déterminer les inconnues de liaison dans une structure hyperstatique en complétant le système d'équation issu de la statique par des équations de déformation. Les applications partent du plus élémentaire (calcul statique dans des structures isostatiques), pour augmenter le niveau de complication au fur et à mesure. Le niveau de difficulté entre les différentes parties varie donc d'une façon progressive.

- Filière: GM1 CNAM (groupe A)
- Nombre d'apprentis observés: 6
- Tâche:
 - résolution d'un problème de résistance des matériaux
 - en classe
 - un élève par ordinateur



Figure n°71 : disposition de travail des apprentis. Remise à niveau en RDM.

En ce qui concerne la présentation, le document de résistance des matériaux a un caractère interactif¹⁷. Au contraire, le document de Cinématique ne diffère en rien d'un document sur papier, sauf qu'il sera lu et les réponses saisies à l'écran. Cependant, les deux documents¹⁸, implémentées sur la plate-forme, ne conseillent pas aux élèves l'utilisation d'aucune fonctionnalité de cette dernière.

2.2- Analyse des difficultés des apprentis

Dans le troisième chapitre de la première partie, nous avons mis en évidence la demande du CFAI quant à l'assistance pédagogique en ligne AMI. Il s'agit d'une demande d'évaluation qui contribue en même temps à la conception de l'assistance pédagogique. Une évaluation qui répond notamment aux questions concernant mise en œuvre efficace d'AMI que nous rappelons ci-dessous :

- l'assistance pédagogique AMI, permet-elle d'individualiser la remise à niveau des apprentis ? Leur permet-elle de travailler en autonomie ? Comment proposer des activités en cohérence avec les fonctionnalités offertes par la plate-forme ? Comment garantir une mobilisation des fonctionnalités de la plate-forme AMI en cohérence avec la formation en alternance ?
- l'assistance pédagogique AMI, permet-elle aux apprentis d'acquérir des connaissances de base indispensables à la formation ?
- quelles spécificités de la plate-forme et celles du contenu qu'elle véhicule dans le cas de la formation en alternance ?

Pour répondre à ces questions, nous tenterons d'abord de mettre en lumière ce que peut être l'évaluation d'une assistance pédagogique en ligne. En effet, en concevant l'APL comme un système, dont la structure a été présentée avant¹⁹, ce que nous expliciterons dans la suite c'est qu'est ce que nous évaluons, quels sont les éléments et les relations entre les éléments concernés par l'évaluation ? En d'autres termes : quelles sont les entrées que nous pourrions considérer pour évaluer le système « assistance pédagogique en ligne AMI » ?

¹⁷ Par exemple, l'apprenti peut répondre à des questions par des « glisser coller » en choisissant parmi des réponses données.

¹⁸ Voir les tâches en Cinématique et en RDM en annexe n°23.

¹⁹ Voir page 265.

2.3- Evaluation de l'assistance pédagogique en ligne AMI ?

Nous partons de la définition de l'évaluation de Sensi (1990) qui a étudié le thème de l'évaluation des projets d'innovation : "une évaluation est une série d'actes effectués par des professionnels à la demande d'un client dans un système organisationnel". Il s'agit donc de caractériser cette "série d'actes", c'est à dire le processus d'évaluation.

2.3.1- Caractéristiques générales d'une démarche d'évaluation

Une première caractéristique de l'évaluation c'est que si elle se présente de plus en plus comme une activité processuelle, elle n'en écarte pas moins la validation d'un produit. « du fait, il y a mise en évidence d'une dualité de rapport à l'action : respect des normes et de prescriptions relatives au produit d'une part, et mise en avant du processus en tant que tel d'autre part » (Triby et Trautman, 2000). Cette dualité induit, selon les mêmes auteurs, des différences importantes quant à la signification et la portée de l'évaluation pratiquée. A titre indicatif, nous présentons dans le tableau suivant les différences de conceptions que cette dualité recouvre selon les deux auteurs :

| Produit | Processus |
|---|--|
| Sanction finale, située dans un calendrier | Suivi et intervention dans l'action en cours |
| Importance de la division hiérarchique pour la définition des normes et le contrôle | Importance des forces organisatrices de coopération, d'implication individuelle et des groupes |
| Importance des rapports économiques et des rapports de pouvoir | Importance de la dimension cognitive et organisationnelle |
| Conformité aux prescriptions | |

Tableau n°40 : dualité produit-processus de l'évaluation

Les auteurs affirment que du fait de ce caractère dual de l'évaluation, elle se trouve prise dans un procès de rationalisation et de normalisation qui l'amène à se rapprocher, formellement et pratiquement, des modalités de l'évaluation scolaire et des caractéristiques du « diplôme » : « moyen à la fois de donner un sens au travail par l'acceptation de règles de mise en œuvre et de permettre une circulation des produits ainsi "certifiés", sans contestation de leur valeur réelle ».

Triby et Trautman, en insistant sur l'importance du processus d'évaluation dans le cas d'un projet de formation, développent la notion d'évaluation en s'appuyant sur trois hypothèses:

- les résultats de l'évaluation dépendent de la démarche d'évaluation choisie ainsi que de la politique ou de l'action concernée (régionale , locale, nationale) ;
- la démarche d'évaluation doit produire simultanément :
 - o des résultats susceptible d'une objectivation ;
 - o un schéma interprétatif intégrant la compréhension des phénomènes mis au jour ;
 - o un jugement de valeur qui est la forme spécifique de l'esprit critique quand il a conscience de la position qu'il occupe. En ce sens, la conception de l'évaluation ici développée se démarque radicalement de l'évaluation/contrôle ou support d'une sanction ;
- l'évaluation est une démarche particulière de recherche, une démarche de recherche impliquée.

Pour leur part, Le Bortef et *al*, en soulignant de leur côté le processus d'évaluation d'un projet de coopération technique, considèrent que la démarche d'évaluation doit être intégrée à ce dernier. Selon ces auteurs :

« l'évaluation est dès lors intégrée au cycle des projets, dont elle constitue un élément permanent de suivi et de régulation. L'évaluation en cours sert donc à déceler les problèmes nés en cours de réalisation du projet, à les expliciter, à en faire prendre conscience aux responsables concernés, de façon à déboucher sur des solution ».

Ce que nous retenons de ce qui précède, c'est d'abord le caractère dual processus/produit de l'évaluation. Ensuite l'importance à donner à la dimension processus d'évaluation qui est une démarche de recherche impliquée, sinon intégrée, au projet à évaluer.

Vues les conditions de notre intervention évaluative d'AMI, qui sont des conditions de conception et de mise en œuvre du dispositif, la démarche d'évaluation que nous préconisons, empruntera les caractéristiques générales que Le Boterf et *al* ont citées:

- démarche d'évaluation intégrée au projet, dans la mesure où notre travail constitue un élément permanent de suivi et de régulation dans le développement du dispositif AMI ;
- démarche impliquée dans le projet dans la mesure où notre action ne se limite pas à en mesurer l'efficacité et l'efficience, mais contribue à la conception et la mise en œuvre du dispositif AMI. En effet, Réhaume (1994), qui a travaillé sur l'évaluation des « dispositifs d'enseignements assistés par ordinateur » ou DEAO, insiste sur le caractère impliqué que

doit avoir l'évaluation d'un dispositif d'enseignement, et considère que tout logiciel qui ne serait pas évalué en cours d'élaboration serait voué à imparfaitement répondre aux objectifs pédagogiques qu'il prétend résoudre.

2.3.2- Mise en œuvre et critères de l'évaluation

En ce qui concerne la mise en œuvre de l'évaluation, Lahaye (2000) explique que dans la mesure où l'évaluation consiste à comparer un phénomène observé (comportement, performance, résultat, coût, activité) à un référentiel (critères, indicateurs, objectifs) il importe de préciser le cadre de référence à utiliser dans une évaluation donnée. Il s'agit de confronter la réalité avec ce qui est souhaité ou attendu. Pour cela, plusieurs types de critères peuvent être utilisés:

- les critères de pertinence visent à estimer si les objectifs du projet sont valides par rapport aux problèmes à résoudre et aux intérêts des populations ou groupes concernés ;
- les critères de cohérence cherchent à vérifier le degré d'adéquation entre les décisions concernant le fonctionnement interne du projet et son environnement externe ;
- les critères d'efficacité cherchent à estimer les effets des décisions prises et dans quelle mesure les résultats obtenus correspondent aux objectifs fixés ;
- les critères d'efficience analysent le rapport entre les résultats constatés et les moyens mis en œuvre pour les atteindre ;
- les critères d'opportunité visent à apprécier dans quelle mesure les décisions prises et leurs effets surviennent en temps opportun.

Les critères cités en exemple ci-dessus ne sont pas exhaustifs et sont trop généraux. Aussi, et en accord avec Lahaye, considérons-nous que c'est le cadre de référence adopté pour un projet à évaluer qui définira les critères d'évaluation ainsi que ses techniques²⁰. C'est ce que nous présentons dans la suite : une revue de quelques travaux sur l'évaluation des DEAO, en vue de construire nos propres critères d'évaluation.

2.3.3- Les éléments concernés par l'évaluation

Nous commençons par mettre en évidence les éléments de l'assistance pédagogique AMI, conçue comme système, qui seront concernés par l'évaluation. Nous passerons en revue dans, ce qui suit, quelques questions de recherche examinées par le groupe de recherche GRAIM de

²⁰ Lahaye considère que l'évaluateur doit obtenir des informations par des moyens multiples et complémentaires: observation directes, des entretiens, les réunions de travail, l'analyse institutionnelle ..etc.

l'université de Laval (Depover, Marton, Harvey et Rhéaume; 1994) sur l'évaluation des dispositifs de formation assistée par ordinateur. Nous compléterons cette revue par les travaux d'Halluin et *al* (1999) sur la mise en œuvre des démarches d'évaluation appliquées à des dispositifs d'enseignement assistés par ordinateur.

Les travaux que nous citerons mettent en évidence que les méthodes d'évaluation des dispositifs d'enseignement assistés par ordinateur sont un thème de recherche actif qui ne peut se limiter ni aux techniques pour mesurer l'utilisabilité, ni au niveau des expériences de comparaison entre groupe expérimental et groupe témoin.

2.3.3.1- Les supports, les stratégies et les caractéristiques individuelles

Depover (1994), pour analyser les différentes approches possibles en matière d'évaluation, a posé trois questions: Qui évalue ? Qu'évalue-t-on ? Quand évalue-t-on ? L'objectif, selon l'auteur étant de mieux saisir l'éventail des possibilités offertes à l'occasion de l'examen d'un outil de formation.

En ce qui concerne la question qui nous importe (Qu' évalue-t-on), l'auteur indique que l'évaluation peut porter sur le processus d'apprentissage. Les critères qui seront retenus dans ce cas sont les variables qui sont susceptibles de favoriser l'apprentissage dans un environnement informatisé. L'auteur relève cependant quelques difficultés qui peuvent être liées :

- au fait que le choix de ces variables dépend du modèle d'enseignement - apprentissage auquel on se référera (risque de pénaliser le logiciel dont les fondements théoriques seraient en désaccord avec ceux retenus au moment de l'évaluation);
- au caractère ambigu de ces variables;
- au fait qu'en l'absence de critères précis, l'évaluation d'un dispositif de formation peut consister à évaluer par référence à d'autres dispositifs qu'on a examinés auparavant, d'où la confusion entre évaluation critériée et évaluation normative²¹.

L'auteur considère d'autre part que l'évaluation peut porter sur les objectifs. Elle consiste alors à comparer la capacité du dispositif à amener les apprenants à la maîtrise des objectifs par rapport à celle qui caractérise d'autres outils de formation. La principale difficulté de ce type d'approche se situe dans la définition claire de ce sur quoi porte l'évaluation.

²¹ Evaluation normative: évaluation par rapport à une norme constituée par les résultats d'un échantillon d'élèves sélectionnés pour être équivalent à celui auquel est proposé le logiciel de formation.

En effet, la différence d'efficacité peut être liée au support de présentation utilisé mais aussi aux stratégies pédagogiques particulières qu'un support permet de mettre en œuvre.

C'est donc à travers la prise en compte simultanée des trois sources de variation constituées par : les supports de présentation, les stratégies d'enseignement et les caractéristiques individuelles que Depover propose d'envisager l'évaluation de l'efficacité, par rapport à une norme, des dispositifs de formation par ordinateur. Il considère que la démarche d'évaluation de ces trois facteurs consiste en l'analyse des difficultés, des erreurs ou des blocages manifestés par les apprenants durant leur apprentissage, ce qui constitue une source très riche d'informations dont il serait dommage de se passer lorsqu'il s'agit d'améliorer, en cours de réalisation, le fonctionnement d'un dispositif de formation.

2.3.3.2- L'objet, l'environnement et la communication

Pour sa part, Réhaume (1994) propose une approche évaluative qui considère un triple regard : le regard sur l'objet outil ou média, le regard sur l'environnement pédagogique et le regard dynamique.

2.3.3.2.1- L'objet

Réhaume considère que le multimédia et toutes les autres formes de logiciels à portée éducative sont d'abord considérés comme des objets²². Et d'ajouter que «l'objet est une catégorie générale où figure tout ce qui peut intervenir dans une situation pédagogique». Selon l'auteur, le multimédia est un objet feuilleté qui comprend cinq couches de préoccupations. En partant de l'agent (concepteur, utilisateur), nous retrouvons : la surface ou l'interface, le contenu, la gérance, le logiciel et l'ordinateur avec ses périphériques comme couche profonde. Réhaume considère l'interface et le contenu comme les deux facteurs les plus importants pour déterminer l'utilisabilité²³ d'un multimédia quelconque.

2.3.3.2.2- L'environnement

L'auteur note qu'il ne s'agit plus d'évaluer un multimédia au gré d'un essai, mais de l'évaluer au moment d'une utilisation appropriée : en temps, en lieu, en matière, en style, avec des agents prêts à communiquer avec ces objets technologiques tels que décrits au point antérieur. Il convient donc d'évaluer la vraie situation.

²² Selon Réhaume, le crayon, la feuille de papier, le livre, le manuel scolaire, la leçon, le discours, le texte, le paragraphe, le logiciel, le multimédia, l'écran, la fenêtre, l'image, le schéma, la disquette et l'ordinateur sont tous des objets selon son approche

²³ L'utilisabilité, selon Réhaume, est le nouveau terme pour dépasser la convivialité et tenir compte de la tâche qu'elle soit de recherche d'information, de construction ou d'apprentissage plus formel.

2.3.3.2.3- La communication

Selon Réhaume, si le lecteur entend parler de schéma de communication, il pense immédiatement à un émetteur, un message supporté, codé et décodé et à un récepteur. L'évaluation porte sur le comportement, la communication, l'expérience manifestée par l'agent. Pour Watzlawich et *al*, cités par Réhaume, ce qui est observable, c'est la relation médiatisée entre les pôles de cette communication interactive.

2.3.3.3- L'environnement technique, l'organisation pédagogique le multimédia et l'interactivité

Marton et Harvey (1994) insistent quant à eux sur la nécessité d'une évaluation formative. Cette dernière met l'accent sur l'analyse en profondeur du mode d'interaction utilisateur - prototype auprès de quelques étudiants et l'évaluation sur le terrain avec un grand nombre d'étudiants. Ils considèrent que l'objectif de l'évaluation d'un dispositif d'enseignement assisté par ordinateur, c'est d'arriver à comprendre et expliquer comment un DEAO influence le comportement de l'utilisateur et comment il l'aide à atteindre les objectifs pédagogiques.

La méthode que proposent les deux auteurs pour mettre en œuvre ce qu'ils appellent l'évaluation formative d'un dispositif d'enseignement assisté par ordinateur peut être « déductive » ou « inductive ».

- la démarche déductive consiste à formuler une hypothèse²⁴ puis la vérifier expérimentalement ;
- la démarche inductive consiste à :
 - o formuler précisément les objectifs pédagogiques à atteindre ;
 - o faire passer des prés-test à un groupe représentatif d'utilisateurs potentiels du système ;
 - o faire des observations en cours de développement et finalement faire passer des post-tests à la fin ;

Enfin, Marton et Harvey apportent comme réponse à la question "quoi évaluer?" les facteurs suivants:

- l'environnement technologique ;
- l'organisation pédagogique ;
- le multimédia ;

²⁴ En ce qui concerne la question : comment un DEAO influence le comportement de l'utilisateur et comment il l'aide à atteindre les objectifs pédagogiques ?

- l'interactivité.

2.3.3.4- Le discours des apprenants

D'Halluin et *al* (1999) estiment, concernant l'évaluation des dispositifs de formation coopérative assistée par ordinateur, qu'il est intéressant d'allier une étude analytique des discussions (forme, contenu et évolution de la conversation) et de leur effet sur l'apprentissage à des mesures quantitatives concernant l'utilisabilité et l'efficacité du système (mesurer le nombre de fois qu'une conversation a avorté, calculer le temps moyen de retard dans l'accomplissement des tâches, calculer le temps mis pour élaborer (construction et accord) une proposition commune et le nombre d'interventions nécessaires, mesurer le retard dans les négociations (partage des tâches, attribution, initiative) etc.).

D'autre part, d'Halluin propose d'allier une étude analytique des discussions des apprenants et des tuteurs à des mesures quantitatives concernant l'utilisabilité et l'efficacité du dispositif d'enseignement assisté par ordinateur.

2.3.4- Conclusion

De ce qui précède, nous retenons comme éléments de l'APL AMI concernés par l'évaluation les suivants :

- le support (Depover) ou l'objet (Réhaume) que nous limiterons dans la suite à la plateforme du dispositif AMI ;
- les stratégies d'enseignement et les caractéristiques individuelle (Depover), l'environnement pédagogique et technologique et la communication médiatisée (Rhéaume), l'environnement technologique, l'organisation pédagogique et l'interactivité (Marton et Harvey) et enfin, les communications des apprentis et le travail collaboratif (d'Halluin et *al*). Nous mettrons toutes ces dimensions dans une seule que nous appellerons organisation pédagogique. En plus de ce qui a été défini par les différents chercheurs cités l'organisation pédagogique comporte aussi : les démarches pédagogiques, la planification de l'activité²⁵ et l'organisation des ressources techniques pertinentes pour l'activité ;
- le contenu (Réhaume) de la tâche proposée aux apprentis.

Ainsi, l'évaluation de l'assistance pédagogique en ligne consistera à identifier les difficultés, les erreurs et les blocages manifestés par les apprentis ingénieurs lors de la formation utilisant

²⁵ Contenu, rôle du tuteur, rôle des élèves, interaction et communication entre les différents acteurs, évaluation...etc.

l'assistance AMI. Nous nous intéresserons en particulier, aux difficultés d'utilisation de la plate forme AMI et celles dues à l'organisation de la tâche de formation proposée.

2.4- Difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de la plate-forme AMI

Nous avons considéré dans la cadre théorique que l'activité de conception²⁶ des apprentis ingénieurs en utilisant la plate-forme de l'APL AMI est une activité instrumentée. Conçue comme un système, sa structure peut être représentée par un modèle quadripolaire (inspiré des deux modèles CAI et CAIC) que nous rappelons ci-dessous :

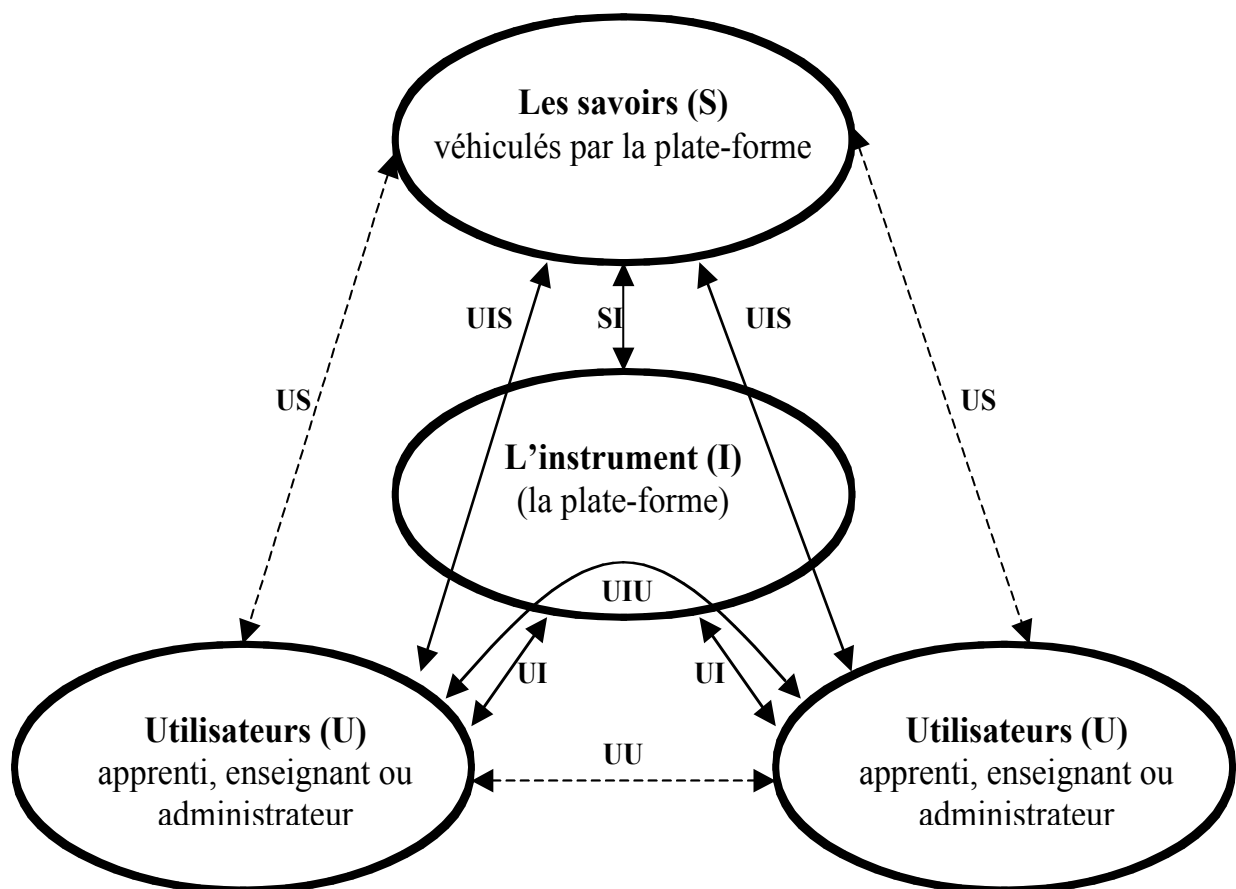


Figure n°72 : modèle de l'activité instrumentée de conception

Ce schéma fait apparaître un ensemble de relations entre les différents éléments du système « activité de conception instrumentée » :

- les relations utilisation de l'instrument pour communiquer (UIU) ; proposer, avoir accès aux savoirs (pour structurer, mobiliser, s'approprier les savoirs selon que l'utilisateur soit

²⁶ Qui s'inscrit dans le cadre d'une remise à niveau des apprentis ingénieurs au début de leur formation.

- l'apprenti ingénieur ou l'enseignant) ou gérer la formation (UIS) ; utiliser une fonctionnalité de la plate-forme (prendre des notes sur son bloc notes par exemple) (UI)
- la relation compatibilité des savoirs véhiculés à la plate-forme (IS) ;
 - les relations d'accès direct aux savoirs par les enseignants ou les administrateurs en vue de construire la tâche de remise à niveau (US) ;
 - les relations ou interactions directes entre les acteurs de la remise à niveau (UU).

En considérant cette description de l'activité de remise à niveau à l'aide d'AMI, l'utilisation de la plate-forme par les apprentis peut être analysée à travers l'analyse des trois premières relations UIU, UIS et UI qui renvoient à l'utilisation de la plate-forme de l'APL (U étant l'apprenti).

Nous avons repéré plusieurs difficultés potentielles des apprentis lors d'une activité de conception instrumentée. D'abord la non construction des schèmes requis aussi bien par l'instrument de l'APL que par la situation « activité de conception instrumentée ». Il y a aussi le décalage entre l'instrument conçu par les concepteurs de l'APL et celui conçu par les apprentis ingénieurs. Ce décalage qui est au fond une difficulté de construction de sens de la nouvelle situation de formation en conception utilisant l'APL.

Les hypothèses quant aux difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de la plate-forme du dispositif :

- H1: les schèmes requis par l'usage de l'artefact du dispositif AMI ne sont pas construits ;
- H2: il existe des schèmes prégnants, valides dans les situations proches, qui interfèrent avec les schèmes requis par l'usage de l'artefact du dispositif AMI ;
- H3: le décalage entre l'usage de l'artefact du dispositif prévu par le concepteur et l'usage effectif en situation de formation.

2.5- Difficultés des apprentis relatives à l'organisation pédagogique de la plate-forme AMI

Nous avons considéré que la pédagogie qui sous tend l'assistance pédagogique en ligne (APL) AMI correspond au travail d'optimisation du processus enseignement apprentissage. Les actions nécessaires à ce travail relèvent de ce qu'Altet appelle la planification pédagogique et ce que nous continuerons à appeler dans la suite l'organisation pédagogique. Ainsi, cette dernière est caractérisée, dans une situation de tutelle comme c'est le cas de la remise à niveau utilisant AMI, par des actions tutorielles. Nous en avons retenues trois :

- la spécification des modalités de l'activité des apprentis (travail en groupe, individuel) ;
- l'explicitation des règles de communication ;
- le maintien de la progression des apprentis.

Pour rendre compte des difficultés des apprentis dues à l'organisation pédagogique de l'APL, nous analyserons l'influence des relations UIS, UU, UI et US dans le cas où U correspond au formateur (organisation pédagogique de la tâche par les formateurs), sur les relations UI, UIU et UIS dans le cas où U correspond à l'apprenti (activité effective de remise à niveau).

Les hypothèses quant aux difficultés des apprentis relatives à l'organisation pédagogique qui sous tend l'APL : la non formulation ou la formulation non explicite des actions tutorielles dans la tâche proposée aux apprentis. Ces actions tutorielles concernent :

- H4: l'explicitation des règles de communication ;
- H5: la spécification des modalités de l'activité des apprentis (activité en groupe ou activité individuelle) ;
- H6: le maintien de la progression des apprentis (aider à dépasser les blocages, inciter à l'autoévaluation et valider les résultats).

2.6- Recueil des données

Nous avons procédé par des enregistrements vidéos des deux séances de remise à niveau en cinématique et en résistance des matériaux. La durée moyenne de l'activité de remise à niveau de chaque apprenti en cinématique est d'une heure. Les enregistrements sont ensuite retranscrits pour être analysés.

2.6.1- Codage des transcriptions des enregistrements

La transcription de l'enregistrement de chaque apprenti filmé en activité de remise à niveau a été structurée dans un tableau indiquant : la description des actions de l'apprenti, le temps de chaque action et des commentaires pour repérer le contexte, donc le sens, des actions et les codes correspondant aux actions.

Concernant le codage des actions distinguées dans la transcription, nous nous sommes référés d'une part à l'observation de deux experts²⁷ exécutant une tâche de formation à l'aide de l'assistance pédagogique en ligne AMI. D'autre part, nous avons pris en compte les

²⁷ Le responsable de l'assistance pédagogique en ligne et le concepteur de la plate-forme.

observations exploratoires que nous avons menées au début de la mise en œuvre de l'assistance. Ainsi, nous avons dégagé un ensemble d'indicateurs concernant l'utilisation de la plate-forme dans la remise à niveau et l'organisation pédagogique de la tâche. Les indicateurs sont des actions des apprentis qui caractérisent l'utilisation de la plate-forme du dispositif (y compris la recherche des informations) et des actions des apprentis qui pilotent l'intervention des tuteurs. Les indicateurs adoptés sont les suivants :

| | | Actions des apprentis (ou indicateurs) |
|--|---|---|
| Utilisation du dispositif | Accès à la formation (Ii) | <ol style="list-style-type: none"> 1. rechercher la page d'accueil 2. rechercher un parcours 3. rechercher une activité 4. rechercher un tes 5. rechercher une information dans un cours, dans un test ou dans un rappel 6. rechercher une fonctionnalité 7. page d'erreur. |
| | Utilisation de l'artefact du dispositif (Ui) | <ol style="list-style-type: none"> 1. lire à l'écran 2. lire sur papier 3. répondre à l'écran 4. répondre sur papier 5. lire le guide de l'utilisateur 6. demander à un pair, au tuteur pour comprendre l'utilisation des fonctionnalités 7. résoudre des problèmes techniques 8. rechercher les ressources sur papier 9. rechercher les ressources sur AMI 10. rechercher la page d'accueil dans la formation 11. usage d'une fonctionnalité 12. imprimer. |
| Organisation pédagogique du dispositif (Pi) | | <ol style="list-style-type: none"> 1. travailler individuellement 2. travailler en groupe 3. gérer la formation (utilisation des fonctionnalités) 4. s'arrêter de travailler (blocage) 5. communiquer avec les autres apprentis 6. communiquer avec les tuteurs 7. communiquer à distance (entre les apprentis) 8. communiquer à distance (avec le tuteur) 9. progresser: passer d'une information à une autre 10. s'auto évaluer. |

Tableau n°41: indicateurs caractérisant l'utilisation et l'organisation pédagogique de l'APL

Les difficultés des apprentis seront donc discutées par rapport à l'absence, la présence et la durée des indicateurs considérés. Ces derniers caractérisent l'utilisation de l'assistance pédagogique en ligne par un expert et guidant ses actions en tant que tuteur.

2.6.2- Analyse des transcriptions

La transcription²⁸ des interactions entre les apprentis au cours des séances de remise à niveau est résumée dans un tableau comme suit :

| Codes | Actions des apprentis | Début | Fin | Temps | % séance | Comment. | Observations |
|-------|--|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| I1 | saisit l'adresse du campus de formation | 00:00:00 | 00:00:32 | 00:00:32 | 0,66% | | |
| I1 | accès à la page AMI | 00:00:32 | 00:00:46 | 00:00:14 | 0,29% | | |
| U6 | demande à son voisin de l'aide | 00:00:46 | 00:01:31 | 00:00:45 | 0,93% | | qu'est ce que tu fais pour être là? Son voisin lui montre |
| I1 | saisit le mot de passe et le login | 00:01:31 | 00:02:13 | 00:00:42 | 0,86% | | |
| I2 | affichage de la page accueil dans la formation | 00:02:13 | 00:02:24 | 00:00:11 | 0,23% | | |
| U6 | demande à son voisin de l'aide | 00:02:24 | 00:02:26 | 00:00:02 | 0,04% | | je fais quoi après ça? |
| I2 | choisit la formation RDM | 00:02:26 | 00:02:43 | 00:00:17 | 0,35% | | |

Tableau n°42 : exemple de présentation des transcriptions des enregistrements vidéos

Le « % séance » représente le temps passé sur une action, donc sur un code, exprimé en pourcentage du temps global de la séance que nous avons considéré égale, en moyenne, à une heure. Ainsi, pour l'analyse de quelques difficultés des apprentis (par exemple la difficulté d'accès à la formation), nous avons comparé le temps passé sur un code par un apprenti à celui des experts. Cependant, la référence à la comparaison des temps passés sur une action des experts et des apprentis a été un recours indicatif vu la différence des situations et des objectifs d'utilisation de la plate-forme AMI des uns et des autres. En effet, selon les deux experts, les apprentis doivent procéder comme suit (la procédure attendue en présence ou à distance) pour exécuter les tâches de remise à niveau :

- se connecter ;
- lire le guide de l'utilisateur ;
- accéder à la page accueil dans la formation (mot de passe et login) ;
- choisir la formation ;
- accéder au parcours pédagogique ;

²⁸ Annexe n°18.

- vérifier les fonctionnalités de communication (réception de courriers par exemple) et d'organisation de la formation (forum, conférence ou travail collaboratif) ;
- suivre la formation relative au parcours pédagogique (en communiquant avec les apprentis et le tuteur) ;
- prendre des notes ;
- vérifier les fonctionnalités de communication et d'organisation de la formation ;
- quitter la formation.

Ainsi, nous avons pris en considération le fait que le premier expert (responsable de la boîte qui a réalisé la plate-forme) privilégie l'utilisation des différentes fonctionnalités dans une logique de démonstration. Quant à l'expert responsable de formation, il privilégie la formation, donc il montre le rôle des fonctionnalités dans une fin de formation²⁹.

3- LA REMISE A NIVEAU A DISTANCE

3.1- Description

Plusieurs groupes, de filières différentes et de niveaux différents, ont suivi cette remise à niveau qui a concerné différentes disciplines. Nous donnons, dans le tableau ci-après, une idée quantitative sur le nombre et les filières des apprentis qui ont participé dans cette phase expérimentale de la mise en œuvre de l'assistance pédagogique en ligne AMI.

| Filières | Tuteurs | Apprentis visés | Apprentis « intéressés » |
|---------------|---------|-----------------|--------------------------|
| GMP2 (CNAM) | Ven | 10 | 1 |
| IR1 G2 (UMLV) | Hiv | 12 | 8 |
| GM (UMLV) | Che | 23 | 15 |
| MFPI2 (UMLV) | Uth | 31 | 2 |
| MI2 (ENSAM) | Lap | 0 | 0 |
| MI1 (ENSAM) | Lap | 5 | 4 |
| GIM1 (CNAM) | Ven | 18 | 0 |
| Total | | 99 | 30 |

Tableau n°43 : les filières ayant participé à la phase expérimentale de l'APL AMI

Quatre tuteurs ont participé à la création des contenus de la formation, en utilisant ou pas, la base des données du dispositif. Quant à l'utilisation de la plate-forme AMI, 30 apprentis ont

²⁹ Les transcriptions en annexe n°19.

« réagi » à la formation en utilisant la fonctionnalité « courrier » du dispositif AMI. Par « réagir » nous voulons dire envoyer, au moins une fois, un message au tuteur.

3.2- Recueil des données

La seule trace dont nous disposons pour rendre compte de la mise en œuvre à distance du dispositif AMI sont les communications « écrites ». Ces dernières sont assurées essentiellement par deux fonctionnalités de la plate-forme : ‘le courrier électronique’ et ‘le travail collaboratif’.

Pour permettre l’exploitation de ces communications, pour chaque tuteur, nous avons recueilli toutes les communications qui ont eu lieu entre ce dernier et les apprentis tout au long de la remise à niveau qui peut porter sur différentes disciplines. Nous avons présenté ces recueils sous forme de fiche pour chaque formateur³⁰. L’analyse de la communication entre les tuteurs et les apprentis revient donc à celle des fiches. Nous donnons ci-après la structure d’une fiche tuteur.

| Consignes collectives | | | |
|--|--|--------------------------------|--|
| Dates des consignes | Consignes du tuteur aux apprentis | | |
| Communications entre les apprentis et le tuteur | | | |
| Apprenti/date | Consignes individualisées du tuteur | Questions de l'apprenti | Propositions/Réponses/ réclamations de l'apprenti |
| | | | |

Tableau n°44 : structure d’une fiche tuteur

3.3- Codage et analyse des fiches

Notre analyse s’inscrit dans la problématique d’évaluation de l’assistance pédagogique AMI. Aussi, la démarche qui sera appliquée adoptera les mêmes critères qui ont été retenus pour l’évaluation de sa mise en œuvre en « présentiel ». Il s’agit de mettre en évidence les sources de difficultés des apprentis relatives aux deux éléments suivants :

- l’utilisation du dispositif dans sa composante « artefact » dont les indicateurs sont :
 - les difficultés d’accès à la formation ;

³⁰ Voir annexe n°20.

- la difficulté d'utiliser une fonctionnalité ;
 - le nombre très faible de fonctionnalités utilisées ;
 - la recherche des ressources nécessaires à l'exécution de la tâche sur des documents papier ;
 - l'utilisation exclusive des fonctionnalités : « courrier » et « chat » ;
 - l'impression des pages écrans ;
 - la non utilisation du guide de l'apprenti ;
 - la tendance à travailler plus sur le papier ;
 - l'usage détourné d'une fonctionnalité ;
- l'organisation pédagogique de la tâche proposée aux apprentis dont les indicateurs sont :
- le rythme non entretenu et désordonné de la communication entre les apprentis et les tuteurs ;
 - difficulté à répartir l'activité entre le travail sur l'ordinateur et le travail sur ses documents ;
 - le blocage des apprentis ;
 - l'absence de l'auto évaluation ;
 - la tendance à privilégier le travail individuel.

Ces indicateurs que nous avons repérés par l'analyse des fiches tuteurs, nous les avons codé et structuré comme le montre les deux figures suivantes.

| Sources des difficultés des apprentis exprimées dans leurs communications avec le tuteur | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-------------|
| Les apprentis qui ont réagi aux consignes | a : utilisation de l'artefact d'AMI | | | | | | | | | b : organisation pédagogique de la tâche | | | | | c : contenu |
| | a1 | | | a2 | | | | a3 | | b1 | | b2 | | | c |
| | a11 | a12 | a13 | a21 | a22 | a23 | a24 | a31 | a32 | b11 | b12 | b21 | b22 | b23 | c |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau n°45 : grille d'analyse des fiches tuteurs

La signification des codes ai, bi et c, dont la présence dans les communications des apprentis sera indiquée par une étoile, est comme suit :

a. L'utilisation de la plate-forme

- a.1.1. les difficultés d'accès à la formation
- a.1.2. la difficulté d'utiliser une fonctionnalité
- a.1.3. le nombre très faible de fonctionnalités utilisées
- a.2.1. la recherche des ressources nécessaires à l'exécution de la tâche sur des documents papier
- a.2.2. l'utilisation exclusive des fonctionnalités : « courrier » et « chat »
- a.2.3. l'impression des pages écrans
- a.2.4. la non utilisation du guide de l'apprenti
- a.3.1. la tendance à travailler plus sur le papier
- a.3.2. l'usage détourné d'une fonctionnalité.

b. L'organisation pédagogique de la tâche

- b.1.1. le rythme non entretenu et désordonné de la communication entre les apprentis et les tuteurs.
- b.1.2. difficulté à répartir l'activité entre le travail sur l'ordinateur et le travail sur ses documents.
- b.2.1. le blocage des apprentis
- b.2.2. l'absence de l'auto évaluation
- b.2.3. la tendance à privilégier le travail individuel

c. La structuration du contenu de la tâche proposée aux apprentis

Figure n°73 : définitions des indicateurs utilisés dans la grille d'analyse des fiches tuteurs

4- LE QUESTIONNAIRE COMMUN

4.1- Objectif

Le questionnaire a concerné trente apprentis qui ont « réagi » à la formation en utilisant la fonctionnalité « courrier » du dispositif AMI. Vingt trois apprentis ont répondu au questionnaires.

Nous avons visé à mettre en évidence comment les apprentis ont vécu, d'une façon globale, l'expérience de remise à niveau à distance en utilisant AMI. Ainsi, nous avons posé aux apprentis vingt huit questions recouvrant quatre thèmes³¹ :

- le niveau de maîtrise des apprentis de l'ordinateur et des logiciels courants dans les formations d'ingénieurs (questions de 1 à 4) ;
- l'utilisation de la plate-forme de l'assistance pédagogique en ligne AMI (questions de 5 à 10) ;
- l'organisation pédagogique de la tâche (questions de 11 à 25) ;
- le niveau d'acquisition des apprentis (question de 25 à 28).

Nous avons procédé par des questions ouvertes :

« Quels étaient vos critères de choix entre travailler sur les documents papier ou sur ceux du dispositif AMI ? »

³¹ Voir annexe n°21.

et des questions fermées :

« Au cours de votre activité de formation à l'aide du dispositif AMI, comment aviez-vous eu recours aux rappels de cours...

- ❑ en consultant vos documents papier (rappels de cours ou applications)
- ❑ en consultant les rappels de cours ou les applications proposés par AMI »

4.2- Analyse des questionnaires communs

Ainsi, nous avons croisé des analyses qualitatives et quantitatives des réponses des apprentis. ces dernières nous ont permis de dégager des indicateurs qui renvoient aux quatre thèmes que nous avons distingués. Nous présentons dans le chapitre qui suit les résultats de l'analyse des questionnaires communs.

CHAPITRE 2 : MISE EN EVIDENCE DES DIFFICULTES DES APPRENTIS DANS UNE ACTIVITE UTILISANT L'APL AMI

Nous avons croisé trois sources d'informations pour vérifier nos hypothèses de difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de la plate-forme de l'APL et à la pédagogie qui sous-tend cette dernière. En effet, les techniques de recueil des données mises en œuvre consistent :

- en des enregistrements vidéo³² de deux activités de 11 apprentis en Résistance des Matériaux (RDM) et en Cinématique (CIN) ;
- en les traces sur la plate-forme des communications³³ entre les apprentis et le formateur pour les activités à distance ;
- en un questionnaire commun³⁴ qui a visé les 30 apprentis qui ont communiqué avec leurs formateurs via la plate-forme de l'APL.

Pour présenter nos résultats, nous procédons de la façon suivante : pour chacune des deux entrées, l'utilisation de la plate-forme et la pédagogie qui la sous-tend, nous cherchons dans les trois sources d'informations citées, les éléments qui nous permettent de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de difficultés que nous avons formulées.

Une première remarque concerne le niveau des apprentis en termes de maîtrise de l'ordinateur. Il n'y a aucun apprenti qui se considère comme ayant un niveau faible en termes de l'utilisation courante de l'ordinateur. Ce qui veut dire que si les apprentis ont des difficultés au niveau de l'utilisation de la plate-forme de l'APL AMI, elles ne sont pas liées à une méconnaissance de l'utilisation de l'ordinateur ou des logiciels les plus courants.

En effet, l'analyse du questionnaire commun³⁵, en particulier les questions posées dans ce sens (Q1, 2, 3 et 4) ont montré que 19 apprentis ont un niveau bon à très bon en ce qui concerne l'utilisation de l'ordinateur. Les quatre restant estiment qu'ils sont moyens ou faibles :

³² Les transcriptions des enregistrements vidéo en annexe n°18.

³³ Les traces des communications en annexe n°20.

³⁴ Le questionnaire commun en annexe n°21.

³⁵ Voir « analyse du questionnaire commun » en annexe n°22.

Question 1

| Niveau de maîtrise de l'ordinateur | | |
|------------------------------------|----|------|
| Faible | 1 | 4% |
| Moyen | 3 | 13% |
| Bon | 14 | 61% |
| Très bon | 5 | 22% |
| <i>Total répondant</i> | 23 | 100% |

Tableau n°46 : réponses des apprentis à la question n°1

En plus, les 23 apprentis maîtrisent l'utilisation des logiciels les plus courants (traitement texte, tableurs, CAO/ DAO et outil de création multimédia). Il faut préciser ici que les quatre apprentis se considérant comme faible (pour un apprenti) ou moyen (pour les trois autres) ont un niveau moyen (pour trois apprentis) à bon (pour un apprenti) en ce qui concerne l'utilisation des logiciels courants. Ce qui veut dire qu'il n'y a aucun apprenti qui a un niveau faible en termes de l'utilisation courante de l'ordinateur.

1- IDENTIFICATION DES DIFFICULTES DES APPRENTIS A MOBILISER LES FONCTIONNALITES DE L'APL AMI DANS UN OBJECTIF DE FORMATION

La première catégorie de difficultés que nous avons tenté de mettre en évidence au cours des activités de remise à niveau concerne la mobilisation des fonctionnalités de la plate-forme AMI dans des activités de RDM et CIN. L'activité filmée a été programmée après une première activité où toutes les explications du fonctionnement de la plate-forme ont été données.

1.1- L'accès à la formation

Comme nous l'avons présenté dans le premier chapitre, après s'être identifié par son login et son mot de passe, l'apprenti accède à la page accueil dans la formation. Une fois il clique sur la formation choisie, il accède à la page où est présenté le parcours pédagogique à suivre. Selon sa propre progression ou selon ce qui est prévu par le formateur, il va choisir d'aller sur une activité (cours) ou un test (exercices d'application ou problème).

Cette procédure n'a pas été toujours respectée. En effet, le graphe suivant montre que pour accéder à la formation, que ce soit une "activité" ou un "test", les élèves passent un temps qui

varie entre 4% (quatre apprentis sur onze) et plus de 25% (un apprenti) du temps alloué à l'activité de remise à niveau. Ce qui constitue un temps considérable comparé au temps moyen que deux experts mettent pour accéder à la formation : 2,37% du temps de la séance.

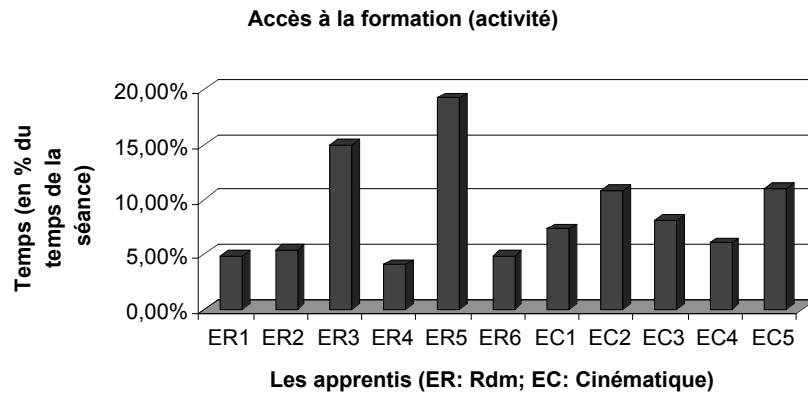


Figure n°74 : temps passés par les apprentis pour accéder à la page formation

Nous avons constaté que les apprentis se contentent de ce qu'ils connaissent déjà sans chercher à faire face à de nouvelles situations. Ainsi, ils préfèrent tâtonner, regarder chez les voisins ou demander au formateur avant d'aborder une procédure nouvelle, expliquée sur le guide de l'utilisateur :

« qu'est ce que tu fais pour être là? »

« je fais quoi après ça? »

1.1.1- L'utilisation du guide de l'utilisateur

Au début des activités de remise à niveau en cinématique et en résistance des matériaux, un guide de l'utilisateur est fourni à chaque apprenti. Ce guide, que nous avons conçu en suivant une logique d'utilisation et non de présentation, explique comment réaliser des tâches de formation (cours ou tests) à l'aide de l'APL AMI.

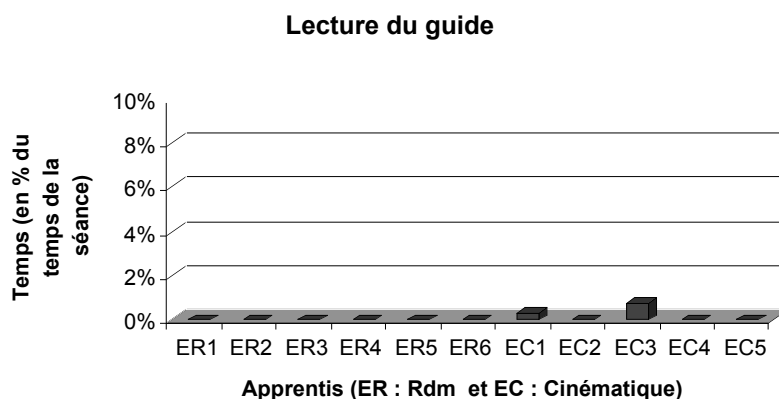


Figure n°75 : temps passés par les apprentis à lire le guide de l'utilisateur de l'APL

Nous avons remarqué, comme le montre le graphe « Lecture du guide », que pratiquement aucun apprenti (2 élèves sur 11 et avec un temps de moins de 0.8% du temps de l'activité de remise à niveau) n'a pris le temps de lire le guide pour découvrir les différentes fonctionnalités de la plate-forme, bien que cette tâche leur ait été conseillée. Sur les onze élèves observés durant les deux activités de remise à niveau, six ont préféré découvrir le fonctionnement l'APL AMI en demandant à leurs voisins :

« j'arrive pas à te répondre Séb. »

« tu cliques sur le nom pour répondre »

Les apprentis justifient la non utilisation du guide de l'utilisateur par le fait que c'est plus facile de demander aux autres ou au formateur (six apprentis), et aussi par l'absence d'une tâche qui incite à l'utilisation du guide de l'utilisateur (deux apprentis).

Il faut noter aussi que le questionnaire nous a permis de mettre en évidence que le guide a été utilisé essentiellement par les apprentis qui étaient à distance. En effet, les neuf apprentis qui l'ont utilisé suivaient la remise à niveau en séquence industrielle :

| Modalités | Découverte des fonctionnalités de l'assistance pédagogique AMI | | | | | Total |
|-----------|--|-----------|-----------|-------------|------|-------|
| | Guide | Apprentis | Formateur | Tâtonnement | Tout | |
| Distance | 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| Présence | 0 | 4 | 4 | 1 | 2 | 11 |

Tableau n°47 : découverte des fonctionnalités de l'APL par les apprentis selon qu'ils sont à distance ou en présence

Deux apprentis sur les douze qui sont à distance ont demandé de l'aide, soit à un collègue soit au formateur, en ce qui concerne le fonctionnement de la plate-forme. Ce qui montre la sous utilisation du potentiel de cette dernière.

Nous n'avons pas d'indications en ce qui concerne comment les guides ont été utilisés par les neuf apprentis qui l'ont fait à distance. Mais ce qui se dégage de ces résultats, c'est que l'utilisation du guide est limitée et ne constitue pas, pour les apprentis, une phase « à faire » pour ensuite être capable de mobiliser toutes les fonctionnalités de la plate-forme pour se former. Ce qui peut constituer une source de difficulté en ce qui concerne la prise en main de l'assistance pédagogique par les apprentis.

1.1.2- Les fonctionnalités utilisées

Un autre indicateur de la difficulté à utiliser la plate-forme de l'APL, c'est le nombre de fonctionnalités utilisées par les apprentis pendant les deux activités.

| Apprentis (cinématique) | EC1 | EC2 | EC3 | EC4 | EC5 |
|---------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Fonctionnalités utilisées | 1 (courrier : 7 fois) | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Apprentis (RDM) | ER1 | ER2 | ER3 | ER4 | ER5 | ER6 |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----|-----|-----|---|
| Nombre de fonctionnalités utilisées | 1 (courrier : 5 fois) | 1 (courrier:1 fois) | 0 | 0 | 0 | 2 (courrier :1 fois ; « chat »:12 fois) |

Tableau n°48 : fonctionnalités de l'APL utilisées par les apprentis

En effet, la plate-forme permet de gérer la communication et les interactions dans la situation de formation par l'intermédiaire d'un ensemble de fonctionnalités (forum, conférence, courrier, les connectés ou chat, plan de travail, bloc-notes, rapport d'activité et travail collaboratif). L'utilisation de la plate-forme passe obligatoirement par celle des différentes fonctionnalités. Quatre apprentis sur les onze observés ont utilisé les deux fonctionnalités: "courrier" et "les connectés". L'utilisation de la première fonctionnalité a été dictée par la nécessité de récupérer deux documents envoyés par les formateurs.

Quant à l'analyse des traces des communications entre les apprentis et les formateurs, sept apprentis sur neuf ont exprimé n'avoir utilisé que deux fonctionnalités.

1.2- La prégnance de situations utilisant l'ordinateur

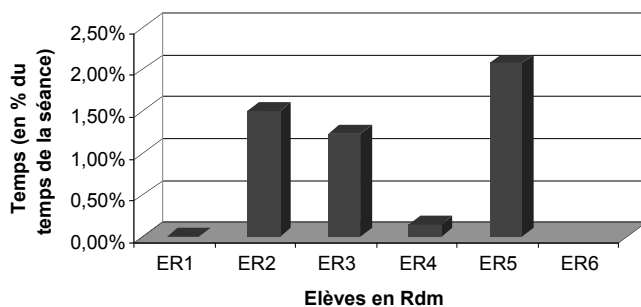
Une deuxième catégorie de difficultés trouve ses sources dans le fait que les apprentis sont imprégnés par des situations « proches » de la situation de remise à niveau en utilisant AMI.

1.2.1- La recherche des ressources sur AMI

Pour chaque tâche proposée aux apprentis, le formateur prévoit un ensemble de rappels de cours ou des exemples d'application, implémentés sur la plate-forme AMI, susceptibles d'aider les apprentis à exécuter la tâche. Aussi, les apprentis avaient-ils la possibilité de travailler exclusivement sur AMI. Cependant, nous avons remarqué que les élèves se réfèrent plus à leurs documents personnels qu'à ces aides en ligne.

En effet, comme nous pouvons le voir sur les graphiques représentant la recherche des ressources par les élèves pendant l'activité de Rdm, quatre élèves sur six ont eu recours à leurs documents personnels (ER5 a passé 2%, ER2 a passé 1,5% du temps de l'activité de Rdm). En revanche, un seul élève a passé moins de 0,4%³⁶ à consulter les ressources disponibles sur AMI pendant la même activité :

Recherches des ressources (rappels) sur papier



Recherche des ressources sur AMI

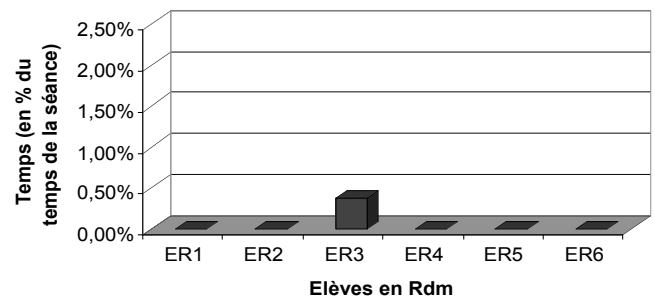


Figure n°76 : temps passé par les apprentis sur la recherche des ressources (papier ou AMI)

Nous interprétons ceci par la prégnance de la « recherche des ressources sur documents personnels ». La possibilité selon laquelle les apprentis ne savent pas utiliser la recherche d'informations nécessaires à la résolution d'un problème par exemple est exclue, du moment où il suffit de cliquer sur l'icône « rappel de cours » pour que le rappel s'affiche à l'écran.

Remarquons ici que, selon le questionnaire, sur douze apprentis qui ont utilisé des rappels AMI, huit d'entre eux étaient en séquence industrielle. Tandis que pour ceux qui étaient en situation académique (onze apprentis), quatre ont utilisé des rappels AMI et cinq des rappels papier :

³⁶ Tandis que un des deux experts, dans l'activité de cinématique a passé 3,19% du temps de la séance à chercher dans des ressources sur AMI.

| Modalités | Rappels de cours | | | <i>Total</i> |
|--------------|------------------|-------------|-------------------------------|--------------|
| | Document papier | Rappels AMI | Document papier & rappels AMI | |
| Distance | 3 | 8 | 1 | 12 |
| Présence | 5 | 4 | 2 | 11 |
| <i>Total</i> | 8 | 12 | 3 | 23 |

Tableau n°48' : utilisation des ressources papier ou AMI selon que les apprentis sont à distance ou en présence

D'autre part, nous remarquons que le comportement des apprentis vis à vis de l'assistance pédagogique, par exemple l'utilisation du guide et recherche des rappels de cours, diffère selon que les apprentis sont à distance ou en présence. Ce que nous interprétons par l'existence de deux « modes d'appropriations de l'assistance pédagogique » par les apprentis : l'un en présence et l'autre à distance. Ce qui n'exclut pas l'existence d'un « domaine commun » d'appropriation qui concerne l'appropriation des différentes fonctionnalités de l'assistance pédagogique AMI.

1.2.2- Les fonctionnalités utilisées

Comme nous l'avons remarqué précédemment, les élèves n'ont utilisé que deux fonctionnalités : « courrier » et « les connectés ». Sur Internet, ce sont des fonctionnalités très utilisées. Les procédures correspondant à l'utilisation de ces deux fonctionnalités sont maîtrisées par les apprentis mais dans des situations autres que la formation : la messagerie électronique et les discussions sur Internet par exemple.

1.2.3- L'usage de l'impression

Durant les deux activités de remise à niveau, les élèves ont eu recours à l'impression des documents ou parties de documents (schémas par exemple) pour travailler sur du papier ensuite retranscrire les réponses sur AMI. Sur les onze élèves observés, sept ont imprimé des documents. Ce qui montre que l'utilisation du papier reste très largement complémentaire du travail directement « sur l'écran » :

« on a besoin du papier pour bosser »

« pourquoi on ne fait pas ça sur papier ? »

« comme ça c'est plus simple que l'ordinateur »

Du point de vue des apprentis (le questionnaire), sept apprentis sur les 19 répondants ont systématiquement imprimé les documents qui se sont affichés à l'écran (Q10). Tandis que neuf autres ont travaillé directement « à l'écran ». Les cinq restant estiment avoir travaillé indifféremment sur papier et à l'écran.

En faisant le lien avec la modalité de travail, à distance ou en présence, nous remarquons que cinq sur sept des apprentis qui ont eu recours systématique à l'impression étaient en séquence professionnel. Ce qui peut être expliqué, de prime abord, par la non disponibilité d'ordinateurs ou par la charge de travail des apprentis en entreprise. Tandis que sept des neuf apprentis qui ont travaillé directement sur AMI étaient en séquence académique.

| Modalités | Travail avec/sans impression | | |
|-----------|------------------------------|-----|-------|
| | impression | AMI | total |
| Distance | 5 | 2 | 7 |
| Présence | 2 | 7 | 9 |

Tableau n°49 : utilisation de l'impression selon que les apprentis sont à distance ou en présence

Ce résultat peut paraître contradictoire avec le fait que les apprentis qui ont utilisé le plus les ressources disponibles sur AMI sont ceux qui ont travaillé à distance. Mais nous pouvons l'expliquer par le fait que les ressources disponibles sur AMI peuvent être utilisées en les imprimant. En plus, le temps que les apprentis ont passé en présence à travailler à l'aide d'AMI est plus grand que celui passé par les apprentis à distance.

1.2.4- La découverte des fonctionnalités en demandant aux autres élèves

Les apprentis ont découvert les fonctionnalités de l'APL en demandant aux autres élèves ou au formateur. Ils se ramènent ainsi dans une situation classique qui les imprègnent, celle d'un environnement d'enseignement élève–professeur, où toute information « manquante » la retrouvent en demandant au professeur ou à un pair. C'est ce que font apparaître les deux graphes suivants qui présentent les temps passés respectivement pour chercher l'information, concernant l'usage des fonctionnalités, individuellement sur le guide de l'utilisateur et pour faire la même chose en demandant aux pairs :

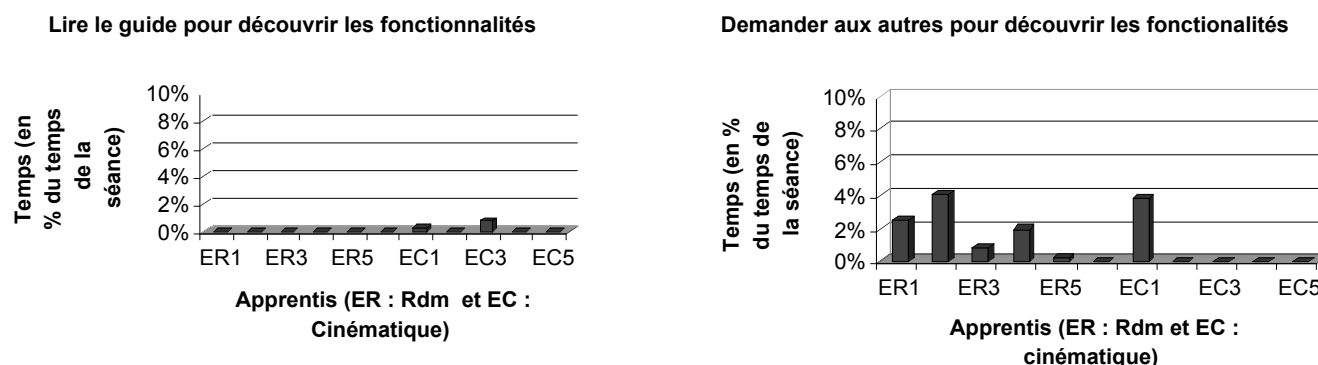


Figure n°77 : temps passé pour découvrir les fonctionnalités de l'APL en utilisant le guide de l'utilisateur et en demandant aux pairs

Nous pouvons dire qu'il existe des situations proches de la situation de remise à niveau utilisant AMI auxquelles les apprentis se réfèrent pour utiliser la plate-forme. Nous avons dégagé comme exemples de situations proches celles correspondant à la recherche des rappels de cours pendant une situation de formation sans ordinateur, la recherche d'informations sur Internet (navigation) ou la communication courante par Internet (chat et courrier).

1.3- Le décalage entre l'utilisation attendu par les concepteurs de la plate-forme AMI et l'utilisation effective des apprentis

Les « concepteurs » de l'APL AMI visent à proposer tout un environnement d'apprentissage innovant centré sur l'apprenti au lieu d'une situation de formation classique qui met l'enseignant au centre de celle-ci. L'apprenti disposant de tous les outils et les ressources pour construire son propre savoir.

Nous allons voir que plusieurs indicateurs montrent que les apprentis, au lieu d'utiliser l'APL AMI selon les usages prévus par les concepteurs, ils essaient, par une suite de détournements et d'attributions de fonctions, d'intégrer l'APL dans leur propre façon de concevoir l'activité dans la nouvelle situation. Tout dépend des problèmes qu'ils ont dû rencontrer dans la mise en œuvre de la plate-forme AMI.

Nous avons mis en évidence, à l'aide de questionnaire, que tous les apprentis ne perçoivent pas l'assistance pédagogique AMI de la même façon. En effet, Il y a ceux qui considèrent qu'AMI est une « nouvelle méthode » d'apprentissage en préférant conserver la leur ; il y a ceux qui considèrent AMI comme un outil de travail qu'ils intègrent dans leur façon de faire ; enfin, il y a ceux qui la considèrent comme une ressource d'information supplémentaire. Ceci

montre l'absence d'une conception unique ou unifiée sur le statut de l'assistance pédagogique AMI dans la formation, ce qui engendre des usages et des « appropriations » de l'assistance pédagogique qui ne sont pas en cohérence, du moins, avec ce que les concepteurs ont prévu.

1.3.1- L'usage du papier et celui d'AMI

Les concepteurs considèrent (administrateurs et formateurs) que l'artefact (ordinateur, interfaces, logiciels, plate-forme) est l'élément central de l'assistance AMI, et autour duquel se construit tout l'environnement de l'activité remise à niveau en RDM et CIN. Cependant, les apprentis considèrent que celui-ci n'est qu'une composante de l'assistance AMI. Ainsi, au lieu de changer de pratique d'apprentissage en utilisant les nouvelles potentialités offertes par l'APL AMI, les apprentis l'ont adaptée en la transformant en un autre élément constitutif de leur environnement d'apprentissage, au même titre que les documents personnels ou tout autre ressource.

En effet, dans un travail où les élèves avaient toutes les données pour ne travailler que sur les supports AMI, ils ont passé 15% du temps de l'activité sur les supports papier et 27% du temps de l'activité sur les supports AMI. Ainsi, les apprentis ont-ils attribué à l'APL d'autres fonctions que celles prévues, en particulier la fonction « ressource documentaire » : télécharger le cours ou l'énoncé du problème, chercher un complément de cours qu'ils n'ont pas sur leurs documents personnels ou imprimer une figure.

Cependant, il faut remarquer que, selon le questionnaire commun, les apprentis qui étaient en situation académique (onze apprentis), quatre ont utilisé des rappels AMI et cinq des rappels papier. Tandis que sur les douze apprentis qui ont utilisé des rappels AMI, huit d'entre eux étaient en séquence industrielle.

Pour dire que la séquence de formation, en présence ou à distance, est une autre raison qui fait que les apprentis utilisent ou pas les ressources sur AMI. Pendant la séquence académique de formation, les apprentis ont d'autres alternatives pour chercher des informations nécessaires pour exécuter la tâche de remise à niveau.

1.3.2- L'usage "détourné" d'une fonctionnalité

Les élèves qui ont découvert la facilité et l'efficacité de communiquer à distance en utilisant la fonctionnalité « les connectés », ont détourné l'usage de cette dernière pour des dialogues et des échanges synchrones en dehors du sujet de l'activité proposée. C'est ce qui montre le

graphique suivant : certains apprentis n'ont fait que « chater » pendant 27% du temps de l'activité de remise à niveau (ER6 par exemple) :

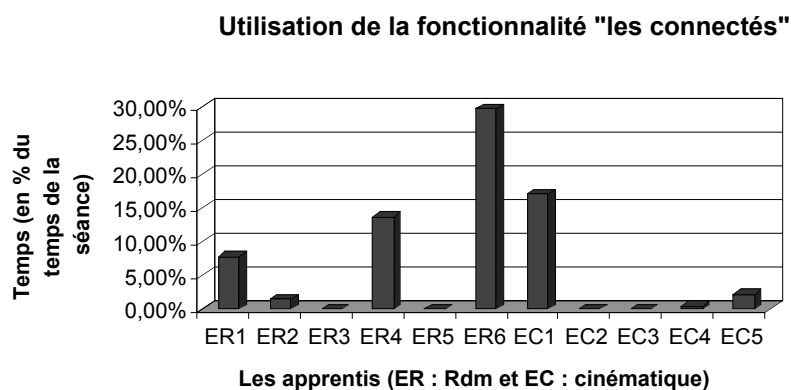


Figure n°78 : temps passé par les apprentis sur l'utilisation de la fonctionnalité « les connectés »

Cette constatation nous conduit à penser que les fonctionnalités de la plate-forme pourraient assurer les communications efficacement même en classe où la communication peut se faire sans média. C'est au formateur de définir le rôle de cette communication dans l'organisation de la tâche de remise à niveau.

Nous notons donc que l'instrument « conçu » par les élèves peut être un moyen de communication, une ressource de données (imprimer un document, récupérer un courrier) ou même un formateur intelligent. Ceci est indiqué par la frustration des apprentis, qui s'attendaient à ce que l'assistance pédagogique « résolve » le problème tout seul, de voir la "réalité" en deçà de leurs attentes. L'un des apprentis s'exclame :

« et en plus il montre même pas où elles sont les mauvaises réponses »

Nous estimons qu'il est important, dans un travail de conception de l'assistance pédagogique en ligne, de mettre en évidence comment les élèves "re-conçoivent" la plate-forme, élément central de cette dernière, pour mieux l'intégrer dans l'environnement de l'activité de remise à niveau ou de formation.

Nous avons remarqué aussi une certaine hésitation du formateur par rapport à l'objectif de l'activité de remise à niveau et au rôle de la plate-forme. Un formateur a précisé aux apprentis que :

« je vais corriger la version papier, la version AMI c'est pour se familiariser avec l'outil »

D'autre part, sur les quatorze apprentis qui ont répondu à la question sur l'usage effectif des fonctionnalités de communication, 12 ont affirmé les avoir utilisées exclusivement à des fins

de formation, deux pour discuter « d'autres choses ». Ce qui paraît en contradiction avec les observations faites pendant les activités de RDM et de CIN à l'aide de l'assistance pédagogique AMI en présentiel : les fonctionnalités de communication (chat, courrier, forum) ont été utilisées pour discuter de « choses » autres que la formation. Il est à noter enfin que dix apprentis sur les douze qui ont utilisé les fonctionnalités de la plate-forme « à des fins d'apprentissage », ont considéré en réponse à la question Q11 que l'assistance pédagogique n'a rien changé dans leur façon d'apprendre. Ce qui pose des interrogations sur comment il conçoivent le changement de leur façon d'apprendre.

2- IDENTIFICATION DES DIFFICULTES DES APPRENTIS RELATIVES A LA PEDAGOGIE QUI SOUS-TEND L'ASSISTANCE PEDAGOGIQUE AMI

L'assistance pédagogique AMI vise à individualiser la formation des apprentis en particulier lors de la séquence industrielle de la formation. Les concepteurs de l'assistance pédagogique, par le choix des fonctionnalités de la plate-forme, ont fait implicitement des choix pédagogiques (possibilité de travail individuel et collectif, la communication et choix des supports de travail). Pour la suite, nous essayons, à travers les réponses des apprentis, de mettre en évidence la nature du travail de planification pédagogique entrepris par les tuteurs et son influence sur la progression des apprentis dans la tâche de formation proposée.

Les indicateurs dont nous disposons pour caractériser leur travail de planification des tâches, sont les deux documents³⁷ représentant les tâches proposées aux apprentis dans les deux activités de remise à niveau et le déroulement effectif de l'activité de remise à niveau.

2.1- Le travail en groupe

Comme nous l'avons mentionné au début de ce chapitre, chaque apprenti travaille seul sur son poste ordinateur. Il n'y a pas de consigne particulière en ce qui concerne le travail en groupe. Cependant, AMI fournit plusieurs fonctionnalités qui peuvent être utilisées pour travailler en groupe, communiquer et partager des ressources.

Ce qui était prévu par les concepteurs de l'APL en ce qui concerne le travail en groupe, c'est qu'une fois les apprentis découvrent les possibilités de l'APL, ils vont les utiliser pour

³⁷ Annexe n°23.

communiquer et échanger des documents. D'autre part, puisque toutes les informations nécessaires à exécuter une tâche sont disponibles sur AMI, les concepteurs s'attendaient à ce que le formateur soit moins sollicité et qu'il y ait plus de communication entre les apprentis.

Or, nous avons constaté que dans l'activité de résistance des matériaux, le temps du travail en groupe a représenté 15% au minimum et 60% au maximum du temps global de l'activité de remise à niveau. Tandis qu'en cinématique le temps a varié entre 25% et 45%. En moyenne, comme le montre le graphique ci-après, en résistance des matériaux le temps de travail en groupe est de 35%, tandis que celui en cinématique, il est de 21% du temps globale de l'activité de remise à niveau.

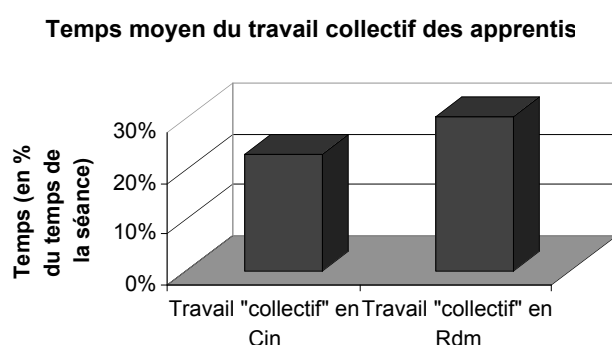


Figure n°79 : temps moyen passé par les apprentis des deux groupes observés à travailler en groupe .

Nous pouvons donc penser que l'APL en présence favorise et suscite le travail en groupe, et donc, en terme de démarche pédagogique, nous pensons qu'il est pertinent de prévoir la possibilité de travail en groupe dans l'organisation pédagogique à choisir que ce soit pour une tâche de résolution de problème, de recherche d'informations ou de cours.

Cependant, le questionnaire montre que les apprentis sont d'un autre avis : à distance ou en présence, la majorité des apprentis considère que l'assistance pédagogique AMI ne favorise pas le travail en groupe. En effet, onze apprentis ont affirmé avoir travaillé individuellement (Q15) : des affirmations allant de « quelques fois » à « toujours ». Tandis que les onze autres affirment avoir travaillé en groupe comme le fait apparaître le tableau suivant :

Question 15

| Travail en groupe | | |
|------------------------|----|------|
| Jamais | 11 | 48% |
| Qqfois | 4 | 18% |
| Souvent | 6 | 26% |
| Toujours | 1 | 4% |
| Sans réponse | 1 | 4% |
| <i>Total répondant</i> | 23 | 100% |

Tableau n°50 : le travail en groupe du point de vue des apprentis

Ceci bien que dix sept apprentis sur dix neuf qui ont répondu à cette question, considèrent que l'APL AMI ne favorise pas le travail en groupe (Q16).

Pour bien comprendre les réponses des apprentis à ces deux questions, nous les avons croisées avec le type de la situation de formation (séquence industrielle ou académique).

| Modalités | AMI favorise le Travail en groupe | | | Total |
|--------------|-----------------------------------|-----|------|-------|
| | Non | Oui | Sans | |
| Distance | 10 | 0 | 2 | 12 |
| Présence | 7 | 2 | 2 | 11 |
| <i>Total</i> | 17 | 2 | 4 | 23 |

Tableau n°51 : le travail en groupe selon que les apprentis sont à distance ou en présence

Ce qui résulte de ce croisement c'est que les douze apprentis qui ont travaillé à distance l'ont fait d'une façon individuelle. Ce qui veut dire qu'ils n'ont utilisé aucune fonctionnalité pour communiquer avec les autres apprentis pour chercher de l'aide ou pour comparer un résultat. Tandis que les onze apprentis qui ont travaillé en présentiel, deux d'entre eux disent l'ont fait en groupe pour découvrir le fonctionnement de la plate-forme en premier lieu. Cependant, que ce soient à distance ou en présentiel, la majorité des apprentis considèrent que l'assistance pédagogique AMI ne favorise pas le travail en groupe. Ce qui paraît contradictoire avec la dynamique de travail en groupe qui a été observé lors de la formation utilisant AMI en présentiel.

Là aussi nous reformulons la même remarque concernant la communication entre les apprentis. Il paraît que le choix entre le travail en groupe ou individuel a été laissé au soin des apprentis. La tâche n'a pas souligné d'une façon explicite les fonctionnalités, relatives au travail en groupe, pertinentes par rapport à l'objectif visé.

2.2- Les communications entre les apprentis

Durant les deux activités de cinématique et de résistance des matériaux en présence, les apprentis ont surtout travaillé en groupe. Ce qui explique le fait que la communication entre les apprentis ait pris un temps considérable : ER5 a discuté avec les autres 40% du temps de l'activité de remise à niveau en résistance des matériaux, tandis que son collègue, ER3, a communiqué presque 10%. Dans l'activité de cinématique, le temps des échanges entre les apprentis a varié entre 4% et 22% du temps de l'activité comme le montre le graphe suivant :

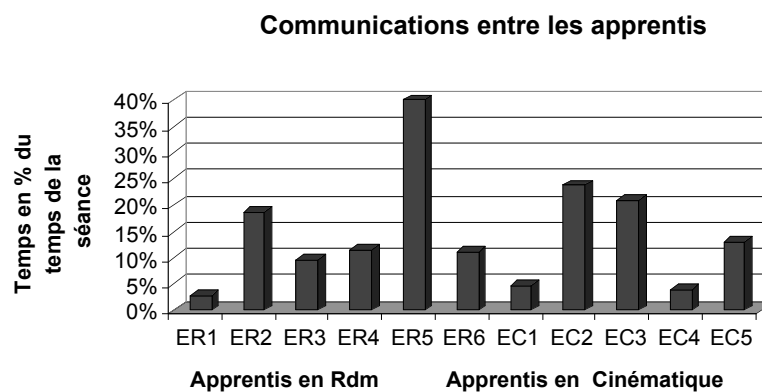


Figure n°80 : temps passé par les apprentis à communiquer entre eux

Cependant, la présence du formateur, ce qui est le cas pendant l'activité de résistance des matériaux, a fait que, en moyenne, les apprentis ont communiqué avec le formateur (communication entre les apprentis en présence et à distance : 4% du temps de l'activité) moins qu'ils ne l'ont fait entre eux (communication entre les apprentis et le formateur en présence et à distance : 9% du temps de l'activité). Ce qui situe la nouvelle situation pédagogique, malgré l'effort de l'innovation technologique, dans un schéma pédagogique classique où la communication apprentis formateur est prépondérante.

Nous avons observé également que les communications entre les apprentis ont porté sur leurs difficultés liées au contenu des tâches à exécuter et celles liées à l'utilisation de la plateforme. Cependant, nous notons que rien n'a été prévu au niveau des préparations des tâches pour susciter ou optimiser le travail en groupe. Un protocole définissant la communication avec le formateur n'a pas été défini. Les apprentis se demandaient à chaque fois par exemple : « quand est ce que le formateur va répondre ? ».

2.3- L'utilisation de la plate-forme AMI

En ce qui concerne l'utilisation des documents papier (lecture(U1,U2) et écriture(U3,U4)), nous n'avons pas observé une grande différence entre les élèves en résistance des matériaux et en cinématique, avec un léger avantage pour les premiers. Ce qui pourrait être expliqué par le fait que le formateur de l'activité résistance des matériaux ait donné aux élèves en même temps une version de l'énoncé de la tâche sur papier et une autre implémentée sur la plate-forme.

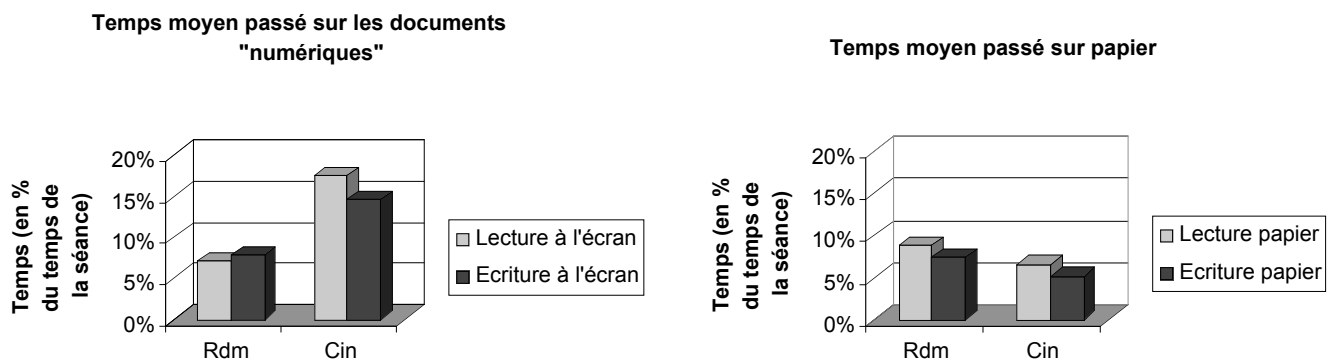


Figure n°81 : temps moyens passés par les apprentis à travailler sur papier ou sur les documents AMI

Quant à l'usage des documents "numériques" (lecture et écriture), la différence en termes de temps passé sur les documents numériques est nettement en faveur des élèves en cinématique. Nous pouvons expliquer ceci par la difficulté de l'énoncé de la tâche et ensuite par l'absence d'une communication synchrone avec le formateur, ce qui a conduit à de longues périodes de blocage où les élèves se contentaient de lire sur écran et sur leurs documents personnels, ou de faire des recherches sur papier.

Un autre indicateur de l'utilisation de la plate-forme est celui de la recherche des ressources relatives à la tâche confiée aux élèves. En effet, nous avons observé qu'il y a plus d'apprentis en résistance des matériaux (quatre sur six) qui ont recherché dans leurs documents personnels qu'en cinématique (deux sur cinq en cinématique). Ce que nous imputons à l'organisation de la tâche qui a permis aux apprentis en résistance des matériaux de chercher des rappels au fur et à mesure qu'ils progressent dans la tâche et de répartir le temps de la recherche sur toute l'activité.

En même temps, les apprentis en cinématique ont passé plus de temps sur la lecture des ressources prévues sur AMI que les élèves en résistance des matériaux, ce qui correspond aux

longues périodes de blocages, mais aussi à l'absence de toute instruction concernant l'utilisation des ressources. Un apprenti s'est demandé par exemple : « est ce qu'il faut écrire toute la démarche de résolution ou donner directement le résultat? ».

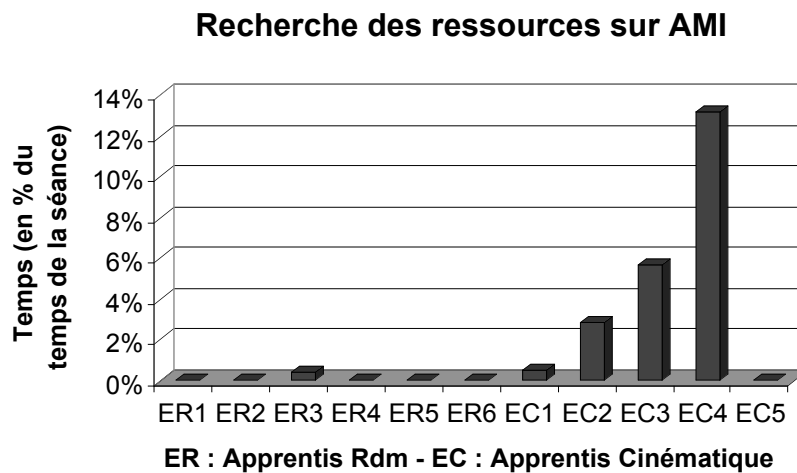


Figure n°82 : temps passés par les apprentis à rechercher des informations sur les ressources disponibles sur AMI

Le questionnaire met en évidence le point de vue des apprentis sur quel support ils ont travaillé le plus, est-ce sur les documents implémentés sur AMI (travail à l'écran) ou sur des documents papier (Q17). En effet, seize apprentis sur vingt-trois affirment avoir travaillé sur des documents papier. Ces derniers justifient ceci par le fait que c'est plus facile de travailler sur papier, mais aussi parce que l'organisation de la tâche favorise plus le travail sur papier.

2.4- La progression dans la tâche

2.4.1- La progression, les blocages

En nous référant au questionnaire, les deux tiers des apprentis ont estimé avoir progressé dans les tâches proposées. Ils justifient ceci par l'organisation de celles-ci ou par la facilité de son contenu. Tandis que quatre apprentis ont considéré qu'ils n'ont pas pu progresser (Q20).

En revanche, la majorité des apprentis (21 sur 23 questionnés) estiment avoir eu des moments de blocage au cours de leurs activités avec l'assistance pédagogique AMI. Ils lient ces blocages surtout à l'ambiguïté du contenu et au manque d'aide de la part du formateur. Il y a aussi la difficulté du contenu et les problèmes techniques de la plate-forme :

Question 22

| Causes des blocages | | |
|----------------------------|----|---------|
| Aide | 3 | 13% |
| Difficultés contenu | 9 | 30% |
| Difficultés contenu & aide | 5 | 22% |
| difficultés logiciel | 5 | 22% |
| Sans réponse | 3 | 13% |
| <i>Total répondant</i> | 23 | 100,00% |

Tableau n°52 : causes des blocages que les apprentis ont eu pendant leurs activités

Nous notons que le croisement de la réponse des apprentis à la question concernant le blocage au cours de l'activité et la modalité de la formation (distance/présentiel) ne permet pas d'affirmer que le blocage soit dû à la distance et donc à l'absence du tuteur :

| Modalités | Blocages dans l'activité | | Total |
|--------------|--------------------------|-----|-------|
| | Non | Oui | |
| Distance | 2 | 10 | 12 |
| Présence | 0 | 11 | 11 |
| <i>Total</i> | 2 | 21 | 23 |

Tableau n°53 : blocages selon que les apprentis sont à distance ou en présence

D'autre part, l'analyse des enregistrements vidéo montre que la tâche de résistance des matériaux est caractérisée par une organisation progressive entre ses sept parties, ce qui a favorisé une progression des élèves dans la réalisation de la tâche. Sur les graphes suivants est représenté, pour chaque apprenti, le nombre de questions traitées et le nombre de questions reprises concernant le problème ou les exercices proposés dans la tâche :

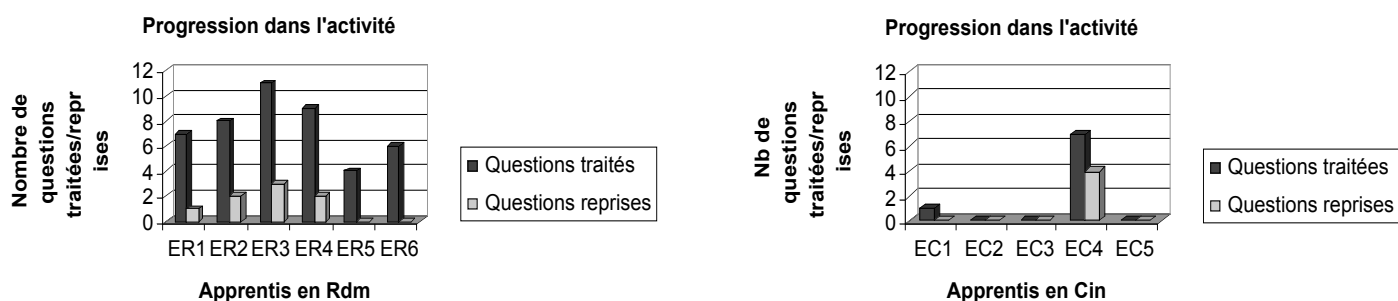


Figure n°83 : comparaison de la progression des apprentis dans les deux activités de remise à niveau

Dans le cas de l'activité de résistance des matériaux, l'organisation de la tâche a favorisé la progression des apprentis, ce qui n'est pas le cas pour la tâche de cinématique. En plus, les blocages des élèves durant les activités de remise à niveau étaient plus importants en cinématique (en moyenne 6% du temps de l'activité) qu'en résistance des matériaux (en moyenne 3,5% du temps de l'activité).

Nous pouvons expliquer ceci d'abord par la présence du formateur dans l'activité de résistance des matériaux et d'autre part, par le fait que le document support de la tâche résistance des matériaux (support papier ou numérique) est clair et bien structuré. Ce qui prouve encore une fois l'influence de la planification de la tâche par le formateur sur l'utilisation de la plate-forme par l'apprenti. Au moins, les apprentis ne savent ni s'ils doivent attendre la réponse du formateur via la plate-forme, ni où ils doivent la chercher, ce qui est illustré par des interrogations telles que :

« je suis bloquée, où est ce qu'on peut chercher la réponse du formateur ? »

« c'est le schéma qui me gêne, il est incomplet, on y voit rien »

En effet, d'une façon globale, selon les réponses des apprentis au questionnaire commun, les apprentis lient ces blocages surtout à l'ambiguïté du contenu et au manque d'aide de la part du formateur.

2.4.2- L'autoévaluation

En ce qui concerne l'évaluation, dix apprentis sur les vingt-deux répondant à cette question ont affirmé avoir marqué des moments d'évaluation (Q23). Ceci s'explique en particulier par le fait que ça n'a pas été prévu dans la tâche ou que ça été prévu mais d'une façon peu cohérente avec l'objectif de la formation (des tests posant des questions relatives aux cours proposés par la plate-forme et non pas aux questions et des difficultés des apprentis).

L'usage que font les apprentis de l'évaluation constitue un autre aspect de l'influence de la planification de la tâche par le formateur sur l'activité des apprentis. c'est ce que fait apparaître le graphe suivant :

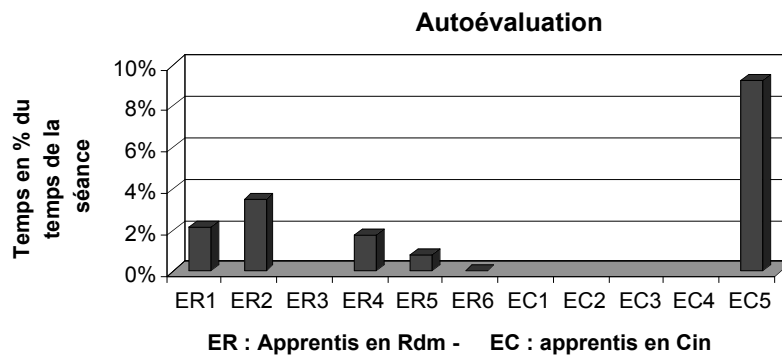


Figure n°84 : temps passé par les apprentis pour évaluer leur travail

Dans l'activité de résistance des matériaux, les apprentis prennent le temps de s'auto-évaluer parce que c'est prévu, surtout dans la version numérique du document support de la tâche. En revanche, durant l'activité de cinématique, seul l'élève EC5 a passé 9% du temps de l'activité à s'auto-évaluer, ce qui relève du blocage et non plus de l'auto-évaluation.

2.5- Le choix des fonctionnalités pertinentes par rapport à la tâche

Jusqu'à maintenant, nous avons séparé les difficultés des apprentis dues à la non maîtrise de l'utilisation des fonctionnalités de la plate forme AMI de celles de leur mobilisation dans une activité de formation ou de remise à niveau. En fait, une autre difficulté résultante des deux premières, et qui concerne les formateurs comme les apprentis, est relative au choix et à **l'utilisation** des fonctionnalités AMI **pertinentes** par rapport à la tâche de remise à niveau. En effet, les fonctionnalités de la plate-forme, constituent en quelques sortes des « mots » qu'il faut organiser et conjuguer pour construire des « phrases » qui ont du sens par rapport à la tâche de remise à niveau. Ainsi, travailler individuellement (P1) correspond, par exemple, à répondre « à l'écran » en saisissant une réponse au clavier (U3) ou à rechercher des ressources sur AMI (U9). La planification pédagogique de la tâche de remise à niveau, revient en fait au choix des fonctionnalités pertinentes, d'une part, pour travailler en groupe ou individuellement, pour communiquer, pour progresser dans la tâche et pour s'auto évaluer et, d'autre part par rapport au contenu de la tâche.

3- ANALYSE DES TRACES DES COMMUNICATIONS ENTRE LES APPRENTIS ET LES FORMATEURS

Nous avons retenu trois séances de remise à niveau pour analyser les traces des communication entre les apprentis et les formateurs. Deux critères ont présidé à ce choix : les séances sont à distance, donc pendant la phase industrielle, et le rythme des échanges entre les apprentis et les tuteurs durant la période de la formation est plus ou moins constant.

L'analyse des trois fiches formateurs³⁸ nous a permis de confirmer que les principales difficultés des apprentis en remise à niveau utilisant l'assistance pédagogique en ligne AMI concernent l'utilisation de la plate-forme (accès à la formation, communication via la plate-forme, blocage de cette dernière, privilégier le travail sur papier et l'interaction directe par téléphone) et l'organisation pédagogique de la tâche de remise à niveau (précision des ressources et de fonctionnalité nécessaires à la tâche, clarté des figures utilisées).

Un autre enseignement important que nous avons retenu de cette analyse c'est le fait qu'en se référant aux communications entre les apprentis et les tuteurs par la fonctionnalité « courrier », les difficultés relatives à l'usage de l'artefact du dispositif et celles relatives à la planification de la tâche ont occulté les difficultés du contenu (c'est ce qui correspond sur les tableaux³⁹ résumant les difficultés des apprentis, au symbole « c »). On voit bien que peu de communications ont porté sur le contenu.

Ceci dit, nous notons les différences entre les trois séances de remise à niveau à distance analysées. Le dernier tableau⁴⁰ par exemple montre que, sur les deux apprentis qui ont réagi à la formation proposée, l'un d'eux, l'apprentis (NE), a entretenu un rythme ordonné de communication avec son tuteur. Il a aussi réparti son activité entre le travail sur l'ordinateur et le travail sur ses documents. Il a d'autre part marqué des moments d'autoévaluation.

En outre, le peu d'informations que les fiches nous ont livrées, nous permettent d'étayer ce que nous avons remarqué, en nous référant au questionnaire commun. Elles concernent l'existence de deux modes d'appropriation de l'assistance pédagogique en ligne : un en présence et l'autre à distance. En effet, à distance, les apprentis recherchent plus la communication et la précision du contenu et des conditions de réalisation de la tâche. Tandis

³⁸ Analyse des traces : annexe n°24.

³⁹ Analyse des traces : annexe n°24.

⁴⁰ Analyse des traces : annexe n°24.

que les formateurs diversifient plus les fonctionnalités utilisées et en introduisent d'autres : la communication par poste ou par téléphone.

4- L'APL AMI : UN SUPPORT DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SÉQUENCES DE FORMATION?

Le « jugement », plutôt négatif, des apprentis par rapport à la remise à niveau en utilisant AMI nous a laissé penser que le fait qu'ils ne soient pas motivés à travailler à l'aide de l'assistance pédagogique en ligne AMI tient aussi au fait que le contenu de la tâche proposée ne soit pas spécifique à la formation en alternance.

En effet, après avoir repéré les différentes sources de difficultés des apprentis dans leur formation à l'aide de l'APL AMI, nous avons pris ces dernières en considération pour réélaborer et mettre en œuvre la planification d'une remise à niveau à distance, en cinématique et en statique, destinée à treize apprentis pendant leur première séquence industrielle de formation. La remise à niveau est alors à distance. Nous avons repris les principaux enseignements de l'analyse des questionnaires, des enregistrements vidéo et des traces des communications pour structurer la tâche de remise à niveau sous forme de scénario⁴¹ en précisant :

- quant à l'utilisation de l'APL :
 - l'assistance pédagogique en ligne AMI est une composante de l'environnement de formation ;
 - la nécessité de prévoir des activités dédiées à la découverte des fonctionnalités de la plate-forme ;
 - renforcer les interactions humaines et diversifier les supports de contenus
- quant à la planification pédagogique :
 - prendre en compte l'usage que les autres apprentis ont fait de l'APL AMI ;
 - proposer un protocole de communication entre les apprentis et entre les apprentis et le formateur ;
 - maintenir la progression des apprentis dans la réalisation de la tâche.

Les résultats de la remise à niveau ainsi conçue n'étaient pas concluants, que ce soit en termes d'utilisation de l'APL par les apprentis ou en termes de leur acquisition des modules visés par

⁴¹ Annexe n°25.

la remise à niveau. En ce qui concerne l'utilisation de l'APL, le tableau suivant est révélateur :

| Apprentis | Nb. Activités effectuées | Moyens de communication avec le formateur | | | |
|-----------|--------------------------|---|-----|-------|-----|
| | | Mail | Fax | Poste | AMI |
| A1 | 4 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| A2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| A3 | 3 | 10 | 3 | 0 | 0 |
| A4 | 3 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| A5 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| A6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| A7 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| A8 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 |

Tableau n°54 : utilisation à distance de l'APL

Ainsi, sur les treize apprentis visés par la remise à niveau, huit ont effectué au moins une activité (le nombre d'activités proposés est de cinq couvrant une période d'un mois). Aucun des huit apprentis n'a utilisé les fonctionnalités de la plate-forme AMI pour communiquer avec le formateur. Ils ont choisi de communiquer par Mail, par Fax ou par poste. Ils ont justifié ce choix par le manque de temps et les problèmes techniques de la plate-forme (temps de téléchargement, accès aux documents ...). En ce qui concerne l'acquisition des apprentis à l'aide de l'APL, nous avons comparé les notes des apprentis avant et après la remise à niveau en statique et en cinématique. Les écarts entre les résultats ne disent rien par rapport à l'efficacité de l'APL à véhiculer un contenu spécifique à des activités de conception. Le graphe suivant correspond au module de cinématique :

Comparaison des notes en cinématique avant et après formation AMI

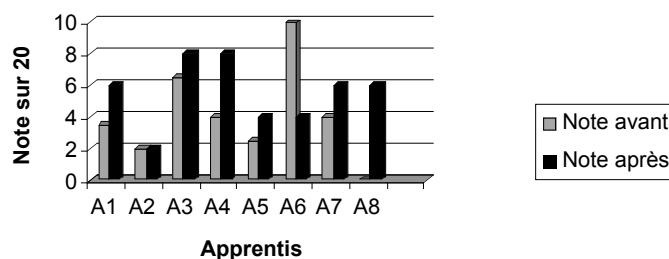


Figure n°85 : notes des apprentis avant et après la remise à niveau en cinématique

Ce constat nous amène à insister sur la nécessité de replacer l'étude de l'utilisation de l'APL et de son organisation pédagogique dans le cadre de la formation d'ingénieurs en alternance.

5- CONCLUSION

A travers le croisement de trois sources d'informations, le questionnaire commun, les enregistrements vidéo et les traces des communications, nous avons visé, d'abord, à valider les hypothèses de difficultés relatives à l'utilisation de l'APL et à la pédagogie qui la soutient. Les principaux enseignements que nous avons dégagés de l'analyse des réponses des apprentis sont nous les résumons dans ce qui suit.

Premièrement les difficultés relatives à l'utilisation de la plate-forme :

- les difficultés des apprentis à prendre en main AMI ne sont pas à lier à leurs niveaux de maîtrise de l'ordinateur ou des logiciels courants dans une formation d'ingénieurs ;
- la difficulté à mobiliser les fonctionnalités de la plate-forme dans une fin de formation : les indicateurs sont le temps passé pour accéder à la formation, la lecture ou non du guide de l'utilisateur et le nombre de fonctionnalités utilisées ;
- la prégnance de situations proches de celle de la remise à niveau à l'aide d'AMI. Nous avons considéré deux situations proches : la recherche d'information et la communication courantes sur Internet et la situation de formation classique sans ordinateur. C'est ce que nous avons mis en évidence à travers les tendances des apprentis en ce qui concerne la recherche des ressources nécessaires à la tâche, le type de fonctionnalités utilisées, le recours à l'impression et la non utilisation du guide pour découvrir les fonctionnalités de la plate-forme ;
- le décalage des perceptions quant à l'assistance pédagogique en ligne AMI entre les concepteurs de cette dernière et les apprentis. Ces derniers ayant eux mêmes différentes attentes et différentes représentations de l'APL AMI. Les indicateurs en sont l'utilisation de l'assistance par les apprentis comme un outil de travail ou une ressource documentaire et l'utilisation détournée de certaines fonctionnalités.

Deuxièmement les difficultés dues à l'organisation pédagogique de la tâche par les formateurs, en particulier à :

- la non explicitation des modalités de travail : en groupe ou individuellement ;
- la non proposition de protocole de communication entre les apprentis et les formateurs ;
- le non maintien de la progression des apprentis dans leurs tâches.

Troisièmement, les difficultés du choix et d'utilisation des fonctionnalités pertinentes par rapport à la tâche de remise à niveau.

Nous avons visé aussi à montrer que l'entrée pertinente par rapport à l'articulation des deux séquences de formation d'ingénieurs en alternance est le contenu de l'activité. En effet, nous proposons de donner sens à cette articulation en opérant des continuités entre les séquences industrielle et académique, en termes de visées de formation, d'organisation des activités de conception, des savoirs mobilisés et des modalités de mobilisation des savoirs au sein de l'activité de conception. Nous pensons que l'APL, en tant que support de cette continuité, doit être repensée par rapport aux spécificités de l'activité de conception.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les motivations de ce travail de thèse sont doubles. Premièrement, c'est une recherche qui vise à répondre à la demande du Centre de Formation par Apprentissage Ingénieurs 2000 (CFAI). En effet, au coeur des évolutions successives qu'a connue la formation d'ingénieurs au CFAI, deux préoccupations, auxquelles nous nous sommes attachés à répondre, étaient constamment présentes. D'une part, construire des activités académiques de formation « proches » des activités industrielles et, d'autre part, supporter ce rapprochement par une innovation pédagogique utilisant les nouvelles technologies et permettant d'individualiser la formation (une Assistance Pédagogique en Ligne (APL) Apprentissage, Multimédia, Ingénieurs (AMI)).

Deuxièmement, c'est une contribution à un domaine de recherche, sur les pratiques d'alternance, accusant un manque patent en termes de recherches qui prennent en charge des activités spécifiques à des formations d'ingénieurs en alternance. En témoigne la revue de questions que nous avons présentée dans la première partie de ce travail. Cette revue nous a permis de mettre en évidence et expliciter le point central des travaux de recherche sur les pratiques d'alternance qui est l'articulation entre les différents pôles impliqués : acteurs (responsables, formateurs, tuteurs ingénieurs et apprentis), organisations et institutions d'une pratique d'alternance.

Pour répondre à la demande du CFAI, et pour contribuer aux recherches sur les pratiques d'alternance, nous avons adopté une approche qui prend en charge l'activité spécifique à la formation d'ingénieurs concepteurs en alternance. En concevant la pratique d'alternance comme un système, nous lui avons associé une structure à trois pôles (ou sous-systèmes) entre lesquels et au sein desquels existent des tensions et des relations dynamiques. Il s'agit du pôle actoriel (responsables de la formation, formateurs, tuteurs et apprentis), du pôle organisationnel (l'organisation école et l'organisation entreprise) et du pôle institutionnel (l'institution éducation et l'institution travail). Nous nous sommes centrés sur le sous-système « pôle actoriel » dans lequel nous avons considéré comme objet de recherche « l'activité de l'apprenti ingénieur ». Nous avons considéré l'activité de conception, en tant qu'activité de production de savoirs et d'artefacts, comme une entrée pour étudier la construction des activités de formation d'ingénieurs en alternance. Ainsi, nous avons formulé notre problème de recherche par des questions telles que : quelle est la structure de l'activité de l'ingénieur en conception ? Quels rapports entre l'activité de conception et les savoirs mobilisés en son

sein ? Quelle est la nature de ces savoirs ? Quelles en sont les modalités de mobilisation au sein de l'activité de conception ?

1- PROPOSITION D'UNE STRUCTURE DE L'ACTIVITE DE CONCEPTION

Nous sommes parti du fait que la conception ne se réduit pas seulement à un processus rationnel qui procède par modélisation en vue de produire des savoirs spécifiques à un projet. C'est aussi un processus qui met en oeuvre des intuitions, des tours de mains et des approches « opportunistes » voire « artistiques », caractérisant l'activité d'un ingénieur expert. Ainsi, nous étions amené à faire des choix théoriques, quant à la modélisation de l'activité de conception. En effet, ces choix théoriques nous ont permis, d'une part, de faire la synthèse entre les aspects rationnels et ceux « imprévisibles ou artistiques » de l'activité de conception et, d'autre part, de repérer les savoirs de conception au sein de l'activité.

En nous référant aux théories de l'action¹ et aux approches de l'activité avec instruments², nous avons considéré que :

- l'activité de conception, en tant qu'activité humaine, est un système motivé par un besoin (ou motif) et dont le processus qui le structure est l'action. Cette dernière est caractérisée par le but qu'elle vise. En plus, il est impossible d'analyser une action hors d'un but, donc sans une tâche ;
- le rôle de la situation des acteurs (en tant que complexe de ressources et de contraintes caractérisant les conditions de l'activité) dans la construction des motifs et des buts est déterminant ;
- les modes d'exécution d'une action sont les opérations. Elles sont fortement imprégnées par la situation et se distinguent en opérations d'orientation, d'exécution et de contrôle ;
- le système activité, intégrant actions et opérations, est une seule entité en deux parties : l'une manifeste, donc observable, et l'autre cachée difficile à expliciter ;
- l'activité de conception est souvent collective, les communications y constituent la trace externe qui révèle les savoirs et les représentations véhiculées, les processus d'élaboration de référents communs, et les liens entre communications et actions en cours ou visées ;

¹ La psychologie soviétique (Galpérine, 1966 ; Leontiev, 1976 ; Savoyant, 1979), la théorie de l'action située (Suchman, 1987).

² L'approche instrumentale (Rabardel, 1995 ; Vérillon, 1996) et l'approche interactionniste (Pochon & Grossen, 1997).

- l'activité de conception est une activité instrumentée. La difficulté d'un acteur à s'appropriier un artefact en tant qu'instrument dans une activité instrumentée réside dans celle d'élaborer le processus d'instrumentation / instrumentalisation. Ce dernier consiste à construire :
 - o les schèmes d'usage et d'action instrumentée requis par l'activité qui peuvent entrer en conflit avec des schèmes prégnants ou « déjà là » ;
 - o le sens de l'activité avec instruments qui peut être en décalage par rapport à celui prévu par le concepteur de l'activité instrumentée. La construction du sens s'appuie sur les actions et les verbalisations des autres apprentis, et sur les interprétations par les apprentis des intentions du concepteur de la tâche.

En ce qui concerne les savoirs de l'ingénieur en conception, nous avons considéré qu'ils sont construits et transformés au cours de l'action. Ce qui veut dire que saisir et comprendre ces savoirs revient à les suivre dans l'action et dans leurs propres transformations. Les savoirs, comme l'action, émergent donc de la situation et se déploient en fonction des conditions de la situation. En conséquence, nous les avons analysés à travers la partie manifeste des opérations en mettant en œuvre une grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur.

Pour proposer cette grille, nous nous sommes référés à trois cadres de référence : l'histoire des techniques pour esquisser une typologie des savoirs de l'ingénieur concepteur, la sociologie des techniques pour expliciter et compléter les catégories retenues dans la perspective historique, et la didactique des génies techniques pour organiser les différentes catégories retenues dans les deux premières perspectives. Notre grille organise les savoirs de l'ingénieur concepteur en quatre catégories :

- la catégorie « Milieu de l'Artefact » (comportant les connaissances des conditions organisationnelle et humaine ; des conditions matérielles ; de la fonction d'usage ; des performances ; des modes de défaillance) ;
- la catégorie « Artefact à Concevoir » (comportant les connaissances du principe opératoire de l'artefact ; les connaissances de la structure de l'artefact) ;
- la catégorie « Objets Simulants » (comportant les connaissances des méthodes et théories ; des concepts intellectuels ; des considérations pratiques ; des capacités de discernement (ou de prise de décision) ; des procédures plus ou moins structurées ; des procédures formalisées ; des procédures en acte) ;
- la catégorie « Ordres de grandeur » (comportant les connaissances des ordres de grandeurs prescriptifs et descriptifs).

En résumé, nous considérons que pour une **tâche** donnée, la **partie manifeste** d'une **opération ou série d'opérations** révèle, à travers les **communications** entre les acteurs et les objets intermédiaires utilisés par ces derniers, la nature des savoirs mobilisés selon la catégorisation proposée par la grille. Les modalités de mobilisation des savoirs étant caractérisées par des registres de technicité.

2- UNE METHODE D'ANALYSE EN COHERENCE AVEC LA STRUCTURE DE L'ACTIVITE DE CONCEPTION PROPOSEE

Notre terrain de recherche a été les formations d'ingénieurs en alternance en Génie Mécanique à l'Université de Marne La Vallée et en Mécatronique à l'Université de Versailles Saint Quentin. Nous avons considéré des activités de conception académique et industrielle pour caractériser la nature des savoirs mobilisés dans l'activité de conception et leurs modalités de mobilisation dans les deux séquences de formation en alternance.

Dans la structure de l'activité de conception que nous avons proposée, nous avons insisté sur l'importance des communications commentant ou orientant les opérations des acteurs dans une activité de conception. Nous avons insisté aussi sur le rôle primordial des objets intermédiaires³, utilisés ou produits dans un processus de conception, à donner sens aux communications verbales et non verbales. Aussi, pour caractériser les savoirs et leurs modalités de mobilisation dans l'activité industrielle de conception, nous avons procédé par une analyse de contenu des entretiens avec les tuteurs ingénieurs et des rapports d'alternance des apprentis que nous avons observés pendant la séquence académique de formation.

En ce qui concerne la caractérisation des savoirs et leurs modalités de mobilisation dans une activité académique de conception, nous avons analysé les transcriptions des enregistrements vidéo des apprentis dans une activité de conception dans le cadre de ce que les formateurs appellent « les semaines thématiques ». L'analyse a consisté à représenter l'évolution temporelle sur actigrammes de la mobilisation des savoirs au cours des différentes phases de re-conception d'un composant d'un moteur de voiture. Chaque phase de re-conception a été segmentée en termes de séries d'opérations d'exécution, d'orientation ou de contrôle. Nous

³ Ce sont des textes, des graphes, des calculs, des modèles informatiques, des dessins, des maquettes... que les concepteurs créent, manipulent, discutent, interprètent, évaluent, transforment, etc.

avons examiné dans chaque type de série d'opérations les savoirs mobilisés selon la typologie proposée par la grille que nous avons proposée.

Quant à la mise en évidence des difficultés à s'approprier un artefact en tant qu'instrument dans une activité de conception instrumentée, nous avons croisé trois sources d'informations : les transcriptions vidéo de deux groupes d'apprentis dans une activité académique de remise à niveau en cinématique et en résistance des matériaux en utilisant une assistance pédagogique en ligne (APL) AMI, les traces de neuf apprentis ayant travaillé et communiqué à distance via l'APL et des questionnaires communs aux apprentis ayant fait leur remise à niveau à distance ou en présence.

Que ce soit pour caractériser les savoirs et leurs modalités de mobilisation dans l'activité académique de conception ou pour mettre en évidence les difficultés des apprentis relatives au processus d'instrumentation/instrumentalisation dans une activité de remise à niveau en utilisant l'APL, nous nous sommes attachés à décrire et documenter précisément les processus en jeu avant d'en dégager les significations pour des apprentis, des formateurs et des tuteurs ingénieurs.

3- CARACTERISATION DES ACTIVITES INDUSTRIELLES ET ACADEMIQUES DE FORMATION EN CONCEPTION

3.1- Caractérisation de l'activité industrielle de conception

Pour caractériser l'activité industrielle de conception, nous avons considéré dans un premier temps le point de vue d'un acteur incontournable de la séquence industrielle de la formation d'ingénieur en alternance : le tuteur ingénieur. Nous avons dégagé un ensemble de caractères de l'activité industrielle de conception. Nous résumons les résultats de l'analyse des entretiens avec les tuteurs ingénieurs comme suit :

- l'activité industrielle de conception est déterminée par la tâche que le tuteur ingénieur confie à l'apprenti. La tâche elle-même est déterminée par les spécificités organisationnelles et humaines de l'entreprise d'accueil ;
- la tâche industrielle de conception dans le cadre d'une formation en alternance a deux visées :

- une visée prioritaire de production, qui fait que l'accueil des apprentis en entreprise s'inscrit dans une stratégie de gestion des ressources humaines de l'équipe en vue de répondre au mieux à des impératifs de production⁴ ;
 - une visée secondaire de formation, mais complémentaire dans le sens où elle vise d'abord l'intégration de l'apprenti dans l'équipe de travail (ce qui rejoint la première visée). Elle vise ensuite de permettre à l'apprenti de mettre en œuvre ses acquis académiques. La visée de formation n'étant pas réservée aux apprentis en formation, mais elle concerne tous les nouveaux arrivants, si expérimentés soient-ils, devant s'approprier la « culture »⁵ de l'entreprise d'accueil ;
- la tâche industrielle de conception met l'apprenti dans une activité où les savoirs mobilisés (et à s'approprier) sont d'abord des savoirs relationnels et méthodologiques et, ensuite, des savoirs scientifiques et techniques. Ces différents savoirs sont à mobiliser selon un registre de modification⁶ vu que l'activité industrielle de conception est centrée, en général, sur la gestion de projet.

Pour expliciter les savoirs relationnels, méthodologiques et scientifiques et techniques, que les tuteurs ingénieurs mettent au centre de l'activité industrielle de conception, nous avons analysé le contenu des rapports d'alternance des apprentis en dernière année de formation. De cette analyse nous retenons les résultats suivants :

- le premier résultat concerne la nature des savoirs mobilisés que nous avons analysés en utilisant la grille des savoirs de l'ingénieur concepteur. Ces savoirs sont spécifiques à l'entreprise considérée. Ainsi, la catégorie « Milieu de l'Artefact » (MA) est dominée par les savoirs des conditions organisationnelles, matérielles et humaines de l'entreprise : savoir s'organiser (créer une équipe, s'impliquer dans une équipe, chercher des fournisseurs ou des sous-traitants), savoir s'informer (chercher une information auprès des personnes compétentes ou dans des bases de données de l'entreprise) et communiquer (dans l'équipe de travail et avec les autres services). La catégorie MA correspond aussi

⁴ La visée de production, dominante dans la séquence industrielle de formation, a été explicitée par Francq, Leloup et Barré (1998) qui se sont interrogés sur les types d'engagements concrets de l'école et l'entreprise dans une formation en alternance. L'engagement de l'entreprise, présidé par ce que nous avons appelé « visée de production », peut viser à réduire le coût du travail, échanger une formation contre un travail, prévoir une réserve de main d'œuvre ou préparer l'embauche.

⁵ Dans le sens de Mer (1999) : connaissances collectives.

⁶ Le registre de modification nous l'entendons dans le sens d' Anzieu (1981), c'est à dire être capable de changer plusieurs fois de registre de fonctionnement pendant l'avancement du travail de création, et de s'en tenir au même registre tant qu'il est approprié.

aux savoirs des outils et moyens que l'organisation de l'entreprise met au service de l'apprenti pour exécuter sa tâche. En ce qui concerne la catégorie « Artefact à Concevoir » (AC), elle correspond plus aux savoirs des principes opératoires et des structures de méthodes à concevoir. Ceci rompt avec ce que les apprentis font dans la plupart des activités académiques de conception : concevoir un système en suivant une démarche formalisée donnée. Quant à la catégorie « Objets Simulants » (OS), elle est fortement représentée par les sous-catégories méthodes et théories (Mth), « Concepts Intellectuels » (CI) et « Considérations Pratiques » (CP). La sous-catégorie Mth correspond en particulier à des méthodes, outils et logiciels de traitement et de représentation des données (méthode Pert, logiciel CAPVISION pour calculs de capacité, Gantt, langage Bond Graph, etc.). La sous-catégorie CI correspond plus à des concepts qui renvoient au domaine industriel (la rentabilité au m₂, la micro planification, une stratégie de livraison, des essais de compatibilité, la traçabilité, la capacité d'une ligne de production, insonorisation des ateliers, etc.). Enfin, la sous-catégorie CP correspond essentiellement à des démarches et des procédures spécifiques à l'entreprise (mise en œuvre d'une démarche qualité selon les lignes de production de l'entreprise) ;

- le deuxième résultat est que la sous-catégorie de savoirs la plus présente⁷ dans les rapports des apprentis est « Méthodes et théories » (19%), ce qui veut dire que la formation en alternance ne se réduit pas en deux séquences dont l'une est réservée à la formation « théorique » et l'autre dédiée à la formation « pratique »⁸. Les apprentis ingénieurs ont mobilisé, dans leurs activités industrielles de conception, aussi bien des savoirs théoriques que pratiques⁹ ;
- le troisième résultat c'est que les modalités de mobilisation des savoirs analysés sont multiples. En effet, l'artefact au centre de l'activité conception peut être un système technique comme il peut être une méthode, un document ou un programme informatique. Ceci induit des processus de conception diversifiés et dynamiques.

Nous résumons ces différents résultats par le schéma suivant qui présente les principales caractéristiques de l'activité industrielle de conception :

⁷ Elle constitue 19% des occurrences de toutes les sous-catégories.

⁸ C'est ce que souligne Pelpel (1989) en analysant les stages de formation en entreprise : « la distinction entre l'enseignement et le travail productif se se réduit pas à l'opposition simpliste entre théorie et pratique. Pourtant, l'un et l'autre mettent en œuvre des logiques différentes, des normes de fonctionnement et des objectifs qui ne sont pas les mêmes et s'opposent parfois ».

⁹ Nous entendons savoirs théoriques et pratiques dans le sens de Malglaive (1996).

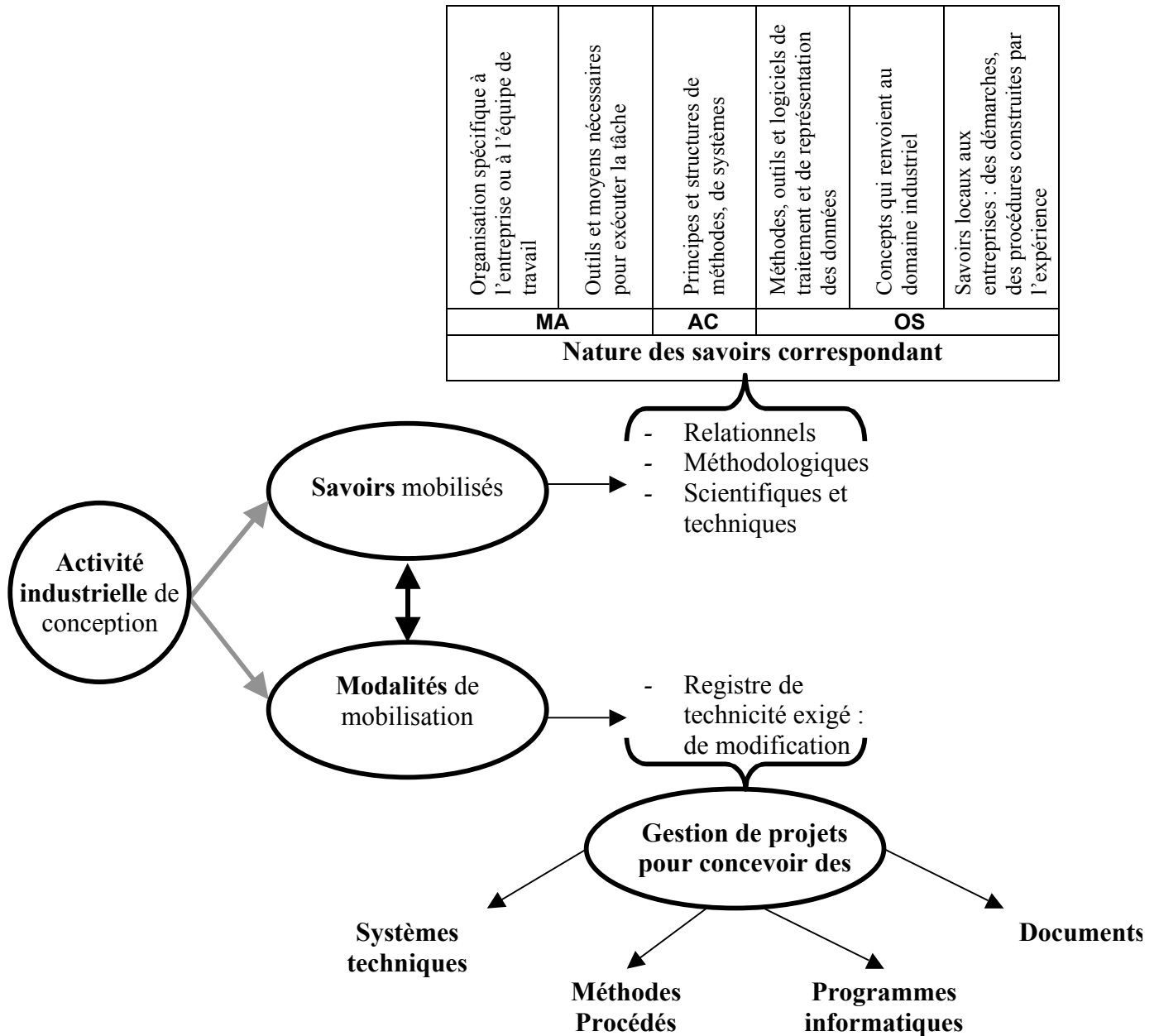


Figure n°86 : caractérisation de l'activité industrielle de conception

3.2- Caractérisation de l'activité académique de conception

Pour caractériser l'activité académique de conception, nous avons analysé les transcriptions des enregistrements vidéo des apprentis lors des activités de conception dans le cadre des semaines thématiques organisées par les formateurs. L'objet de ces semaines thématiques est de mettre les apprentis dans une activité de conception leur permettant de mobiliser leurs savoirs acquis pendant la séquence académique de formation.

Nous avons effectué deux analyses :

- l'une globale pour laquelle nous avons considéré les activités de conception tout au long des semaines thématiques sans distinguer les différentes phases de conception d'un composant de moteur de voiture.
- l'autre locale pour laquelle nous nous sommes arrêtés sur chaque phase de la démarche de conception du même composant.

3.2.1- Analyse globale

L'analyse globale nous a permis de mettre en évidence la nature des savoirs mobilisés dans une activité académique de conception. Ainsi, la catégorie « Milieu de l'Artefact » (MA) a été manifestée par les savoirs des conditions organisationnelles et humaines de l'activité qui correspondent, essentiellement, à des savoirs s'informer auprès du formateur, auprès des autres groupes ou dans des ressources documentaires ou multimédia.

La catégorie «Artefact à Concevoir» (AC) correspond en particulier aux savoirs des principes opératoires et structures du système étudié et ses composants (arbre intermédiaire).

Quant à la catégorie « Objets Simulants » (OS), elle est dominée par trois sous-catégories : la sous-catégorie « Concepts Intellectuels » (CI)¹⁰, la sous-catégorie « Procédure Formalisée » (PF)¹¹ et la sous-catégorie « Méthodes et théories » (Mth)¹². Ainsi, la sous-catégorie CI, qui selon Vincenti (1990) représente le langage du processus cognitif de conception, correspond essentiellement à des concepts renvoyant aux domaines techniques et scientifiques (donc se référant aux acquis de la séquence académique) comme le montre le tableau ci-après :

| Concepts qui renvoient aux domaines techniques (57%) | | | Concepts qui renvoient aux domaines scientifiques (42%) | | | | Concepts renvoyant aux domaines industriels |
|--|------------|----------------------|---|-----------|-----------|-----------|---|
| Outils de l'AF ¹³ | Conception | Procédés d'obtention | Electricité | Mécanique | Thermique | Matériaux | 1% |
| 59% | 37% | 4% | 7% | 78% | 7% | 8% | |

Tableau n°31 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CI

En ce qui concerne la sous-catégorie « Procédures Formalisées » (PF), elle correspond essentiellement aux savoirs des outils, des principes et des concepts de l'analyse fonctionnelle

¹⁰ Elle représente 27% des occurrences de toutes les sous-catégories (2018).

¹¹ Elle représente 19% des occurrences de toutes les sous-catégories .

¹² Elle représente 9% des occurrences de toutes les sous-catégories .

¹³ Les outils de l'analyse fonctionnelle.

que les formateurs ont mis en œuvre pour structurer la tâche académique de conception. Quant à la sous-catégorie Mth, elle correspond plus à des équations et des lois de la mécanique (équation de Reynolds, méthode de calcul du tenseur de déformation en un point, loi de Lamé, de Hooke, etc.).

Par ces exemples, nous montrons cette fois que les savoirs mobilisés dans l'activité académique de conception sont fortement marqués par la situation de formation académique, c'est ce que nous récapitulons dans le tableau suivant :

| | |
|--|---|
| Milieu de l'Artefact (13%)¹⁴ | Savoir s'informer auprès du formateur, auprès des autres groupes ou dans des ressources documentaires ou multimédia |
| Artefact à Concevoir (20%) | Savoirs des principes opératoires du système étudié et ses composants (arbre intermédiaire) |
| | Savoirs des structures du système étudié et ses composants (arbre intermédiaire) |
| Objets Simulants (55%) | Equations et lois de la mécanique |
| | Concepts renvoyant aux domaines techniques et scientifiques (acquis académiques) |
| | Savoirs des outils, des principes et des concepts de l'analyse fonctionnelle |

Tableau n°40 : nature de quelques savoirs correspondant aux catégories MA, AC et OS dans l'activité académique de conception

3.2.2- Analyse locale

L'analyse locale nous a permis de caractériser les modalités de mobilisation des savoirs dans l'activité académique de conception que nous avons observée. Nous avons scruté l'évolution de la mobilisation des différentes catégories de savoirs dans chacune des phases de l'activité de conception. Trois résultats ressortent de l'analyse locale :

- les apprentis adoptent un processus de conception dans lequel la mise en relation des deux catégories « Artefact à Concevoir » (AC) et « Milieu de l'Artefact » (MA) est faible. En effet, une question fondamentale dans la phase d'analyse du besoin par exemple, qui est d'analyser l'artefact à concevoir ou à re-concevoir en rapport avec son milieu (extérieur et intérieur) est quasiment absente ;
- la catégorie AC est mobilisée pour identifier les composants de l'arbre intermédiaire concernés par l'utilisation des outils de l'analyse fonctionnelle (OS). Tandis que la catégorie MA est mobilisée pour s'informer sur l'utilisation des outils de l'analyse fonctionnelle (OS). Si bien que nous avons appelé les catégories AC et MA des catégories

¹⁴ 13% des occurrences de toutes les sous-catégories (2018) pendant toute l'activité académique de conception.

de savoirs « de service » pour la catégorie OS. Nous avons illustré ceci en schématisant comment les apprentis passent de la mobilisation d'une catégorie (par exemple OS) à celle d'une autre (par exemple AC) et pourquoi (par exemple : identifier les composants du système pour « appliquer » les outils de l'AF). Le schéma suivant correspond à la phase d'analyse du besoin :

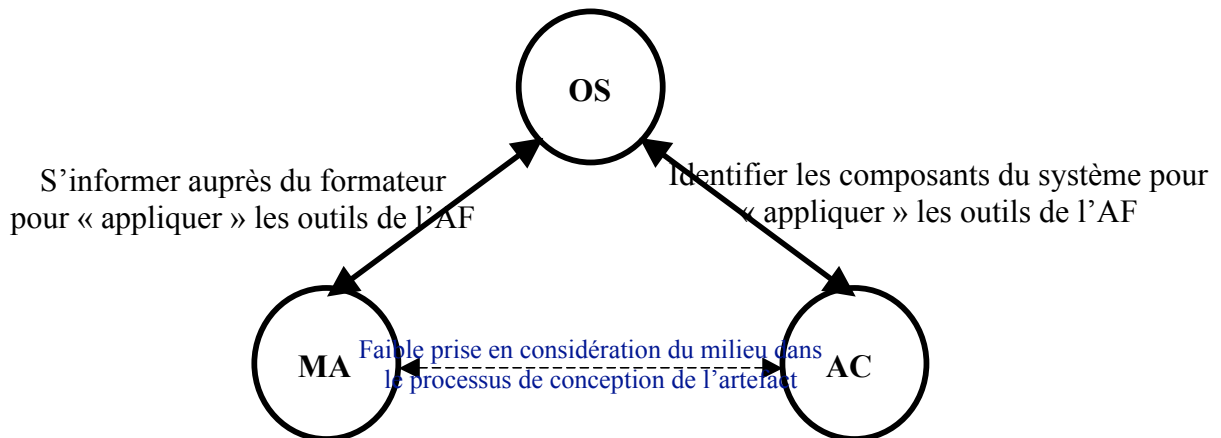


Figure n°54 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoir OS, AC et AM dans la phase « Besoin »

- l'objet de l'activité, qui est de re-concevoir un composant, a été mis au second plan par rapport à la mise en œuvre des outils de l'analyse fonctionnelle. Nous faisons le même constat en ce qui concerne la phase extensométrie : l'artefact à re-concevoir en même temps que la conception de son processus d'industrialisation ont été évacués au profit d'un problème générique qui consiste à modéliser et calculer un effort de coupe et effectuer le contrôle du comportement de la pièce à usiner en utilisant des jauges d'extensométrie.

3.2.3- Identification des ruptures entre les activités industrielles et académiques

A partir de la caractérisation des activités industrielles et académiques de conception, nous avons dégagé quatre caractères déterminants de l'activité de conception :

- la visée de l'activité de conception ;
- la situation de l'activité de conception ;
- la nature des savoirs mobilisés ;
- les modalités de mobilisation.

Nous avons retenu ces caractères déterminants comme analyseurs des ruptures entre les deux activités de conception académique et industrielle. Le tableau suivant fait apparaître les différents types de ruptures relativement aux quatre caractères cités :

| | Activité industrielle de conception | Activité académique de conception |
|--|--|---|
| La visée | Une visée de production (prioritaire) et une visée de formation ¹⁵ | Une visée de formation |
| La situation | Conditions organisationnelles, matérielles et humaines de l'entreprise, de l'équipe de travail et de l'activité proposée (services impliqués, métiers dans l'équipe, moyens, sous-traitants, fournisseurs ...) | Conditions organisationnelles, matérielles et humaines des semaines thématiques (objectifs, «Artefact à Concevoir», démarche à suivre, moyens, répartition des tâches dans chaque groupe, évaluation ...) |
| La nature des savoirs mobilisés | Fortement marquée par la situation industrielle ¹⁶ | Fortement marquée par la situation académique ¹⁷ |
| Les modalités de mobilisation des savoirs | Diversité des activités de conception (gestion de projets) ; processus de conception dynamique ; registre exigé : modification | Activité unique (conception du CAI) ; processus de conception séquentiel ; registre effectif : participation |

Tableau n°41 : les ruptures entre les activités de conception académiques et industrielles

3.3- Les « semaines thématiques », contribuent-elles à rapprocher les activités industrielle et académique de conception ?

En nous intéressant aux modalités de mobilisation des savoirs dans une activité de conception académique, nous avons également interrogé les modalités d'appropriation de ces savoirs. Donc, à la question : a-t-on mis en relation, a-t-on rapproché ou articulé l'activité d'appropriation avec l'activité de production dans laquelle le savoir doit être mis en jeu en mettant en place les semaine thématiques, la réponse est mitigée. En effet, d'un coté, la réponse est oui parce que les semaines thématiques proposent un problème technique conçu comme projet, ce qui peut mettre les apprentis dans une activité de conception proche de celle d'une activité industrielle de conception souvent structurée par un projet. De l'autre coté, la réponse est non, parce que l'articulation entre les deux activités de conception suppose un minimum de continuité : en termes de nature des savoirs mobilisés, des modalités de mobilisation des savoirs et de variabilité des activités proposées. Or, de ces point de vue, les

¹⁵ L'activité de conception en entreprise est structurée par un processus de production d'artefacts intermédiaires qui sont en même temps des traces de l'appropriation de savoirs requis pour aboutir au produit.

¹⁶ La comparaison entre les natures des savoirs mobilisés dans la séquence académique et industrielle est détaillée à la page 247.

¹⁷ Idem.

semaines thématiques proposent une activité de conception, en termes d'enjeux, d'organisation, de savoirs mobilisés et de modalité de mobilisation tout à fait indépendante de l'activité de conception industrielle. En plus c'est une occasion unique avec un support unique (le couvercle de l'arbre intermédiaire, le CAI, d'un moteur de véhicule) pendant les trois années de formation par opposition à la variabilité des activités industrielles de conception que les apprentis vont rencontrer au cours de leur formation.

L'activité de conception au cours des semaines thématiques, bien qu'elles soit structurée par un projet qui consiste à concevoir ou à re-concevoir des produits « réels », selon une démarche industrielle, a constitué une activité de conception académique avec des enjeux « scolaires ». Ces résultats confirment nos choix théoriques concernant la structure de l'activité de conception et les savoirs mobilisés au sein de cette dernière qui sont déterminés par les conditions humaines et matérielles de la situation. En effet, les catégories mobilisées par les apprentis sont dominées par des savoirs qui, en général, caractérisent la situation académique de formation et, en particulier, caractérisent la tâche de conception proposée par les formateurs dans le cadre des semaines thématiques.

3.4- Un carnet de bord pour établir des continuités entre les activités industrielle et académique de conception

Pour remédier aux différents types de ruptures entre les deux séquences de formation en alternance, nous avons proposé aux formateurs, aux tuteurs ingénieurs et aux apprentis¹⁸, un carnet de bord¹⁹. C'est un outil que nous avons conçu de façon à ce qu'il constitue une aide à l'apprenti pour faire le lien, un support pour opérer des continuités²⁰, entre les activités industrielle et académique. Ces continuités visent moins à vouloir « mimer » la situation de travail dans le cadre de la situation scolaire ou transformer la situation de travail en situation de formation que d'utiliser judicieusement les apports de chacune d'elles.

Afin de valider le carnet de bord, nous avons proposé aux apprentis ingénieurs mécatroniciens de l'utiliser pour rendre compte de leurs activités pendant leur première séquence industrielle.

¹⁸ L'apprenti, selon Pelpel (1989), « est peu à même ... d'établir le lien entre ce qu'il apprend à l'école et ce qu'il vit sur le terrain. Si rien n'est fait au plan institutionnel et pédagogique, il vivra le plus souvent ces deux activités comme discontinues, ou pire, contradictoires, et donc peu formatrices ».

¹⁹ Voir annexe n°11.

²⁰ En termes des quatre caractères : visée, situation, nature des savoirs mobilisés et modalités de leur mobilisation.

Les résultats de ce « premier essai » étaient concluants. En effet, l'analyse des entretiens avec les apprentis et celle de leurs carnets de bord complétés nous ont révélé les points suivants :

- les carnets de bord ont « matérialisé » la visée de formation des tâches industrielles, en ce sens qu'ils en ont constituée une trace ;
- les carnets de bord ont véhiculé les spécificités des situations des activités de conception de part et d'autre des deux séquences de formation : diversité des tâches, diversité des métiers, organisation des équipes de travail, enjeux d'un projet ... de l'activité industrielle et construction de problèmes, réflexion sur la pratique, formalisation des savoirs... dans le cas de l'activité académique ;
- les carnets de bord ont permis de documenter les savoirs mobilisés et leurs modalités de mobilisation dans l'activité industrielle de conception.

Les apprentis ont éprouvé bien sûr quelques difficultés à saisir le rôle et l'utilisation du carnet de bord. Ainsi, par exemple, ils ont eu tendance à compléter les différents champs du carnet les uns indépendamment des autres et, partant, à inventorier les savoirs correspondant à chaque catégorie indépendamment des autres. Cette difficulté nous paraît extrêmement intéressante à analyser, car nous considérons qu'elle constitue le fond d'un problème, plus général, de mise en cohérence entre les activités de conception des deux séquences de la formation en alternance. En effet, bien que les apprentis se trouvent en situation industrielle, ils formalisent leurs activités, en termes de catégories de savoirs mobilisées, d'une façon cloisonnée, donc d'une façon « académique ». En plus, ils dissocient les savoirs mobilisés de la tâche fixée par le tuteur ingénieur.

4- IDENTIFICATION DES DIFFICULTES DES APPRENTIS A « S'APPROPRIER » UNE ACTIVITE INSTRUMENTEE

L'activité que nous avons considérée est celle de la remise à niveau en sciences de l'ingénieur (cinématique, résistance des matériaux ...) pour des apprentis ingénieurs pendant les deux séquences de formation. L'hypothèse principale que nous avons formulée quant aux difficultés des apprentis à utiliser une assistance pédagogique en ligne dans une activité de remise à niveau, est que ces difficultés trouveraient leurs sources dans l'élaboration du processus d'instrumentation/instrumentalisation spécifique à cette situation. Nous avons fait le choix théorique de considérer que ce processus consiste en la construction par les apprentis,

d'une part, des schèmes d'usage et d'action instrumentée requis par l'activité et, d'autre part, la construction du sens de l'activité avec instruments.

En effet, la non construction de schèmes d'usage (par exemple : utilisation d'une fonctionnalité de la plate-forme AMI) et de schèmes d'action instrumentée (par exemple : mobilisation d'un ensemble de fonctionnalités pour exécuter une tâche de formation) a été manifestée par la difficulté des apprentis à prendre en main l'APL AMI. C'est ce que nous résumons comme suit :

- la difficulté à mobiliser les fonctionnalités de la plate-forme dans une fin de formation. Les indicateurs en sont le temps passé pour accéder à la formation, la lecture ou non du guide de l'utilisateur et le nombre de fonctionnalités utilisées ;
- la prégnance de situations proches de celle de la remise à niveau à l'aide d'AMI. Nous avons considéré deux situations proches : la recherche d'information et la communication courantes sur Internet et la situation de formation classique sans ordinateur. C'est ce que nous avons mis en évidence à travers les tendances des apprentis en ce qui concerne la recherche des ressources nécessaires à la tâche, le type de fonctionnalités utilisées, le recours à l'impression et la non utilisation du guide pour découvrir les fonctionnalités de la plate-forme.

En ce qui concerne les difficultés relatives à la construction du sens de l'activité de remise à niveau en utilisant l'APL, nous les résumons comme suit :

- le décalage des perceptions quant à l'assistance pédagogique en ligne AMI entre les concepteurs de cette dernière et les apprentis. Ces derniers ayant eux-mêmes différentes attentes et différentes représentations de l'APL AMI. Les indicateurs en sont l'utilisation de l'APL par les apprentis comme un outil de travail ou une ressource documentaire et l'utilisation détournée de certaines fonctionnalités ;
- les difficultés dues à l'organisation pédagogique de la tâche par les formateurs, en particulier concernant :
 - la non explicitation des modalités de travail : en groupe ou individuellement ;
 - la non proposition de protocole de communication entre les apprentis et les formateurs ;
 - le non maintien de la progression des apprentis dans leurs tâches ;

Nous résumons ces différentes difficultés mises en évidence, et à prendre en compte dans la re-conception de l'APL, dans le tableau suivant :

| | | | |
|---|---|--|---|
| Hypothèse : difficultés des apprentis à élaborer le processus d'instrumentation / instrumentalisation spécifique aux activités de remise à niveau en utilisant l'APL | Les sources des difficultés des apprentis | | Les manifestations effectives des difficultés |
| | Construction des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée | Mobilisation des fonctionnalités de l'APL dans une activité de remise à niveau | Le temps mis pour accéder à la formation |
| | | | La non utilisation du guide pour découvrir les fonctionnalités de la plate-forme |
| | | | Le nombre réduit de fonctionnalités utilisées |
| | | Prégnance de situations proches | L'hésitation entre rechercher les ressources nécessaires à la tâche sur l'APL ou sur papier |
| | | | Le type de fonctionnalités utilisées |
| | | | Le recours à l'impression |
| | Construction du sens de l'activité de remise à niveau | Perception des apprentis du rôle de l'APL dans la remise à niveau | L'utilisation de l'APL par les apprentis comme un outil de travail |
| | | | L'utilisation de l'APL par les apprentis comme une ressource documentaire |
| | | Perception des apprentis de l'organisation pédagogique de la remise à niveau | L'hésitation des apprentis entre travailler en groupe ou individuellement |
| L'absence d'un protocole de communication | | | |
| Difficulté transversale aux deux sources précédentes : choix et utilisation pertinents des fonctionnalités de l'APL par rapport à une tâche de remise à niveau donnée | | | |

Tableau n°42 : récapitulatif des difficultés des apprentis relatives à l'utilisation de la plate-forme de l'APL et la pédagogie qui la sous-tend

Nous soulignons ici l'importance de croiser deux approches des activités avec instruments : l'approche instrumentale de (Rabardel, Vérillon) et celle interactionniste (Pochon & Grossen). Si la première nous a fourni un outil conceptuel (instrumentation / instrumentalisation) pour penser le processus d'appropriation d'un instrument, la seconde nous a permis de prendre en considération dans ce processus la situation. D'où la prise en compte de l'organisation pédagogique de l'APL représentant les intentions des formateurs. Pour l'apprenti, il s'agit alors moins de s'approprier un instrument que de s'approprier toute l'activité avec instrument dans une situation donnée telle qu'elle a été conçue par les formateurs. Nous remarquons enfin, que « l'instrument est un nœud de réseau. La description du réseau va de pair avec l'ouverture de la boîte noire que constitue l'instrument »²¹. Or l'APL n'a pas été pensée de façon intégrée à l'activité de remise à niveau. Le « réseau » ici étant la formation en

²¹ Lavoisy (1999).

alternance d'ingénieurs concepteurs. C'est ce qui constitue une raison du fait qu'elle ait été pratiquement rejetée par les apprentis.

5- PERSPECTIVES

Nous avons souligné le fait que le point central d'une pratique d'alternance est l'articulation entre les activités de formation académique et industrielle. Dans le cas de la formation d'ingénieurs concepteurs en alternance, nous avons proposé que cette articulation corresponde à établir des continuités entre les séquences industrielle et académique de formation, sur quatre éléments qui sont les visées, les situations des activités de conception, les savoirs mobilisés et les modalités de mobilisation de ces savoirs. Nous pensons que ces continuités peuvent fonder la construction d'un « parcours de formation » communs aux séquences académiques et industrielles. En revanche, la construction d'un « parcours industriel »²² dans la séquence industrielle de formation revient à dissocier la tâche de ses enjeux et la transformer en une tâche artificielle, et partant, à prolonger la formation académique au sein de l'entreprise. Le « parcours de formation » doit se fonder sur la connaissance précise des activités de formation dans les deux séquences (visée, situation, savoirs et modalités de mobilisation de ces savoirs).

Nous pensons que les thèmes suivant peuvent prolonger ce travail de thèse :

- l'APL, en tant que support matériel des continuités entre les deux séquences de formation, doit être repensée par rapport aux spécificités de l'activité de conception. Nous estimons qu'il serait intéressant d'étudier la conception d'une APL dont le principe organisateur serait celui du carnet de bord ;
- la description des variabilités des tâches de conceptions proposées en entreprise, que nous avons dégagées en analysant les rapports d'alternance et en questionnant les tuteurs ingénieurs, mérite d'être développée. Ceci peut être concrétisée par un travail de recherche qui permet de dresser des classes de tâches de conception, dans des entreprises ou des laboratoires, pouvant constituer des supports pour des activités académiques de conception ;
- l'activité de formation de l'apprenti n'est pas une activité spontanée, elle est guidée par le formateur / tuteur. Dans la mesure où l'activité se transforme avec l'apprentissage, le guidage aussi doit évoluer parallèlement. Le guidage peut porter sur toutes les « parties »

²² A l'instar du « parcours pédagogique » dans la séquence académique.

de l'activité : l'exécution, l'orientation et le contrôle. Il est alors nécessaire, selon les phases d'une activité de conception spécifique, d'identifier les savoirs caractérisant respectivement l'exécution, l'orientation et le contrôle pour mieux organiser le guidage de l'activité de l'apprenti. Le dispositif méthodologique que nous avons utilisé pour analyser l'activité académique de conception pourrait être utile par rapport à cet objectif.

- nous nous interrogeons si les grandes lignes de la structure de l'activité de conception que nous avons proposée, sont généralisables à l'analyse d'autres activités de formation d'ingénieurs en alternance. Nous ambitionnons, en particulier, repérer les spécificités des catégories de savoirs mobilisées dans un métier émergent, tel que celui de l'ingénieur en mécatronique.

BIBLIOGRAPHIE

- Akrich, M. (1993). Les artefacts cognitifs. In B., Conein, N., Dodier, L., Thevenot, (Eds.), *Les objets dans l'action. Raisons pratiques*, 4.
- Altet, M. (1993). Préparation et planification. In J., Houssaye, (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris, ESF.
- Altet, M. (1993). Styles d'enseignement styles pédagogiques. In J., Houssaye, (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp. 77-88). Paris, ESF.
- Annoot, E. (1996). Les formateurs face aux nouvelles technologiques : le sens du changement. Collection autoformation et enseignement multimédia, Ophrys.
- Anzieu, D. (1981). *Le corps de l'oeuvre*, Paris, Gallimard.
- Barbier, J.-M. (Ed.) (1996). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris, PUF,
- Barbier, R. (1998). Deuxième lettre à Lara. Le savoir et la connaissance. Document numérique (page personnelle) : <http://www.fp.univ-paris8.fr/recherches/letLara2.html>
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris, Puf.
- Baron, G.-L. et Bruillard, E. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Paris, PUF.
- Baudrit, A. (2000). Le tutorat : un enjeu pour une pratique pédagogique devenue objet scientifique ? *Revue Française de Pédagogie*, 132, 125-153.
- Belisle, M., et Linard, M. (1996). Quelles nouvelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC ? *Education Permanente*, 127.
- Bercovitz, A. (1982). Points de vue pédagogiques sur l'alternance. *Education et alternance*. Paris, Edilig.
- Berton, (1993). Alternance : conditions d'usage et pratiques d'entreprises. *Education permanente*, 115, 89-97.
- interaction*, 4 (1), 171-195.
- Boudon, R. (1979). *La logique du social*. Paris, Hachette.
- Bourgeon, G. (1979). *Socio-pédagogie de l'alternance*. Paris, UNMFREO.

- Bru, M. (1993). Un enseignant organisateur des conditions d'apprentissage. In J., Houssaye, (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris, ESF.
- Bruillard, E. (1996). Les machines à enseigner. Paris : Hermès.
- Buede, D.-M. (1999). The Engineering design of systems: models and methods. A Wiley - Interscience Publication.
- Buguet, J. (2003). Pour une pédagogie du lien : pluri, inter et transdisciplinarité en formation BTS. In J.-N., Demol, (Ed.), *Didactique et transdisciplinarité. Alternance III* (pp. 29-154). Paris, l'Harmattan.
- Carré, A.-D. et Weil-Barais, A. (1998). Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique. Bern, Peter Lang.
- Carré, P., (1994). Les formateurs et l'individualisation : faciliter l'autoformation. Les métiers de formation, université de Lille, centre INFFO, Paris 1994
- Cartonnet, Y. (1997). Un outil pour l'émergence des faits : l'actigramme. In A. Durey, J. Lebeaume, P. Vérillon (Eds.), *Actes du Séminaire de didactique des disciplines technologiques* (pp. 74-84). Cachan, 1997-1998, Association Tour 123, 74-84.
- Cartonnet, Y. (2000). Proposition d'actualisation de la technologie structurale pour créer et utiliser des documentations technologiques. Rapport d'habilitation à diriger des recherches. ENS de Cachan.
- Cartonnet, Y. (2002). Proposition d'un schéma d'organisation des formations de concepteurs à l'analyse de systèmes techniques : PYSTILE. *Aster*, 34, 157-180.
- Charlon, E. (1996). Transformations de la formation et transformations des savoirs. In J.M., Barbier, F., Berton et J.-J., Boru (Eds.), *Situations de travail et formation* (pp. 147-164). L'Harmattan.
- Clénet, J., et Demol, J., N. (2002). Recherches et pratiques d'alternance en France. Des approches et leurs orientations. In C. Landry, (Ed.). *La formation en alternance : état des pratiques et des recherches* (pp. 83-108). Presse de l'université du Québec.
- Combarous, M. (1984). Les techniques et la technicité. Paris, Messidor, Editions sociales.
- De Montmollin, M. (1996). Savoir travailler. Le point de vue de l'ergonome. In J.-M., Barbier, (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 189-199). Paris, PUF.

- Decomps, B., et Malglaive, G. (1996). Comment asseoir le concept d'université professionnelle ? In J.-M., Barbier, (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 64-72). Paris, PUF.
- Demol, J.-N., (Ed.) (2003). *Didactique et transdisciplinarité. Alternance III*. Paris, l'Harmattan.
- De Montmollin, M. et Theureau, J. (Eds.) (1991). *Modèles en analyse du travail*. Liège, Mardaga.
- Denoyel, J.-N. (1998). Alternance tripolaire et raison expérientielle à la lumière de la sémiotique de Peirce. Paradoxes de la médiation. Tradition et alternance. *Revue Française de Pédagogie*, 128, 35-42.
- Depover, C. (1994). Problématiques et spécificités de l'évaluation des dispositifs de formation multimédias. *EducaTechnologie*, 1, document numérique.
- Depover, C., et al. (1998). Pour une approche renouvelée de la formation en alternance : étude d'une réforme en cours. *Education - Formation*, 251, Liège, Belgique.
- Depover, C., et Marchan, L. (2000). *E-learning et formation des adultes en contexte professionnel*. Bruxelles, De Boeck
- Desnoyers, L. (1991). Les indicateurs et les traces de l'activité collective. In R., Amalberti et Dessus, P., Lemaire, B. & Baillé, J. (1997). Etudes expérimentales sur l'enseignement à distance. *Sciences et techniques éducatives* .4, 137-164.
- Dodier, N. (1995). *Les hommes et les machines*. Paris, A.M. Métaillé.
- Doray, P. et Maroy, C. (1995). Les relations éducations-travail : quelques balises dans un océan conceptuel. *Revue des sciences de l'éducation*, XXI(4), 661-688.
- Falzon, P. (1994). Dialogue fonctionnels et activité collective. *Le travail humain*, 57, 4, 299-312.
- Fauvre, C. (2003). Formation commerciale : apprendre à vendre et/ou être soi. In J.-N., Demol, (Ed.), *Didactique et transdisciplinarité. Alternance III*. Paris, l'Harmattan.
- Fusulier, B. (2000). Formation par le travail et formation en alternance : quel impacts identitaires ? In B., Bajoit et Q., Nolet, (Eds.), *Jeunesse et société*. Bruxelles, de Boeck, 259-276.
- Fusulier, B. (2001). *Articuler l'école et l'entreprise*. Paris, l'Harmattan.

- Fusulier, B., et Maroy, C. (2002). La formation en alternance en Belgique Francophone. Développement, pratiques et théories. In C. Landry, (Ed.), *La formation en alternance : état des pratiques et des recherches* (pp. 110-118). Presse de l'université du Québec.
- Galperine, P.-I. (1966). Essai sur la formation par étapes des actions et des concepts. In A., Leontiev, A., Luria, A., Spirnov, (Eds.), *Recherches psychologiques en URSS* (pp.168-183). Moscou : Les éditions du progrès.
- Galvani, P. (1998). Le programme de recherche-formation –action Quart Monde/Université. *Revue Française de Pédagogie*, 128, 107-125.
- Geay, A. (1993). Pour une didactique de l'alternance. *Education permanente*, 115, 79 – 89.
- Geay, A., et al (1998) Actualité de l'alternance. *Revue Française de Pédagogie*, 128, 107 125
- Genelot, D. (1992). Manager dans la complexité, Paris, INSEP Editions.
- Glikman, V. (1997). Quand les formations d'adultes "surfer" sur les nouvelles technologies. *Recherche et formation*, 26, 99-112.
- Glikman, V. (1999). Fonction tuteur, du vocabulaire aux modèles de mise en œuvre. *Actes des 2èmes entretiens internationaux sur l'enseignement à distance*. CNED.
- Glikman, V. (2002). Apprenants et tuteurs : une approche européenne des médiations humaines. *Education permanente*. 152, 55-69.
- Glomeron, F. (2002). Unité et cohérence de la formation des professeurs de technologie au collège. Contribution à la définition des registres de technicité et des compétences professionnelles nécessaires. *Thèse de doctorat*. ENS de Cachan.
- Grusenmayer, C., et Trognon, A. (1997). Les mécanismes coopératifs en jeu dans les communications de travail : un cadre méthodologique. *Le travail humain*, 60, 1, 5-31
- Harvey, D., Marton, P. (1994). L'évaluation des systèmes d'apprentissage multimédia interactif. *EducaTechnologie*, 1, document numérique.
- Harvey, D., Marton, P. (1994). L'évaluation des systèmes d'apprentissage multimédia interactif. *EducaTechnologie*, 1, document numérique.
- Hatchuel, A., & Weil, B. (1992). L'expert et le système. Quatre histoires de systèmes-experts. Paris, Economica.
- Henri, F. (1996). L'autoformation assistée dans des environnement souples informatisés. *Les sciences de l'éducation*, 39, 43-66.

- Houssaye, J., (Ed.) (1993). *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris, ESF.
- Huchette, M. (2002). *Evaluation expérimentale de l'apport, pour une formation d'ingénieurs, d'un simulateur informatique en travaux pratiques de bureau d'études mécaniques. Thèse de doctorat*. ENS de Cachan.
- Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. *Eléments pour une sociologie des processus de conception. Sociologie du travail*, 3, 317-344.
- Karsenty, L., et Falzon, P. (1991). L'analyse des dialogues orientés tâche : introduction à des modèles de la communication. In R., Amalberti, M., Montmollin et J., Theureau, (Eds.), *Modèles en analyse du travail* (pp. 107-118). Liège, Mardaga.
- Lacoste, M. (1991). Interaction située et dimension collective du travail. In F., Six, & X., Vaxevanoglou, (Eds.), *Les aspects collectifs du travail. Actes du XXVII^{ème} congrès de la société d'ergonomie de langue Française* (pp. 29-49).
- Landry, C., Bouchard, Y. et Pelletier, C. (2002). Le stage dans l'alternance travail-études au collégial : pour quel rapport au travail? In C., Landry (Ed.), *La formation en alternance: état des pratiques et des recherches* (pp. 195-214). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Landry, C., et Mazalon, E. (2002). La construction de l'alternance au Québec : entre deux vagues de croissances et quelques flots de recherches variés. In C., Landry, (Ed.). *La formation en alternance : état des pratiques et des recherches* (pp.1-5). Presse de l'université du Québec.
- Le Boterf, G. et al. (1992). Evaluation participative en cours de projet : vers une autre approche de l'évaluation des projets de coopération technique. *Education permanente*, 113, 207-223.
- Lebeaume, J. (1995). Les génies techniques. In A. Durey, J. Lebeaume, P. Vérillon (Eds.), *Actes du Séminaire de didactique des disciplines technologiques* (pp. 7-23). Cachan, 1995–1996, Association Tour 123.
- Lemoigne, J.-L. (1990). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris, Dunod.
- Leontiev, A. (1976). *Le développement du psychisme*. Paris, Éditions sociales.
- Leplat, J. (1994). Collective activity in work :some lines of research. *Le travail humain*, 57, 3, 209-226.

- Leplat, J. Savoyant, A., (1983). Statut et fonction des communications dans l'activité des équipes de travail. *Psychologie Française*, 28, 3-4, 247-253.
- Lerbet-Séréni F. et Violet, D. (1998). Paradoxes de la médiation. Tradition et alternance. *Revue Française de Pédagogie*, 128, 17-24.
- Lesne, M. (1982). Introduction. In A., Bercovitz et al., (Eds.). *Education et alternance*(pp. 9-15). Théorie et pratique de l'éducation permanente.
- Lespessailles, C., Maillebouis, M. et Schilling, M. (1996). Pistes bibliographiques. In J.-M., Barbier, (Ed.). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris, PUF.
- Linard, M. (2002). Conception de dispositifs et changement de paradigme en formation. *Education permanente*, 152, 143-155.
- Linard, M. (1992). Les nouvelles technologies moyen de repenser la formation des enseignant. In G.-L., Baron et J., Baude, (Ed.), *L'intégration de l'informatique dans l'enseignement et la formation des enseignants* (pp. 26-44). Paris, INRP.
- Linard, M. (1994). New debates in learning support. *Journal of Computer Assisted learning*, N°11, 239-253.
- Malglaive, G. (1994). Les rapports entre savoir et pratique dans le développement des capacités d'apprentissage chez les adultes. *Education Permanente*, 53-61.
- Malglaive, G. (1996). Apprentissage. Une autre formation pour d'autres ingénieurs. *Formation et emploi*, 53, 85-99.
- Martin, F. (1994). Analyse de l'activité et paroles subjectives. *Le travail humain*, 57, 2, 179-193.
- Martinand, J.-L. (2000). Production, circulation et reproblématisation des savoirs. *Colloque « les pratiques dans l'enseignement supérieur »* (pp. 1-5). Toulouse.
- Martinand, J.-L. (2000). Rapport au savoir et modélisation en sciences. In A., Chabchoub, (Ed.), Actes du 5ième Colloque International de Didactique et d'épistémologie des Sciences : "Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences" (pp. 123-135). SFAX les 7,8 et 9 avril 2000.
- Maubant, P. (1997). Pour une didactique et des pédagogies de l'alternance. *Pour*, 154, 141-162.
- Maubant, P. (1997). L'alternance en formation, questions et débats.

- Mer, S. (1999). L'ingénieur-calculs au Bureau d'études. Un monde, ses objets et ses pratiques. In D., Vinck (1999). *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation* (pp. 77-89). Presse Universitaire de Grenoble.
- Micaelli, J.-P. et Perrin, J. (1997). Les trois âges de la capitalisation des connaissances. In J.-M., Fouet, (Ed.). *Connaissances et savoirs faire en entreprise. Intégration et capitalisation*. Hermes, Paris.
- Morin, E. (1995). La stratégie de reliance pour l'intelligence de la complexité. *Revue internationale de systémique*. 9, 2, 105-112
- Mucchielli, R. (1994). L'analyse de contenu, des documents et des communications. Paris, ESF.
- Navarro, C. (1991). L'étude des activités collectives de travail : aspects fondamentaux et méthodologiques. In F., Six, & X., Vaxevanoglou, (Eds.), *Les aspects collectifs du travail. Actes du XXVII ème congrès de la société d'ergonomie de langue Française* (pp. 91-105).
- Navarro, C. (2001). Partage de l'information en situation de coopération à distance et nouvelles technologies de la communication: bilan des recherches récentes. *Le Travail Humain*, 64, 297-319.
- Norman, D.-A. (1993). Les artefacts cognitifs. In B., Conein, N., Dodier et L., Thevenot, (Eds.), *Les objets dans l'action*. Raisons pratiques, 4.
- Pahl, G., & Beitz, W. (1999). *Engineering Design*. London, Design Council.
- Pastré, P. (1992). Requalification des ouvriers spécialisés et didactique professionnelle. *Education Permanente* 111, 33-54.
- Pelpel, P. (1989). Les stages de formation. Objectifs et stratégies pédagogiques. Paris, Bordas.
- Perez, P., Rogalski, J. (2001). Interférence et conflits de schèmes dans l'usage d'outils professionnels : le cas d'un fichier cartographique de navigation. *Le Travail Humain*, 64, 173-191.
- Perrin, J. (1997). Une modélisation alternative du système technicien : l'approche systémique des techniques. In A. Durey, J. Lebeaume, P. Vérillon, (Eds.), *Savoirs techniques et compétences technologiques. Actes du Séminaire de didactique des disciplines technologiques* (pp. 111-123). Cachan, 1997 – 1998. Association Tour 123

- Perrin, J. (2001). Concevoir l'innovation. Méthodologie de conception de l'innovation. CNRS Editions.
- Perrin, J. (2001). Un exemple d'ingénierie économique : la modélisation des systèmes nationaux d'innovation. In J., Perrin, (Ed.), *Conception entre science et art. Regards multiples sur la conception* (pp. 183-194). Presse polytechniques et universitaires Romandes
- Pochon, L.-O. et Grossen, M. (1997). Les interactions homme - machine dans un contexte éducatif : un espace interactif hétérogène. *Sciences et techniques éducatives*, 4, 41-65.
- Prudhomme, G. (1999). Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement. La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique. *Thèse de doctorat*. Université Joseph Fournier, Grenoble 1.
- Rabardel, P. (1989). Analyse de l'activité cognitive et modélisation des situations. In M., Vivet (Ed.), *Actes du premier congrès francophone de robotique pédagogique* (pp 49-74). Le mans, CIE, Université du Maine.
- Rabardel, P. (1996). Les hommes et les technologies. Paris, Armand Colin.
- Rak, I., (Ed.) (1999). Dictionnaire des sciences de l'ingénieur. Paris, Foucher.
- Ravaille, N., & Vinck, D. (1999) Des cultures de conception contrastées. La conception de filières pour le filage de l'aluminium. In Vinck (Ed.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation* (pp. 91-111). Presse Universitaire de Grenoble.
- Rhéaume, J. (1994). L'évaluation des multimédias pédagogiques: de l'évaluation des systèmes à l'évaluation des actions. *EducaTechnologie*, 1, document numérique.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le travail humain*, 57, 4, 367-386.
- Savoyant, A. (1979) Éléments d'un cadre d'analyse de l'activité : quelques conceptions essentielles de la psychologie soviétique. *Cahiers de Psychologie*, 22, 17- 28.
- Savoyant, A. (1984). Définitions et voies d'analyse de l'activité collective des équipes de travail. *Cahiers de psychologie cognitive*. 4, 3, 273-284.
- Savoyant, A. (1985). Conditions et moyens de la coordination interindividuelle d'opérations d'exécution sensorimotrices. *Le Travail Humain*, 48, 1, 59-80.
- Savoyant, A. (1995). guidage de l'activité et développement des compétences dans une entreprise d'insertion. *Education Permanente* 123, 2, 91-99.
- Savoyant, A. (1996). Approche cognitive de l'alternance. *Bref*, 118, 1-4.

- Schmid, A.-F. (2001). Pour une épistémologie de la conception. In J., Perrin, (Ed.). *Conception entre science et art. Regards multiples sur la conception* (pp. 79-97). Presse polytechniques et universitaires Romandes
- Schön, D.-A. (1983). Le praticien réflexif, à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel. Collection formation des maîtres, les éditions logiques.
- Schön, D.-A. (1996). A la recherche d'une nouvelle épistémologie de la pratique et de ce qu'elle implique pour l'éducation des adultes. In J.-M., Barbier, (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 201-222). Paris, PUF.
- Séris, J.-P. (1994). La technique. Paris, PUF.
- Serrafero, P. (1997). Catégorisation et formalisation des connaissances industrielles. In J.-M., Fouet, (Ed.), *Connaissances et savoirs faire en entreprise. Intégration et capitalisation*. Hermes, Paris.
- Simon, A.-H. (1974). La science des systèmes. Sciences de l'artificiel. (traduction et postface de J. L. Le moigne), Epi Editeurs, Paris.
- Simondon, G. (1958). Du mode d'existence des objets techniques. Paris, Aubier.
- Staudenmaier, S.-J. (1985). Technology's Storytellers. Reweaving the Human Fabric. The MIT Press.
- Suchman, L. (1987). Plans and situated actions : The problem of communication. Cambridge Cambridge University Press.
- Talyzina, N.-F. (1980). La conception de l'apprentissage fondée sur l'activité et l'enseignement programmé. In J.-F., Le Ny, (Ed.), *De l'enseignement programmé à la programmation des connaissances* (pp13-29). Lille, PUL.
- Theureau, J. (2002). L'hypothèse de la cognition située et l'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *Conférence in XXXVII ° Congrès SELF*, 25-27 Sept., Aix-en-Provence.
- Tremblay, R. (1990). Vers une écologie humaine. McGraw-Hill.
- Triby, E. Trautmann, J., (2000). L'évaluation une démarche impliquée. *Education permanente*, 143, 125-135.
- Vacherand-Revel, J., Tarpin-Bernard, F., & David, B. (2001). d'innovation In J., Perrin, (Ed.), *Conception entre science et art. Regards multiples sur la conception* (pp. 239-255). Presse polytechniques et universitaires Romandes

- Veillard, L. (2000). Rôle des situations professionnelles dans la formation par alternance. Cas des élèves-ingénieurs de l'ISTP de Saint-Etienne. *Thèse de doctorat*. Université Lumière Lyon II.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation . In J.-M., Barbier, (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275-292). Paris, PUF.
- Vérillon, P. et al. (1996). Contribution à l'analyse des situations d'enseignement/apprentissage d'instruments sémiotiques de communication technique. *Aster*, 23, 181-211.
- Vérillon, P. (1996). Unité et diversité de la technologie. Introduction au séminaire. In A. Durey, J., Lebeaume et P. Vérillon, (Eds.), *Savoirs techniques et compétences technologiques. Actes du Séminaire de didactique des disciplines technologiques* (pp. 5-16). Cachan, 1996–1997. Association Tour 123.
- Vincenti, W. (1990). What engineers know and how they know it. Analytical studies from aeronautical history. Baltimore, The John Holkins University Press.
- Vinck, D. & al. (1999). La complexité sociotechnique. Le cas de la re-conception d'une paroi de blindage. In D., Vinck (Ed.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation* (pp. 19-31). Presse Universitaire de Grenoble.
- Vinck, D. (1997). La connaissance : ses objets et ses institutions. In J.-M., Fouet, (Ed.), *Connaissances et savoirs faire en entreprise. Intégration et capitalisation* (pp. 55-91). Hermes, Paris.
- Vinck, D. (1999). Epilogue. Postures pour une ethnographie des techniques. In D., Vinck (Ed.), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation* (pp. 203-226). Presse Universitaire de Grenoble.
- Vinck, D. (1999). Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation. 1999, Presse Universitaire de Grenoble.
- Vinck, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue Française de sociologie*. XL-2, 1999, 385-414
- Vinck, D. (1999). Les paradigmes de la sociologie des techniques dans l'analyse des téléactivités. In B. Fusulier et P. Lannoy (Ed.), *Les techniques de la distance. Regards sociologiques sur le télé travail et la télé formation* (pp. 213-243). Paris, L'Harmattan.

Vinck, D. 2000. Pratiques de l'interdisciplinarité. Mutations des sciences et de l'enseignement. Presse Universitaire de Grenoble.

Visetti, Y.-M. (1989) Compte rendu de "Plans and Situated Actions" de L. Suchman. *Intellectica*, 1, 7, 67- 96.

Voisin, A. (1993). Alternance ou alternances ? approche institutionnelle des formation alternées qualifiante destinées aux jeunes. *Education permanente*,115.

Vygotsky, L. (1997). Pensée et langage. Paris, La dispute.

Table des matière des figures

| | |
|--|-----|
| Figure n°1 : organisation de la formation Génie Mécanique à l’UMLV | 22 |
| Figure n°2 : organisation des semaines thématiques..... | 23 |
| Figure n°3 : de la formation Mécatronique à l’UVSQ | 26 |
| Figure n°4 : structure de la formation des ingénieurs mécatroniciens..... | 27 |
| Figure n°5 : les deux premières pages écrans de la plate-forme AMI..... | 30 |
| Figure n°6 : la page écran « contenu » de la formation | 31 |
| Figure n° 7 : évolution des effectifs des apprentis au CFAI 2000 | 35 |
| Figure n°8 : structure associée au système « alternance » | 45 |
| Figure n° 9 : les acteurs du sous-système « pôle institutionnel » | 45 |
| Figure n° 10 : les acteurs du sous-système « pôle organisationnel »..... | 46 |
| Figure n° 11 : les acteurs du sous-système « pôle actoriel »..... | 47 |
| Figure n° 12 : le point central des recherches sur l’alternance..... | 52 |
| Figure n° 13 : articulation dans le pôle actoriel | 53 |
| Figure n° 14 : structure de l’activité individuelle..... | 72 |
| Figure n°15 : structure de l’activité collective..... | 72 |
| Figure n° 16 : le modèle SAI de l’activité instrumentée..... | 74 |
| Figure n° 17 : le modèle SACI de l’activité instrumentée | 75 |
| Figure n° 18 : le modèle SAI avec instrument sémiotique | 76 |
| Figure n° 19 : le schéma de l’activité instrumentée de conception | 80 |
| Figure n° 20 : le contenu de l’activité de conception..... | 83 |
| Figure n° 22 : caractérisation de l’activité de l’apprenti par le tuteur ingénieur | 108 |
| Figure n° 23 : exemples pour caractériser l’acte dans l’activité..... | 109 |
| Figure n° 25 : occurrences des différentes catégories (thèmes) dans les réponses des tuteurs ingénieurs | 115 |
| Figure n° 26 : répartition des différentes sous catégories dans la catégorie « Le tutorat » | 121 |
| Figure n°27 : répartition des sous-catégories dans la catégorie « La tâche de l’apprenti » | 134 |
| Figure n°28 : répartition des sous-catégories dans la catégorie « L’organisation de la Séquence Industrielle »..... | 141 |
| Figure n° 29 : caractérisation de la tâche de conception par les tuteurs ingénieurs | 150 |
| Figure n° 30 : schématisation de la mobilisation des catégories de savoirs..... | 158 |
| Figure n°31 : répartition des savoirs dans la sous-catégorie COH..... | 163 |
| Figure n°32 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie Mth..... | 170 |
| Figure n°33 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CI | 171 |
| Figure n°34 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CP..... | 172 |
| Figure n°35 : catégories des tâches de conception pendant la séquence industrielle | 178 |

| | |
|--|------------|
| Figure n°36 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception d'une « méthode »..... | 180 |
| Figure n°37 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception... | 181 |
| Figure n°38 : catégories d'activités de conception pendant la séquence industrielle..... | 187 |
| Figure n°39 : mobilisation des catégories de savoirs dans une activité de conception... | 188 |
| Figure n°40 : CAI monté sur le moteur | 193 |
| Figure n°41 : Les différents composants du système étudié | 194 |
| Figure n°42 : salle de travail | |
| Figure n°43 : banc d'extensométrie | 197 |
| Figure n°44 : actigramme de l'évolution temporelle de la mobilisation des catégories de savoirs de conception | 203 |
| Figure n°45 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie COH..... | 207 |
| Figure n°46 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie PO | 209 |
| Figure n°47 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CA | 210 |
| Figure n°48 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie Mth..... | 211 |
| Figure n°49 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CP..... | 214 |
| Figure n°50 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie PF | 216 |
| Figure n°51 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « Besoin » | 222 |
| Figure n°52 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoir OS, AC et MA dans la phase « Besoin » | 223 |
| Figure n°53 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service » | 225 |
| Figure n°53 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service » | 225 |
| Figure n°54 : schéma représentant l'évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service » | 226 |
| Figure n°55 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service » | 229 |
| Figure n°56 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle FAST »..... | 230 |
| Figure n°57 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF » | 233 |
| Figure n°58 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF » | 234 |
| Figure n°59 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « cotation fonctionnelle »..... | 236 |
| Figure n°60 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « cotation fonctionnelle »..... | 237 |
| Figure n°61 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »..... | 240 |

| | |
|--|------------|
| Figure n°62 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul » | 241 |
| Figure n°63 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie TP»..... | 243 |
| Figure n°64 : évolution de la mobilisation des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »..... | 244 |
| Figure n°65 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie MA dans les séquences industrielle et académique..... | 252 |
| Figure n°66 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie AC dans les séquences industrielle et académique..... | 252 |
| Figure n°67 : comparaison de la nature des savoirs de la catégorie AC dans les séquences industrielle et académique..... | 253 |
| Figure n°68 : structure de l'assistance pédagogique en ligne AMI | 271 |
| Figure n°69 : structure de la base de données AMI | 278 |
| Figure n°70 : disposition de travail des apprentis. Remise à niveau en cinématique. ... | 283 |
| Figure n°71 : disposition de travail des apprentis. Remise à niveau en RDM. | 284 |
| Figure n°72 : modèle de l'activité instrumentée de conception | 293 |
| Figure n°73 : définitions des indicateurs utilisés dans la grille d'analyse des fiches tuteurs | 301 |
| Figure n°74 : temps passés par les apprentis pour accéder à la page formation | 305 |
| Figure n°75 : temps passés par les apprentis à lire le guide de l'utilisateur de l'APL...306 | 306 |
| Figure n°76 : temps passé par les apprentis sur la recherche des ressources (papier ou AMI)..... | 308 |
| Figure n°77 : temps passé pour découvrir les fonctionnalités de l'APL en utilisant le guide de l'utilisateur et en demandant aux pairs..... | 311 |
| Figure n°78 : temps passé par les apprentis sur l'utilisation de la fonctionnalité « les connectés » | 313 |
| Figure n°79 : temps moyen passé par les apprentis des deux groupes observés à travailler en groupe | 315 |
| Figure n°80 : temps passé par les apprentis à communiquer entre eux..... | 317 |
| Figure n°81 : temps moyens passés par les apprentis à travailler sur papier ou sur les documents AMI | 318 |
| Figure n°82 : temps passés par les apprentis à rechercher des informations sur les ressources disponibles sur AMI | 319 |
| Figure n°83 : comparaison de la progression des apprentis dans les deux activités de remise à niveau | 320 |
| Figure n°84 : temps passé par les apprentis pour évaluer leur travail..... | 322 |
| Figure n°85 : notes des apprentis avant et après la remise à niveau en cinématique | 325 |
| Figure n°86 : caractérisation de l'activité industrielle de conception | 336 |
| Figure n°54 : schéma représentant la mobilisation des catégories de savoir OS, AC et AM dans la phase « Besoin » | 339 |

Table des matières des tableaux

| | |
|--|------------|
| Tableau n°1 : profils des apprentis mécatroniciens | 25 |
| Tableau n° 2: les spécificités et les similitudes associées à différentes offres de formation en alternance en Belgique..... | 39 |
| Tableau n°3 : les dichotomies à articuler par alternance selon Lesne (1992) | 44 |
| Tableau n° 4 : caractérisation des registres de technicité | 85 |
| Tableau n° 5 : grille d’analyse des savoirs de l’ingénieur concepteur | 100 |
| Tableau n° 5’ : les tuteurs ingénieurs interviewés | 104 |
| Tableau n° 5’’ : extrait d’un entretien avec un tuteur ingénieur..... | 109 |
| Tableau n° 6 : codage des différents thèmes des entretiens avec les tuteurs ingénieurs | 110 |
| Tableau n° 7 : exemple de codage des entretiens avec les tuteurs ingénieurs | 111 |
| Tableau n° 8 : catégories dégagées par une analyse thématique des entretiens..... | 114 |
| Tableau n° 9 : registre de technicité exigé par le tuteur AA - BOSCH | 129 |
| Tableau n° 10 : registre de technicité exigé par le tuteur AP - MATRA..... | 130 |
| Tableau n° 11 : registre de technicité exigé par le tuteur FG - RENAULT TRUCKS .. | 131 |
| Tableau n° 12 : registre de technicité exigé par le tuteur PJ - TECHNOCENTRE | 131 |
| Tableau n° 13 : registre de technicité exigé par le tuteur MS - CEA SACLAY..... | 132 |
| Tableau n° 14 : les informations contenues dans un rapport d’alternance..... | 154 |
| Tableau n° 15 : la grille d’analyse des savoirs de l’ingénieur concepteur | 155 |
| Tableau n° 16 : codage du contenu des rapports d’alternance..... | 156 |
| Tableau n° 17 : activités proposées par le schéma PYSTILE | 157 |
| Tableau n° 17’ : mise en évidence quantitative de la mobilisation des différentes sous catégories de savoirs dans l’activité industrielle des apprentis | 160 |
| Tableau n°18 : indicateurs de la sous-catégorie COH..... | 162 |
| Tableau n°19 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie CM..... | 164 |
| Tableau n°20 : répartition des indicateurs de la catégorie de savoirs MA..... | 165 |
| Tableau n°21 : répartition des indicateurs de la sous-catégorie PO..... | 166 |
| Tableau n°22 : répartition des indicateurs de la catégorie AC | 168 |
| Tableau n°22 : répartition des sous-catégories dans la catégorie OS | 176 |
| Tableau n°23 : disciplines auxquelles les apprentis font référence dans leurs rapports | 184 |
| Tableau n°24 : occurrences des différents savoirs acquis pendant la séquence industrielle | 185 |
| Tableau n°25 : difficultés des apprentis pendant la séquence industrielle..... | 187 |
| Tableau n°26 : exemple de transcription..... | 199 |
| Tableau n°27 : grille d’analyse des savoirs de l’ingénieur concepteur | 200 |
| Tableau n°28 : exemple de codage des transcriptions des enregistrements vidéo | 202 |
| Tableau n°29 : repérage et comptage des apparitions des sous-catégories dans l’activité de conception..... | 203 |

| | |
|--|------------|
| Tableau n° 29' : mise en évidence quantitative de la mobilisation des différentes sous catégories de savoirs dans l'activité académique des apprentis | 205 |
| Tableau n° 30 : indicateurs de la sous-catégorie COH..... | 206 |
| Tableau n°31 : répartition des indicateurs dans la sous-catégorie CI..... | 212 |
| Tableau n°32 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « Besoin » | 222 |
| Tableau n°34 : occurrences des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle FAST » | 229 |
| Tableau n°35 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « analyse fonctionnelle TAF » | 233 |
| Tableau n°36 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « caractérisation des fonctions de service » | 236 |
| Tableau n°37 : occurrence des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie : calcul »..... | 240 |
| Tableau n°38: occurrences des catégories de savoirs dans la phase « extensométrie TP » | 243 |
| Tableau n°39 : occurrences des catégories de savoirs l'activité de conception | 246 |
| Tableau n°40 : format du résumé de chaque carnet de bord..... | 257 |
| Tableau n°40 : dualité produit-processus de l'évaluation..... | 286 |
| Tableau n°41: indicateurs caractérisant l'utilisation et l'organisation pédagogique de l'APL | 296 |
| Tableau n°42 : exemple de présentation des transcriptions des enregistrements vidéos | 297 |
| Tableau n°43 : les filières ayant participé à la phase expérimentale de l'APL AMI | 298 |
| Tableau n°44 : structure d'une fiche tuteur | 299 |
| Tableau n°45 : grille d'analyse des fiches tuteurs | 300 |
| Tableau n°46 : réponses des apprentis à la question n°1 | 304 |
| Tableau n°47 : découverte des fonctionnalités de l'APL par les apprentis selon qu'ils sont à distance ou en présence..... | 306 |
| Tableau n°48 : fonctionnalités de l'APL utilisées par les apprentis | 307 |
| Tableau n°48' : utilisation des ressources papier ou AMI selon que les apprentis sont à distance ou en présence..... | 309 |
| Tableau n°49 : utilisation de l'impression selon que les apprentis sont à distance ou en présence..... | 310 |
| Tableau n°50 : le travail en groupe du point de vue des apprentis..... | 316 |
| Tableau n°51 : le travail en groupe selon que les apprentis sont à distance ou en présence | 316 |
| Tableau n°52 : causes des blocages que les apprentis ont eu pendant leurs activités | 320 |
| Tableau n°53 : blocages selon que les apprentis sont à distance ou en présence | 320 |
| Tableau n°54 : utilisation à distance de l'APL | 325 |

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| PLAN DE LA THÈSE | 12 |
| PARTIE PREMIÈRE : LES ENJEUX ET L'OBJET DE LA RECHERCHE..... | 16 |
| CHAPITRE 1 : INTRODUCTION..... | 17 |
| 1- LA FORMATION D'INGÉNIEURS AU CENTRE DE FORMATION PAR APPRENTISSAGE INGÉNIEURS 2000 (CFAI) | 18 |
| 2- LES ÉVOLUTIONS PÉDAGOGIQUES ET DES FORMATIONS AU CFAI | 18 |
| 2.1- LES FONDEMENTS DES ÉVOLUTIONS | 18 |
| 2.2- LES OBJECTIFS DES ÉVOLUTIONS : INDIVIDUALISER LA FORMATION ET SUPPORTER « LE RAPPROCHEMENT » DES ACTIVITÉS ACADÉMIQUES ET INDUSTRIELLES | 20 |
| CHAPITRE 2 : DEUX SOLUTIONS POUR CONSTRUIRE DES ACTIVITÉS ACADÉMIQUES « PROCHES » DES ACTIVITÉS INDUSTRIELLES DE FORMATION | 21 |
| 1- LES SEMAINES THÉMATIQUES : UNE SOLUTION POUR « RAPPROCHER » LES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE | 21 |
| 1.1- L'ORGANISATION DE LA FORMATION..... | 22 |
| 1.2- LA SÉQUENCE ACADÉMIQUE | 22 |
| 1.3- LA SÉQUENCE INDUSTRIELLE | 23 |
| 1.4- LES SEMAINES THÉMATIQUES | 23 |
| 2- L'APPRENTI ACTEUR DE SA PROPRE FORMATION | 25 |
| 2.1- L'ORGANISATION DE LA FORMATION..... | 26 |
| 2.2- LA SÉQUENCE ACADÉMIQUE | 26 |
| 2.3- LA SÉQUENCE INDUSTRIELLE | 27 |
| 2.4- LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE ET L'ALTERNANCE | 27 |
| CHAPITRE 3 : LA REMISE A NIVEAU UTILISANT UNE ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE..... | 29 |
| 1- POURQUOI UNE ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE ? | 29 |
| 2- LE PRINCIPE DE LA REMISE À NIVEAU EN UTILISANT AMI | 30 |
| 3- LA DEMANDE DU CFA QUANT A L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI31 | |
| CHAPITRE 4 : MISE EN SITUATION DE LA DEMANDE DU CFAI PAR RAPPORT AUX QUESTIONS TRAITÉES DANS LES RECHERCHES SUR L'ALTERNANCE | 34 |
| 1- LA FORMATION DES INGÉNIEURS EN ALTERNANCE | 35 |
| 1.1- LA FORMATION EN ALTERNANCE | 36 |
| 1.2- UN TOUR D'HORIZON DES PROBLÉMATIQUES RELATIVES À LA FORMATION EN ALTERNANCE | 37 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 1.2.1- | <i>La formation en alternance en Belgique</i> | 37 |
| 1.2.2- | <i>La formation en alternance au Canada</i> | 41 |
| 1.2.3- | <i>La formation en alternance en France</i> | 43 |
| 1.3- | CONCLUSION..... | 50 |
| 2- | CONSÉQUENCES RETENUES DE LA REVUE DES RECHERCHES SUR L'ALTERNANCE..... | 52 |
| 2.1- | LE POINT CENTRAL D'UNE PRATIQUE D'ALTERNANCE : L'ARTICULATION ENTRE L'ÉCOLE ET L'ENTREPRISE..... | 52 |
| 2.2- | LA DEMANDE DU CFAI : ARTICULER LES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE DE FORMATION | 53 |
| PARTIE DEUXIÈME : CADRE THÉORIQUE POUR ANALYSER L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION 55 | | |
| CADRE THÉORIQUE..... | | 56 |
| 1- | L'ACTIVITÉ DE L'INGÉNIEUR CONCEPTEUR..... | 56 |
| 1.1- | UNE ACTIVITÉ CENTRÉE SUR LA CONCEPTION | 56 |
| 1.1.1- | <i>La conception</i> | 57 |
| 1.1.2- | <i>Des approches pour comprendre l'activité de conception</i> | 59 |
| 1.2- | L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION : UNE ACTIVITÉ HUMAINE | 61 |
| 1.2.1- | <i>Apport de la théorie de l'activité</i> | 61 |
| 1.2.2- | <i>Apport de la théorie de l'action située</i> | 69 |
| 1.2.3- | <i>Apport de la cognition située</i> | 71 |
| 1.2.4- | <i>Conclusion</i> | 71 |
| 1.3- | L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION : UNE ACTIVITÉ INSTRUMENTÉE | 73 |
| 1.3.1- | <i>La notion d'instrument</i> | 73 |
| 1.3.2- | <i>L'activité instrumentée</i> | 74 |
| 1.3.3- | <i>Le processus instrumentation/instrumentalisation</i> | 76 |
| 1.3.4- | <i>Conclusion</i> | 80 |
| 1.4- | LE CONTENU DE L'ACTIVITÉ | 81 |
| 1.5- | LES MODALITÉS DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION .. | 83 |
| 2- | LES SAVOIRS DE L'INGÉNIEUR CONCEPTEUR..... | 85 |
| 2.1- | ENTRE LA SCIENCE ET LA TECHNIQUE..... | 85 |
| 2.1.1- | <i>La science, la technique ?</i> | 85 |
| 2.1.2- | <i>Les savoirs de l'ingénieur concepteur : entre la science et la technique</i> | 86 |
| 2.2- | CATÉGORISATION DES SAVOIRS DE L'INGÉNIEUR CONCEPTEUR | 88 |
| 2.2.1- | <i>Point de vue de l'histoire des techniques</i> | 91 |
| 2.2.2- | <i>Point de vue de la sociologie des techniques</i> | 93 |
| 2.2.3- | <i>Point de vue didactique</i> | 97 |
| 2.2.4- | <i>Conclusion : une grille d'analyse des savoirs de l'ingénieur concepteur</i> | 99 |

PARTIE TROISIÈME : CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION À TRAVERS LES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS ET LES RAPPORTS D'ALTERNANCE DES APPRENTIS102

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE 1 : LA MÉTHODE D'ANALYSE DES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS | 103 |
| 1- LE CONTEXTE DES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS | 103 |
| 1.1.1- <i>L'expérience des tuteurs en tant qu'ingénieurs</i> | 103 |
| 1.1.2- <i>L'expérience des ingénieurs en tant que tuteurs</i> | 104 |
| 2- LA DÉMARCHE D'ANALYSE DES ENTRETIENS | 104 |
| 3- APPLICATION AUX ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS..... | 106 |
| 3.1- LES THÈMES STRUCTURANT LES ENTRETIENS..... | 106 |
| 3.1.1- <i>Principe</i> | 106 |
| 3.1.2- <i>Exemple</i> | 109 |
| 3.2- DÉCOUPAGE DES ENTRETIENS EN UNITÉS DE SENS | 110 |
| 3.3- ANALYSE DES ENTRETIENS | 111 |
| 3.3.1- <i>Le déchiffrement structurel</i> | 111 |
| 3.3.2- <i>La transversalité thématique</i> | 113 |
| CHAPITRE 2 : CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION À TRAVERS LES ENTRETIENS AVEC LES TUTEURS INGÉNIEURS | 115 |
| 1- IMPACTS DU TUTORAT SUR L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION | 116 |
| 1.1- LA STRATÉGIE DU TUTEUR..... | 116 |
| 1.2- LE PRINCIPE DU TUTORAT | 117 |
| 1.2.1- <i>Le choix des sujets de stage</i> | 117 |
| 1.2.2- <i>La progression de la formation pendant la séquence industrielle</i> | 118 |
| 1.2.3- <i>Les objectifs des interventions des tuteurs ingénieurs</i> | 118 |
| 1.3- LA DÉMARCHE DU TUTEUR | 119 |
| 1.3.1- <i>L'identification des difficultés</i> | 119 |
| 1.3.2- <i>L'insertion dans l'équipe de travail</i> | 119 |
| 1.3.3- <i>Et d'autres activités diverses</i> | 120 |
| 1.4- LES FONCTIONS DU TUTEUR..... | 120 |
| 1.5- CONCLUSION..... | 121 |
| 2- LA NATURE DE LA TÂCHE DE CONCEPTION PROPOSÉE À L'APPRENTI | 122 |
| 2.1- LE PROFIL DE L'INGÉNIEUR À FORMER..... | 123 |
| 2.2- LA TÂCHE PROPOSÉE À L'APPRENTI | 123 |
| 2.2.1- <i>La communication et la recherche d'information</i> | 124 |
| 2.2.2- <i>L'intégration dans l'équipe</i> | 124 |
| 2.3- LE « NIVEAU » DE LA TÂCHE | 124 |
| 2.4- LES SAVOIRS LOCAUX..... | 125 |
| 2.4.1- <i>Les savoirs « de l'entreprise » ou les savoirs « locaux »</i> | 125 |
| 2.4.2- <i>Une typologie des savoirs locaux</i> | 126 |
| 2.4.3- <i>Les modalités de mobilisation des savoirs locaux</i> | 127 |
| 2.4.4- <i>La caractérisation des modalités de mobilisation des savoirs locaux</i> | 128 |
| 2.5- LES DIFFICULTÉS DE L'APPRENTI | 132 |

| | | |
|--------|---|------------|
| 2.5.1- | <i>Des lacunes au niveau des connaissances scientifiques de base</i> | 133 |
| 2.5.2- | <i>La méthode de travail en situation professionnelle</i> | 133 |
| 2.5.3- | <i>Le décalage entre les deux séquences de formation</i> | 133 |
| 2.6- | CONCLUSION..... | 134 |
| 3- | L'ORGANISATION DE LA SEQUENCE INDUSTRIELLE DE FORMATION | 135 |
| 3.1- | LES SPÉCIFICITÉS DE L'ENTREPRISE | 136 |
| 3.1.1- | <i>Les spécificités organisationnelles</i> | 136 |
| 3.1.2- | <i>La diversité des profils recherchés</i> | 136 |
| 3.2- | LE RYTHME DE L'ALTERNANCE..... | 137 |
| 3.3- | L'ÉVALUATION | 137 |
| 3.3.1- | <i>Les critères de l'évaluation</i> | 138 |
| 3.3.2- | <i>La forme de l'évaluation</i> | 139 |
| 3.4- | LE PARCOURS INDUSTRIEL | 139 |
| 3.5- | CONCLUSION..... | 141 |
| 4- | L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION VUE PAR LES TUTEURS INGÉNIEURS..... | 142 |
| 4.1- | L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE FORMATION : APPRENDRE À APPRENDRE ET APPRENDRE À ADAPTER | 143 |
| 4.2- | POUR UNE ACTIVITÉ ACADÉMIQUE EN « CONTINUITÉ » AVEC L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE..... | 143 |
| 4.3- | CONCLUSION..... | 144 |
| 5- | L'ARTICULATION DES ACTIVITÉS DE CONCEPTION INDUSTRIELLE ET ACADÉMIQUE | 145 |
| 5.1- | ARTICULATION DES DEUX ACTIVITÉS | 145 |
| 5.1.1- | <i>L'apprenti comme acteur de l'articulation</i> | 145 |
| 5.1.2- | <i>Les formateurs et les tuteurs comme acteurs de l'articulation</i> | 146 |
| 5.1.3- | <i>Les contenus des activités de conception en situation industrielle comme outil d'articulation entre SA et SI</i> | 146 |
| 5.2- | LA POSITION DES TUTEURS INGÉNIEURS PAR RAPPORT À L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE (APL) | 146 |
| 5.2.1- | <i>Position des tuteurs ingénieurs</i> | 146 |
| 5.2.2- | <i>L'assistance pédagogique en ligne comme support d'articulation entre SA et SI</i> 147 | |
| 5.3- | CONCLUSION..... | 148 |
| 6- | CONCLUSION : CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 148 |
| | CHAPITRE 3 : ANALYSE DES RAPPORTS D'ALTERNANCE | 151 |
| 1- | POURQUOI LES RAPPORTS D'ALTERNANCE ?..... | 151 |
| 2- | LA MÉTHODE D'ANALYSE DES RAPPORTS D'ALTERNANCE | 152 |
| 2.1- | LA PRÉANALYSE..... | 152 |
| 2.2- | L'EXPLOITATION DES DONNÉES ISSUES DES RAPPORTS D'ALTERNANCE | 155 |
| 2.2.1- | <i>La grille d'analyse</i> | 155 |
| 2.2.2- | <i>Découpage en unité de sens</i> | 155 |
| 2.2.3- | <i>Le codage et l'énumération</i> | 158 |

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE 4 : CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION À TRAVERS LES RAPPORTS D'ALTERNANCE | 160 |
| 1- CARACTÉRISATION DES SAVOIRS MOBILISÉS DANS UNE ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 160 |
| 1.1- LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DU « MILIEU DE L'ARTEFACT » (MA) | 161 |
| 1.1.1- La sous-catégorie « Conditions Organisationnelles et Humaines » (COH) ... | 161 |
| 1.1.2- La sous-catégorie « Conditions Matérielles » (CM)..... | 163 |
| 1.1.3- Autres sous-catégories de la catégorie « Milieu de l'Artefact » | 164 |
| 1.1.4- Conclusion | 165 |
| 1.2- LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DE L'« ARTEFACT À CONCEVOIR » (AC) | 165 |
| 1.2.1- La sous-catégorie « Principe Opérateur » (PO) | 166 |
| 1.2.2- La sous-catégorie « configuration de l'artefact » | 167 |
| 1.2.3- Conclusion | 167 |
| 1.3- LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DES « OBJETS SIMULANT » (OS)..... | 168 |
| 1.3.1- La sous-catégorie « Méthodes et théories » (Mth)..... | 169 |
| 1.3.2- La sous-catégorie « concepts intellectuels » (CI)..... | 170 |
| 1.3.3- La sous-catégorie (CP) « considérations pratiques »..... | 172 |
| 1.3.4- La sous-catégorie (PPMS) « procédures plus ou moins structurées » | 173 |
| 1.3.5- La sous-catégorie (PA) « procédures en acte »..... | 173 |
| 1.3.6- Autres sous-catégories de la catégorie « Objets Simulant » | 174 |
| 1.3.7- Conclusion | 175 |
| 2- CARACTÉRISATION DES MODALITÉS DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS UNE ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 176 |
| 2.1- LES TÂCHES CONFIIÉES AUX APPRENTIS..... | 177 |
| 2.2- L'ORGANISATION DES ACTIVITÉS DES APPRENTIS..... | 178 |
| 2.2.1- Les activités de conception ou de mise en œuvre de « méthodes »..... | 178 |
| 2.2.2- Les activités de conception de « systèmes techniques »..... | 180 |
| 2.2.3- Les activités de conception de « documents » | 182 |
| 2.2.4- L'activité de conception d'un « programme » informatique | 182 |
| 2.3- CONCLUSION..... | 183 |
| 3- POINT DE VUE DES APPRENTIS SUR L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 184 |
| 3.1- LES SAVOIRS « ACADÉMIQUES » MIS EN OEUVRE PENDANT LA SÉQUENCE INDUSTRIELLE..... | 184 |
| 3.2- LES ACQUIS PENDANT LA SÉQUENCE INDUSTRIELLE | 185 |
| 3.3- LES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS | 186 |
| 4- CONCLUSION : CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION | 187 |

PARTIE QUATRIÈME : CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION.....190

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE 1 : DESCRIPTION ET MÉTHODE D'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION..... | 191 |
| 1- LA DESCRIPTION DE LA TÂCHE..... | 192 |

| | | |
|--|--|-----|
| 1.1- | LA PRÉCONCEPTION..... | 194 |
| 1.2- | LA CONCEPTION DU PRODUIT..... | 195 |
| 1.3- | LA CONCEPTION ET CALCUL..... | 195 |
| 1.4- | LES OBJECTIFS VISÉS PAR LES « SEMAINES THÉMATIQUES »..... | 196 |
| 1.5- | LES MOYENS MIS À LA DISPOSITION DES APPRENTIS..... | 196 |
| 1.6- | L'ORGANISATION DE LA TÂCHE..... | 197 |
| 1.7- | LA DISPOSITION DES APPRENTIS..... | 197 |
| 2- | L'ANALYSE DES TRANSCRIPTIONS DES ENREGISTREMENTS VIDÉO..... | 198 |
| 2.1- | LA PRÉANALYSE..... | 198 |
| 2.2- | L'EXPLOITATION DES DONNÉES..... | 199 |
| 2.2.1- | <i>La grille d'analyse des savoirs</i> | 199 |
| 2.2.2- | <i>Découpage en unités d'analyse</i> | 200 |
| 2.2.3- | <i>Le codage et l'énumération</i> | 201 |
| | | |
| CHAPITRE 2 : MISE EN ÉVIDENCE DES SAVOIRS MOBILISÉS PAR LES APPRENTIS | | |
| DANS UNE ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION.....204 | | |
| 1- | ANALYSE « GLOBALE » DE L'ACTIVITÉ DES APPRENTIS..... | 204 |
| 1.1- | LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DU «MILIEU DE L'ARTEFACT » (MA)..... | 205 |
| 1.1.1- | <i>La sous-catégorie COH : « Contexte Organisationnel et Humain »</i> | 205 |
| 1.1.2- | <i>La sous-catégorie CM : « Contexte Matériel »</i> | 207 |
| 1.1.3- | <i>La sous-catégorie FU : « Fonction d'Usage »</i> | 208 |
| 1.2- | LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DE L'«ARTEFACT À CONCEVOIR » (AC)..... | 208 |
| 1.2.1- | <i>La sous-catégorie PO : « Principe Opérateur »</i> | 208 |
| 1.2.2- | <i>La sous-catégorie CA : « Configuration de l'Artefact »</i> | 210 |
| 1.3- | LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DES « OBJETS SIMULANTS »..... | 211 |
| 1.3.1- | <i>La sous-catégories MTh : « Méthodes et Théories »</i> | 211 |
| 1.3.2- | <i>La sous-catégorie CI : « Concepts Intellectuels »</i> | 212 |
| 1.3.3- | <i>La sous-catégorie CP : « Considérations Pratiques »</i> | 213 |
| 1.3.4- | <i>La sous-catégorie PPMS : « Procédure Plus ou Moins Structurée »</i> | 215 |
| 1.3.5- | <i>La sous-catégorie PF : « Procédure Formalisée »</i> | 215 |
| 1.3.6- | <i>La sous-catégorie PA : « Procédure en Acte »</i> | 216 |
| 1.4- | LA CATÉGORIE DES SAVOIRS DES « ORDRES DE GRANDEUR » (OG)..... | 217 |
| 1.5- | LES SOUS-CATÉGORIES NON MOBILISÉS..... | 217 |
| 2- | ANALYSE « LOCALE » DE L'ACTIVITÉ DES APPRENTIS..... | 217 |
| 2.1- | ANALYSE DES MODALITÉS DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS L'ACTIVITÉ DE RE- CONCEPTION DU COUVERCLE D'ARBRE INTERMÉDIAIRE (CAI)..... | 218 |
| 2.1.1- | <i>La phase analyse du besoin</i> | 218 |
| 2.1.2- | <i>La caractérisation des fonctions de service</i> | 223 |
| 2.1.3- | <i>L'analyse fonctionnelle FAST</i> | 226 |
| 2.1.4- | <i>L'analyse fonctionnelle TAF</i> | 230 |
| 2.1.5- | <i>La cotation fonctionnelle</i> | 234 |
| 2.2- | ANALYSE DES MODALITÉS DE MOBILISATION DES SAVOIRS DANS L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION DU PROCESSUS D'INDUSTRIALISATION DU CAI..... | 237 |
| 2.2.1- | <i>La phase extensométrie « calcul »</i> | 237 |
| 2.2.2- | <i>La phase extensométrie « TP »</i> | 241 |
| 3- | CONCLUSION..... | 246 |

| | | |
|---|--|------------|
| 3.1- | QUANT À L'ANALYSE GLOBALE | 246 |
| 3.1.1- | <i>Les objets simulants (OS).....</i> | 246 |
| 3.1.2- | <i>L'Artefact à Concevoir (AC).....</i> | 247 |
| 3.1.3- | <i>Le milieu de l'Artefact à concevoir (MA).....</i> | 248 |
| 3.2- | QUANT À L'ANALYSE LOCALE..... | 248 |
| 3.3- | QUANT AUX RUPTURES ENTRE LES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE DE CONCEPTION..... | 249 |
| 3.3.1- | <i>Rupture relative à la visée de l'activité de conception</i> | 249 |
| 3.3.2- | <i>Ruptures relatives à la situation de l'activité de conception.....</i> | 250 |
| 3.3.3- | <i>Ruptures relatives à la nature des savoirs mobilisés</i> | 250 |
| 3.3.4- | <i>Ruptures relatives aux modalités de mobilisation des savoirs</i> | 254 |
| CHAPITRE 3 : UN CARNET DE BORD POUR SUPPORTER LA CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SEQUENCES DE FORMATION..... | | 255 |
| 1- | LA MÉTHODE D'ANALYSE DES ENTRETIENS ET DES CARNETS DE BORD..... | 256 |
| 2- | LES ASPECTS DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SEQUENCES DE FORMATION ASSURÉS PAR LE CARNET DE BORD | 258 |
| 2.1- | MATÉRIALISER « LA VISÉE DE FORMATION » DES TÂCHES INDUSTRIELLES..... | 258 |
| 2.2- | VÉHICULER LES SPÉCIFICITÉS DES SITUATIONS DES ACTIVITÉS ENTRE LES DEUX SÉQUENCES DE FORMATION | 258 |
| 2.2.1- | <i>La diversité des tâches proposées</i> | 259 |
| 2.2.2- | <i>Le carnet de bord comme lien entre les activités de conception dans les deux séquences de formation.....</i> | 259 |
| 2.3- | DOCUMENTER LES SAVOIRS MOBILISÉS DANS L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION..... | 261 |
| 2.3.1- | <i>La définition des apprentis de leurs besoins par rapport à la tâche industrielle 261</i> | |
| 2.3.2- | <i>Les difficultés des apprentis à utiliser le carnet de bord : à travers l'analyse des entretiens.....</i> | 262 |
| 2.3.3- | <i>Les difficultés des apprentis à utiliser le carnet de bord : à travers l'analyse des carnets de bord.....</i> | 264 |
| 2.3.4- | <i>La tâche industrielle comme support de la tâche académique.....</i> | 266 |
| 3- | CONCLUSION | 267 |

PARTIE CINQUIÈME : « AMI », UNE ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE POUR SUPPORTER L'ARTICULATION DES ACTIVITÉS ACADÉMIQUE ET INDUSTRIELLE DE FORMATION ?269

| | | |
|---|---|------------|
| CHAPITRE 1 : LA MÉTHODE D'ANALYSE DES ACTIVITÉS DE FORMATION EN UTILISANT L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI..... | | 270 |
| 1- | LA STRUCTURE DE L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI..... | 271 |
| 1.1- | LA PLATE-FORME | 271 |
| 1.1.1- | <i>Les caractéristiques d'une plate-forme de formation</i> | 271 |
| 1.1.2- | <i>La plate-forme utilisée dans l'assistance pédagogique en ligne AMI</i> | 274 |
| 1.2- | LA BASE DE DONNÉES..... | 277 |
| 1.3- | LA PÉDAGOGIE QUI SOUS-TEND LA PLATE-FORME AMI..... | 278 |

| | | |
|--|--|------------|
| 1.3.1- | <i>Les actions de planification pédagogique</i> | 279 |
| 1.3.2- | <i>La remise à niveau utilisant l'assistance pédagogique AMI : médiation ou tutelle ?</i> | 280 |
| 2- | LA REMISE À NIVEAU EN PRÉSENCE | 283 |
| 2.1- | DESCRIPTION | 283 |
| 2.2- | ANALYSE DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS | 284 |
| 2.3- | EVALUATION DE L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE EN LIGNE AMI ? | 285 |
| 2.3.1- | <i>Caractéristiques générales d'une démarche d'évaluation</i> | 285 |
| 2.3.2- | <i>Mise en œuvre et critères de l'évaluation</i> | 287 |
| 2.3.3- | <i>Les éléments concernés par l'évaluation</i> | 288 |
| 2.3.4- | <i>Conclusion</i> | 291 |
| 2.4- | DIFFICULTÉS DES APPRENTIS RELATIVES À L'UTILISATION DE LA PLATE-FORME AMI | 292 |
| 2.5- | DIFFICULTÉS DES APPRENTIS RELATIVES À L'ORGANISATION PÉDAGOGIQUE DE LA PLATE-FORME AMI | 294 |
| 2.6- | RECUEIL DES DONNÉES | 295 |
| 2.6.1- | <i>Codage des transcriptions des enregistrements</i> | 295 |
| 2.6.2- | <i>Analyse des transcriptions</i> | 297 |
| 3- | LA REMISE À NIVEAU À DISTANCE | 298 |
| 3.1- | DESCRIPTION | 298 |
| 3.2- | RECUEIL DES DONNÉES | 299 |
| 3.3- | CODAGE ET ANALYSE DES FICHES | 299 |
| 4- | LE QUESTIONNAIRE COMMUN | 301 |
| 4.1- | OBJECTIF | 301 |
| 4.2- | ANALYSE DES QUESTIONNAIRES COMMUNS | 302 |
| | | |
| CHAPITRE 2 : MISE EN ÉVIDENCE DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS DANS UNE ACTIVITÉ UTILISANT L'APL AMI | | 303 |
| 1- | IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS À MOBILISER LES FONCTIONNALITÉS DE L'APL AMI DANS UN OBJECTIF DE FORMATION | 304 |
| 1.1- | L'ACCÈS À LA FORMATION | 304 |
| 1.1.1- | <i>L'utilisation du guide de l'utilisateur</i> | 305 |
| 1.1.2- | <i>Les fonctionnalités utilisées</i> | 307 |
| 1.2- | LA PRÉGNANCE DE SITUATIONS UTILISANT L'ORDINATEUR | 308 |
| 1.2.1- | <i>La recherche des ressources sur AMI</i> | 308 |
| 1.2.2- | <i>Les fonctionnalités utilisées</i> | 309 |
| 1.2.3- | <i>L'usage de l'impression</i> | 309 |
| 1.2.4- | <i>La découverte des fonctionnalités en demandant aux autres élèves</i> | 310 |
| 1.3- | LE DÉCALAGE ENTRE L'UTILISATION ATTENDU PAR LES CONCEPTEURS DE LA PLATE-FORME AMI ET L'UTILISATION EFFECTIVE DES APPRENTIS | 311 |
| 1.3.1- | <i>L'usage du papier et celui d'AMI</i> | 312 |
| 1.3.2- | <i>L'usage "détourné" d'une fonctionnalité</i> | 312 |
| 2- | IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS RELATIVES À LA PÉDAGOGIE QUI SOUS-TEND L'ASSISTANCE PÉDAGOGIQUE AMI | 314 |
| 2.1- | LE TRAVAIL EN GROUPE | 314 |
| 2.2- | LES COMMUNICATIONS ENTRE LES APPRENTIS | 317 |

| | | |
|---|--|------------|
| 2.3- | L'UTILISATION DE LA PLATE-FORME AMI..... | 318 |
| 2.4- | LA PROGRESSION DANS LA TÂCHE..... | 319 |
| 2.4.1- | <i>La progression, les blocages</i> | 319 |
| 2.4.2- | <i>L'autoévaluation</i> | 321 |
| 2.5- | LE CHOIX DES FONCTIONNALITÉS PERTINENTES PAR RAPPORT À LA TÂCHE | 322 |
| 3- | ANALYSE DES TRACES DES COMMUNICATIONS ENTRE LES APPRENTIS ET LES FORMATEURS | 323 |
| 4- | L'APL AMI : UN SUPPORT DE CONTINUITÉ ENTRE LES DEUX SÉQUENCES DE FORMATION..... | 324 |
| 5- | CONCLUSION | 326 |
| CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES..... | | 328 |
| CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES | | 329 |
| 1- | PROPOSITION D'UNE STRUCTURE DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION | 330 |
| 2- | UNE MÉTHODE D'ANALYSE EN COHÉRENCE AVEC LA STRUCTURE DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION PROPOSÉE..... | 332 |
| 3- | CARACTÉRISATION DES ACTIVITÉS INDUSTRIELLES ET ACADÉMIQUES DE FORMATION EN CONCEPTION | 333 |
| 3.1- | CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DE CONCEPTION..... | 333 |
| 3.2- | CARACTÉRISATION DE L'ACTIVITÉ ACADÉMIQUE DE CONCEPTION | 336 |
| 3.2.1- | <i>Analyse globale</i> | 337 |
| 3.2.2- | <i>Analyse locale</i> | 338 |
| 3.2.3- | <i>Identification des ruptures entre les activités industrielles et académiques.</i> | 339 |
| 3.3- | LES « SEMAINES THÉMATIQUES », CONTRIBUENT-ELLES À RAPPROCHER LES ACTIVITÉS INDUSTRIELLE ET ACADÉMIQUE DE CONCEPTION ?..... | 340 |
| 3.4- | UN CARNET DE BORD POUR OPÉRER DES CONTINUITÉS ENTRE LES ACTIVITÉS INDUSTRIELLE ET ACADÉMIQUE DE CONCEPTION | 341 |
| 4- | IDENTIFICATION DES DIFFICULTÉS DES APPRENTIS À « S'APPROPRIER » UNE ACTIVITÉ INSTRUMENTÉE..... | 342 |
| 5- | PERSPECTIVES..... | 345 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | | 336 |
| TABLE DES MATIÈRES DES FIGURES | | 347 |
| TABLE DES MATIÈRES DES TABLEAUX..... | | 350 |
| TABLE DES MATIÈRES | | 352 |