



**HAL**  
open science

**DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE  
ET PROPOSITION D'OUTILS DE TRANSFERT DE  
DONNEES METIER : Application à un produit  
mécanique "le siège d'automobile".**

Stéphanie Minel

► **To cite this version:**

Stéphanie Minel. DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET PROPOSITION D'OUTILS DE TRANSFERT DE DONNEES METIER : Application à un produit mécanique "le siège d'automobile".. Sciences de l'ingénieur [physics]. Arts et Métiers ParisTech, 2003. Français. NNT : 2003ENAM0030 . tel-00305603

**HAL Id: tel-00305603**

**<https://pastel.hal.science/tel-00305603>**

Submitted on 24 Jul 2008

**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 Nationale Supérieure d'Arts et Métiers  
Centre de Paris

**THESE**

PRESENTÉE POUR OBTENIR LE GRADE DE

**DOCTEUR**

DE

**L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE  
D'ARTS ET METIERS**  
Spécialité : GENIE INDUSTRIEL

PAR

**Stéphanie MINEL**

---

**DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET PROPOSITION D'OUTILS DE TRANSFERT DE  
DONNEES METIER :**  
**Application à un produit mécanique "le siège d'automobile".**

---

*Soutenue le 15 décembre , devant le Jury d'examen :*

M. M. CARRARD, Professeur des Universités , IUT GMP-CAO, Cachan.....	Président
M. J.F. BOUJUT, Professeur des Universités, ENSGI, INPG, Grenoble.....	Rapporteur
M. J.C. SAGOT, Maître de Conférences avec H.d.R. à UTBM, Belfort.....	Rapporteur
M. J CAELEN, Directeur de recherche au CNRS, IMAG, Grenoble .....	Examineur
M. A. AOUSSAT, Professeur des Universités à l'ENSAM de Paris.....	Directeur de thèse
M. P. TRUCHOT, Professeur des Universités à l'ENSGSI de Nancy.....	Codirecteur de thèse
M. T. BLAISE, Responsable de l'équipe Confort, FAURECIA.....	Invité

---

L'ENSAM est composé de 8 centres :

AIX-EN-PROVENCE - ANGERS - BORDEAUX - CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE - CLUNY - LILLE - METZ -  
PARIS

*" On ne choisit pas ses souvenirs,  
On se les fabrique."*

*Clémentine Maison.*

## REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ici toute ma reconnaissance à Monsieur Thierry BLAISE, Responsable de l'activité Confort du département Recherche et Développement, pour m'avoir accueillie au sein de son équipe et offert l'opportunité de réaliser ces travaux.

Je remercie également Monsieur Améziane AOUSSAT, Professeur des Universités et Directeur du Laboratoire de Conception de Produits et d'Innovation de l'ENSAM pour le site de Paris, pour son rôle en tant que directeur de thèse et ses conseils précieux lors de la phase de rédaction de ce document.

Je tiens à remercier Monsieur Patrick TRUCHOT, Professeur des Universités à l'ENSGSI, pour ses conseils et sa présence amicale au long de ces trois années. Merci d'avoir su mélanger les repas animés et la co-direction enjouée au cours de ce parcours un peu chaotique.

Je tiens à remercier Monsieur Benoît ROUSSEL, Maître de Conférences à l'ENSGSI, pour son aide et son amitié. Merci de ta disponibilité, de l'accueil (à part le scooter !), de ta motivation et d'avoir toujours été là, même lors des difficultés annexes. Merci beaucoup, pour tout.

Je remercie sincèrement Monsieur BOUJUT, Professeur des Universités à ENSGI-INPG et Monsieur SAGOT, Maître de Conférences à l'UTBM pour avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteurs ainsi que Monsieur CAELEN et Monsieur CARRARD, pour avoir accepté d'être membres du jury respectivement en tant qu'examineur et président.

Je tiens à remercier très vivement mes collègues, présents et passés de l'équipe confort : Monsieur Thierry COURVOISIER pour son amitié depuis l'époque "Kourazi", Monsieur Samuel BAUDU pour ses imitations et sa bonne humeur, Monsieur Gérald MILLET pour avoir initialement encadré ce travail (victoire de Montferrand en final face au stade Toulousain !), Monsieur René GLASSER pour son humour et sa jovialité, Monsieur Pascal BOUR pour son aide lors des expérimentations, Monsieur Daniel LE JONCOUR pour ses plaisanteries et ses connaissances grammaticales, Mesdames Annette REBMEISTER et Chrystelle JAMET pour leur écoute, leur présence et l'entraide féminine, Mademoiselle Nathalie SIMON pour son travail, sa persévérance et les discussions partagées, Monsieur Joan FOURQUET et Monsieur David LEBOIS pour leurs soutiens lors de la phase d'écriture.

Je tiens plus particulièrement à remercier Monsieur Jean-Marc JUDIC, sans qui ce travail n'aurait pu se faire. Les discussions animées et passionnelles sont les témoins de l'envie de changement du quotidien et cristallisent au fond le même point de vue difficile à partager. Il n'y a "qu'un fou pour reconnaître fou" ... !!!

Un très grand merci à Monsieur Patrick van EFFENTERRE pour avoir été à l'initiative de ces travaux.  
Merci pour vos qualités humaines et vos encouragements.

Remerciements sincères aux membres du groupe de travail : Messieurs Joël CANTELEUX, Laurent LIAIGRE, Gilles LE NOUANNIEC, Fabrice LESBATS, Hervé CHAUSSEMY, Benoît GAZANIOL, Antonio VALENTIN, Cédric AUGUSTE, merci pour votre motivation, pour m'avoir aidé à développer ce projet, pour votre soutien et bien sûr pour votre participation.

Un très grand merci aux membres du Laboratoire CPI, notamment à Dominique MILLET (merci pour ton aide et ton soutien désintéressé même dans les périodes critiques !), Séverine FONTAINE, Arnaud GROFF (merci d'avoir accepté de partager le bureau mais également les déceptions et les énervements ... !), Khaled BENFRIHA ( tes qualités de rameur et tes compétences pour boucher les trous de la coque du bateau feront l'objet du prochain article ), Carole BOUCHARD, José LATUFF, Dokshin LIM, Frédéric LESAGE et Jean-François BASSEREAU mais également aux membres de l'ERPI notamment à Olaf MAXANT, Aurélie BUAUD et à l'hybride Thomas VALLETTE.

Remerciements sincères à Loïc JACQUESON. Le soutien est parfois là où on ne l'attend pas et les sourires transpercent de temps en temps l'écran. Merci d'avoir provoqué, soutenu et encouragé les discussions.

Je tiens à remercier Mesdemoiselles Nadine et Romane pour leur soutien (surtout "maillistique" pour Romane). Merci [N@d](#) pour tout, vraiment. Parce que les chemins ont été souvent similaires, ils ne sont pas près de s'éloigner. Romane quand même quelle idée cette nuit blanche, j'attends la prochaine avec toi cette fois-ci!

Un très grand merci, aussi et surtout, à mes parents (allez - on peut dire que je suis sèche derrière les oreilles maintenant ?), à mon frère ( Docteur Touffik s'il te plait) et à mes amis de par-là : Gigi parce que ça fait longtemps, de là-bas : les apparences sont trompeuses je n'oublie rien, et d'ailleurs : Laps même si le Mexique c'est quand même une drôle d'idée, la famille Camalet-Monteil PP (quoi que l'on n'ait toujours pas de preuves !), Annick (t'aurais pu augmenter le rang des féministes !) et mon filleul Nino, Gooze (la rouke ce n'est pas une fille c'est ton pote je te le dis), GG (pour l'éveil des sens grâce aux tielles et aux discussions), Bab pour m'avoir dit quand il le fallait que tu croyais en ce projet, (quel comédien quand même !), Peggy pour son soutien et à ma colocataire Sophie pour avoir transformé les doutes en motivations.

Enfin, merci à toi, Max.

## SOMMAIRE

<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>10</b>
<b>1. CONTEXTE INDUSTRIEL ET DE RECHERCHE.....</b>	<b>15</b>
1.1 FAURECIA : EQUIPEMENTIER AUTOMOBILE .....	15
1.1.1 <i>Le groupe FAURECIA .....</i>	<i>15</i>
1.1.2 <i>Le siège d'automobile : un produit unique pour une diversité d'usagers.....</i>	<i>16</i>
1.2 L'ERGONOMIE DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS .....	18
1.2.1 <i>L'ergonomie : quelle définition adopter ? .....</i>	<i>18</i>
1.2.2 <i>Notre domaine d'intervention : l'ergonomie de produits .....</i>	<i>19</i>
1.2.3 <i>L'ergonomie du produit siège : importance de la notion de confort.....</i>	<i>21</i>
1.2.4 <i>Le confort postural, support de notre recherche.....</i>	<i>23</i>
1.3 CONTEXTUALISATION DE CES NOTIONS : LE CONFORT CHEZ FAURECIA .....	24
1.3.1 <i>Approche globale de l'équipe confort.....</i>	<i>24</i>
1.3.1.1 <i>L'objectif de FAURECIA : concevoir le confort.....</i>	<i>24</i>
1.3.1.2 <i>Les 10 points confort de l'activité Siège .....</i>	<i>25</i>
1.3.2 <i>Les recommandations : support du transfert des données de l'équipe confort.....</i>	<i>27</i>
1.3.2.1 <i>Les recommandations : premier bilan bibliographique.....</i>	<i>27</i>
1.3.2.2 <i>Présentation des recommandations de l'équipe confort de FAURECIA .....</i>	<i>28</i>
1.4 ANALYSE DE L'UTILISATION DU CAHIER DE RECOMMANDATIONS PAR LES CONCEPTEURS MECANICIENS.....	29
1.4.1 <i>Premier bilan sur la diffusion du document auprès des concepteurs .....</i>	<i>29</i>
1.4.2 <i>Analyser l'ergonomie des recommandations confort pour mieux comprendre les difficultés .....</i>	<i>30</i>
1.4.2.1 <i>Phases de déroulement de l'analyse. ....</i>	<i>30</i>
1.4.2.2 <i>Résultats de l'analyse .....</i>	<i>33</i>
1.4.3 <i>Quel est l'intérêt d'utiliser les recommandations de l'équipe confort dans un projet de conception de sièges ?.....</i>	<i>35</i>
1.5 FORMALISATION DE LA PROBLEMATIQUE INDUSTRIELLE .....	38
<b>2. PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>40</b>
2.1 LA RECOMMANDATION : UN LIEN AUX MULTI - FACETTES ENTRE ERGONOMES ET CONCEPTEURS.....	40
2.1.1 <i>La recommandation : témoin d'une envie d'intégration de l'ergonome. ....</i>	<i>41</i>
2.1.2 <i>Recommandation : une nécessité ayant peu de preuve d'efficacité.....</i>	<i>42</i>
2.1.3 <i>La forme des recommandations : une contrainte à prendre en compte par les ergonomes. ....</i>	<i>44</i>
2.1.4 <i>La recommandation : une preuve de la relation particulière à la temporalité du projet .....</i>	<i>46</i>
2.1.5 <i>Recommander, appliquer : deux activités opposées ?.....</i>	<i>47</i>
2.1.6 <i>La recommandation : un objet intermédiaire.....</i>	<i>50</i>

2.1.7 Synthèse sur l'objet recommandation.....	52
2.2. QUELS PARAMETRES PRENDRE EN COMPTE POUR TRANSFERER LES DONNEES LES PLUS PERTINENTES AUX CONCEPTEURS : LES CONNAISSANCES, LES COMPETENCES OU D'AUTRES ?.....	54
2.2.1 Transfert de données et gestion des connaissances : quel positionnement adopter ? .....	54
2.2.2 Gérer les compétences : un solution plus pragmatique ? .....	58
2.3 LA COLLABORATION METIER : UNE ORIENTATION PERTINENTE.....	60
2.3.1 Quelques définitions de la coopération .....	61
2.3.2 Comment engendrer de la collaboration ?.....	62
2.4 INSTRUMENTER LA COLLABORATION : UN ENJEU EFFICIENT. ....	64
2.5 L'INTERDISCIPLINARITE : UNE RICHESSE A VALORISER. ....	67
2.6 FORMALISATION DE LA PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE .....	68
<b>3. NOS HYPOTHESES DE RESOLUTION DE LA PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE .....</b>	<b>70</b>
3.1 PREMIERE HYPOTHESE : MISE EN PLACE D'UNE COLLABORATION INTER-METIER.....	72
3.2 DEUXIEME HYPOTHESE : CONCEPTION D'OUTILS DE TRANSFERT.....	74
<b>4. EXPERIMENTATIONS .....</b>	<b>76</b>
4.1 PRESENTATION DES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX DES DEUX HYPOTHESES.....	77
4.2 CONSTITUTION D'UN SYSTEME D'EVALUATION DE LA PROGRESSION DES CONNAISSANCES DU GROUPE.....	79
4.2.1 Présentation du système d'évaluation initial.....	79
4.2.2 Système d'évaluation de la progression d'expertise du groupe de travail .....	81
4.3 PROTOCOLE ET RESULTATS DE LA PREMIERE HYPOTHESE : MISE EN PLACE D'UN TRAVAIL COLLABORATIF DANS LE BUT DE DETERMINER LE CONTENU ET LE CONTENANT DU TRANSFERT.....	83
4.3.1 Première étape : Mise en place du groupe de travail .....	84
4.3.1.1 Comment construire le groupe de travail ? .....	84
4.3.1.2 Première concrétisation : mise en place d'un groupe de 10 participants : 2 ergonomes et 8 concepteurs.....	86
4.3.2 Deuxième étape : Recueillir les besoins des concepteurs .....	87
4.3.2.1 Questionnaire individuel : une analyse de l'état initial et un recensement des sujets confort potentiellement sources de difficultés pour les concepteurs .....	88
4.3.2.2 Première réunion du groupe de travail : objectif sélectionner les sujets dont le transfert doit être instrumenter dans le cadre de nos expérimentations .....	90
4.3.3 Troisième étape : réalisation du cahier des charges des deux outils de transfert.....	94
4.3.3.1 Tester un outil existant : le choix du groupe de travail.....	95
A) Présentation de l'outil .....	95
B) Protocole et résultats du test de l'outil mousse-nappe .....	97
C) Présentation des résultats du test de l'outil mousse-nappe au groupe de travail.....	99
4.3.3.2 De la proposition d'un modèle de résolution à la détermination des paramètres manipulés par les futurs utilisateurs : mise en place de la collaboration entre ergonomes et concepteurs. ....	100
A) Du positionnement de l'appui-tête au positionnement de la tête .....	101
B) Du positionnement de l'accoudoir au positionnement des coudes .....	106
4.3.3.3 Choix de la forme du transfert des deux outils .....	108
4.3.4 Synthèse du protocole et des résultats de notre première hypothèse .....	111
4.3.5 Evaluation de la progression des connaissances du groupe au cours du protocole de notre première hypothèse: le début d'un apprentissage croisé .....	114

4.3.5.1	Le vocabulaire commun : un premier pas nécessaire .....	114
4.3.5.2	Vers l'acquisition de concepts .....	114
4.4	PROTOCOLE DE LA DEUXIEME HYPOTHESE: CONCEPTION CONJOINTE D'OUTIL PERMET EXPLOITATION INTERDISCIPLINAIRE DES DONNEES .....	118
4.4.1	Processus de conception d'un outil de transfert .....	118
4.4.2	<i>Première étape : réalisation du cahier des charges technique des deux outils</i> .....	120
4.4.2.1	Cahier des charges de l'outil de positionnement des occiputs .....	120
A)	Structure de l'outil .....	121
B)	Navigation de l'outil de positionnement des occiputs .....	123
C)	Détail des pages .....	124
i)	Page d'accueil .....	124
ii)	Page d'explication de la résolution du problème .....	125
iii)	Page d'aide à l'exploitation des résultats .....	126
iv)	Page de calculs et de résultats .....	126
4.4.2.2	Cahier des charges de l'outil d'aide au positionnement des coudes .....	128
4.4.3	<i>Processus de développement des outils de positionnement des occiputs et des coudes</i> ..	129
4.4.3.1	Développement outil d'aide au positionnement des occiputs .....	130
A)	Le code : formalisation du modèle de résolution .....	130
B)	Construction des interfaces de l'outil .....	130
4.4.3.2	Développement de l'outil d'aide au positionnement des coudes .....	137
4.4.4	<i>Troisième étape : les tests utilisateurs</i> .....	141
4.4.4.1.	Présentation du déroulement des tests .....	141
4.4.4.2	Notion d'utilisabilité .....	143
4.4.4.3	Résultats des tests de l'outil de positionnement des occiputs .....	144
A)	Présentation de l'outil .....	144
B)	Exploration non guidée .....	144
C)	Exploration guidée .....	145
D)	Questionnaire semi- directif et entretien individuel semi-directif .....	145
E)	Conclusion des tests de l'outil occiput .....	147
4.4.4.4	Résultats des tests de l'outil de positionnement des coudes .....	148
A)	Questionnaire semi- directif .....	148
B)	Conclusion des tests de l'outil d'aide au positionnement des coudes .....	150
4.4.5	<i>Conclusion et validation de notre deuxième hypothèse</i> .....	151
4.5	CONCLUSION DES EXPERIMENTATIONS .....	152
4.6	APPORTS DE NOS TRAVAUX DE RECHERCHE .....	154
4.4.1	<i>Apports de recherche</i> .....	154
4.4.2	<i>Nos apports industriels</i> .....	156
4.4.3	<i>Apports personnels</i> .....	159
<b>5.</b>	<b>PERSPECTIVES</b> .....	<b>160</b>
5.1	LES OUTILS : UNE PISTE A CONSOLIDEE .....	160
5.2	DEMARCHE DE COLLABORATION : UNE APPROCHE A STABILISER .....	161
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	<b>163</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Schéma des métiers gravitant autour de la conception d'un siège d'automobile _____	17
Figure 2 : Schéma de changement d'approches dans l'étude de la posture assise de Michel. _____	22
Figure 3 : Les 10 points confort _____	25
Figure 4 : Recommandations A sur les dimensions d'un siège pour un segment de véhicule donné_	31
Figure 5 : Préconisation B _____	32
Figure 6 : Préconisations C _____	33
Figure 7 : Tableau récapitulatif du temps de recherche d'information _____	34
Figure 8 : Planning des interventions de l'équipe confort au sein du processus de conception _____	36
Figure 9 : Tableau récapitulatif du nombre d'itérations et du nombre d'homme/mois avec et sans la méthodologie confort (d'après Blaise T.) _____	36
Figure 10 : Schéma des rôles entre l'ergonome et le concepteur mécanicien de siège d'automobile. _____	48
Figure 11 : Typologie des relations entre les connaissances tacites et explicites d'après Nonaka et Takeuchi, 1995. _____	56
Figure 12 : Chaîne de transformation des données en compétences d'après Mack. _____	58
Figure 13 : deuxième niveau de la gestion des compétences par Dietrich _____	60
Figure 14 : Illustration des communications dans chaque mode de coopération [DAVID 96] _____	61
Figure 15 : Schéma de résolution de la problématique scientifique. _____	71
Figure 16 : Schéma résumant la première hypothèse _____	73
Figure 17 : Schéma récapitulatif des différentes actions de notre première hypothèse. _____	77
Figure 18 : Schéma représentant les différentes étapes des expérimentations correspondant à notre deuxième hypothèse. _____	78
Figure 19 : Proposition d'une échelle d'évaluation des niveaux d'expertise (d'après Camous R.) _____	80
Figure 20 : Constitution d'une échelle d'évaluation de l'expertise du groupe en fonction de la conception conjointe de l'outil _____	81
Figure 21 : Représentation schématique du protocole de recueil des besoins _____	87
Figure 22 : Tableau récapitulatif des sujets jugés difficiles par les concepteurs du groupe de travail_	89
Figure 23 : Exemples de définitions du rôle d'ergonome et de concepteur par les participants du groupe. _____	91
Figure 24 : Schéma représentant les principaux composants d'une assise _____	96
Figure 25 : Image d'écran de l'outil mousse -nappe _____	97
Figure 26 : Tableau récapitulatif des résultats du test utilisateur de l'outil mousse-nappe _____	98
Figure 27 : Schéma re présentant le modèle par Judic _____	102
Figure 28 : Schéma du modèle biomécanique pour les coudes d'après Judic . _____	106
Figure 29 : Schéma récapitulatif des expérimentations de la première hypothèse _____	111
Figure 30 : Progression suite à la première étape _____	114
Figure 31 : Evaluation de l'acquisition de concepts par les membres du groupe de travail _____	115
Figure 32 : Les étapes du modèle en V et l'ancrage de l'ergonomie dans le processus de développement de logiciel d'après Coutaz [COUTA 95] _____	118
Figure 33 : Processus de conception de l'outil d'aide au transfert de données _____	119
Figure 34 : Synoptique de navigation de l'outil occiput _____	121
Figure 35 : Schéma représentant les résultats sous forme d'ellipse cut-off 95 _____	122
Figure 36: Schéma de représentation de la page 1 _____	124
Figure 37 : Scénarii d'utilisation pour la page 1 _____	125
Figure 38 : Schéma de la page de calculs _____	126
Figure 39 : Schéma de la page de visualisation des résultats _____	127
Figure 40: Schémas des boutons retenus _____	130
Figure 41 : Page d'accueil de l'outil de positionnement des occiputs _____	131

Figure 42 : Page d'aide	132
Figure 43 : Page de choix de fichier	133
Figure 44 : Page d'explication de la démarche de résolution	134
Figure 45 : Page d'aide à l'exploitation des résultats.	135
Figure 46 : Page d'entrée des données pour les calculs	136
Figure 47 : Page de résultats	137
Figure 48 : Page d'accueil de l'outil de positionnement de coudes.	138
Figure 49 : Page d'entrée des données de l'outil occiput	139
Figure 50 : Page de résultat de l'outil de positionnement des coudes	140
Figure 52 : Page de résultat de l'outil d'aide à l'emplacement des occiputs.	146

# Introduction générale

Ces travaux s'inscrivent dans la discipline du génie industriel<sup>1</sup> et portent plus particulièrement sur le transfert de données métier dans l'entreprise entre l'ergonome et le concepteur mécanicien, basé sur la conception collaborative d'outils d'optimisation de la conception de sièges d'automobile.

Nos travaux se sont déroulés dans le cadre d'une convention cifre. Le partenaire industriel est l'équipementier automobile FAURECIA, le laboratoire de recherche est le Laboratoire de Conception de Produits et Innovation de l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Paris et le laboratoire associé est l'Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs de l'École Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels de Nancy.

L'évolution de la demande sociale (des produits personnalisés, intégrant de plus en plus de fonctions pour des prix toujours plus bas) et la configuration industrielle (regroupements/fusions, concurrence mondiale, diminution du temps de conception) créent une place indiscutable à l'ergonomie dans la conception. L'ergonomie est une discipline qui vise à introduire des connaissances sur l'homme dans la conception de produits.<sup>2</sup> Le confort est important en ergonomie car il est un des critères qui justifie la démarche ergonomique au sein de la conception de produits. Il concerne les postures, l'ambiance sonore, thermique, lumineuse, atmosphérique, charge mentale et physique. L'ergonome a en charge d'analyser le produit suivant ces différents axes et de transmettre les résultats et les voies d'amélioration sous forme de recommandations aux différents acteurs de la conception. Notre recherche se positionne sur la notion de confort postural du produit siège d'automobile.

Actuellement, la complexité des processus de conception et de fabrication implique la mise en place d'équipes de conception pluridisciplinaires. En effet, l'expertise n'est plus détenue par un seul individu, mais résulte à tout moment d'un travail de groupe. La gestion des informations s'inscrit désormais dans la réalité de l'entreprise. [FORAY 00] Notre recherche se limite au transfert de données posturales de l'ergonome vers les concepteurs mécaniciens. Nous cherchons à améliorer ce transfert en développant la collaboration entre ces deux catégories d'acteurs autour de la conception d'outils logiciels.

---

<sup>1</sup> L'institut of Industrial Engineers (I.E.E) propose la définition suivante : le génie industriel concerne la conception, l'amélioration et l'installation de systèmes intégrés mettant en jeu des hommes, des matériaux, des équipements et de l'énergie. Il s'appuie tant sur les connaissances spécialisées et les aptitudes dans le domaine des mathématiques, de la physique et des sciences sociales que sur les principes et les méthodes des sciences de l'ingénieur, ceci pour spécifier, prédire et évaluer le résultat de ce type de système. [GOUST 98]

<sup>2</sup> La conception ou la transformation de situation de travail est un autre grand domaine de l'ergonomie. Mais il ne fait pas l'objet de nos travaux.

L'innovation est aujourd'hui stratégique pour tous les équipementiers automobiles de part le contexte économique. Intégrer l'usage du produit et la diversité anthropométrique des utilisateurs dans la conception est une voie possible de réponse. L'équipementier doit proposer aux constructeurs une innovation en partant des attentes révélées ou latentes des utilisateurs. La sécurité et le confort constituent les deux voies principales des besoins des consommateurs. Ainsi, aider les concepteurs mécaniciens à prendre en compte au plus tôt le confort des probables utilisateurs est une solution pour l'équipementier d'offrir aux automobilistes des prestations innovantes.

L'équipe confort du Département Recherche & Développement de FAURECIA, équipementier automobile de rang mondial, a entre autre pour objectif d'évaluer l'adaptabilité du produit siège à l'activité de l'usager c'est à dire l'activité de conduite ou aux activités des passagers comme se reposer par exemple. Pour se faire, elle évalue selon différents aspects (angles articulaires, dimensions du dossier et de l'assise du siège, dureté des matériaux utilisés etc.) pour améliorer et valider les choix de conception. Les informations acquises au cours des tests utilisateurs doivent être parfaitement interprétables et exploitables par les acteurs en charge de la conception et des éventuelles modifications du produit à réaliser. Les concepteurs doivent pouvoir prendre les meilleures décisions compte tenu des informations disponibles. Il faut qu'ils disposent des bonnes informations au bon moment. Il n'y a pas un ergonome à chaque étape décisionnelle du processus de conception. Il faut donc que la discipline ergonomique soit convenablement intégrée dans le processus pour que les choix réalisés dégradent le moins possible le produit sur le plan ergonomique. Il faut que la variabilité des usagers et du contexte d'utilisation du produit soit ancrée dans le processus décisionnel. Mais intégrer la prise en compte de la diversité anthropométrique et comportementale des usagers dans la conception essentiellement mécanicienne et historiquement métallurgiste n'est pas chose facile. Consciente des difficultés, l'équipe confort exprime la volonté d'optimiser la transmission de leurs données. Notre recherche se propose de répondre aux attentes et besoin de l'équipe confort et d'utiliser ce projet comme support de l'amélioration des connaissances sur l'intégration de l'ergonomie dans la conception de produits de grande consommation. Adoptant le point de vue de l'ergonome, nous nous inscrivons dans le thème de recherche du Laboratoire associé de Conception de Produits et Innovation de l'ENSAM sur l'intégration des métiers dans le processus de conception. Il s'agit plus précisément dans notre projet d'identifier les phases de la conception du siège d'automobile au sein desquelles l'ergonome peut intervenir et d'instrumenter sa collaboration avec l'équipe de conception, en particulier avec les concepteurs mécaniciens. Les recommandations sont la matérialisation, souvent écrite, des données que l'ergonome souhaite que le concepteur manipule. L'utilisation de ces objets intermédiaires par les concepteurs mécaniciens reflète en partie l'intégration de l'ergonomie dans la conception. Après avoir analysé plus précisément l'utilisation des recommandations confort par les concepteurs mécaniciens, nous aborderons la complexité de cet objet. Nous verrons que cet objet ne peut répondre correctement à tous les besoins et attentes des deux catégories d'acteur envisagées. Nous nous interrogeons sur la manière d'instrumenter le transfert de données de l'ergonome vers les concepteurs mécaniciens. La conception collaborative d'outils logiciels peut répondre de manière

concrète et pragmatique. En effet, la collaboration entre ces deux acteurs va nous aider à cerner les besoins et les attentes, de définir les sujets dont le transfert de données doit être instrumenté et peut l'être dans le cadre de nos travaux. De plus, la coopération entre acteurs va nous permettre de définir les données d'entrée et de sortie des outils logiciels de transfert. Nous développerons la démarche mise en place. Puis, nous exposerons les résultats obtenus sur deux sujets : le positionnement des têtes et coudes des usagers de siège d'automobile. Enfin, nous verrons les apports tant scientifiques qu'industriels de nos travaux.

Nous allons détailler la structure de ce document et notre approche de résolution.

Nos travaux de recherche s'effectuent dans le cadre d'une convention CIFRE, au sein de l'équipe Confort de l'activité Siège d'automobile de FAURECIA.

Dans **le premier chapitre** nous serons donc amenés à présenter brièvement le contexte industriel.

Nous présenterons tout d'abord le rôle de l'équipementier automobile et le produit siège d'automobile. L'intervention de l'ergonome produit sur le siège d'automobile est centrée sur la notion de confort, il doit permettre aux utilisateurs d'utiliser le siège de manière confortable afin de réaliser au mieux leurs activités, de conduite par exemple. Nous définirons donc la notion d'ergonomie dans la conception de produits et nous la contextualiserons en abordant la notion de confort de manière globale et plus détaillée grâce à la méthodologie confort qui permet de préciser les différents aspects comme le confort thermique, sensoriel etc.. Nous préciserons en particulier la notion de confort postural. En effet, nous nous restreindrons dans le cadre de notre recherche à l'intervention de l'ergonome dans la conception du siège d'automobile sur les problèmes de confort postural. Cette notion est impactante tant du point de vue de l'ergonome que du point de vue du concepteur. Il s'agit de déterminer les volumes et la structure du produit afin d'éviter en premier lieu, des sources d'inconfort pour les usagers, puis dans un deuxième temps de concevoir le siège afin de produire des appuis confortables. Afin de mieux cerner ce que représente le confort postural dans la prise en compte du confort de manière globale dans la conception de sièges d'automobiles, nous exposerons l'approche de l'équipe confort et ses méthodes, en particulier les recommandations confort qui sont le lien privilégié entre les ergonomes de l'équipe confort et les concepteurs mécaniciens, acteurs sur lesquels se concentre notre projet de thèse. Les recommandations sont la matérialisation de la formalisation et du transfert des connaissances des ergonomes. L'utilisation de ces objets intermédiaires par les concepteurs mécaniciens reflète en partie l'intégration de l'ergonomie dans la conception. Pour mieux comprendre les facteurs influençant la participation de l'ergonome dans la conception de siège d'automobiles, nous analyserons plus précisément les recommandations confort. Ce bilan sur l'existant, nous amènera à formaliser notre problématique industrielle : **Comment améliorer la prise en compte des recommandations confort ?**

Dans **un deuxième chapitre**, nous serons amenés à aborder différents champs disciplinaires afin de mieux cerner la problématique industrielle et proposer notre problématique scientifique : .

Pour ce faire, nous précisons tout d'abord la complexité de l'objet recommandation suivant différentes facettes. Nous envisagerons la recommandation comme un témoin de l'envie de l'ergonome de s'intégrer mais ayant peu de preuves d'efficacité. Nous donnons trois pistes de possibles réponses : le manque d'adaptabilité de la forme des recommandations à l'activité des concepteurs, l'inscription de la recommandation dans le processus temporel de la conception et enfin les relations que la recommandation instaure entre l'ergonome et le concepteur. Face à ces difficultés, nous décidons que considérer la recommandation comme un objet intermédiaire, tel que Jeantet le définit [JEANT 98], qui doit être au cœur de l'analyse des interactions entre acteurs. [DAILL 98].

La recommandation doit être aussi considérée comme la formalisation des connaissances de l'ergonome sur une situation à un moment donné. Cette réflexion nous amène à préciser la thématique, au sein de laquelle nous nous inscrivons, sur le transfert de données et la gestion des compétences. Cette thématique soulève l'importance de la collaboration entre les acteurs comme facteur facilitateur pour le transfert d'informations. Nous définirons donc cette notion de collaboration métier puis nous envisagerons comment générer de la coopération. Ceci nous poussera à nous positionner sur la nécessité d'instrumenter la collaboration métier afin de la rendre opératoire dans le cadre de transfert de données. Compte tenu de notre positionnement sur l'interdisciplinarité, nous exposerons la problématique scientifique de la manière suivante : **comment instrumenter au cours des phases amont de la conception le transfert de données métier de l'ergonome en vue d'une exploitation interdisciplinaire avec les concepteurs mécaniciens?** .

Dans **un troisième chapitre**, nous formulerons compte tenu des champs investigués et solutions envisagées deux hypothèses de résolution de la problématique. Notre première hypothèse porte sur la genèse d'une collaboration entre ergonomes et concepteurs mécaniciens pour recueillir les sujets sur lesquels les concepteurs estiment avoir besoin des informations des ergonomes. Nous la formalisons de la manière suivante : **la mise en place d'un travail collaboratif entre ergonomes et concepteurs mécaniciens permet de déterminer les données et la forme du transfert la plus adaptée.**

Notre deuxième hypothèse porte sur la nécessité d'instrumenter la collaboration et le transfert de données et de concevoir collectivement cette instrumentation. Nous la formalisons de la manière suivante : **la conception conjointe d'outils de transfert permet d'instrumenter l'exploitation interdisciplinaire des données à transférer et d'optimiser le processus de conception.**

Dans **un quatrième chapitre**, nous présenterons **nos expérimentations** en commençant tout d'abord notre protocole expérimental suivi des résultats obtenus. Pour des raisons de présentation, nous séparons le protocole de la première hypothèse de celui de la deuxième.

Afin de démontrer la validité de notre première hypothèse, nous expliquerons comment nous avons constitué un groupe de travail constitué de 8 concepteurs et de 2 ergonomes. Nous appliquerons notre démarche sur deux sujets en particulier : le positionnement des têtes et le positionnement des coudes des usagers dans le siège d'automobile. Nous exposerons comment le groupe a retenu ces

deux sujets à partir d'un questionnaire semi-directif. Grâce aux compétences d'un des ergonomes en statistique probabiliste, le groupe choisit ces sujets compte tenu de la possibilité de modéliser un modèle anthropométrique et de simuler le comportement des usagers des sièges d'automobile. La formalisation des pratiques sur ces deux sujets aide aux prises de décisions sur la forme, la navigation des outils logiciels. Nous verrons alors comment au travers des discussions et des compromis, la collaboration autour de l'objectif de conception des outils, se consolide petit à petit. Nous évaluerons la progression du groupe à partir d'une échelle préalablement définie.

Nous aborderons alors la validité de notre deuxième hypothèse.

La réalisation du cahier des charges des outils, le choix des paramètres à manipuler et des résultats à fournir nous permettent de matérialiser l'objectif de conception conjointe des supports de transfert de données, les outils logiciels. Le développement de ces derniers ne peut pas être réalisé collaborativement. Aussi, nous validerons nos choix grâce aux tests utilisateurs des premières maquettes. Nous observerons alors en quoi les choix du groupe de travail permettent de fournir des outils adaptés à l'activité de conception et répondant aux besoins d'intégration de l'ergonomie dans le processus décisionnel.

Nous serons alors en mesure de démontrer **les apports de nos travaux de recherche**. Nous exposerons comment ces travaux permettent d'envisager de nouvelles pistes pour l'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception de produits. Ces travaux apportent de nouvelles voies d'application pour la gestion des connaissances, en particulier pour l'instrumentation du transfert de données. De plus, notre démarche soutient la mise en place d'un travail collaboratif interdisciplinaire dans le cadre de projet de conception. Du point de vue industriel, nous avons fourni une démarche reproductible et deux outils de transfert de données concrets. Nous avons instauré un groupe de travail et nous avons de fait modifié les pratiques des deux catégories d'acteurs, les ergonomes et les concepteurs mécaniciens.

Enfin dans **cinquième chapitre**, nous conclurons sur les actions mises en place et les points clés de nos actions. Nous proposerons des perspectives en terme d'amélioration de la pertinence des modèles utilisés dans les outils et sur la diffusion de ces outils confort. Nous élargirons l'application de cette démarche à d'autres domaines que celui du transfert de données des ergonomes aux concepteurs.

# 1. Contexte industriel et de recherche

Dans ce chapitre, nous présenterons dans un premier temps l'entreprise au sein de laquelle nous avons effectué nos travaux, et les produits qui y sont conçus et fabriqués. Dans un deuxième temps, nous définirons le terme confort et situons la notion de confort dans la conception de sièges d'automobiles. Nous verrons ensuite quelles sont les interactions des praticiens de cette discipline chez FAURECIA, et nous nous concentrerons sur les relations entre l'ergonomie et la conception mécanique autour de l'objet intermédiaire qu'est la recommandation. Nous présenterons une analyse de l'existant qui nous permettra de valider notre terrain de recherche et de formaliser la problématique industrielle sous la forme suivante : "Comment améliorer le transfert des recommandations ergonomiques ?"

## 1.1 FAURECIA : équipementier automobile

Dans cette partie, nous présenterons l'entreprise FAURECIA et plus particulièrement la division « Siège », au sein de laquelle se sont déroulés nos travaux. Nous présenterons ensuite les produits de cette division : les sièges d'automobiles, en précisant leurs fonctionnalités et l'aspect pluridisciplinaire de leurs conceptions.

### 1.1.1 Le groupe FAURECIA

FAURECIA est un équipementier de rang mondial. Il offre une expertise complète d'intérieur véhicule au travers de six modules : le module siège, porte, cockpit, bloc avant, acoustique et module d'échappement. Les clients sont tous les constructeurs internationaux comme Peugeot - Citroën, Renault – Nissan, Volkswagen, Ford, ... .

Les activités du groupe sont réparties sur 160 sites et implantées au sein de 27 pays, pour un effectif total de 59 000 employés. Le module Siège correspond à 41% du chiffre d'affaire du groupe.

Le passage du statut de sous-traitant à celui d'équipementier, processus ayant débuté dans les années 80, a modifié les relations entre les deux acteurs : le constructeur et l'équipementier.

Ce dernier est devenu totalement responsable de ses produits, depuis leur conception jusqu'à leur livraison en passant par leur fabrication. La force d'un équipementier repose aujourd'hui en grande partie sur sa capacité à innover et à développer de nouvelles solutions permettant de remplir des fonctions de plus en plus complexes avec des coûts toujours plus optimisés dans un temps de plus en plus court. L'équipementier cherche à standardiser ses produits, pour des raisons économiques évidentes, mais également à créer de nouvelles fonctions et/ou de nouveaux produits, sources de valeur financière et de communication.

L'innovation doit permettre à l'équipementier de se démarquer. Elle peut être incrémentale ou de rupture mais elle doit toujours correspondre aux besoins des futurs utilisateurs, sanctionnant le marché dans leurs rôles de consommateurs. L'innovation doit donc permettre de réaliser une marge bénéficiaire, de se démarquer des autres équipementiers, de convaincre les constructeurs et également de satisfaire le consommateur final.

La sécurité et le confort sont deux axes de communication primordiaux chez les constructeurs. Les consommateurs veulent, de façon stéréotypée, une voiture plus performante, plus confortable, plus sécuritaire pour bien sûr un coût moindre. Ils sont par voie de conséquence des pistes d'innovation pour les équipementiers. Nos travaux de recherche, se situent dans l'équipe confort de l'activité siège d'automobile.

### 1.1.2 Le siège d'automobile : un produit unique pour une diversité d'usagers

Nous allons présenter dans ce chapitre un siège d'automobile et les différents métiers participant à sa conception.

Il existe une multitude de sièges autour de nous et ils ont tous des caractéristiques spécifiques qui les différencient. Néanmoins, ils sont tous l'interface entre l'homme et une activité. Dans le cas du siège d'automobile, différentes fonctions doivent être assumées par cet élément que nous allons classer de la manière suivante :

- Fonction support : Le siège doit permettre à l'occupant de trouver des appuis corrects pour pouvoir réaliser l'activité de conduite, par exemple ceci est réalisé par l'assise pour les membres inférieurs et le dossier pour les membres supérieurs et le tronc. Les éléments de réglage aident l'utilisateur à trouver la posture la plus adéquate.
- Fonction sécurité : Le siège doit permettre à l'occupant d'être protégé d'un impact contre les éléments de l'habitacle mais également de se protéger des autres occupants et des bagages lors d'un choc.
- Fonction confort : La notion de confort peut être divisée en plusieurs sous-items. Le siège doit éviter la gêne au niveau de ces points, voire contribuer à la notion de bien-être au niveau thermique, postural, dynamique ... .
- Fonction de résistance : Le siège doit résister à son utilisation et au vieillissement pour ne pas affecter sa forme et ses caractéristiques.

Nos travaux de recherche utilisent les données reliant la fonction support et la fonction confort du siège. La relation entre ces deux fonctions se matérialise dans la prise en compte du confort postural, nous définirons cette notion dans paragraphe 1.2.4.

Un siège est constitué de différents éléments structurants et sa performance dépend de leurs capacités à satisfaire les différentes fonctions. Ce sont autant de métiers gravitant autour de la conception de cet élément complexe.

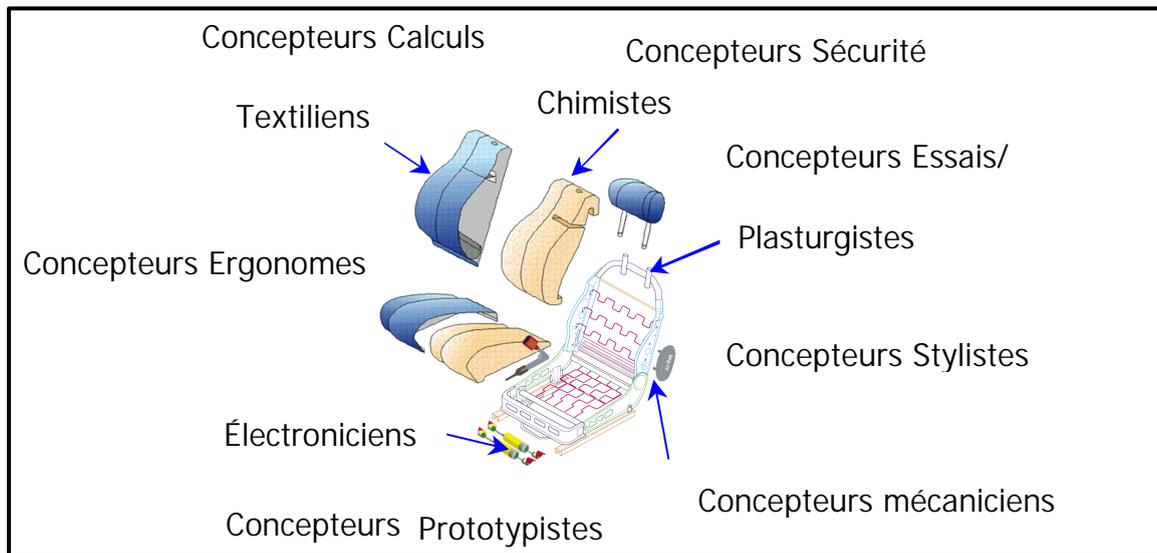


Figure 1 : Schéma des métiers gravitant autour de la conception d'un siège d'automobile

Les différents composants sont étudiés par des équipes distinctes géographiquement et au niveau de l'organisation. La conception générale d'un siège passe par l'interconnexion de l'ensemble de ces métiers. Tous ces groupes de travail ont des exigences propres à leur métier. Toute la complexité de la conception consiste à réunir ces compétences, sans que les priorités de l'une d'elles n'entravent le travail des autres.

Ce découpage permet de montrer aux constructeurs une volonté de progresser dans tous les domaines et de clarifier les communications. Cependant, si ce découpage peut être une preuve de transparence vis à vis du constructeur c'est aussi une source d'obstacles pour les équipes. En effet, ce découpage multiplie les sources d'informations à coordonner et par conséquent les occasions de pertes, d'interprétations erronées, d'ambiguïté. La traçabilité des choix et le transfert d'informations deviennent un enjeu pour FAURECIA.

Notre recherche s'articule sur le transfert d'informations autour de deux métiers : les ergonomes et les concepteurs mécaniciens<sup>3</sup>. Adoptant le point de vue de l'ergonome produit, nous allons définir la discipline à laquelle cet acteur se rapporte. A la suite de quoi, nous positionnerons ce thème par rapport au siège d'automobile en précisant la notion de confort.

<sup>3</sup> Par la suite nous utiliserons les expressions concepteurs mécaniciens et concepteurs indifféremment, elles représentent en fait les mêmes acteurs : les personnes en charge du développement des aspects mécaniques, du dimensionnement du siège complet et de la structure de ce dernier.

## 1.2 L'ergonomie dans la conception de produits

Nous allons dans ce chapitre définir plusieurs notions telles que l'ergonomie et l'ergonomie de produits, puis nous préciserons la notion de confort. Nous rappellerons quelques définitions existantes afin d'éclairer notre vision sur ces concepts.

### 1.2.1 L'ergonomie : quelle définition adopter ?

Il est courant de commencer par l'étymologie du mot ergonomie pour donner une première définition. Construit à partir d'«ergon» (le travail) et de «nomos» (la loi, la règle), le mot ergonomie désignerait la science du travail ou plus exactement les règles de travail. Il est évident que nous ne pouvons nous satisfaire de cette définition bien qu'elle montre le lien original entre cette discipline et la notion d'activité. Nous avons donc recherché d'autres définitions.

Encyclopedia Universalis (1999) : 1. étude scientifique des conditions de travail, visant à leur amélioration et à l'accroissement de la productivité. 2. étude des relations entre l'homme et la machine, visant à une meilleure adaptation.

Cette définition permet d'entrevoir les deux versants possibles de cette discipline. Notre recherche est orientée suivant la deuxième définition.

De Montmollin (1967) [DEMON 67] : l'ergonomie est une technologie des communications dans les systèmes hommes-machines.

Cette définition permet de mettre en lumière la notion de système action-réaction entre les deux entités homme / machine, système dont l'étude est pluridisciplinaire de part les aspects psychologiques, physiologiques mais également cognitifs de part les connaissances mises en jeu.

La SELF<sup>4</sup> : l'ergonomie est l'ensemble des connaissances scientifiques relatives à l'homme et nécessaires pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés avec un maximum de confort, de sécurité et d'efficacité.

Cette définition détermine les objectifs de cette discipline qui sont de concevoir des produits<sup>5</sup> (voire un service) adaptés du point de vue de l'utilisateur (confort) mais également du point de vue technique et économique.

---

<sup>4</sup> SELF : Société d'Ergonomie de Langue Française créée en 1988

<sup>5</sup>La notion de produit recouvre ici aussi bien le poste de travail que le produit de grande consommation.

Une des dernières définitions trouvées est celle de IEA (International Ergonomics Association) en 2000. « Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession data applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance. Ergonomists contribute to the design and evaluation of tasks, jobs, products, environments and systems in order to make them compatible with the needs, abilities and limitations of people. »<sup>6</sup> Cette définition met en avant les moyens utilisés par l'ergonomie, ses objectifs et ses domaines d'application. Le confort apparaît clairement comme l'un des objectifs.

Nous retiendrons pour nos travaux que l'ergonomie est une discipline pluridisciplinaire, chaque problème peut être abordé suivant plusieurs points de vue – sociologique, anthropométrique par exemple. Son principal objectif est l'amélioration du bien-être d'une personne en activité (l'activité de conduire ou de se reposer en tant que passager par exemple) en fonction des contraintes de sécurité et d'efficacité, nous rajoutons les contraintes de coût et de temps compte tenu du contexte industriel. Nous nous positionnons plus précisément dans le secteur de l'ergonomie de produits que nous allons définir.

## 1.2.2 Notre domaine d'intervention : l'ergonomie de produits

Les situations de conception sont souvent décrites comme des situations de résolution de problèmes. Le processus de conception n'est pas linéaire. « Dans le cas de problèmes de conception, l'état initial et l'état final sont inconnus. Concevoir un objet, que ce soit en tant qu'ergonome ou en tant que designer, c'est inventer quelque chose dont on ne connaît pas les spécifications au départ ; il faut donc inventer le problème » [FALZO 90a]

L'ergonomie de produits est aussi nommée ergonomie de conception. Leborgne propose de nommer l'ergonome "ergonome concepteur", les préoccupations de ce dernier étant "d'identifier les attentes et les besoins des usagers et d'y répondre par la mise en place d'une démarche interdisciplinaire anthropocentrée." [LEBOR 01]

Laville distingue l'ergonomie de conception de la manière suivante : "...l'ergonomie de conception intervient plus en amont, si possible dès le début du projet, afin d'y intégrer les connaissances sur l'acteur du travail." [LAVILL 90] Toujours pour cet auteur, il s'agit de concevoir l'objet fabriqué en tenant compte des données ergonomiques correspondant à la population des utilisateurs. Selon cette définition, nos travaux de recherche se situent dans l'ergonomie de conception.

---

<sup>6</sup> <http://www.iea.cc/ergonomics/>

Bonnardel définit trois phases dans la conception : la représentation du problème, la génération de solutions et l'évaluation des solutions générées. L'ergonomie de conception permet alors d'aider à spécifier le problème du point de vue de l'utilisateur futur, de participer à la résolution du problème et à l'évaluation de l'adaptabilité du produit aux utilisateurs. [BONNA 92]

L'ergonomie de conception a des spécificités. En effet, Rabardel [RABAR 90] indique que l'objet nouveau à concevoir est inachevé et qu'il doit s'inscrire dans des activités, des utilisations et des usages futurs. Or comme il le souligne, les utilisateurs sont multiples, leurs besoins diversifiés et même parfois contradictoires. Ainsi, les concepteurs doivent prendre en compte ces usages afin de garantir au moins la sécurité des utilisateurs. L'ergonome doit être capable d'analyser l'usage pour fournir des données aux concepteurs. Pour se faire, il doit constituer un panel de testeurs et une situation réaliste avec une maquette (représentation incomplète du produit final). L'ergonome participant à la conception de produit ne peut se contenter d'observer l'utilisation du produit fini dans la situation réelle d'utilisation, les résultats arrivant trop tard pour la conception de ce même produit. Cependant, ces observations doivent être effectuées pour valider l'adaptabilité de ce produit, pour les produits futurs ou pour l'amélioration d'un produit déjà existant.

Nous sommes loin de la recommandation de Daniellou [DANIE 86] qui suggère à l'ergonome de considérer les opérateurs qui auront "effectivement" à conduire et à utiliser le système.

Les spécificités de l'ergonomie de produits entraînent un questionnement des ergonomes et de leur intégration dans le processus de conception. Pour pallier ces difficultés, les ergonomes proposent différents outils d'aide aux concepteurs comme les recommandations<sup>7</sup> par exemple. En effet, il doit participer dès le début du processus de conception aux phases de décisions, phases au cours desquelles tout changement a un coût moindre que lors des phases de tests utilisateurs. C'est l'objectif de nos travaux de recherche.

Nous retiendrons de ces différents points que l'ergonomie de produits permet d'identifier les besoins et attentes des utilisateurs. Dans un second temps, une fois la matérialisation du produit effectuée grâce aux maquettes par exemple, l'ergonome produit effectue des tests utilisateurs pour analyser l'adaptabilité de l'objet à l'activité de l'utilisateur cible. Dans un souci de capitalisation et face à la nécessité d'intervenir dans le processus décisionnel avant l'existence physique du produit, l'ergonome doit fournir des données à prendre en compte par l'équipe de conception. Ces données sont souvent répertoriées dans des recommandations produit. L'un des soucis devient pour l'ergonome produit d'adapter ses recommandations aux besoins des utilisateurs c'est à dire les membres de l'équipe de conception. Nous nous proposons d'analyser et réduire ces difficultés pour les ergonomes de l'équipe confort.

Nous allons donc nous focaliser sur une partie de l'ergonomie de produits appliquée à la conception des sièges : l'appréciation du confort.

---

<sup>7</sup>Nous détaillons cette notion dans le paragraphe 1.3.2

### 1.2.3 L'ergonomie du produit siège : importance de la notion de confort

L'importance du confort du siège augmente avec l'accroissement des exigences des utilisateurs. Il est important de le définir, non pas pour obtenir une définition unique et exhaustive mais pour mieux cerner l'approche de FAURECIA dans ce domaine.

Petit robert 1990: le confort peut être défini par tout ce qui contribue au bien-être, à la commodité de la vie matérielle. Cette définition trop générale doit être détaillée. La bibliographie sur le confort et sa définition dans le milieu automobile est fournie. C'est un sujet qui préoccupe chercheurs, praticiens et usagers depuis bon nombre d'années.

Hertzberg en 1958 définit le confort comme l'absence d'inconfort. Cette définition suggère que le confort et l'inconfort sont sur un continuum. [HERTZ 58] Ceci est remis en cause par Branton: « La notion de confort est définie d'après le fait que l'absence de douleur n'entraîne pas forcément la présence de plaisir. » [BRANT 69] L'absence de gêne n'entraîne pas une situation confortable pour autant, elle peut correspondre à une situation neutre pour l'utilisateur.

En 1976, Corlett décrit le confort de la manière suivante : "Le confort peut-être défini comme une résultante de la somme des sensations ressenties par le corps, chacune ayant une répartition aléatoire. Dans une situation donnée, si la somme de tous ces éléments n'attire pas l'attention de la personne alors celle-ci pourra être décrite comme étant une situation confortable. Si une sensation distrait l'individu de l'attention qu'il porte à sa tâche, alors on peut dire qu'un état d'inconfort existe." [CORLE 76] Il définit une situation homéostasique synonyme de confort.

Dans sa définition Slater nous indique que le confort est un concept complexe résultant de l'interaction entre différents éléments : "Etat plaisant d'harmonie physiologique, psychologique et physique entre un être humain et un environnement." [SLATE 85]

Ainsi comme l'exprime Ribouchon 1991 "Les facteurs physiques prennent une place très importante. Ils se décomposent en facteurs dynamiques (accélérations, changement de vitesse), facteurs ambiants (pression, niveau sonore, humidité, ...) et facteurs spatiaux concernant la géométrie du poste de conduite et des réglages du siège. ... il est préférable de mettre en relation un seul paramètre avec l'individu de façon à pouvoir déduire des règles précises." [RIBOU 91] Cet auteur propose de séparer les interactions pour en déduire des règles sur chaque paramètre. Nous pouvons cependant nous demander comment les interactions vont dans la réalité influencer chaque paramètre et de ce fait modifier les règles émises.

Michel [MICHE 95] propose un nouveau schéma de pensée. Il suggère le passage d'une logique issue de l'application de « principes » à la prise en compte globale des composantes.

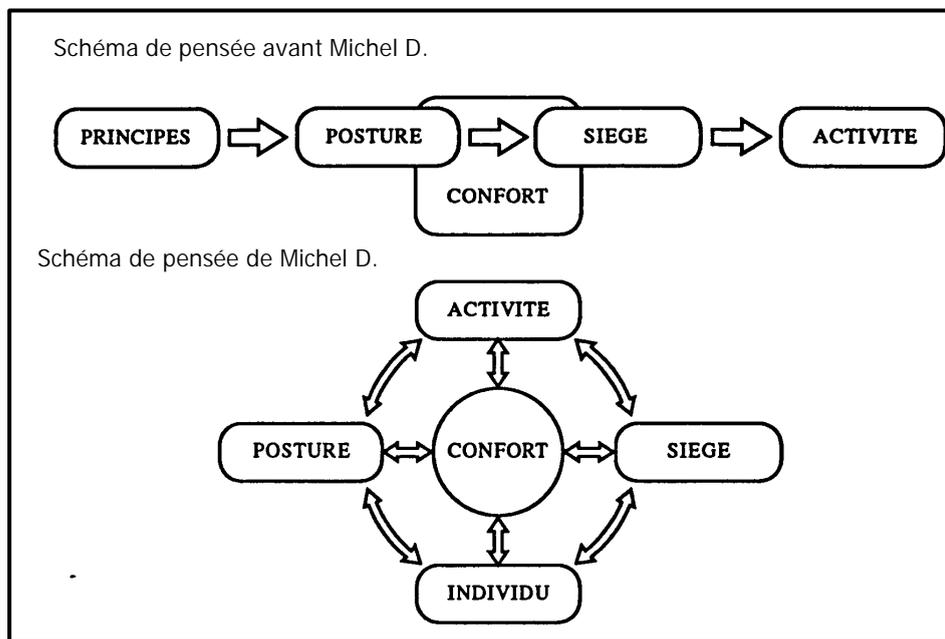


Figure 2 : Schéma de changement d'approches dans l'étude de la posture assise de Michel.

Il soutient l'idée que la notion de confort est une notion complexe qui ne peut pas être définie uniquement par l'absence d'inconfort. Il précise : " L'inconfort serait la conséquence de l'insatisfaction des besoins physiques, tandis que le confort serait dû à la satisfaction des besoins intellectuels." Il est bien souvent (aucune généralité n'étant possible) plus simple de dire pourquoi ça ne va pas. Dire pourquoi nous nous sentons bien se résume bien souvent par "C'est confortable".

Un siège d'automobile se doit au moins de ne présenter aucune gêne à la majorité (voire la totalité) de ses utilisateurs. Compte tenu de l'affirmation de Michel, il est donc plus facile de discerner une source d'inconfort qu'une source de confort. Dans la conception de sièges d'automobile, les sources d'inconfort doivent être, autant faire se peut, éliminées.

Un même siège de voiture peut tantôt être confortable tantôt inconfortable suivant les motifs du voyage (départ en vacances, trajets journaliers ), l'état physiologique et psychologique de la personne (fatigue, chaleur, chronobiologie). Néanmoins, si le coussin d'assise est trop court, l'utilisateur souffrira d'un manque de soutien sous cuisses quel que soit l'état de ces paramètres. Il faut donc s'assurer tout d'abord de la cohérence des choix de conception du point de vue dimensionnel, des matériaux etc. Pour se faire, les méthodes d'expérimentations développées par l'ergonomie permettent d'observer, d'identifier, d'analyser et de quantifier les causes d'inconfort.

L'inconfort postural est très impactant sur l'appréciation des usagers mais surtout des clients constructeurs. Un "mauvais" siège en confort postural a plus de chances d'être jugé négativement quel que soit l'état des autres paramètres. Aussi, c'est un critère primordial pour FAURECIA.

Nous nous concentrons donc sur le confort postural que nous allons définir.

#### 1.2.4 Le confort postural, support de notre recherche

Verriest qui utilise l'expression "posture de moindre inconfort" précise que cette posture dépend de trois conditions : "la première est l'adoption d'une posture aussi proche que possible de la forme idéale compatible avec l'activité de l'individu. On satisfait cette condition en procurant au corps une surface d'appui de géométrie adéquate. ... La deuxième condition est de minimiser le travail musculaire ... Enfin, la troisième condition est de soutenir le poids de l'individu ." [VERRI 84] Les travaux de Verriest ont abouti à la modélisation géométrique du conducteur pour créer des mannequins qui vont permettre aux concepteurs de prendre en compte la diversité, la variabilité de la population à satisfaire. [VERRI 88]

Judic précise que l'inconfort postural du siège est surtout lié à la fixité de la posture. « Ainsi, quelle que soit la manière dont un conducteur s'installe, sa position risque inéluctablement d'être à la longue malsaine. Ce qui finalement le fait souffrir, c'est d'être obligé de se maintenir pendant un temps prolongé dans une position fixe, même "la moins mauvaise." [JUDIC 93] Cet axe de recherche a été approfondi par les travaux de Baudu au sein du département R&D de FAURECIA Siège qui portent sur la contribution de la mobilité à la sécurité du conducteur. [BAUDU 01]

Judic rompt avec l'idée d'idéal de conception à atteindre en introduisant la notion d'activité, d'adaptation de l'utilisateur et de sa diversité anthropométrique " L'idée d'une posture idéale est donc incompatible avec la fixité des divers organes et éléments du poste de conduite d'une part (en particulier du champ de vision), et avec la diversité des types humains de l'autre. ... Ce décalage flagrant entre l'idéal souvent admis et le réel accepté provient du fait que la posture dite idéale est une posture considérée dans l'absolu. Elle n'intègre en effet pas toutes les contraintes auxquelles un conducteur devra faire face dans la réalité. Chaque conducteur ne se trouve pas confronté aux mêmes contraintes posturales. La posture que l'utilisateur adopte est aussi le reflet de sa manière personnelle d'y faire face." [JUDIC 93]

Les ergonomes et ingénieurs confort travaillent depuis longtemps sur cet axe. Le transfert de ces données est primordial puisque les recommandations sur cette notion conditionnent entre autre la géométrie du siège. Nous allons exposer dans un premier temps comment FAURECIA aborde ces notions dans la conception des sièges d'automobile.

## 1.3 Contextualisation de ces notions : le confort chez FAURECIA

L'activité siège d'automobile de FAURECIA est dotée d'une équipe confort qui a pour objectifs d'évaluer (mesurer et analyser) le confort des sièges. Ainsi, elle doit, à l'aide de critères subjectifs et objectifs, fournir, transférer et guider deux types de recommandations : des recommandations sur les moyens et méthodes de mesures du siège dédiées à un service d'essais affecté aux projets en développement et des recommandations sur le confort du produit siège d'automobile destinées aux équipes de concepteurs. Ce sont ces dernières sur lesquelles portent nos travaux de recherche. Nous présenterons donc tout d'abord l'approche du confort de FAURECIA puis nous développerons plus précisément l'objet recommandation. En effet, nous verrons tout d'abord les différents points pris en compte par l'équipe confort; à la suite de quoi compte tenu de notre positionnement sur le confort postural, nous présenterons plus précisément les données transférées aux concepteurs sur cette notion en détaillant les recommandations de l'équipe confort. Ceci nous amènera dans le chapitre suivant à analyser ces dernières pour mieux cerner les problèmes.

### 1.3.1 Approche globale de l'équipe confort

Travailler avec la notion de confort nécessite d'observer un jugement hédonique à travers les choix des utilisateurs. L'équipe de confort du service Recherche et Développement de l'activité Siège s'est dotée en 1998 d'un cahier de recommandations et d'une méthode d'appréhension du confort. Nous allons dans ce chapitre exposer cette méthode puis le cahier.

#### 1.3.1.1 L'objectif de FAURECIA : concevoir le confort

La conception d'un produit débute par la définition des cibles visées. Pour le confort, ces cibles sont établies de façon interactive avec le client. Elles sont verbales, quantitatives ou définies par analogie avec un véhicule du marché grâce à un questionnaire interactif. De plus une enveloppe de style conforme au design de l'habitacle est souvent donnée. Ensuite, il faut définir tous les composants du siège afin de positionner l'individu dans l'habitacle et de lui procurer le niveau de confort ciblé par le constructeur. Pour cela, le concepteur doit définir un grand nombre de paramètres en vue d'obtenir le meilleur compromis entre les différents points du confort, de la sécurité, du coût et de l'encombrement.

Approche globale, quantification, optimisation des composants et aide à la conception sont les maîtres mots de la démarche confort de Faurecia.

Il faut savoir que l'équipe confort cible deux catégories de concepteurs : les concepteurs mécaniciens du département Recherche et Développement, ayant en charge les innovations en siège complet et les réponses à consultation, et les concepteurs mécaniciens des différents départements clients qui ont en charge le développement des sièges commandés.

Ces deux clients doivent être pris en compte dans le transfert de données.

### 1.3.1.2 Les 10 points confort de l'activité Siège

La mission de FAURECIA, dans l'amélioration du confort des véhicules, consiste à proposer aux constructeurs une réponse siège – architecture et matériaux – qui prenne en compte les paramètres du véhicule et qui minimise la gêne tout en contribuant au bien être de l'automobiliste.

Rouler dans une voiture entraîne des actions (se positionner, se régler, regarder la route) qui vont stimuler plusieurs de nos sens (le toucher, la vision). La perception globale de confort peut être découpée en autant de points pour lesquels un niveau minimum de satisfaction doit être atteint.

L'équipe confort a découpé cette approche en 10 points selon le schéma suivant.

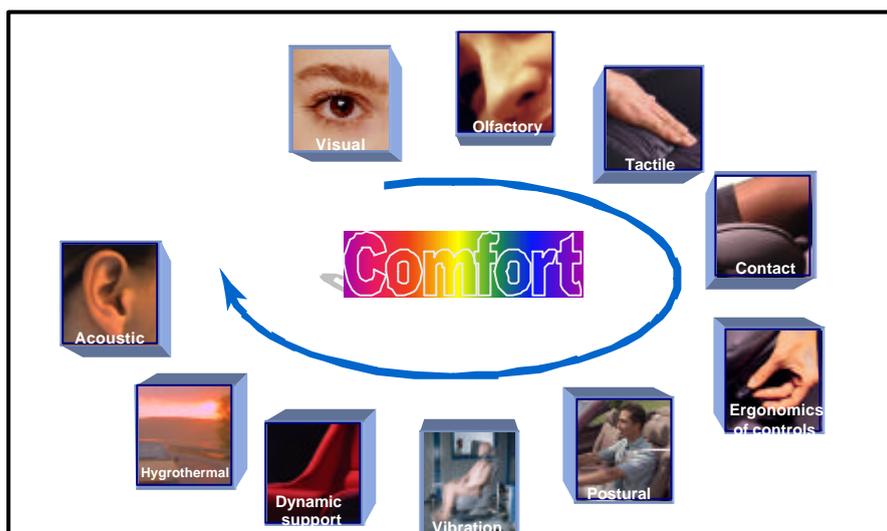


Figure 3 : Les 10 points confort

Les domaines du confort de siège d'automobile se décomposent ainsi :

- **Le confort visuel** : il s'agit de tenir compte de "l'impression initiale" ressentie au moment où l'on regarde le siège notamment : la forme, l'aspect, la couleur, etc.
- **Le confort olfactif** : c'est l'aptitude du siège à ne pas émettre d'odeurs désagréables.
- **Le confort tactile** : pour les utilisateurs finaux, c'est la sensation de toucher, par exemple la dureté, le chaud et le froid, le lisse et le rugueux, etc.

- **Le confort de contact** : il s'agit de tenir compte de "l'impression initiale" ressentie par les personnes au moment du premier contact assis avec le siège, puis de la correction ou du renforcement de cette impression au niveau du maintien de ce contact.
- **Ergonomie des commandes** : composée de 4 notions  
 "l'intuitivité" des commandes,  
 l'accessibilité des commandes,  
 l'effort fourni par les utilisateurs pour utiliser ces commandes,  
 l'efficacité du réglage à atteindre les désirs de l'utilisateur.
- **Le confort postural** : c'est la capacité du siège à offrir à des utilisateurs, aux caractéristiques différentes, des postures à leur convenance. De plus, pour le conducteur les postures doivent être adaptées à l'activité de conduite.
- **Le confort vibratoire** : consiste en la capacité du siège à filtrer et à amortir des vibrations transmises par le plancher du véhicule aux utilisateurs.
- **Le confort de maintien dynamique** : c'est la capacité du siège à assurer le maintien d'une posture confortable lorsque le véhicule est en mouvement et soumis à des forces d'inertie (virage, freinage ...).
- **Le confort hygro - thermique** : cet aspect passe par une bonne évacuation des calories et de la transpiration émise par le corps humain, au travers du siège.
- **Le confort acoustique** : c'est l'aptitude du siège à ne pas émettre de bruits désagréables ou parasites, et ce quelles que soient les sollicitations subies.

Il est important de noter que tous ces axes sont fortement interconnectés. Les utilisateurs ne font pas aussi strictement la différence entre chaque domaine lors de leurs appréciations du produit.

Le confort global étant une notion aux contours flous et aux facettes multiples, l'objectif de Faurecia est de définir, pour chacun de ces axes de confort, des critères de performance avec l'hypothèse de la faible influence des interactions entre ces critères et ensuite, de maîtriser les paramètres de conception influençant leurs niveaux. [MINEL 00] Ce découpage permet d'analyser les sièges selon des caractéristiques humaines et de concevoir et organiser des outils autorisant un perfectionnement des paramètres influençant ces axes. Le confort postural, notion sur laquelle s'appuie nos travaux de thèse, est un de ces 10 axes.

L'équipe confort transfère les données acquises aux concepteurs au travers du cahier de recommandations confort. Nous allons donc nous attacher à mieux comprendre cet objet et à analyser l'utilisation que les concepteurs mécaniciens peuvent en faire.

### 1.3.2 Les recommandations : support du transfert des données de l'équipe confort

La recommandation est l'un des objectifs de l'ergonomie de produits, mais c'est surtout un des points critique des ergonomes. Nous verrons tout d'abord comment la bibliographie entrevoit cette notion. Dans une deuxième partie, nous comparerons cette notion dans la conception de siège de bureau, dans laquelle les recommandations ont abouti à des normes. Puis nous exposerons les recommandations de l'équipe confort et leur utilisation. Nous terminerons par la formalisation de la problématique industrielle.

#### 1.3.2.1 Les recommandations : premier bilan bibliographique

Les recommandations sont les témoins du souci de transfert des connaissances. En effet, l'ergonome doit transmettre les informations résultantes de ces observations dans le but que l'entreprise s'approprie les résultats en les intégrant dans le processus de conception (choix technique, organisationnel, formation, documentation) mais aussi de façon à ce que les acteurs puissent se les approprier en les intégrant dans leurs savoirs, leur culture, leurs expériences. « Dans son intention (ce n'est pas toujours le cas dans la pratique), la recommandation traduit une volonté d'engagement dans la conception. » [JEFFR91].

« Cependant, la traduction des connaissances acquises sur le travail en repères ou en recommandations, si elle a trop longtemps entretenu l'illusion d'un diagnostic ergonomique sérieux, ne suffit pas car le risque existe de trop facilement verser vers la solution dite de bon sens ou le "y a qu'à ». Au travers du chapitre « De l'analyse aux principes de solutions », les auteurs montrent en quoi des itérations constantes entre les résultats dont il dispose et la recherche de compromis est nécessaire pour que l'ergonome puisse participer à la mise en œuvre des solutions. [POMIA 97]

Pour pouvoir donner des livrables, l'ergonome doit traduire ses résultats.

Les recommandations ergonomiques sont aujourd'hui le moyen de diffusion le plus répandu.

Jeffroy révèle les difficultés de la manière suivante : « Plus l'intervention ergonomique a lieu tôt dans la conception, plus elle est efficace et moins elle est fondée ; plus l'intervention a lieu tard, plus elle est fondée mais moins elle est efficace. » [JEFFR 91] Il montre ainsi les problèmes d'insertion de l'ergonome dans le processus de conception.

Falzon lors de la synthèse d'un colloque traduit en mots l'adversité des ergonomes vis à vis des recommandations. « On peut se demander si le tiraillement entre la demande de recommandations et le refus d'en donner n'est pas à l'origine d'un certain nombre de pathologies (chez les ergonomes) ...

Faire un diagnostic en ergonomie, c'est essentiellement définir le problème qu'on va traiter. »[FALZO 90]

Révéler le problème auquel on va se confronter c'est faire admettre qu'il y en a et le révéler à l'organisation et aux concepteurs. Ce n'est pas chose facile dans le monde industriel.

Les maux des ergonomes peuvent provenir aussi de leur inquiétude vis à vis de l'utilisation incertaine de leurs recommandations. Or Visser explique le comportement des concepteurs de la manière suivante : "Contrairement à une idée largement répandue, le fait que les concepteurs dévient des procédures prescrites n'est pas tellement dû à de la nonchalance, à des erreurs ou d'autres insuffisances de leur part, mais plutôt à des causes d'ordre cognitif qui valent la peine d'être prises en considération lors du développement d'environnement de conception." [VISSE 99]

Les recommandations peuvent être comparées aux normes dans leurs rôles de prescription. Nous allons présenter plus précisément les recommandations de l'équipe confort

### 1.3.2.2 Présentation des recommandations de l'équipe confort de FAURECIA

L'équipe confort dans un souci de transfert de données et d'intégration dans la conception a conçu et diffusé en 1998 un cahier de méthodologie confort, qui regroupe les recommandations destinées aux concepteurs et les critères devant être pris en compte lors de l'évaluation quantitative du confort des sièges.

Ce cahier est classé confidentiel. Pour pouvoir l'acquérir, il faut être salarié de FAURECIA et faire une demande d'accord signé par son hiérarchique puis transmettre cet accord au responsable de l'équipe confort. Le cahier se présente en français ou en anglais sur papier non reproductible. Un numéro l'attribut au demandeur, ce qui en cas de fraude permet de retracer l'exemplaire source.

Le cahier est structuré de la façon suivante:

- Première partie : pages de présentation du domaine d'application (description de la méthodologie et des 10 points confort),
- Deuxième partie : pages définissant les données d'entrée nécessaires (données clients sur les cibles confort, données sur les clients finaux ciblés),
- Troisième partie : pages présentant des explications sur les différents tests confort à réaliser sur les prototypes,
- Quatrième partie : pages correspondant aux recommandations confort à proprement parler. Il y a quatorze recommandations confort dans ce cahier.

Ce cahier a pour objectifs de présenter une synthèse des informations disponibles au sein de l'équipe et de proposer des règles visant une prestation optimale du confort. En effet, transmettre les connaissances acquises dans le domaine du confort aux concepteurs est l'objectif des équipes de

Recherche et Développement dont fait partie l'équipe confort. Pour mieux comprendre la place des recommandations au sein de la conception de siège d'automobile, une analyse sur l'utilisation et de l'appréciation de l'existant est nécessaire.

## 1.4 Analyse de l'utilisation du cahier de recommandations par les concepteurs mécaniciens

Dans cette partie, nous présentons comment l'analyse sur la diffusion, l'utilisation des recommandations révèle des problèmes d'adaptabilité et d'utilité de cet objet à l'activité des utilisateurs, c'est à dire les concepteurs mécaniciens.

### 1.4.1 Premier bilan sur la diffusion du document auprès des concepteurs

Nous avons interrogé 12 concepteurs mécaniciens de fonctions différentes (architecte produit, ingénieur, dessinateur projeteur) des départements Recherche et Développement et des départements Clients, cibles directes, sur l'utilisation qu'ils font du cahier de recommandation confort.

Pour ce faire, nous avons rencontré ces différents acteurs et nous leur avons individuellement posé les questions suivantes :

- 1/ Connaissez-vous l'équipe confort ? Avez-vous déjà travaillé avec elle ?
- 2/ Disposez-vous de documents liés à cette équipe, à leur activité ou à leur collaboration à un de vos projets ?
- 3/ Comment utilisez-vous ces documents ?

Sur les 12 personnes seulement 2 concepteurs avaient en leur possession ce cahier, c'est à dire avaient fait la démarche officielle pour l'acquérir. Une troisième personne avait connaissance de ce cahier mais n'en disposait pas. Les fonctions de ces trois personnes sont respectivement architecte produit et ingénieur produit.

La plus importante réticence vient de la longueur administrative pour acquérir ces recommandations. De plus, le cachet Recherche et Développement n'a pas bonne réputation. Les concepteurs interrogés travaillant dans les différents départements clients, nous ont livré leurs visions: "Recherche et Développement c'est secret de toute façon ce que vous faites." Concepteur X, "Ce n'est pas directement applicable puisque c'est de la recherche." Concepteur Y.

De plus lors de notre enquête, nous nous sommes aperçus que les concepteurs disposant du cahier ne divulguaient pas les informations, c'est à dire les recommandations, à leurs collègues et en particulier

aux dessinateurs susceptibles de les utiliser. "Le cahier est confidentiel, donc les données aussi." Concepteur Z, "Si mon collègue en avait besoin, il vous les demanderait.", Concepteur W.

Nous constatons que les recommandations confort ne sont pas appliquées autant qu'il serait souhaitable. Nous avons décidé d'approfondir cette conclusion par une analyse ergonomique des recommandations confort.

## 1.4.2 Analyser l'ergonomie des recommandations confort pour mieux comprendre les difficultés

Nous présentons tout d'abord dans cette partie le protocole expérimental de cette analyse puis les résultats obtenus. Les objectifs de cette analyse sont tout d'abord de mesurer la facilité d'utilisation du cahier de recommandations et ensuite d'analyser plus précisément grâce à un questionnaire (annexe 1) les recommandations testées en terme de forme, de pertinence par rapport aux informations présentées.

### 1.4.2.1 Phases de déroulement de l'analyse.

Cette analyse est réalisée avec 5 concepteurs de fonctions différentes (ingénieur, dessinateur projeteur) du département Recherche et Développement. Elle consiste en un chronométrage du temps de recherche d'information associé avec un enregistrement audio. A la suite de quoi, nous demandons à chaque participant de répondre à un questionnaire semi-directif qui a pour but d'interroger les concepteurs plus précisément sur le contenu et la forme des trois recommandations (vocabulaire, graphiques etc.). Nous avons distribué au moins 2 mois auparavant le cahier aux concepteurs participant à ces tests. Le chronomètre est déclenché le cahier fermé. Nous demandons à chaque participant de rechercher la recommandation suivant son intitulé. Nous demandons à chaque participant de rechercher des recommandations identiques mais dans un ordre aléatoire.

Nous allons présenter les trois recommandations que les concepteurs doivent rechercher dans le cahier qui en contient quatorze. Elles ne sont pas situées dans un ordre chronologique dans le cahier. Mais elles sont toutes situées dans la quatrième partie du cahier (cf. paragraphe 1.3.2.2).

Pour des raisons évidentes de confidentialités, les pages présentées sont "blanchies". Le but est de présenter la forme et la structure des recommandations testées.

\* Recommandation nommée par la suite recommandation A :

L'objectif de cette recommandation est de donner un aperçu des dimensions d'un siège par segment<sup>8</sup> de véhicule. L'analyse d'un ensemble d'une dizaine de sièges par segment a permis de représenter la moyenne et les bornes de l'existant pour les douze paramètres dimensionnels mesurés correspondant aux douze histogrammes sur la recommandation.

La lecture des histogrammes permet de visualiser que pour le segment monospace la longueur de l'assise est en moyenne de x mm.

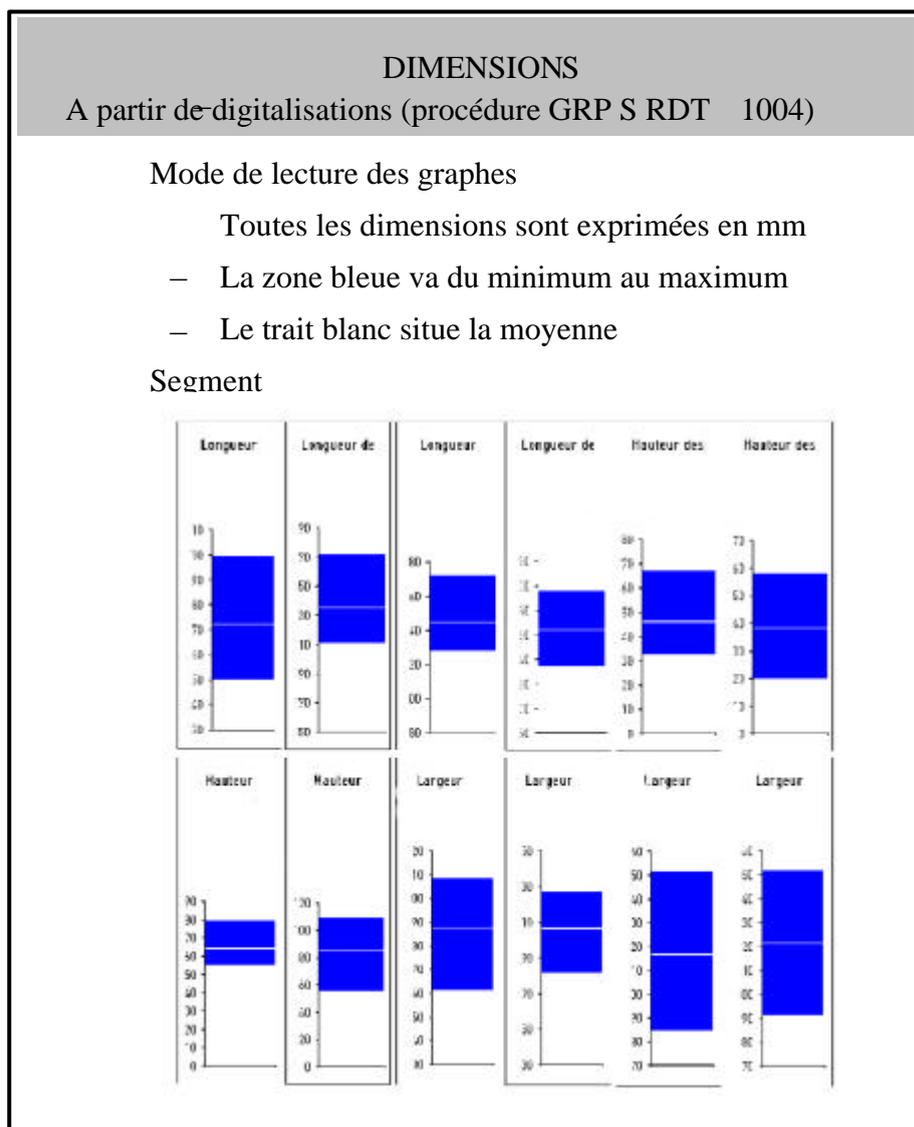


Figure 4 : Recommandations A sur les dimensions d'un siège pour un segment de véhicule donné

<sup>8</sup> Nous nommons segment la catégorisation de la gamme de véhicule pour lequel le siège est conçu, par exemple le segment des berlines, le segment des monospace.

\* Recommandation B :

Le but de cette recommandation est de définir une zone au sein de laquelle l'assise doit se situer pour assurer un certain taux de satisfaction des utilisateurs.

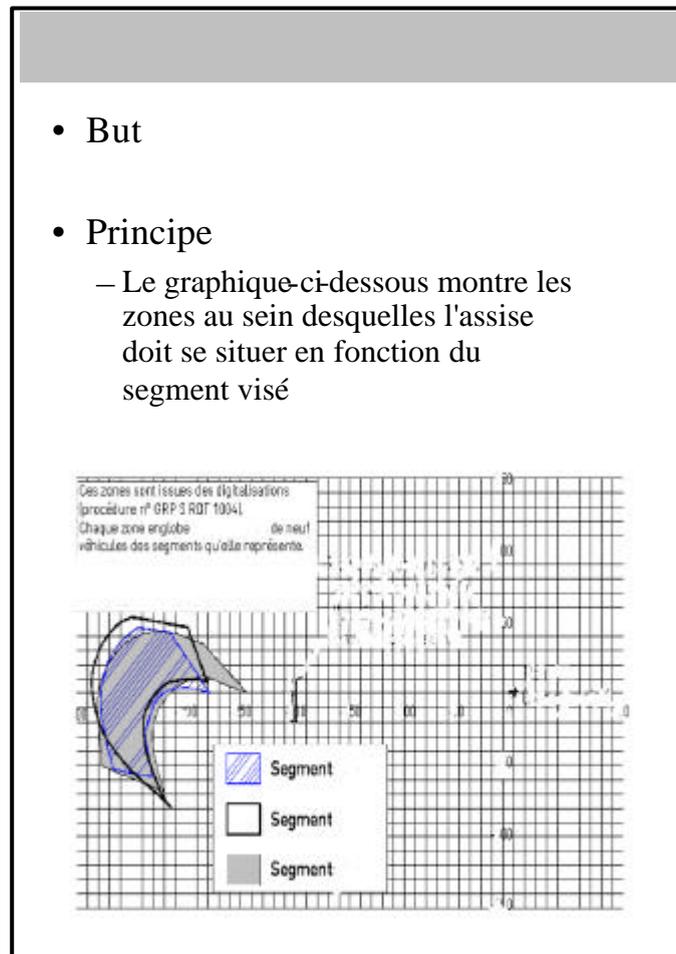


Figure 5 : Préconisation B

\* Recommandation C :

L'objectif de cette recommandation est de calculer un taux en deçà duquel il faut que le coussin (ensemble constitué de la mousse et du tissu de coiffe) et la suspension du siège en cours de conception se situe pour assurer une sensation de confort.

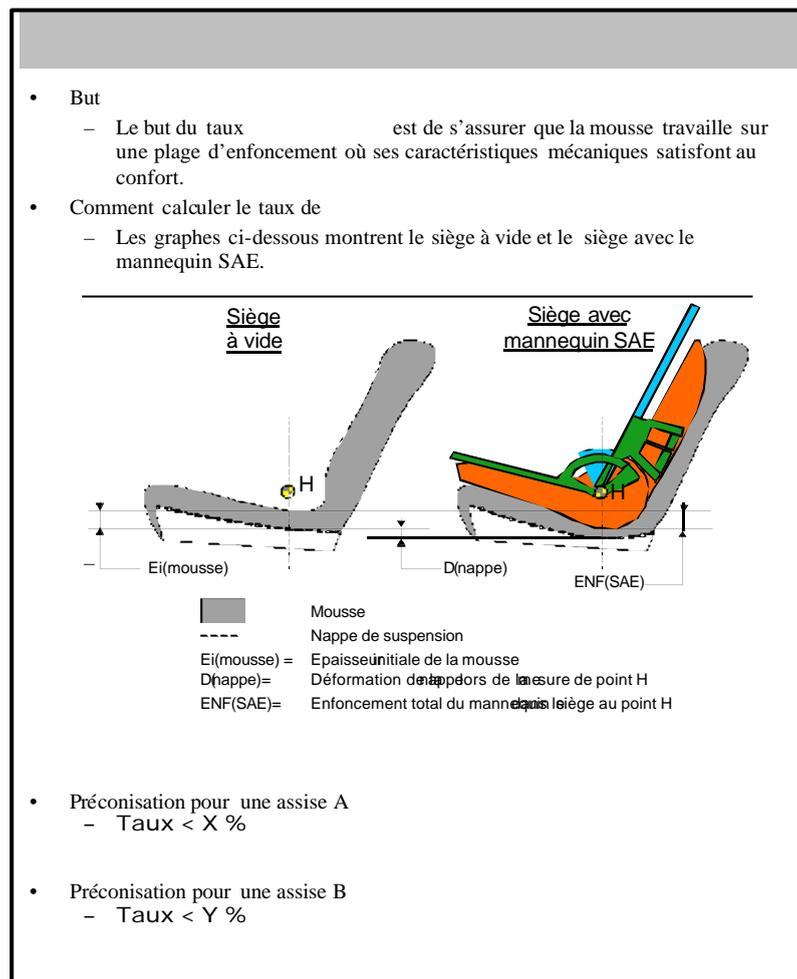


Figure 6 : Préconisations C

Nous allons présenter les résultats du chronométrage et de l'analyse à partir du questionnaire de ces trois recommandations.

### 1.4.2.2 Résultats de l'analyse

Le temps de recherche a varié entre 8 secondes et 2 minutes (nous détaillons les résultats dans le tableau figure 7), avec un des participants qui a refusé de continuer à chercher dans un cas jugeant le temps trop long. Pour comparaison, Gawlinski donne comme temps de réponse pour des systèmes interactifs Homme-Machine : "Less than about a 0.1- second response time, for users to feel that the system is reacting instantaneously, less than about one-second response time, for users' thought processes to remain uninterrupted, less than about ten-second response time, for the users to keep their attention on what is taking place." [GAWLI 03]

La comparaison ne peut être directe mais elle donne une fourchette de valeurs qui permet de démontrer que les temps de recherche sont trop longs.

Nous avons donc chronométré le temps mis par chaque participant pour retrouver chaque préconisation uniquement à part de son titre.

Le tableau ci dessous récapitule le temps mis par chaque testeur pour trouver les préconisations.

	Préconisation A	Préconisation B	Préconisation C
Testeur 1	11 sec	8 sec	17 sec
Testeur 2	41 sec	8 sec	2 minutes
Testeur 3	9 sec	33 sec	abandon
Testeur 4	1 min 30	45 sec	47 sec
Testeur 5	40 sec	16 sec	20 sec

Figure 7 : Tableau récapitulatif du temps de recherche d'information

Nous en concluons que le temps varie individuellement mais il est dans 80% des cas supérieur à 10 secondes ce qui est un temps déjà élevé. Nous en déduisons que la structure du cahier ne permet pas une recherche aisée.

Le questionnaire (annexe 1) met en évidence le manque de clarté dans l'organisation du cahier, le vocabulaire peu ou trop précis (suivant les préconisations). Par exemple, les ergonomes de l'équipe confort utilisent le terme ischiens<sup>9</sup>. Ce terme leur est familier, il ne l'est pour un concepteur travaillant avec un mannequin numérique.

En ce qui concerne la préconisation B, la totalité des testeurs ont jugé inexploitable le graphique à cause de l'échelle et de l'absence de transfert de ces zones sous le logiciel de CAO.

---

<sup>9</sup> Pointe inférieure des os formant avec le sacrum le bassin.

De manière générale, le manque de représentation du marché et de sa diversité, l'absence de données sur la diversité des attentes et besoins des utilisateurs en terme de confort ont été vivement décriés par les testeurs.

Pour démontrer aux responsables des bureaux d'études les bénéfices que l'utilisation des recommandations de l'équipe confort peut amener, une étude a été réalisée sur les impacts de leurs exécutions dans différents projets.

### 1.4.3 Quel est l'intérêt d'utiliser les recommandations de l'équipe confort dans un projet de conception de sièges ?

Pour valoriser la prise en compte des données de l'équipe confort, il faut pouvoir démontrer le gain apporté par leurs applications dans les projets de conception.

Le responsable de l'équipe a réalisé une étude pour connaître l'impact en temps et en coût de la prise en compte des recommandations confort dans le processus de conception. Pour des raisons évidentes de confidentialité les chiffres exacts ne sont pas communiqués. Pour réaliser cette étude, l'équipe confort s'est basée sur trois projets : 2 pour lesquels les recommandations n'ont pas été utilisées et 1 au cours duquel elles ont été appliquées. L'étude a consisté en un dépouillement de l'historique des projets pour connaître le nombre de prototypes réalisés et le nombre de mois/ homme pour la période dite « conception » et le nombre de mois / homme et de demi - journées effectuées chez le client constructeur pour la période nommée « tests et optimisations ».

La participation de l'équipe confort au processus de conception a été séparée, dans cette étude, essentiellement en deux grandes phases : la conception et la phase de tests. Pour discerner plus explicitement ces deux phases, nous proposons le schéma suivant :

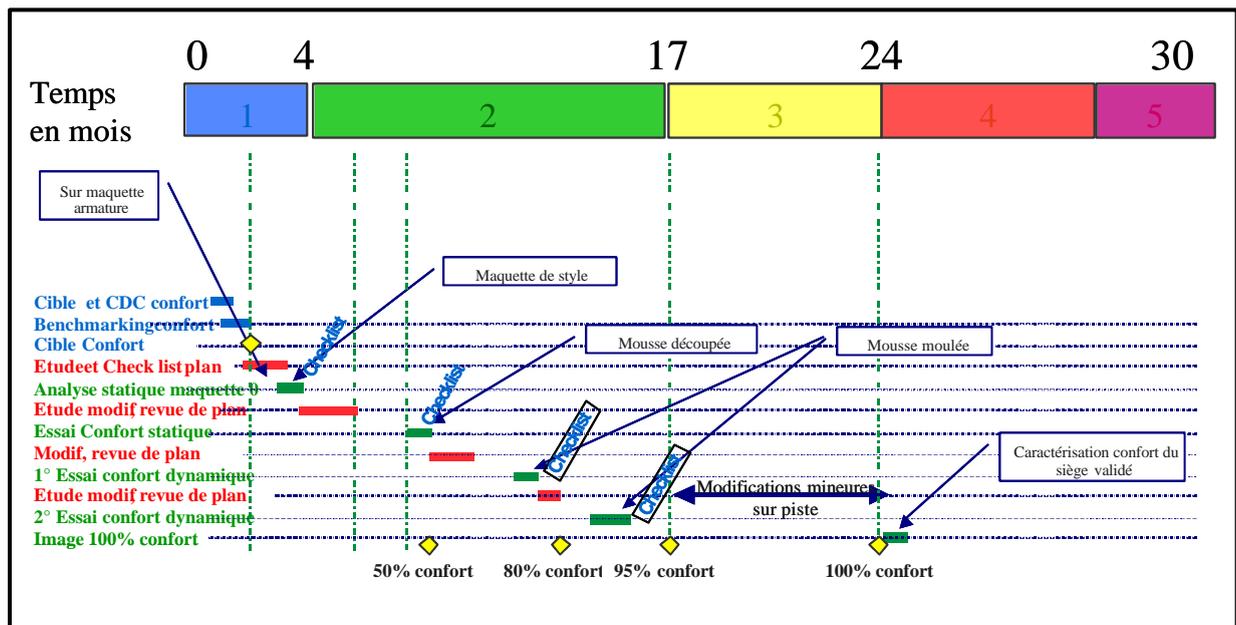


Figure 8 : Planning des interventions de l'équipe confort au sein du processus de conception

Les phases décrites à gauche correspondent, pour celles en bleu et en rouge, à la phase nommée Conception dans la figure 9. Les phases en vert dans la figure 8 correspondent à la phase de tests et validation dans la figure 9.

	CONCEPTION		TESTS ET OPTIMISATIONS	
	Nombre de prototypes	Nombre de mois / homme	Nombre de mois / homme	½ journée chez le constructeur
Sans les recommandations	A à B	Impossible à estimer mais non nul	C	D
Avec les recommandations	A/2 à B/2	A/4	Entre C/4 et C/3	≤ D/2

Figure 9 : Tableau récapitulatif du nombre d'itérations et du nombre d'homme/mois avec et sans la méthodologie confort (d'après Blaise T.)<sup>10</sup>

Même si le nombre de projets étudiés reste faible, les chiffres sont néanmoins explicites et démontrent l'intérêt d'appliquer les recommandations au sein des projets. En effet, elles permettent de diviser par deux le nombre de prototypes et par quatre le nombre de mois /homme. De plus, les analyses statiques et dynamiques des maquettes de siège permettent de réduire par 2 et 3 le nombre de demi-journées effectuée chez le client constructeur et le nombre de mois /homme.

Il semble opportun de continuer cette étude et de la généraliser afin de trouver les arguments concrets et industriellement pertinents pour la généralisation de l'application de la méthodologie confort.

<sup>10</sup> M. Blaise T. est le responsable de l'équipe Confort.

Fort de ces différentes analyses, nous pouvons mieux cerner les difficultés que rencontre l'équipe confort pour diffuser ses recommandations et les difficultés que rencontrent les utilisateurs pour les appliquer. Tout ceci nous amène à formaliser notre problématique industrielle.

## 1.5 Formalisation de la problématique industrielle

Après avoir montré en quoi la conception de sièges d'automobile est pluridisciplinaire, nous avons énoncé notre terrain de recherche centré sur l'ergonomie et la conception mécanique. L'ergonomie est une discipline relevant et s'appuyant sur les Sciences Humaines. Elle est séparée en deux grandes orientations : l'ergonomie centrée sur la correction et/ou la conception de poste de travail et l'ergonomie centrée sur la conception de produits. C'est dans cette deuxième catégorie que nous nous inscrivons. Plus particulièrement, l'ergonomie dans la conception de sièges d'automobile est centrée autour du confort des utilisateurs du siège (conducteur, passager avant et passager arrière). Nous nous focaliserons sur la notion de confort postural.

Prendre en compte l'ergonomie dans la conception permet de prendre au plus tôt les utilisateurs en compte et de réaliser des tests utilisateurs pour valider les choix. Pour pouvoir associer l'ergonomie en amont du processus, il faut que les connaissances pouvant aider les concepteurs soient formalisées. Pour l'équipe confort, les recommandations ont pour but d'aider les concepteurs mécaniciens des différents bureaux d'étude à réaliser des choix techniques en accord avec les attentes, les besoins, la physiologie des utilisateurs. La recommandation comme support du transfert des données de l'ergonome aux concepteurs est l'objet de nos travaux. Pour mieux cerner notre terrain de recherche, nous avons analysé l'utilisation des recommandations. Nous avons tout d'abord observé le manque d'utilisation de ces recommandations dans les bureaux d'étude dû à une diffusion restreinte du cahier de recommandation. De plus, nous avons réalisé un chronométrage de la recherche d'information dans ce cahier, ce qui nous a permis de montrer que la structuration de ce dernier n'est pas adaptée à l'activité des concepteurs. Nous avons alors analysé plus précisément trois des recommandations du cahier qui en contient quatorze. Les résultats prouvent que ces dernières contiennent un vocabulaire inapproprié et des graphiques finalement peu exploitables. Néanmoins, une étude réalisée sur l'initiative de l'équipe confort établit l'intérêt en terme de coût et de délai de l'utilisation des recommandations confort.

En conclusion, la diffusion des recommandations confort est peu efficiente et leurs formes les rendent peu exploitables. L'ensemble de ces résultats explique la difficulté pour les ergonomes d'être réellement intégré au sein de la conception de sièges d'automobile. En optimisant les recommandations confort, leurs applications seront plus aisées et de fait permettra l'insertion du confort dans le processus décisionnel des concepteurs.

Tout ceci valide notre terrain de recherche et permet de formaliser la problématique industrielle suivante: **Comment améliorer la prise en compte des recommandations confort ?**

Ceci nous permet d'aborder différents thèmes. Tout d'abord, nous allons détailler les recommandations en envisageant cet objet sous plusieurs angles. Nous aborderons ensuite différentes notions pouvant amener des pistes de solutions telles que la notion de connaissance et de compétences. Nous nous orienterons vers deux notions particulièrement intéressantes dans le cadre de notre projet : la collaboration métier et l'instrumentation de cette dernière. Tous ces champs vont nous aider à formaliser notre problématique scientifique.

## 2. Problématique scientifique

Améliorer le transfert des recommandations de l'équipe confort, nécessite tout d'abord de mieux cerner les problèmes de cet objet.

Pour ce faire, nous verrons tout d'abord en quoi la recommandation est la preuve de la volonté de l'ergonome de s'insérer dans le processus de conception.

Nous constaterons comment nous pouvons remettre en cause l'efficacité des recommandations dans la conception de produits. Puis nous analyserons en quoi la forme, l'intégration de l'ergonomie, de ses besoins et de ses objectifs dans la temporalité du processus peuvent être sources de difficultés pour l'application des recommandations. Nous approfondirons ensuite les relations entre l'ergonome et le concepteur mécanicien, en particulier chez FAURECIA. Nous envisagerons alors comment, en considérant la recommandation ergonomique comme un objet intermédiaire entre deux acteurs de la conception, les pratiques liées à cet instrument doivent être comprises pour améliorer son transfert.

Enfin nous démontrerons en quoi la thématique de la gestion des connaissances et des compétences nous permet d'entrevoir des pistes telles que la collaboration et l'instrumentation du transfert de données. Ces deux pistes nous apparaissent comme les plus pertinentes face à nos travaux de recherche.

Nous concluons par la formalisation de notre problématique scientifique que nous consignons de la manière suivante : **comment instrumenter au cours des phases amont de la conception le transfert de données métier de l'ergonome en vue d'une exploitation interdisciplinaire avec les concepteurs mécaniciens.**

### 2.1 La recommandation : un lien aux multi - facettes entre ergonomes et concepteurs

La recommandation ergonomique est l'objet principal de communication entre le concepteur mécanicien. Ce dernier a besoin des informations pour réaliser le meilleur choix et l'ergonome souhaite voir ses données utilisées pour concevoir le siège le plus adapté à la population cible. Nous allons tout d'abord analyser la recommandation comme le témoin de l'envie de l'ergonome de s'intégrer au processus de conception. Nous mettrons ensuite en cause l'efficacité de la recommandation. Nous montrons les différents problèmes liés à sa forme, à la gestion du temps et aux rôles des deux acteurs autour de cet objet. Enfin, nous envisagerons l'objet recommandation comme un objet intermédiaire dont le transfert doit être optimisé.

### 2.1.1 La recommandation : témoin d'une envie d'intégration de l'ergonome.

Recommander et préconiser sont des synonymes, ils signifient : conseiller, indiquer à l'intention de quelqu'un. Il y a différents styles de recommandations et nous n'avons aucune prétention d'en avoir analysé une liste exhaustive. Dans son rôle, la préconisation a pour objectifs de guider une personne, de lui faire prendre conscience des limites, des conséquences de ses choix sur l'utilisation future du produit.

Bonnardel montre que les jugements auxquels l'évaluation de l'ergonome aboutit doit contribuer au contrôle de l'activité de conception et à la sélection de solutions. [BONNA 92]

L'insertion de l'ergonomie dans le processus de conception soulève de nombreuses questions sur l'adaptation des méthodes de l'ergonome à l'activité des concepteurs. Cependant, pour Jeffroy [JEFFR91] "L'insertion ne doit pas se traduire par des contraintes uniquement en direction de l'ergonomie, l'accueil de la dimension ergonomique doit également provoquer une évolution de la conception." Nous devons par conséquent amener les deux acteurs à évoluer, à changer leurs points de vue, à échanger sur leurs pratiques.

Si la recommandation répond à un besoin de traçabilité, de reproductibilité, elle est souvent rédigée comme un point de vue unique qui ne dévoile pas les facteurs influençant : elle ne livre pas les incertitudes des résultats, comme par exemple l'influence de l'expérimentation, la variabilité liée à la capacité d'adaptation de l'Homme [MINEL 02]. Or la notion de variabilité, de diversité est une notion clé en ergonomie. Le but de cette discipline est d'adapter les produits à l'Humain dans toutes ses variantes comportementales, anthropométriques, chronobiologiques etc..

La recommandation est bien souvent vue comme un conseil sur les pistes de réflexion à avoir, ne permettant à aucun moment de choisir une solution. La recommandation témoigne de la volonté de l'ergonome de s'intégrer à la conception. Cela signifie par voie de conséquence qu'il n'est d'emblée pas adopté. L'idéal serait d'avoir un ergonome pour chaque question sur chaque projet de conception. Sachant que le nombre de projets en moyenne chez FAURECIA par an est de 20 (appel à consultation, développement etc.), nous pouvons comprendre l'intérêt de formaliser les données ergonomiques pour les diffuser au plus grand nombre d'utilisateurs potentiels.

Il n'est pas tant question de discourir sur l'intérêt d'intégrer l'ergonomie que de trouver une nouvelle approche plus efficace pour l'insertion concrète de l'ergonome dans le processus de conception. En effet, d'autres chercheurs ont déjà su montrer à Faurecia Sièges d'automobile l'intérêt d'amener cette

discipline dans leur savoir-faire métier<sup>11</sup>. De plus, l'engouement et les pratiques des constructeurs vis à vis de cette discipline sont une pression supplémentaire pour l'équipementier.

Le point que nous retiendrons est la nécessité de faire évoluer les deux points de vue : celui de l'ergonome et celui du concepteur. Si l'insertion ne peut se faire sans demander au concepteur de laisser une place et champ d'action à l'ergonome, elle ne doit pas se faire sans exiger de l'ergonome de s'adapter au processus et à ses exigences.

L'envie des ergonomes de s'intégrer dans le processus décisionnel ne suffit pas, il faut que les données qu'ils transfèrent soient exploitables. La question de l'efficacité des recommandations devient une question légitime. En effet, transférer des données n'est pas un but en soi, il faut encore que ces données soient utilisées et surtout que leurs utilisations soient synonymes d'amélioration pour l'utilisateur. Nous avons donc recherché des preuves de l'efficacité des recommandations ergonomiques.

### 2.1.2 Recommandation : une nécessité ayant peu de preuve d'efficacité.

Utiliser une recommandation (dans le sens où elle n'est nullement rendue obligatoire par l'organisation) demande une motivation car c'est un effort supplémentaire. Cet effort doit être récompensé par un intérêt (gain de temps), une valorisation (choix reconnu comme exemplaire) ou satisfaction personnelle. Une recommandation si elle est source d'efficacité avec une possibilité d'être traduite sur le produit permettra au concepteur l'utilisant d'être gratifié. Cependant nous trouvons dans la bibliographie peu de preuves de l'intérêt d'utiliser la recommandation ergonomique. Nous sommes en droit de nous demander comment mesurer cette efficacité. Dans notre projet, démontrer l'efficacité des recommandations sur le produit nécessite de demander à une équipe de conception de réaliser un produit compte tenu d'un cahier des charges. A la suite de quoi, il faut lui demander de concevoir un autre produit compte tenu du même cahier des charges mais avec la recommandation. Si ce dernier produit est mieux jugé par les utilisateurs, alors l'efficacité de la recommandation peut être évoquée, avec l'hypothèse d'une absence d'influence de la mémoire des concepteurs si le même groupe serait utilisé, ou avec l'hypothèse d'une absence d'influence de la diversité des concepteurs dans le cas où les deux groupes de concepteurs testés seraient différents.

Shahnawaz évoque le manque de preuve de l'efficacité des recommandations. « Une approche intéressante pour la systématisation des connaissances dérivées de la recherche en ergonomie consiste à développer des recommandations ergonomiques (Guidelines en anglais). ... En général, on

---

<sup>11</sup> Merci à M. J.M. Judic, à M. S. Baudu et M. T Courvoisier, M. T. Blaise, M. G. Millet, mais également à M. van Effenterre.

peut remarquer que les recommandations qui proviennent d'une étude donnée ne peuvent être généralisées à de nouvelles applications. ... Il y a peu de preuves qui montrent que les sources externes d'informations (recommandations ergonomiques) sont employées dans le processus de conception. ... Les conseils en ergonomie, soit sous la forme de recommandations ou sous d'autres formes, n'ont qu'une modeste influence dans le processus de conception. Ceci peut être expliqué soit par les méthodes employées par les concepteurs dans leur travail ou les contraintes qui leurs sont imposées soit par la valeur propre de cette approche d'utilisation des recommandations. » [SHAHN91] L'auteur présente ici les difficultés d'efficacité des recommandations dans le cadre d'une étude pour une interface Homme / Système. Nous pouvons cependant abonder dans son sens même pour des études en interne. En effet, nous n'avons trouvé aucune bibliographie démontrant l'intérêt et les performances des recommandations.

Au contraire, Farenc qui décrit l'intégration de l'ergonomie dans le développement des applications informatiques, montre que les concepteurs d'applications interactives ont énormément de mal à utiliser les règles ergonomiques pour concevoir des interfaces. Lors d'une étude auprès d'utilisateurs de la norme ISO, Souza et Bevan ont observé que 11 % des règles ergonomiques étaient enfreintes et que ces concepteurs avaient des problèmes pour interpréter 30% des règles. [FAREN 98].

Ceci est confirmé par Darses, qui au cours du projet EIFFEL de l'INRIA constate que des études empiriques " mettent en évidence le peu de certitudes qu'on a sur le fait que les concepteurs suivraient réellement les procédures préconisées par les méthodologies de conception, même si ces concepteurs sont particulièrement expert et qu'ils sont formés à ces méthodes." [DARSE 97]

L'intégration de l'ergonome est un réel souci. S'il ne peut montrer, surtout à la hiérarchie, l'intérêt économique et temporel qu'il peut apporter, alors sa participation aux projets peut en souffrir.

Jourdan explique que la crédibilité et l'efficacité de l'action de l'ergonome dépendent d'une part des prescriptions et d'autre part de la mise en œuvre des compétences dans l'action. [JOURD 02]

Nous retiendrons donc qu'il faut promouvoir l'engagement des prescripteurs à améliorer la crédibilité et l'efficacité des recommandations.

Même si l'équipe confort est capable de démontrer l'avantage de l'utilisation de ses recommandations (cf. paragraphe 1.4.3), cela ne suffit pas à l'utilisation des recommandations. Il faut que les utilisateurs ciblés y trouvent un intérêt. Ils doivent pouvoir se les approprier et être valorisés à travers le respect de ces règles. La forme de la recommandation peut influencer son adaptabilité : une présentation claire permet de trouver rapidement l'information recherchée tandis qu'une recommandation condensée peut décourager le concepteur. Nous allons détailler ce point.

### 2.1.3 La forme des recommandations : une contrainte à prendre en compte par les ergonomes.

Les recommandations sont souvent écrites sous la forme papier. Leur forme au sens sémantique, structurel et visuel est décrite par les ergonomes eux-mêmes.

Blatter souligne l'absence de structure pragmatique des recommandations : « Autre problème des recommandations : leur flou, leur côté "règles de bon sens" du type : « connaître l'utilisateur », « répondre de façon consistante et claire ». L'absence de définitions opératoires laisse le concepteur libre de projeter ses propres représentations. » [BLATT 91]

Cette insuffisance est soulignée par Jeffroy : « Lorsque l'ergonome indique au concepteur que la capacité de mémorisation des utilisateurs est limitée, il attire l'attention du concepteur sur une contrainte à prendre en compte sans indiquer comment la prendre en compte en termes de conception. » [JEFFR 91]

Nous comprenons à quel point il est important d'indiquer les paramètres à prendre en compte, les valeurs souhaitables. La question est comment les appliquer, c'est à dire sur quel paramètre de conception manipuler ? Il s'agit donc bien pour l'ergonome de traduire ses objectifs dans les contraintes des concepteurs. Nous retenons cet objectif pour nos travaux.

Rédiger, codifier des informations n'est pas une activité dénuée de sens. En effet, il faut adapter ses mots au public ciblé. A la différence d'une communication orale, les gestes, l'intonation, le regard ne peuvent influencer sur l'interprétation des personnes cibles. Aussi, il faut faire un effort tout particulier pour orienter la lecture qu'aura le concepteur de la recommandation. Pour Brangier, « la plus grande partie des aides au travail présente certaines opérations, et donc certains objectifs, comme s'ils étaient implicitement connus par l'utilisateur, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Une des difficultés des concepteurs d'instructions est de déterminer le contenu des instructions qui doit être présenté. Le concepteur doit donc faire des choix sur le contenu, la forme de présentation et le niveau de généralités des instructions. ... Pour faire ces choix, il est important de connaître les futurs utilisateurs des instructions. » [BRANG 00]

M. NAËL, dans son rapport de synthèse sur la session "ergonomie de produit" du XXVIème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, rappelle que "formuler des recommandations de façon aussi précise et ouverte que possible est un exercice délicat". Pour se faire, il faut avoir connaissance de ses interlocuteurs et partager un langage commun avec eux. D'autre part, il souligne que l'ergonome se sent généralement à l'aise dans les phases d'analyse, de diagnostic. Mais "le passage de l'analyse aux solutions est toujours une rupture". "Il faut pour cela franchir le pas de la description à la prescription, de la prudence scientifique à l'action de transformation du réel" [NAEL 90]. Selon

nous, l'ergonome ne doit pas uniquement fournir les résultats de ses analyses, il doit s'engager dans le processus décisionnel en fournissant des réponses techniques.

La forme papier limite la quantité d'informations transférées en comparaison à la forme informatique qui elle permet la gestion, la manipulation et le stockage d'une quantité importante de données. On ne peut exiger d'un concepteur qu'il lise un livre pour obtenir la recommandation. Mais ne donner que l'information sans le chemin pour y parvenir appauvrirait l'intérêt de la recommandation. Ainsi comme le constate Flottes Lerolle, la démarche importe autant que les résultats. [LEROL 94] En effet, seule la démarche permet de s'approprier les données et de les adapter à d'autres contextes.

De même, il ne serait pas raisonnable de demander à l'ergonome de rédiger à chaque fois une synthèse sur les raisons physiologiques, sur le protocole expérimental, sur le matériel utilisé, sur l'analyse des résultats et sur les résultats pour chaque recommandation, ou bien intégrer l'ergonomie reviendrait vite à mettre en place un système de bibliothèque pour chaque concepteur. Pour autant, ne livrer qu'un pourcentage, un chiffre, une zone acceptable sans le raisonnement qui a permis de conclure sur ces données ne permettrait pas à l'utilisateur d'exploiter ses données correctement. Pour Giordan, l'appropriation de la démarche est indispensable. Faute de quoi, « la savoir se réduit à des étiquettes, des algorithmes, des rituels ou à des tâches parcellaires ». [GIORD98]

Pour Ankrum, la précision donnée aux résultats témoigne de la compétence du rédacteur. Ainsi, plus nous sommes précis moins nous sommes pertinents dans nos intentions de communiquer. « The less familiar we are with the principles, the more precise we tend to be in following directions. Any time you see decimal after a number, be suspicious. The best behavioral changes are usually achieved by explaining the reasons for the guidelines and being flexible. » [ANKRU 01] Nous comprenons l'intérêt alors pour un ergonome de réaliser une recommandation vague! [MINEL 00]

Cependant, l'ergonome ne peut rédiger un cahier des charges valable quel que soit le contexte. Les résultats ergonomiques sont liés à l'activité (celle du conducteur ou des passagers en l'occurrence) et de ce fait varient selon trois axes principaux : la variabilité interindividuelle, la variabilité intra-individuelle et la variabilité de situation. La question devient : comment retranscrire cette diversité lorsque l'on est limité par le format ? En effet, révéler la diversité demande de pouvoir visualiser l'influence d'un des paramètres entrant sur les paramètres sortant tout en dévoilant le champ des possibles. Les abaques laissent cette possibilité mais ils ne sont adaptés que pour les problèmes à deux dimensions, au-delà la lecture des résultats devient laborieuse et délicat.

Les résultats sur papier ne sont pas directement transposables aux données CAO que manipule le concepteur. Il doit donc réaliser une activité supplémentaire, celle d'implémenter les zones, les chiffres de l'ergonome sur son modèle CAO. Il y a là un paradoxe.

L'ergonome demande au concepteur de prendre en compte les futurs utilisateurs du siège, mais lui-même ne prend pas en compte l'activité des futurs utilisateurs de son produit, la recommandation.

Pour Roussel, le problème de la formulation des recommandations se résume suivant les deux points suivants :

« • Empruntes des domaines de la biomécanique, de la physiologie et de la psychologie, de représentation de l'activité des utilisateurs différentes,..., elles sont encore éloignées des champs de connaissances, des représentations des acteurs de l'équipe de conception et la compréhension s'effectue d'autant plus difficilement que le temps imparti aux phases d'acquisition et d'interprétation se réduit inexorablement;

• D'autre part, même si l'interprétation est réussie, la nature même de l'information étant souvent éloignée des autres contraintes à gérer, le concepteur se voit dans l'impossibilité de la pondérer; elle s'en trouve rejetée. » [ROUSS 96]

En accord avec cet auteur, notre positionnement est d'améliorer la forme des recommandations papier et de favoriser l'utilisation d'autres formes de communication, informatiques par exemple, pour perfectionner l'interprétation, l'appropriation des recommandations ergonomiques et par voie de conséquence l'efficacité de ces dernières.

Roussel évoque le problème de gestion de temps qui nous semble être une piste d'amélioration que nous allons aborder.

#### 2.1.4 La recommandation : une preuve de la relation particulière à la temporalité du projet.

Une difficulté supplémentaire a été identifiée par Jackson [JACKS 98] et Guerin [GUERI 96], il s'agit de l'inscription de la contribution de l'ergonome dans le temps. Non seulement de l'inscription de leurs participations dans le processus de conception du projet (lors de la définition du cahier des charges, lors de la phase de validation du produit) mais également de l'inscription de leurs résultats dans la temporalité des décisions (temps de réalisation des tests face à l'urgence des questions). Les recommandations ont pour but de pallier un minimum à ces difficultés. En effet, l'ergonome suppose qu'un certain nombre de résultats préexistant aux problèmes liés à la conception du produit va orienter les décisions en faveur de la prise en compte des utilisateurs lors de la résolution du problème.

De cette difficulté temporelle découle le paradoxe de l'ergonomie de conception identifié par Theureau et Pinsky [PINSK 87]. L'ergonomie francophone (par opposition au courant de l'human factor<sup>12</sup>) mise sur l'élaboration d'un diagnostic résultant sur l'observation de l'activité réelle d'utilisation. Or

---

<sup>12</sup> Le courant de l'human factor considère l'homme comme un composant du système. Son mode opératoire repose sur la reproduction en laboratoire des conditions d'utilisation, de travail. [WOODS 92]

l'utilisation réelle du produit ne peut être observée que lorsque ce produit existe. L'observation n'est réalisable avant d'avoir conçu le produit ou tout du moins une maquette fonctionnelle. Il faut avoir des données avant d'effectuer les choix orientant la maquette. Cependant toutes les données ne peuvent être formalisées avant que les tests ne soient effectués. La merveilleuse capacité de l'Homme à s'adapter et à détourner l'usage prévu rend cela impensable.

Nous retiendrons que les recommandations ne peuvent formaliser que les données invariantes suivant les situations. Le gain de temps qu'elles autorisent ne peut se soustraire à celui nécessaire pour mettre en place et réaliser des tests. La notion au temps semble donc être une piste peu soluble dans notre contexte industriel.

Outre la relation au temps, les rôles induits par le processus de conception des recommandations altèrent l'utilisation de celles-ci. Nous allons présenter notre vision sur les relations des deux acteurs sur lesquels repose notre recherche autour de la recommandation ergonomique.

### 2.1.5 Recommander, appliquer : deux activités opposées ?

Préconiser c'est aussi refuser de choisir. Et il y a de bonnes raisons à cela : le caractère général que doit avoir la prescription, la méconnaissance du contexte et des contraintes du projet futur... Mais il y a derrière cette notion de recommandation, celle de responsabilité. En effet, quel intérêt a l'ergonome à engager sa responsabilité dans l'élaboration d'une recommandation, qui aboutira peut-être à la naissance d'un produit dont le résultat n'est pas celui escompté (le produit "ne marche pas") ?

Nous avons comparé différents cahiers de préconisations, nous avons pu constater qu'il n'était pas notifié qui devait utiliser les préconisations, ni à quel moment les appliquer ou encore quelles contraintes devaient déjà être fixées. Les recommandations restent au libre arbitre des personnes les traduisant en paramètres produit.

Parallèlement, la notion de responsabilité est une des clés de lecture de l'ambiguïté régnant autour des recommandations. Nous avons interrogé dix concepteurs mécaniciens de FAURECIA en leur posant les deux mêmes questions :

- L'ergonome produit une recommandation. Vous l'appliquez et le résultat obtenu n'est pas celui escompté. A qui revient la faute ?
- L'ergonome produit une recommandation un peu floue, un peu vague. Vous l'appliquez. Le résultat obtenu n'est pas celui escompté. A qui revient la faute ?

A l'unanimité dans le premier cas, la responsabilité revient à l'ergonome tandis que dans le deuxième cas la faute revient au concepteur qui aurait dû interroger l'ergonome. Nous pouvons comprendre

l'intérêt du concepteur à demander une recommandation précise et celle de l'ergonome de refuser. Les notions de responsabilité, de faute et d'erreur sont des notions importantes dans les organisations d'aujourd'hui.

En se référant à une règle écrite par d'autres, on suggère que la responsabilité de la décision ne nous revienne pas. Appliquer ne demande pas de comprendre ni d'acquérir le savoir de celui qui a produit la prescription. [MIN 02]

Les concepteurs perçoivent les informations ergonomiques comme ayant peu de valeur et très coûteuse en temps et en efforts à obtenir.[BURNS 94]

Les rôles de prescripteurs et d'exécutants pervertissent les relations entre les deux acteurs : ergonome et concepteur. Comme le constate Jeffroy, [JEFFR 91] « Cette position peut faire apparaître l'ergonome comme donneur de leçon qui « ne se mouille pas beaucoup » et qui est toujours prompt à critiquer le travail du concepteur. ... Il y a celui qui donne la recommandation, qui conseille et celui qui suit ces conseils. Or la conception est un processus où la négociation est règle. »

Nous avons schématisé les relations entre l'ergonome et le concepteur mécanicien chez FAURECIA dans la figure suivante.

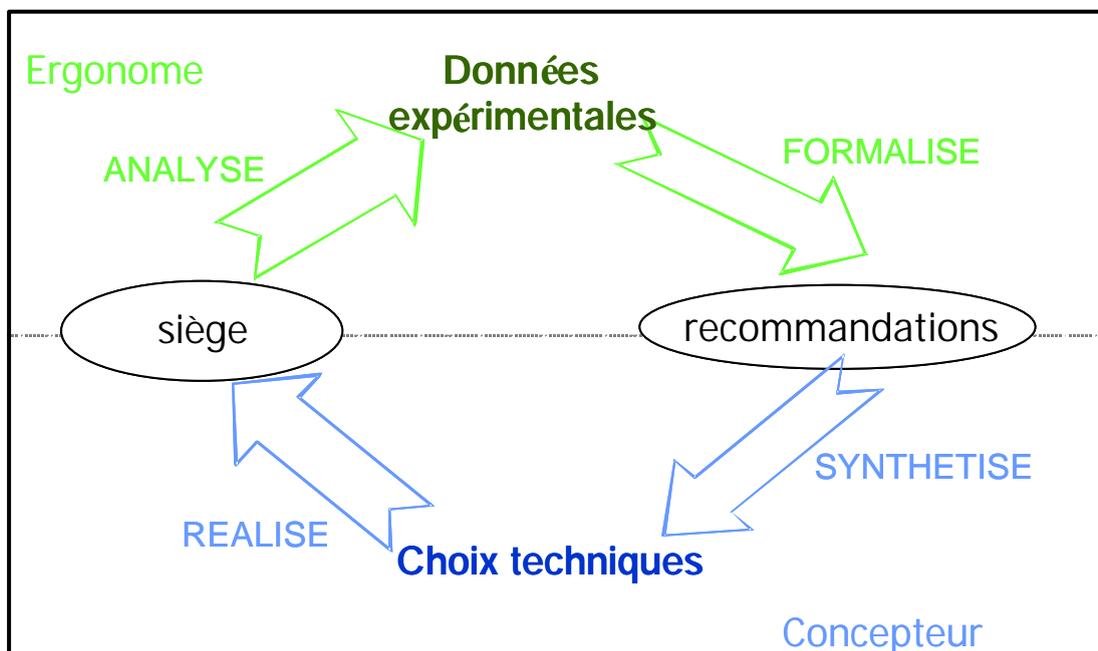


Figure 10 : Schéma des rôles entre l'ergonome et le concepteur mécanicien de siège d'automobile.

Il n'est pas ici question de chercher à nommer l'instigateur du circuit. Le propos est d'explorer en quoi l'activité d'analyse et de synthèse éloigne les concepteurs et les ergonomes, et obscurcit l'utilisation des recommandations.

L'ergonome analyse un siège<sup>13</sup>. C'est à dire qu'il réalise la décomposition d'un tout en ses éléments essentiels dans le but d'obtenir leurs rapports. Plus concrètement, l'ergonome va observer un des paramètres du siège pour en déduire sa performance à accommoder un pourcentage du panel de testeurs. Les résultats des tests sont formalisés sous forme de recommandation. Ces recommandations sont synthétisées par le concepteur. C'est à dire qu'il combine, associe des éléments pour faire un tout. Dans notre cas, il réalise un compromis entre les recommandations de l'équipe confort, celles du client, les normes, la réglementation en matière de sécurité, la faisabilité, le coût, les autres contraintes du produit, etc. pour concevoir un paramètre compte tenu de ses objectifs.

Cette différence de points de vue engendre des attentes différentes sur la recommandation. En effet, l'ergonome attend de la recommandation d'être un moyen de décrire les solutions du point de vue fonctionnel et de leur adaptabilité à la cible. Tandis que le concepteur attend de la recommandation l'énoncé de solutions les plus adaptées à la population ciblée. Nous souhaitons faire converger ces points de vue, ces attentes.

Comme le montre Darses, les concepteurs ont une propension à penser solution, de part leur expérience et de part la formalisation des contraintes qui suscite d'emblée les traits de solution. [DARSE 97]

Le rôle de prescripteur limite le champ d'action de l'ergonome. Il n'est considéré que comme celui qui doit réaliser des recommandations et n'est pas identifié comme celui qui peut aider la prise de décisions en amont du projet. Il devient un " ergonome – méthode" alors qu'il voudrait être un "ergonome-concepteur". [LEBOR 01]

Pour Aggeri et Hatchuel, l'incompréhension entre acteurs, engendrée par les rôles et les pratiques autour des recommandations, est « l'une des difficultés fondamentales que l'on rencontre en conception ». Ils précisent que « l'intercompréhension entre concepteurs pose problème car elle se heurte à des référentiels souvent différents d'un métier à l'autre, d'un individu à l'autre. » De plus, « Ce qui pourra passer pour une consigne claire du point de vue du prescripteur pourra ne pas rencontrer d'écho chez un concepteur cherchant à construire un compromis technique acceptable et qui ne verra pas comment suivre ces préconisations. » [AGGER97]

---

<sup>13</sup> Nous entendons ici par le mot siège aussi bien une maquette fonctionnelle que l'analyse d'un siège lors d'un benchmarking.

Pour Baradat, la principale incompréhension provient de l'écart entre l'utilisation faite de la technique par l'ergonome et le concepteur : « Il me semble que pour l'ergonome, la technique est un moyen, un outil qui permet d'atteindre un but, alors qu'en ce qui concerne l'ingénieur, il semble que la technique soit le résultat de son action. Il y a effectivement décalage." » [BARAD 99].

Lamb explique que la première barrière est le degré de confiance entre celui qui doit appliquer la recommandation et celui qui la conçoit. En effet, la personne qui reçoit l'information doit être capable de croire que l'information disponible est la meilleure et celui qui fournit l'information que le receveur l'utilise de la manière la plus appropriée. Ce problème de confiance existe entre l'ergonome et le concepteur mécanicien. L'une des voies pour combattre ce problème est de concevoir la recommandation avec les deux catégories d'acteurs. [LAMB 01]

Nous retiendrons cette dernière proposition de Lamb. Pour optimiser le transfert des recommandations ergonomiques vers les concepteurs, pour améliorer la forme et l'efficacité de ces dernières, nous devons amener les ergonomes et les concepteurs mécaniciens à concevoir ensemble cet objet intermédiaire qu'est la recommandation.

L'ergonome doit se lancer dans un processus d'amélioration de la formalisation de ces connaissances faute de quoi son activité ne sera pas introduite lors de la prise de décision. Pour cela, Boff (88) pense que les ergonomes doivent décrire la possibilité que possèdent les résultats d'être interprétés et appliqués, afin de rendre les résultats disponibles pour les concepteurs. Il faut « rendre ergonomique les recommandations ergonomiques ». [ROUSS 96]

La recommandation est un objet de coordination des activités des ergonomes et des concepteurs mécaniciens. Ce point de vue nous amène tout naturellement à examiner le champ des objets intermédiaire en conception.

### 2.1.6 La recommandation : un objet intermédiaire

L'expression « objet intermédiaire » est utilisée par Jeantet et Boujut pour définir les artéfacts «qui sont produits, qui circulent, orientent, contraignent ou qui sont mis à l'épreuve, critiqués, corrigés, complétés, bref qui constituent un support, quand ce n'est pas partenaire, au travail des acteurs engagés dans le processus ». [JEANT 98] En ce sens, la recommandation ergonomique doit être considérée comme un objet intermédiaire. L'objet intermédiaire doit servir de médiation entre les acteurs car il a un rôle de support de communication au sein du processus de conception.[MER95]

Pour Jeantet, l'objet intermédiaire a une nature hybride: il est à la fois le témoin, la modélisation contextualisée de la réalité et instrument de la coordination. [JEANT 94] Pour Mer, l'objet s'intègre dans une double temporalité : "il représente le futur produit et, en même temps, le processus dont il est le résultat. [MER 95] Pour Plety, cité par Daillot-Befio, les objets intermédiaires sont au cœur de l'analyse des coordinations, des coopérations et des interactions qui s'opèrent dans les action de conception. [DAILL 98]

L'objet intermédiaire est une aide au raisonnement, à la formalisation du problème et à la recherche de solution, et ceci de manière individuelle et collective. L'objet intermédiaire est la matérialisation, la mémorisation des décisions constitutives au projet. Il " facilite la circulation du savoir productif, sa dispersion éventuelle et son appropriation par autrui. On peut ainsi penser au plan d'une machine prototype-plan que l'on peut reproduire, photocopier et envoyer à l'autre bout du monde. A l'arrivée, à la seule condition de savoir déchiffrer le plan, c'est à dire de comprendre les codes, les conventions, les symboles utilisés, la machine est presque reproductible. " [MANGO 97]

Hatchuel dit que ces objets ont « un rôle de prescription réciproque ». [HATCH 96] L'objet intermédiaire n'est pas le produit final de la conception mais il sert de médiateur autour duquel la discussion doit s'instaurer. C'est dans cette optique que notre projet de recherche s'oriente.

Au travers de l'analyse d'un projet au sein de la division aéronautique d'un fabricant de roulement à billes, Mer montre que le passage d'une logique ou « monde » prescriptif à un monde coopératif, ne suffit pas de rassembler géographiquement des équipes multi - métiers. Sa proposition consiste en la « construction d'outils et d'objets communs, dans le même temps que le changement organisationnel, permettant réellement l'intégration des différents métiers ». [MER 97]

Le changement organisationnel n'est pas l'objet de nos travaux. Face à cette orientation, nous nous concentrons sur un axe plus restreint qui est la conception d'outils communs. La conception conjointe autorise alors l'implication des concepteurs et leur responsabilisation face à cet objet de coordination. L'objet intermédiaire s'inscrit dans un processus d'élaboration, d'usage et de transformation.

Mer suggère que pour concevoir des outils producteurs d'objets intermédiaires "nous devons construire les objets en les considérant comme, indissociablement, modélisation de la matière et vecteur de communication entre acteurs". [MER 95]

Nous retiendrons que considérer la recommandation comme un objet intermédiaire tel que le définissent ces différents auteurs, rend lisible l'intérêt de repérer le réseau de pratiques associées à cet objet ainsi que les investissements sur sa forme, la manière dont les uns et les autres s'en saisissent. L'objet suit une logique d'utilisation qu'il faut comprendre.

Le transfert des objets intermédiaires doit être pris en compte dans le but d'améliorer la coordination, la communication autour de ses objets afin d'engager une réelle collaboration métier.

### 2.1.7 Synthèse sur l'objet recommandation

Nous avons pu aborder dans cette partie, différents points de vue autour de la recommandation.

Nous avons tout d'abord montré en quoi la recommandation traduit par son existence la volonté de l'ergonome de participer au processus de conception, volonté qu'il faut encourager. Néanmoins, nous ne pouvons pas, compte tenu de la bibliographie, affirmer que la recommandation est efficace pour aider les concepteurs dans leurs choix. Nous devons amener via son utilisation un bénéfice à l'utilisateur et une valorisation.

Nous avons ensuite abordé les difficultés liées à la forme de la recommandation. Cette dernière est souvent écrite sous forme papier et présuppose d'un minimum de connaissances en ergonomie chez l'utilisateur de cet objet. A la différence d'une communication orale, les gestes, l'intonation, le regard ne peuvent influencer sur l'interprétation des personnes cibles. Aussi, une attention toute particulière doit être portée aux informations contenues et à la manière de les présenter.

La forme n'est pas le seul obstacle à l'utilisation des recommandations. Le paradoxe de l'ergonomie de produit soulevé par Theureau et Pinsky, montre le problème d'intervention dans le temps dans le processus de conception. En effet, pour pouvoir évaluer le produit, il faut que ce dernier existe. Une recommandation ne peut prévoir toutes les conclusions auxquels le test utilisateur aboutira. La recommandation ne peut présumer de l'usage que les utilisateurs en feront. Aussi, il y a un caractère incomplet dans la recommandation, que nous ne pouvons pas résoudre et qu'il nous faut admettre, afin de diminuer les difficultés liées à ce paradoxe.

La recommandation relie deux acteurs entre eux : les ergonomes et les concepteurs mécaniciens. Elle entraîne des rôles différents, qui en caricaturant se résument de la manière suivante: il y a le prescripteur, qui ne se mouille pas et critique l'activité des concepteurs et l'exécutant, qui suit les conseils sans essayer de les contextualiser. Pour changer ces relations, nous proposons de faire travailler ensemble les acteurs autour de la recommandation. Nous devons renforcer le caractère coordinateur de la recommandation.

Nous avons alors décidé d'approfondir la notion d'objet intermédiaire tel que Boujut et Jeantet la définissent. En considérant, la recommandation comme un artéfact pouvant aider au raisonnement, à la formalisation du problème et à la recherche de solution, nous nous devons d'améliorer son transfert dans le but de perfectionner la coordination entre acteurs.

Pour pallier ces difficultés intrinsèques de l'objet recommandation et pour répondre à nos objectifs, nous allons envisager différents champs. En effet, le contenu de la recommandation, que nous souhaitons adapter aux utilisateurs, est la formalisation des connaissances des ergonomes à un moment donné. Nous allons donc tout d'abord investiguer ce champ. N'ayant que peu de preuves de la pertinence des projets de gestion de connaissances telle qu'elle est envisagée actuellement, nous avons décidé d'approfondir la notion de compétences. Cette notion va nous amener à entrevoir la collaboration métier comme un catalyseur à l'expression, la formalisation des données confort et à l'exploitation de celles-ci par les concepteurs.

Nous exposerons ensuite quel intérêt nous avons à instrumenter la collaboration pour la rendre plus exploitable et mesurable dans nos travaux de recherche.

## 2.2. Quels paramètres prendre en compte pour transférer les données les plus pertinentes aux concepteurs : les connaissances, les compétences ou d'autres ?

Nous considérons la recommandation comme la formalisation des connaissances de l'ergonome, du moins celles qu'il souhaite voir se répandre et devenir communes pour les autres acteurs. Nous allons tout d'abord définir cette notion. Le manque de certitudes sur la pertinence des projets de gestion de connaissances va nous amener à envisager la notion de compétence. En considérant cette dernière, nous envisageons le transfert de données entre ergonome et concepteur comme une compétence à développer entre ces deux acteurs. Nous approfondirons donc la notion de collaboration inter – métier à travers notamment son instrumentation et la notion d'interdisciplinarité, notion fondatrice de la coopération.

### 2.2.1 Transfert de données et gestion des connaissances : quel positionnement adopter ?

La notion de transfert de données est souvent associée à celle de gestion des connaissances. En se rapprochant de ce champ de recherche, nous avons pu constater que les publications sont extrêmement nombreuses. PRAX parle « d'inépuisable complexité et richesse du concept de connaissance » et cette remarque traduit bien l'ampleur des débats qui se posent par rapport à cette notion [PRAX 98].

Pour Le Moigne, il ne s'agit pas tant de "faire circuler la connaissance systématiquement, mais de la rendre économiquement accessible à la demande, sans contraindre tous les acteurs de l'organisation à la consommer malgré eux". [LEMOI 86] La notion d'économie apparaît clairement, l'enjeu organisationnel et institutionnel est bien économique : gain de temps, gain de productivité, gain en qualité. Autant de pistes que la gestion des connaissances veut rendre plus performantes.

Connaissances et informations sont étroitement liées. Gardoni écrit que « les connaissances sont matérialisées par les informations traitées. Elles peuvent être considérées comme un raffinage des informations ». [GARDO 99]

Pour Foray, « la connaissance possède quelque chose de plus que l'information; elle renvoie à la capacité que donne la connaissance à engendrer, extrapoler et inférer de nouvelles connaissances et informations » [FORAY 00] La hiérarchisation entre les notions de données, d'informations de connaissances et l'importance (économique, individuelle, collective, ...) est une question qu'aborde chaque auteur et de manière différente. Nous donnerons quelques définitions mais nous n'avons aucune prétention d'exhaustivité. En accord avec le positionnement de March : "la construction

d'informations peut-être considérée comme plus importante que l'information elle-même, tout comme la prise de décisions à plus d'importance que ses résultats". [MARCH 91]

La gestion des connaissances est définie par Brunet [BRUNE 94] comme la mise en place d'un système de gestion des flux cognitifs qui permet à tous les composants de l'organisation à la fois d'utiliser et d'enrichir le patrimoine de connaissances de cette dernière. Pour Grundstein [GRUND 00] il s'agit de repérer et rendre visibles les connaissances de l'entreprise, pouvoir les conserver, les accéder et les actualiser, savoir les diffuser et mieux les utiliser, les mettre en synergie et les valoriser. Il est commun de définir la connaissance comme la maturation, l'assimilation, la contextualisation l'adaptation, la réutilisation d'informations.

Entre théorie et pratique, Soulier<sup>14</sup> pense que l'information est codable mais pas les connaissances. Il ne croit pas à un modèle représentationnel. Nous partageons à ce jour ce point de vue. La gestion des connaissances doit se définir en fonction des connaissances des individus de l'entreprise qui toutes ensemble forment un savoir métier, même si le savoir collectif n'est pas la somme des savoirs individuels. L'individu tient une place indiscutable dans la gestion des connaissances, souvent négligée malgré tout. Car comme l'explique Morin, « la source de toutes connaissances se trouve dans l'être cellulaire, lui-même indissociable de la qualité d'être vivant et d'individu- sujet. ... Être, faire, connaître sont, dans le domaine de la vie, originellement indifférenciées, et, quand ils seront différenciés, ils demeureront inséparables. » [MORIN 86] Autrement dit, gérer les connaissances revient à gérer les individus. Il s'agit d'intégrer le passé dans le présent tout en pensant intégrer ce présent dans le futur. Il faut penser l'individu dans le collectif et le collectif par rapport à l'individu.

La connaissance ne recouvre pas qu'un seul domaine d'application. Ainsi, [DUIZA 96] Duizabo et Guillaume distinguent trois catégories de connaissances :

- les connaissances relatives au **savoir** : descriptives, directement utilisables. L'information est donc le vecteur privilégié de ce type de connaissance.
- Les connaissances relatives au **faire** : dynamiques, procédurales. La formation est donc le vecteur privilégié de ce type de connaissance.
- Les connaissances relatives au **comprendre** : non directement transférables, proviennent de l'enrichissement des connaissances relatives au savoir à travers des échanges d'expérience. La communication est donc le vecteur privilégié de ce type de connaissance.

Les connaissances que l'équipe confort souhaite transférer se rapportent directement aux deux premières définitions.

---

<sup>14</sup> Séminaire du LAMSADE, conférence du 12 janvier 1999 de Soulier E. (CIGREF).

Polanyi distingue deux catégories de savoir : les savoirs tacites et les savoirs explicites. Les premières sont définies comme des connaissances difficilement verbalisables disposant d'un caractère incommunicable rattaché à son détenteur. Alors que les connaissances explicites échappent à leur détenteur de part leur caractère exprimable, codable et duplicatif. [POLAN 83] Nous savons plus que ce que nous pouvons dire. ... C'est un fait bien connu que le déroulement d'une performance habile est achevé dans l'observation d'un ensemble de règles qui ne sont pas connues en tant que telles par la personne les suivant. [POLAN 58]

Les connaissances explicites sont transmissibles dans un langage, elles peuvent être énoncées, communiquées et capturées par écrit. Les connaissances tacites sont connues sans en avoir conscience.

Les travaux de Nonaka reconnus mondialement, énoncent les différentes transformations entre les types de connaissances. [NONAK 95] Il définit ainsi quatre phases :

- Extériorisation : transformation de connaissances tacites en connaissances explicites,
- Intériorisation : transformation de connaissances explicites en connaissances tacites,
- Socialisation : création de connaissances tacites à partir d'autres connaissances tacites via l'observation, l'imitation,
- Combinaison : création de connaissances explicites à partir de connaissances explicites.

Nous pouvons résumer ces phases par le schéma suivant :

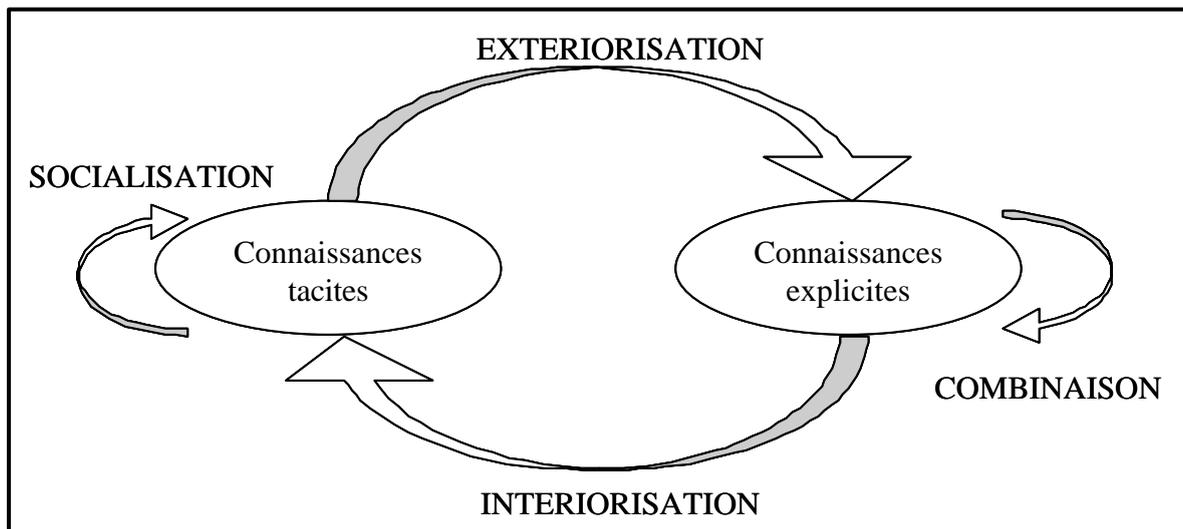


Figure 11 : Typologie des relations entre les connaissances tacites et explicites d'après Nonaka et Takeuchi, 1995.

Les connaissances tacites sont celles qui peuvent être sources de valorisation pour l'individu et d'avantages concurrentiels au niveau de l'entreprise. Nous n'avons aucune prétention de pouvoir avoir

accès aux connaissances tacites des ergonomes de l'équipe confort, un ergonomiste cognitif serait plus compétent. Cependant, faire formaliser l'ergonome sur sa pratique, sur les données et méthodes nécessaires à ses décisions est indispensable pour pouvoir extérioriser ces connaissances vers les concepteurs. C'est bien là notre objectif : extérioriser les connaissances de l'ergonome, pour transférer les informations pertinentes aux concepteurs mécaniciens.

Mais il y a là une réelle question : si l'avantage concurrentiel se base sur ces connaissances, il est de l'intérêt des employés de garder ces connaissances pour être valorisés. On comprend mieux la difficulté majeure des projets de gestion de connaissances : dans le contexte économique actuel, quel intérêt a un employé de fournir ses tours de main, ses connaissances, son savoir – faire ? Ce sont autant d'avantages qui lui accordent la reconnaissance de ses pairs et de sa hiérarchie. Il en est de même pour l'ergonome. La peur de vulgariser sa pratique est tenace et les barrières nombreuses.<sup>15</sup> Partager c'est accepter de réduire son champ de potentialités. Ce n'est pas chose facile.

En accord avec Bes, nous nous interrogeons sur l'intérêt que peut trouver cet expert à transmettre ses savoirs. Il doit léguer ce qui fait sa différence au sein d'une entreprise où bien trop souvent le turnover est élevé et où règne parfois une compétition sans merci. « Le principe selon lequel, chacun doit mettre à disposition de la communauté de travail, son "placard individuel" est antinomique avec les modes actuels de valorisation des compétences. »

Il est courant de trouver des articles explicitant l'avantage concurrentiel que la mise en place d'un système de gestion de connaissances peut apporter. Ainsi pour Ermine, un système de gestion de projet est donc la promesse, tant attendue, de voir son entreprise concevoir le « meilleur produit ». [ERMIN 00]

Cette vision est remise en cause par Duzert. En effet, pour cet auteur les démarches de gestion de connaissances, bien qu'elles répondent aux besoins de l'entreprise de s'adapter et d'innover, sont très différentes (mémoire de projet, création de réseaux experts, annuaire des compétences, formalisation des meilleures pratiques ...) mais « elles s'accordent (les démarches) pourtant toutes sur un point : leur incapacité à prouver leur efficacité ». [DUZERT 01]

Au cours d'un article dans l'Expansion Management Review, Ballay définit cinq obstacles majeurs à la mise en place de système de gestion de connaissances [BALLA 01]:

- le manque de motivation : « partager de l'information constitue une transaction dans laquelle ce qu'on donne et ce qu'on reçoit n'est pas nécessairement visible. En outre cet échange est assimilé par beaucoup comme un risque de perte de pouvoir. »

---

<sup>15</sup> Nous avons eu l'occasion de participer à une journée ECRIN sur le Management des connaissances au cours de laquelle les doutes d'ergonome sur la mise en place de banque de données et la crainte de voir ce type de système mettre en danger leur métier étaient nombreux.

- les barrières territoriales : « manifestation des enjeux de pouvoir qui existent entre des entités d'une même entreprise. »
- les normes sociales et organisationnelles : procédures, routines, règles et habitudes incorporées sont un frein au changement.
- la contextualisation des connaissances : « La connaissance produite dans le contexte A ne s'applique pas à l'identique dans le contexte B. Il faut la modifier, la recomposer ».

De notre point de vue, l'enjeu de la gestion des connaissances consiste à savoir identifier les connaissances à mobiliser, mais surtout les personnes qui les possèdent et à les valoriser. Ainsi, un projet de gestion de connaissances devrait permettre aux individus de l'entreprise de créer et maintenir leur niveau de création de connaissances, d'organiser, structurer et stocker les connaissances dont ils ont besoin. Nous retiendrons en tout cas ce positionnement pour nos travaux de recherche.

Nous nous interrogeons sur le contexte de l'expansion du « knowledge management ». En effet, force est de constater que les crises restent le meilleur moteur de la mise en œuvre de projet de « knowledge management », bien souvent réduit à des projets de capitalisation : crise de croissance, crise sanitaire, départ en retraite, etc.

Compte tenu de ces difficultés, de l'immatérialité de la notion de connaissances et du manque de cohérence sur la stratégie à développer, nous avons élargi la définition à la notion de compétence.

## 2.2.2 Gérer les compétences : un solution plus pragmatique ?

La recommandation peut être vue comme le reflet des compétences de l'ergonome à juger de l'adaptabilité, du confort du produit et de ses capacités à traduire ses connaissances. Le projet de gestion des données de l'équipe confort est endogène, c'est à dire qu'il émerge des besoins spécifiques de l'équipe et est donc limité dans ce champ d'application.

Plusieurs définitions coexistent pour la notion de compétence. Mack propose une hiérarchisation des notions de données, d'informations, de connaissances et de compétences.

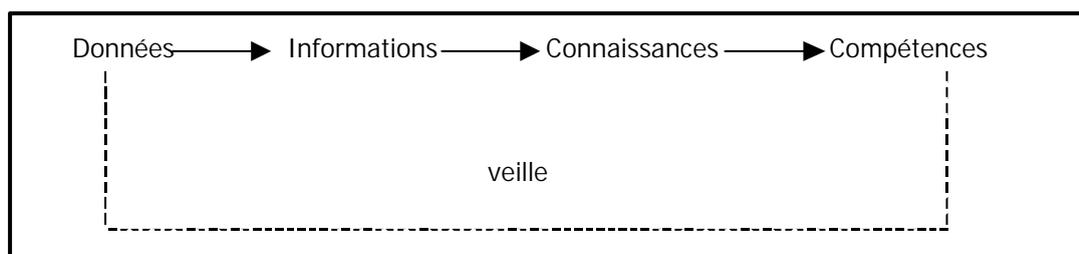


Figure 12 : Chaîne de transformation des données en compétences d'après Mack.

La compétence est l'intégration, intériorisation de la connaissance en l'appliquant. Il s'agit donc d'une mise en situation de connaissances mais également « un réservoir de connaissances appliquées, de savoir-faire, de « savoir-être ». » [MACK 95] Nous retiendrons que les recommandations de l'équipe confort peuvent donc être considérées selon ce schéma comme la mise en mots des compétences des ergonomes et deviennent alors des informations pour les autres acteurs.

Reynaud définit la compétence en l'opposant à la notion de qualification. Pour lui, la notion de compétence se distingue par l'idée de responsabilité du salarié à l'égard des résultats. « La qualification oblige l'intéressé à faire conformément aux règles du métier, aux habitudes et aux principes. La compétence dit, au contraire, que le salarié a une obligation de résultat et pas seulement une obligation de moyens. » Autrement dit, les compétences deviennent dangereuses pour le salarié, car elles définissent de fait la notion de faute. [REYNA 01]

La compétence est un bien périssable, elle est instable dans le temps. L'un des secteurs le plus marqué par cette instabilité est l'informatique. En effet, des compétences dans un langage donné peuvent vite être inutiles une fois ce langage devenu obsolète. Aussi, il est de la responsabilité de l'entreprise et de l'intérêt du salarié de mettre en œuvre les moyens de compléter, acquérir de nouvelles compétences. Il devient inévitable pour l'entreprise de gérer son " capital compétences ".

Pour Dietrich, « les travaux sur la gestion des compétences ont proliféré ces dernières années mais peinent semble-t-il à capitaliser les connaissances acquises. » Dans un cahier de la recherche du Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises, cet auteur souligne que la diversité des travaux sur la gestion des compétences peut s'expliquer par le tiraillement entre les différentes pratiques et le besoin de formalisation, de modélisation. Dietrich appuie cette idée en précisant que la gestion des compétences prend des formes variables : « Instrumentale, elle réduit la gestion des compétences à l'application d'un mode d'emploi ; idéologique elle sert à la légitimation d'un discours managérial ; scientifique, elle assimile la gestion des compétences à un idéal-type. » Pour cet auteur, la gestion des compétences "est toujours le résultat de compromis : entre des acteurs, entre un système d'action et son environnement, entre des contraintes économiques et sociales, entre systèmes techniques et organisationnelle, entre des connaissances et des situations de travail, entre des individus et leur motivation, entre des règles de gestion et d'organisation du travail. »

Au cours de cet article, Dietrich définit trois niveaux de gestion des compétences. Le premier s'intéresse "à la logique compétence en tant que dispositif de gestion initié par les ressources humaines" et le troisième niveau "concerne les faits compétences eux-mêmes et leurs conditions d'émergence". Le second niveau nous intéresse tout particulièrement, nous allons le présenter.

<b>Finalités</b>	<b>Démarches</b>	<b>Produits</b>
<b>Régulation conjointe</b>	<b>Démarche participative, Interactions fortes</b>	<b>Apprentissage de nouvelles valeurs</b>
<b>Définir des modes de coopération et de distribution des rôles dans le travail concret Gérer l'articulation entre travail prescrit et travail réel</b>	<b>Identifier les enjeux des connaissances et de l'action afin de produire des arrangements et compromis Confronter les représentations du travail et interprétations de la règle</b>	<b>- Reconnaître que chacun est détenteur et producteur de connaissances - Favoriser la confiance et la coopération - Faire émerger de nouvelles identités professionnelles</b>
<b>Marchandages, résolution des conflits, gestion des paradoxes</b>	<b>Comprendre les résistances des acteurs</b>	<b>Définition zones d'autonomie Logique d'expérimentation</b>

Figure 13 : deuxième niveau de la gestion des compétences par Dietrich

Le niveau 2 est défini comme le niveau où "les acteurs s'attachent avant tout à structurer leurs interactions, coordonner leurs actions à partir de l'élaboration de représentations communes." Il met l'accent sur la dimension processuelle et négociée d'un apprentissage collectif. De plus, il doit aboutir à une représentation commune, associant les différents acteurs. Nous partageons ces objectifs dans nos travaux de recherche. [DIETR 03]

De notre point de vue, concevoir une recommandation demande des compétences aux ergonomes bien souvent négligée. De même, appliquer et exploiter cet objet nécessite de la part des concepteurs un savoir-faire mal valorisé. En coordonnant et en mettant à profit les compétences des deux acteurs ensemble, nous entrevoyons la possibilité de concevoir conjointement un transfert de données adaptées aux besoins et aux attentes de chacun.

Pour aider les acteurs à organiser leurs actions et en particulier le mode d'intervention de l'ergonome, compte tenu des propositions de Dietrich, la mise en place d'un travail collaboratif semble être la voie la plus appropriée pour répondre à ces objectifs. Nous allons explorer cette notion.

### 2.3 La collaboration métier : une orientation pertinente.

La collaboration métier apparaît clairement comme un catalyseur pour l'échange de données et le partage des compétences. Les nouvelles techniques d'information ne sont pas innocentes dans ce regain d'intérêt pour la collaboration. Les années 90 ont vu l'émergence de l'informatique réseau. Le temps d'accès à une multitude d'informations est réduit. On passe vers une ingénierie simultanée. Ainsi, les pratiques de collaboration se trouvent questionnées par cette concurrence des informations qui oblige à redéfinir les méthodes et les outils de décision et de conception. [SAL 96]

Pour Boujut, le milieu des années 90 est synonyme d'évolution pour le milieu automobile de part le retournement de la courbe des prix et l'injonction d'innovation. Ce tournant implique une réelle coopération. Il précise : " Alors qu'on pouvait se suffire d'une coordination des contributions des concepteurs, l'enjeu est maintenant l'intégration et la coopération entre ces métiers." [BOUJU 00b]

Dans un premier temps nous envisagerons les définitions de cette notion puis nous verrons les voies à encourager pour s'engager dans un processus collaboratif.

### 2.3.1 Quelques définitions de la coopération

Le module Coopération/Distribution du DEA d'informatique de l'Université Henri Poincaré de Nancy<sup>16</sup> définit la collaboration comme étant la création d'une vision commune des questions à traiter et d'un espace commun pour stocker et partager les informations.

Pour définir cette notion, Boujut sépare le but, c'est à dire le fonctionnement coopératif et les moyens (organisationnels, instrumentaux, ...). Ainsi, le fonctionnement coopératif dépend des relations entre acteurs (mise en commun des buts, confiance, entraide) et de la constitution d'un collectif de travail. Il suppose l'existence d'une tâche commune globale affectée au groupe avec mise en commun des ressources, prise de décisions communes par négociation et compromis. [BOUJU 00b]

Il y a plusieurs mode de travail collaboratif : le mode synchrone (même moment, même endroit), le mode synchrone distribué (même moment, endroit différent), le mode asynchrone (moment différent) et le mode asynchrone distribué (moment différent, endroit différent). [DEFAU 02]

David propose le schéma suivant pour définir les différents modes de coopération :

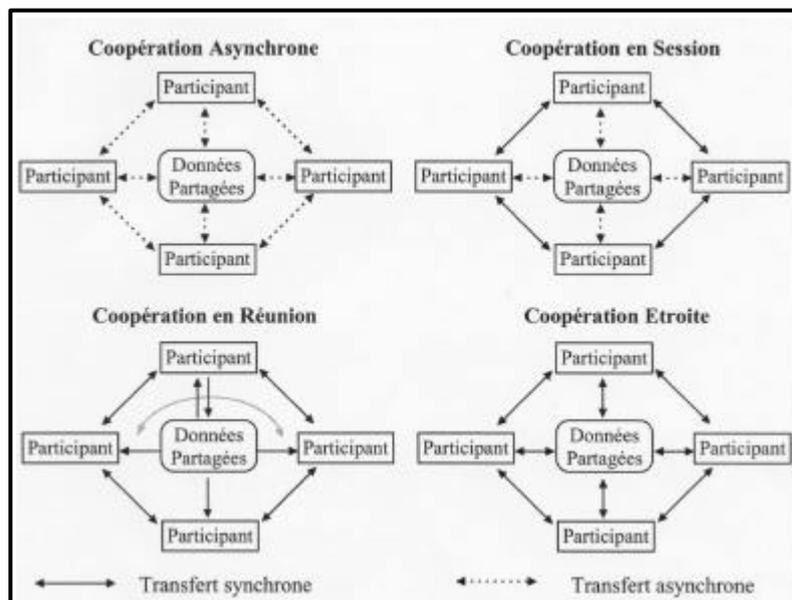


Figure 14 : Illustration des communications dans chaque mode de coopération [DAVID 96]

<sup>16</sup> <http://www.loria.fr/~godart/Dea/introduction.ppt>

Pour Sardas, développer une activité de coopération est la réponse au besoin d'améliorer les performances de la conception. « All things considered, the fact of wanting to develop cooperation is a response to a need to enhance the performance of design activities characterized by: a high level of uncertainty, the need to combine expertise inventively and to create new expertise, the need for contradictory dialogue in order to achieve that goal, and the consequent importance of the form of interaction between actors. The complexity of this activity, combined with the need for better performance, explains the diverse attempts that are made to develop cooperation. »

Cet auteur propose la définition suivante: "We use the word cooperation to qualify the relationship between actors engaged in collective functioning. We attempt to clearly distinguish the goal, I.E. cooperative mode of functioning (even if that goal is only intermediate, i.e. to obtain certain performance), from the means (organizational, instrumental, contractual, etc) likely to facilitate that mode of functioning. Thus we talk of a mode of functioning that is cooperative to a greater or less extent, as a characterization of the real functioning, while simultaneously exploring the forms and conditions of effectiveness of the means used to develop cooperation. " [SARDA 01]

Pour notre part nous retiendrons qu'il y a travail collaboratif lorsque les acteurs échangent des points de vue sur des informations existantes, partagent de l'expérience, définissent des objectifs communs et construisent des informations et compétences ensemble. Cette définition n'oblige pas à une harmonie virtuelle. Nous partageons le point de vue de Reynaud sur cette question. Cet auteur énonce que " les compétences individuelles se combattent autant qu'elles s'ajoutent". Ainsi, la coopération peut devenir "une bataille incessante de chacun pour faire valoir son point de vue et imposer les exigences de son métier. ... un espèce de rapport de force cognitif qui ne va pas sans blocages et sans affrontements." [REYNA 01]

La coopération naît des initiatives, de l'envie de convaincre, de la construction d'objectifs, de résultats et de risque communs et partagés, de la négociation et des compromis. Il faut une symétrie, une équité dans les rapports entre collaborateurs et non une plénitude imaginaire et humainement impossible. Nous nous proposons d'envisager différentes pistes pour faire naître une coopération métier entre les ergonomes et les concepteurs mécaniciens.

### 2.3.2 Comment engendrer de la collaboration ?

Pour créer de la collaboration, la mise en place d'objectifs communs semble primordiale. Mais ce sont bien les relations entre les acteurs, leur vision des rôles de l'autre et des apports qu'il faut changer. Ainsi, pour Boujut " la question de l'action conjointe renvoie à la question de partage : pour pouvoir agir conjointement il faut partager "quelque chose". ... La coopération passe avant tout par la reconnaissance mutuelle des acteurs. On peut faire l'hypothèse que cette reconnaissance est

largement liée à des connaissances partagées, conduisant finalement à développer une confiance mutuelle entre les protagonistes." [BOUJU 00a]

Les relations entre les acteurs ou l'absence de relations semblent être un facteur influençant la genèse d'un travail collaboratif. L'isolement de l'apprenant est un facteur d'abandon important.

Everaere précise « L'interaction constitue la traduction de cette interdépendance en actes délibérément orientés vers une action collective. Un travail constamment conjoint et simultané n'est pas forcément requis pour interagir. ... Mais dès qu'ils accomplissent leurs actions en étant conscients de la complémentarité de leurs actes avec ceux des autres, on peut dire qu'il y a interaction. » [EVERA 98] Il faut que les concepteurs mécaniciens distinguent dans les recommandations une intention de partage de connaissances et non une contrainte supplémentaire. Cette traduction d'intentions doit être réalisée par les acteurs ensemble.

La collaboration, la communication, le partage de connaissances et / ou de compétences semblent être des notions interconnectées. Aussi, il faut jouer sur l'un de ces paramètres pour influencer sur un autre. Pour Dietrich, la coopération entre acteurs favorise la création de compétences et de connaissances et surtout redistribue les rôles. "Sous peine d'en rester au stade de vœux pieux, elles (les compétences) exigent pour se développer l'apprentissage de nouvelles formes de coopération qui préservent ou améliorent la compétence collective existante. Par de nouvelles formes de coopération, nous entendons la négociation d'espaces d'autonomie, fondés sur la redistribution des savoirs et des responsabilités" [DIETR 03]

Pour David, « Dans les approches collaboratives, l'individualisme des participants n'est plus souhaitable. Les tâches à mener sont soit collectives (nécessitant une intervention organisée-simultanée ou alternative- de plusieurs participants) soit individualisées mais avec un objectif collectif."

En accord avec David, l'ignorance mutuelle des intervenants doit laisser place à une certaine conscience de groupe. Il faut donc " mettre en place une nouvelle génération de systèmes interactifs multi -participants permettant la coopération entre les intervenants et proposant des ergonomies appropriées aux tâches collectives et individuelles ". Il définit trois principes pour la mise en place du travail coopératif assisté par ordinateur : l'abolition des dimensions espace et temps, la constitution d'un groupe de travail et l'organisation de phase de travail. [DAVID 96]

Mettre en place un système de travail collaboratif autour de la conception d'un transfert de données, de recommandations adaptées à l'activité des concepteurs, nous apparaît être une solution pertinente dans notre contexte de recherche.

Un autre moyen souvent évoqué est l'instrumentation via l'utilisation des Nouvelles Technologies d'Informations et de Communication. Il nous paraît tout à fait approprié, nous allons donc détailler ce point.

## 2.4 Instrumenter la collaboration : un enjeu efficient.

L'instrumentation est souvent promue en gestion des connaissances à travers les bases de données, l'utilisation d'intranet, la cartographie des connaissances d'expert, retour d'expériences. Bien souvent, l'objectif est de diffuser des connaissances par des outils de travail partagé, où les nouvelles technologies de l'information interviennent fortement. Ces outils s'organisent autour de méthode de management.

Aussi, l'instrumentation du transfert de données et surtout de la coopération métier apparaît souvent comme piste à privilégier du point de vue de la théorie mais aussi des applications industrielles. Le déferlement technologique demande à être pensé pour être assimilé incorporé dans le processus cognitif des concepteurs. Cette piste nous semble particulièrement intéressante car elle permet de créer la connexion entre les différents points abordés : gestion des données, collaboration métier autour de la conception de nouvel objet intermédiaire.

Daraut propose de mettre en place un système d'information organisationnel (S.I.O). "Le SI est un langage de communication de l'organisation construit pour représenter, de manière fiable et objective, rapidement et économiquement, certains aspects de son activité passée ou à venir. Les phrases et les mots de ce langage sont les données dont le sens vient des règles élaborées, par des Hommes (...). Les mécanismes de représentations propres à ce type de langage prennent leur efficacité dans les répétitivités des actes [au sein, S.D] des organisations" Peucelle J.L, 1981 cité par Daraut. Ainsi, un S.I.O constituerait une interface entre l'organisation et l'individu en charge de décider.[DARAU 03]

Pour avoir un réel intérêt, l'objet doit être conçu autour des utilisateurs et de leurs besoin, faute de quoi l'entreprise se dote d'un nouvel instrument informatique, qui une fois la nouveauté passée ne sera que peu utilisée à cause de son manque d'adaptabilité. Concevoir ce nouveau système ne se restreint pas à la convivialité de l'interface, même si celle ci contribue à sa manœuvrabilité par exemple.

Pour Christol, « Les aides au travail en raison de leur utilisation non permanente et facultative impliquent qu'une attention toute particulière soit apportée à leur conception. Faute de quoi, elles ne seront ni utiles, ni utilisées. Elles pourront même aggraver les difficultés pour les opérateurs et

amoindrir la fiabilité en masquant les déficiences de la situation, rejoignant ainsi certaines consignes que chacun sait inapplicables mais qui permettent de se rassurer ou de se « couvrir ». »[CHRIS 92]

Le caractère facultatif est une notion importante. Nous n'avons pas les mêmes exigences vis à vis d'un instrument lié à la tâche de manière indissociable qu'avec un objet dont l'utilisation est ponctuelle et volontaire. Dans le premier cas, si l'instrument est inadapté à l'activité, le comportement humain détournera l'utilisation de l'objet pour l'adapter de façon autonome, in s'agit de la catachrèse<sup>17</sup> connue en ergonomie. Le caractère indispensable de l'objet, nous rend plus tolérant. Dans le deuxième cas, le caractère optionnel de l'instrument augmente notre degré d'exigence. Il est utilisé pour faciliter la tâche et une non-adaptabilité de l'instrument est sanctionnée par son abandon. Nous préférons utiliser "nos astuces, nos petits trucs" plutôt que développer un effort pour utiliser cet objet. « En d'autres termes, concevoir des technologies, c'est concevoir ce que les gens vont en faire, c'est penser les usages. » [BRANG 02]

L'instrumentation se base essentiellement sur la mise en place de systèmes informatiques "relais". Le premier intérêt est la capacité de stockage d'un tel outil. « L'environnement digital est devenu un prolongement cognitif de l'individu qui permet de transmettre, stocker, transformer des connaissances. » [BRANG 02] « The idea in case-based decision aiding is that the computer augments the person's memory by providing acses (analog) for a person to use in solving a problem. » [KOLOD 91]

Cependant comme le souligne Van Daele, la mise à disposition de données aux utilisateurs ne suffit pas à distribuer la bonne information à la bonne personne. Il faut cibler en fonction des besoins des utilisateurs, l'attribution de ces données. «En effet, il ne suffit pas d'introduire des informations sur une étendue plus large de variables pour avoir des effets positifs, dans la mesure où ces informations ne sont pas traitées par les opérateurs, du fait de leur éloignement par rapport aux prises de décision d'action concrète. » [VANDA 98]

L'objet doit fournir une assistance effective et ne doit pas s'immiscer entre les relations des acteurs. Il doit aider à la communication, à la collaboration de ces derniers. « Il ne s'agit donc plus seulement de s'approprier individuellement une nouvelle technologie, mais de s'engager, par son intermédiaire, dans un processus de conception collectif où les acteurs échangent, construisent et partagent des représentations communes. » [BRANG 02] En effet, les objectifs de cet outil peuvent être multiples (gain de temps dans la recherche d'information, traçabilité des choix, ...) tout autant que les modifications que son – ses- utilisations vont engendrer.

---

<sup>17</sup> la catachrèse en ergonomie définit l'utilisation d'une machine ou d'un produit en dehors de ses limites ou de l'usage pour lequel il a été conçu.

Chaque outil possède son propre cycle de vie au sein d'organisation, est utilisé par différents acteurs et coexiste avec d'autres dans le cadre de processus d'apprentissage [HATCH 96]

Outre les capacités de stockage, l'instrumentation de la coopération doit permettre de créer des représentations communes. Ainsi, l'objet doit permettre de partager des données mais aussi d'engendrer une communication autour d'un langage adapté, d'évaluer ensemble des solutions.

Adreit spécifie ces relations de la manière suivante en citant Morin : " cet environnement (l'application interactive) doit proposer des objets pertinents pour la conception, des actions sur ces objets; il doit proposer aussi une méthode qui permette au concepteur de concevoir la multiplicité des points de vue, de passer d'un point de vue à l'autre, d'accéder au méta-point de vue." L'instrumentation de la collaboration doit donc apporter un support à la communication et au compromis, par-là amener une aide efficiente et productive au processus de conception. [ADREI 95]

Instrumenter la coopération métier ne se résume donc pas à l'insertion d'outils mais doit se construire avec les futurs utilisateurs et doit se manager. L'outil est le produit de la volonté d'agir sur une situation comme le souligne David « construire et utiliser un outil, c'est produire et manipuler des connaissances ». [DAVID 96]

La vague Internet/Intranet avec son arsenal de technologies puissantes, généralement conviviales, ses services en réseau et la multiplicité des sources d'informations proposées augmente soudainement l'engouement pour cette voie. Il y a là pourtant une difficulté d'identification des besoins des utilisateurs. En effet, outre les problèmes de confidentialité, disposer un outil sous intranet c'est donner accès à son contenu à tous les utilisateurs de l'entreprise. Il faut que la population ciblée trouve les données recherchées, et pour ce faire l'outil doit être adapté du point de vue contenu et forme à la diversité de la population. Une diffusion plus restreinte des données n'engageait pas forcément un processus de recueil aussi important : c'est bien la différence entre un outil sur mesure et un outil dit "grand public". Les nouvelles technologies nous apparaissent comme une opportunité autant qu'un risque. Son caractère attractif permet de fédérer les utilisateurs, la hiérarchie et l'organisation autour d'un tel projet, mais la sanction n'aura lieu qu'à travers l'usage, trop souvent délaissé.

Instrumenter le travail collaboratif entre l'ergonome et les concepteurs mécaniciens, nous laisse entrevoir des solutions en terme d'outils de transfert de données. Il faut amener les acteurs à travailler ensemble pour concevoir cet outil, outil dont l'adaptation à leurs besoins dépend de la réussite de la collaboration.

L'instrumentation de la coopération métier telle que nous l'envisageons nécessite d'adapter l'outil à des corps de métiers différents, donc à des disciplines différentes. Ceci nous amène à nous interroger sur différentes notions comme l'interdisciplinarité, la multidisciplinarité.

## 2.5 L'interdisciplinarité : une richesse à valoriser.

Interdisciplinarité, multidisciplinarité, pluridisciplinarité et transdisciplinarité sont différents qualificatifs que l'on peut donner aux membres d'une équipe appelée à travailler ensemble et de façon complémentaire.

La multidisciplinarité est définie comme « la mise en relation de travail des personnes dont la formation professionnelle est différente ». Larivière définit également l'interdisciplinarité comme « la mise en relation d'échanges et de travail des personnes dont la formation professionnelle est différente en vue d'offrir une complémentarité ». [LARIV 98]

La multidisciplinarité se caractérise par la juxtaposition de plusieurs disciplines sans rapport apparent tandis que la pluridisciplinarité se caractérise par un nombre parfois plus restreint de disciplines mais avec un nombre d'interactions plus important.

Denis précise « La pluridisciplinarité est une approche qui guide des projets sans présupposer quant à la forme de l'implication des disciplines associées, ni quant au degré de réciprocité dans le partenariat, ni enfin quant au fait que cette implication conjointe serve un objectif authentiquement commun aux différents partenaires ». « L'interdisciplinarité est une forme de coopération plus intégrée mise en œuvre en vue de résoudre un problème commun ».

« La transdisciplinarité peut caractériser une démarche encore plus intégrée, avec franchissement des limites des champs disciplinaires et définition d'un champ de recherche nouveau dans lequel les disciplines partenaires se fondent dans une démarche conceptuelle et méthodologique unique" [DENIS 03]

L'interdisciplinarité nous apparaît comme la voie à privilégier. Compte tenu du contexte industriel auquel nous sommes attachés, la transdisciplinarité ne semble pas une voie optimale. En effet, la confluence des disciplines et par voie de conséquence des compétences n'est en rien un but efficient. Il faut garder les spécificités de chaque discipline (ici elles sont au nombre de deux : l'ergonomie et la conception mécanique), chaque acteur doit exprimer son regard sur le problème tout en comprenant le point de vue l'autre. Aussi, nous entrevoyons l'interdisciplinarité comme un enjeu dans nos travaux de recherche mais aussi comme un moyen pour FAURECIA et en particulier pour l'équipe confort d'optimiser l'insertion de l'ergonomie le plus en amont du processus de conception.

Compte tenu de ces différentes pistes, nous allons formaliser notre problématique scientifique.

## 2.6 Formalisation de la problématique scientifique

Au cours de ce chapitre nous avons abordé les difficultés liées au transfert des données de l'ergonome et différentes thématiques permettant l'insertion d'une jeune discipline comme l'ergonomie.

L'ergonome traditionnellement prodigue des données aux concepteurs via ce qui est communément appelé des recommandations, généralement sous forme papier. Nous avons montré les problèmes que cette forme engendrait. Tout d'abord, le papier limite la quantité d'informations et laisse peu de place à la divulgation de la variabilité, notion clé de l'ergonomie. La forme donnée aux recommandations oblige l'ergonome à limiter ses explications, généralement au détriment de la pertinence et de l'efficacité des informations. Les données ne sont pas adaptées ou mal adaptées aux besoins des utilisateurs de recommandations. Ainsi comme le constate Broberg, "Looking at proposals to overcome the lack of integration of ergonomics during the development process, one approach suggests that design engineers need appropriate ergonomics information presented in the right way" [BROBE 97]

Les recommandations actuelles ne permettent pas de satisfaire complètement les besoins des concepteurs en solutions techniques ni ceux de l'ergonome dans l'explicitation de son analyse. Il faut améliorer l'adaptabilité des recommandations ergonomiques aux besoins des concepteurs.

Traduire ses objectifs dans les contraintes des concepteurs et sous la forme adéquate est donc l'enjeu de l'équipe confort. Une piste est, par exemple, de distribuer des zones d'acceptabilité du produit siège (en terme de préhension de largeur etc...) sous CAO, de manière à rendre l'information immédiatement utilisable par le concepteur qui en a besoin.

Présenter les bonnes données de la bonne manière est donc l'enjeu de l'ergonome soucieux de son insertion dans le processus de conception. La gestion des connaissances et des compétences partage cette préoccupation. Cependant, en abordant ces thématiques, aucune preuve bibliographique ne nous a permis de mesurer l'efficacité d'un projet de knowledge management. De plus, ces projets requièrent bien souvent une envergure telle que nous n'avons pas souhaité nous inscrire directement dans ces thématiques. Nous n'avons pas à ce jour le recul nécessaire sur les résultats des projets industriels correspondants. Après la phase de découverte des nouveaux moyens de communications et d'échange de données, on s'aperçoit maintenant qu'il y a une hétérogénéité de l'information et surtout un manque de moyens pour trouver la bonne information. Il faut donc adapter les outils aux utilisateurs ciblés. Pour ce faire, un travail en commun avec eux autour de la conception de ces outils est indispensable.

Les rôles distribués autour de cet objet qu'est la recommandation occultent l'éventuelle collaboration métier entre les deux acteurs. En effet, ils contraignent l'ergonome dans un rôle de sanction et le concepteur mécanicien dans un rôle d'exécution. Pour Hatchuel, « Le rapport qui s'installe entre plusieurs concepteurs peut-être interprété comme un rapport de prescription réciproque. Chacun d'entre eux va indiquer à l'autre les prescriptions qu'il doit respecter pour que leurs deux interventions soient compatibles et aboutissent à telle ou telle performance d'ensemble. » [HATCH 96]

Nous avons de ce fait abordé les thématiques de la collaboration métier et de l'instrumentation de cette collaboration interdisciplinaire. La coopération métier n'est pas juste un vœu pieu. Pour se réaliser, elle demande des moyens : organisationnels et managériaux, personnels, matériels. En outre, différents modes de travail collaboratif existent et l'avènement des nouvelles technologies de l'information participe à la promotion d'outils tel que les visioconférence, l'échange de données sur intranet etc.... Nous sommes en droit de nous interroger sur cette solution pour l'optimisation et l'amélioration du transfert et de l'utilisation des recommandations confort de l'activité siège de FAURECIA.

L'informatisation de la conception permet d'améliorer les outils de conception et surtout les outils partagés tels que devraient l'être les recommandations ergonomiques. L'instrumentation de la collaboration, les outils de transfert de données ne doivent pas être que des effets de modes. Adaptés aux utilisateurs, reconnus par l'organisation ils doivent améliorer l'insertion, le partage de données, de connaissances métiers. Cependant, il ne faut pas tomber dans le piège « d'un outil de plus ».

Compte tenu des difficultés actuelles de propager, d'appliquer, d'insérer les recommandations ergonomiques dans les phases amont du processus de conception mais également de l'engouement pour les projets de gestion des connaissances et des compétences et des possibilités qu'offrent l'informatique et les nouvelles technologies de communication, de la nécessité de faire travailler plusieurs métiers ensemble, nous posons la problématique suivante : **comment instrumenter au cours des phases amont de la conception le transfert de données métier de l'ergonome en vue d'une exploitation interdisciplinaire avec les concepteurs mécaniciens ?**

Face à cette problématique, nous allons émettre deux hypothèses : l'une porte sur la mise en place d'un travail collaboratif comme catalyseur de l'instrumentation et l'autre sur la conception conjointe d'outils de transfert de données.

### 3. Nos hypothèses de résolution de la problématique scientifique

Dans ce chapitre, nous présenterons les hypothèses posées pour répondre au manque d'insertion de l'ergonomie présentée par notre problématique : **comment instrumenter au cours des phases amont de la conception le transfert de données métier de l'ergonome en vue d'une exploitation interdisciplinaire avec les concepteurs mécaniciens?**

Nous avons vu au cours du chapitre 1 en quoi les recommandations de l'équipe confort n'étaient pas suffisamment diffusées et en quoi de part leurs formes mais surtout leurs constructions ne permettaient pas aux concepteurs mécaniciens de les utiliser. En effet, le vocabulaire utilisé est mal adapté à celui des concepteurs; la structure du cahier de recommandation rend difficile la recherche d'informations de part son manque de clarté.

Au cours du chapitre 2, la bibliographie montre qu'aucune preuve réelle ne peut être apportée quant à l'efficacité des prescriptions écrites. De plus, les recommandations induisent une déresponsabilisation des acteurs : celui qui la conçoit ne prend pas de décision et celui qui l'applique suit la recommandation. [MINEL 00]

Lamb souligne le problème de confiance autour de l'objet de recommandation. En effet, celui qui l'applique doit croire en son efficacité et celui qui la prescrit que son utilisateur va l'appliquer correctement. [LAMB 01] Pour pallier ces difficultés la collaboration autour de la conception des recommandations nous apparaît comme une solution pertinente.

Le problème du transfert de l'information n'est pas uniquement lié à la transmission des recommandations mais provient également du manque d'utilisabilité de ces dernières. De plus, la recommandation sous la forme papier ne permet pas de révéler le champ des solutions adapté à chaque contexte. Aussi, instrumenter le transfert de données à l'aide d'outils en mettant à profit les nouvelles technologies d'informations et de communication et en utilisant des méthodes de calculs adaptés peut permettre de pallier ces problèmes.

Compte tenu de ces deux axes nous allons postuler deux hypothèses : la principale porte sur la mise en place d'une collaboration métier entre les concepteurs mécaniciens et les ergonomes, et la seconde sur l'application de ce travail collaboratif à la conception conjointe d'outils de transfert de données.

Pour pouvoir instrumenter de manière adaptée le transfert de données de l'ergonome vers le concepteur, il faut déterminer les données les plus pertinentes à transmettre. En impliquant les utilisateurs des instruments de transfert, nous nous inscrivons dans une démarche de conception conjointe où l'usage futur probable de ces outils de transferts est la base fondatrice de la démarche.

La mise en place d'une démarche collaborative de conception conjointe d'outils de transfert de données doit nous permettre de développer une instrumentation du transfert de données adaptée aux besoins des concepteurs et aux attentes des ergonomes. L'utilisabilité de ces outils est un critère d'insertion pérenne de l'équipe confort dans les phases amont du processus de conception.

Nos deux hypothèses, que nous développerons dans les paragraphes suivants, nous permettent de cerner l'ensemble des facettes de notre problématique scientifique et de répondre de manière concrète à la demande industrielle.

Nous proposons donc le schéma de résolution suivant :

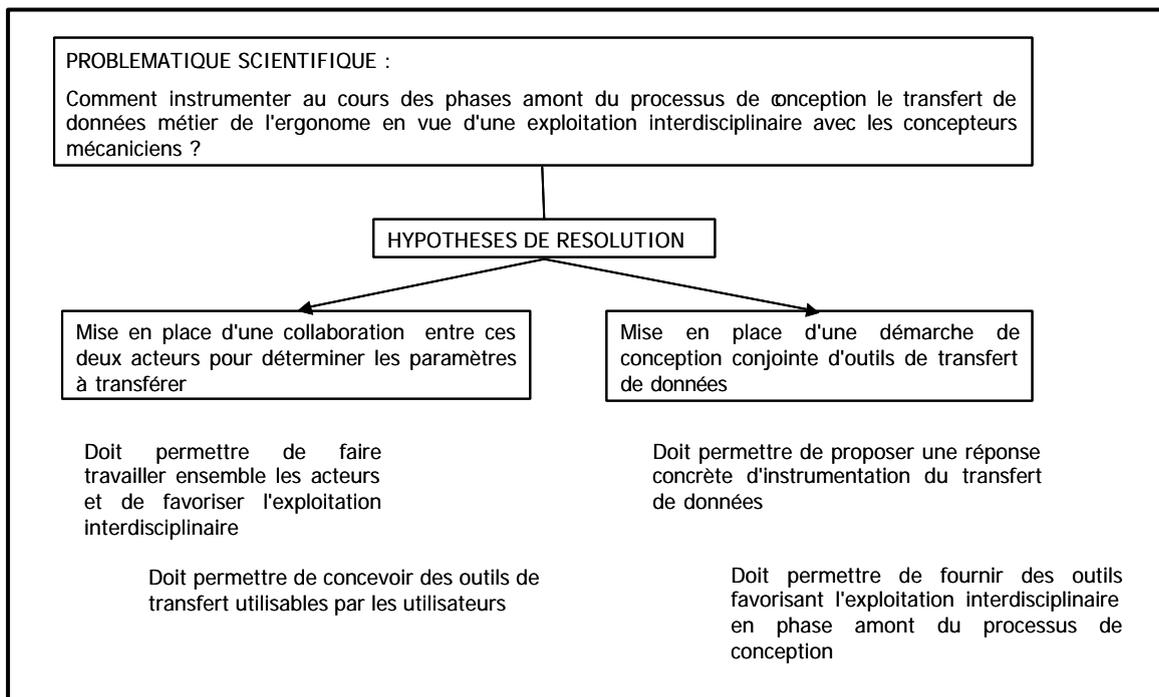


Figure 15 : Schéma de résolution de la problématique scientifique.

Nous allons donc présenter plus en détail la construction de nos deux hypothèses de résolution.

### 3.1 Première hypothèse : mise en place d'une collaboration inter-métier

Nous allons exposer le cheminement parcouru pour la construction de notre première hypothèse.

Faire travailler plusieurs disciplines n'est pas inné, il ne suffit pas de mettre les personnes ensemble pour arriver à ses fins. Nous pensons que pour transférer des données métiers, la collaboration peut être une voie encourageante. En effet, elle permet d'instaurer des objectifs communs. Comme le souligne Sardas, la coopération n'est pas un aboutissement. " Cooperation is not an end in itself (even if some give it more than competition or "each one for himself") but a necessity in certain contexts. It is therefore important to define the scope of activity for which the development of cooperation is desirable." [SARDA01]. La coopération s'applique, dans le cadre de notre projet de recherche, au transfert de données et indirectement à l'optimisation du processus de conception de siège d'automobile.

Nous avons abordé les incompréhensions entre acteurs autour de l'objet recommandation dans le chapitre problématique scientifique (cf. paragraphe 2.1.5). Le travail collaboratif peut réduire ces incompréhensions. Bonpays explique « Une amélioration de la collaboration avec les concepteurs en précisant d'emblée, pour chacune des étapes de cette démarche ergonomique, quelles sont les contributions à la conception auxquelles peuvent s'attendre les concepteurs, éviterait une incompréhension réciproque face aux questions des uns (doit-on mettre une souris ou une petite boule ?...) et aux non-réponses des autres ( vous mettez la charrue avant les bœufs ...) » [BONPA 90] On voit bien ici, que la collaboration métier n'est pas juste une vue de l'esprit mais elle demande une implication réelle et concrète des acteurs et surtout la production de réponses pragmatiques.

Le transfert de données, pour être efficient, nécessite de la part de l'émetteur une mise en forme adaptée, une pertinence des informations et de la part du récepteur une motivation, une appropriation et une application des données exportées. La collaboration facilite le mélange des rôles et des expertises. Elle augmente par conséquent l'utilisation des données (recommandations comprises) de l'équipe confort favoriser l'insertion de l'ergonomie dans les phases décisionnelles de l'activité des concepteurs.

Nous postulons l'hypothèse suivante : **la mise en place d'un travail collaboratif entre ergonomes et concepteurs mécaniciens permet de déterminer les données et la forme du transfert la plus adaptée.**

Nous pouvons résumer notre hypothèse de la manière suivante :

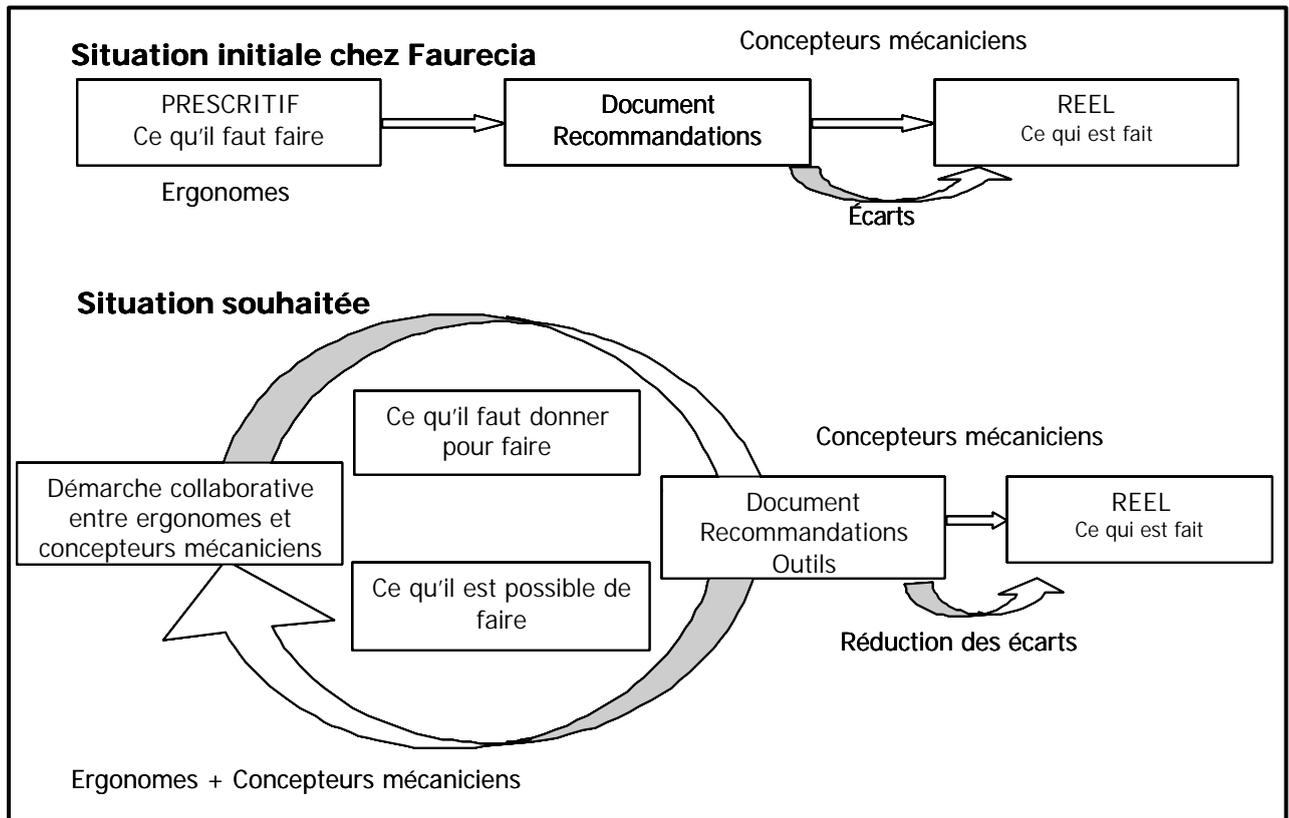


Figure 16 : Schéma résumant la première hypothèse

Il n'est pas souhaitable de vouloir éliminer totalement les écarts entre prescrit et réel, mais réduire les écarts coûteux pour le concepteur en terme cognitif, temporel etc., doit permettre une meilleure appropriation et exploitation des données transférées par les concepteurs mécaniciens. Nous postulons que la mise en place de la démarche de collaboration va amener une utilisabilité des outils de transfert.

Sardas décrit six points favorisant la mise en place d'une démarche collaborative telle que nous la concevons [SARDA 01] :

- Proximité organisationnelle : pour partager les ressources, les objectifs, la culture, etc.
- Proximité géographique.
- Responsabilité collective et autonomie : mise en place de la responsabilité du groupe pour les résultats obtenus. Le groupe est libre des choix qu'il fait collectivement et individuellement.
- Outils de communication : utilisation d'un média commun de partage d'informations.
- Intégration d'outils d'aide à l'ingénierie : dans le but de faciliter le dialogue entre expert différent.
- Fonction latérale de coordination : mise en place de fonctions de coordination avec les autres départements, autres experts de l'organisation.

Fort de ces propositions, nous décidons de mettre en place une démarche de travail collaboratif entre ergonomes et concepteurs mécaniciens sur un même lieu géographique. Pour ce faire, nous allons constituer un groupe de travail, comme le prodigue David<sup>18</sup>, constitué de deux ergonomes et de huit concepteurs mécaniciens. Ce projet se base sur du long terme, il est important de laisser une place à l'erreur. L'erreur n'est pas et ne doit pas être sanctionnable ou alors la collaboration et la prise de risque associée ne pourront avoir lieu dans des conditions optimales. Nous développerons donc autour de ce groupe de travail un environnement favorable à la libre expression. Notre objectif est d'identifier les sujets les plus pertinents en ergonomie sur lesquels nous engagerons notre démarche.

L'objet de notre première hypothèse est de mettre en place un groupe de travail dont l'objectif est de déterminer les paramètres pertinents sur ces sujets et d'identifier comment organiser leurs transferts.

Sardas propose également la mise en place d'outils d'aide à l'ingénierie. Ce positionnement nous intéresse tout particulièrement. Ces outils d'aide sont dans notre recherche des outils d'aide à la conception. Ils peuvent être des supports du transfert de données et un objectif indispensable à la mise en place de la collaboration entre les acteurs du groupe de travail. Nous allons détailler ce point dans notre deuxième hypothèse.

### 3.2 Deuxième hypothèse : conception d'outils de transfert

Nous avons abordé dans chapitre 2.4, l'intérêt d'instrumenter la collaboration. Des outils logiciels de transfert de données sont une forme d'instrumentation. De tels outils permettent de répondre concrètement à la demande de l'entreprise et de donner un objectif matériel à la collaboration entre les acteurs.

Roussel parle de "référentiel commun". Il le définit comme « une traduction du point de vue de l'ergonome sur le produit et un premier pas vers la matérialisation de ce dernier ». Pour cet auteur, le référentiel commun d'usage permet « une réduction du champ des solutions possibles » et une orientation « des acteurs de la conception vers des voies de solutions répondant à l'usage » [ROUSSEL 96]. Bien que nous n'utilisons pas cet objet intermédiaire, les objectifs de l'outil de transfert sont identiques, à savoir permettre le transfert des « informations nécessaires » aux concepteurs sous une forme exploitable pour eux.

Cette deuxième hypothèse vient concrétiser et renforcer notre première hypothèse. Nous mettons en place une collaboration entre métiers ayant pour objectif le transfert de données grâce à la conception coopérative d'outils d'aide au transfert. Comme le précise Gilbert, la contextualisation des objets de

---

<sup>18</sup> cf. op.cit p 60

transfert doit être la propriété fondamentale de l'instrumentation [GILBE 98] La conception de ces outils s'inscrit dans la mise en place d'une démarche collaborative de transfert de données.

La conception d'outils doit permettre de rendre exploitable le transfert de données et donne un corps, une matière à la collaboration.

Nous postulons notre deuxième hypothèse : **la conception conjointe d'outils de transfert permet d'instrumenter l'exploitation interdisciplinaire des données des ergonomes de l'équipe confort aux concepteurs mécaniciens.**

Nous définissons ces outils de transfert comme des outils d'aide à la conception conformément à la définition donnée par Hatchuel : « Le système (d'aide à la conception) construit ainsi un espace d'observation et de connaissance sans préconstruire nécessairement l'espace des choix. ... c'est la capacité de l'opérateur à créer des connaissances nouvelles, et à inventer des modalités d'action qui sont importantes. Un système d'aide à la conception est donc bien un système destiné à créer un apprentissage croisé. » [HATCH 96]

Les outils d'aide à la conception ne se résument pas à une mise à disposition de données. Il s'agit plutôt d'un travail du groupe qui doit permettre de prendre en compte les différents besoins et les différentes activités. « Il ne suffit pas d'introduire des informations sur une étendue plus large de variables pour avoir des effets positifs, dans la mesure où ces informations ne sont pas traitées par les opérateurs, du fait de leur éloignement par rapport aux prises de décision d'action concrète » [VANDA 98]

Les usages de ces outils sont à concevoir conjointement, car l'outil va engendrer de par son existence des modifications de rôles qu'il faut envisager avec tous les acteurs.

Après avoir défini la problématique à laquelle nous nous proposons de répondre, nous avons posé les deux hypothèses qui nous permettront d'apporter une réponse. Notre première hypothèse postule que la mise en place d'une démarche collaborative doit nous permettre de déterminer les paramètres à transférer et la forme du transfert (logiciel, papier etc.) la plus adaptée. Nous avons abordé l'intérêt d'instrumenter le transfert de données et la collaboration autour de la notion d'outils de transfert. Notre deuxième hypothèse postule que la conception conjointe d'outils de transfert est au cœur de cette instrumentation.

Pour tester nos hypothèses, nous avons réalisé des expérimentations que nous allons donc exposer en commençant par présenter notre protocole expérimental.

## 4. Expérimentations

Dans ce chapitre destiné à tester nos deux hypothèses, nous allons tout d'abord préciser notre protocole expérimental ainsi que les différentes étapes que nous avons mises en place pour initier une collaboration entre les ergonomes et les concepteurs mécaniciens de l'activité siège d'automobile. Nous définirons ensuite le processus de conception des outils. Nous préciserons les indicateurs qui nous permettront de confirmer ou infirmer nos hypothèses. La deuxième hypothèse porte sur la conception d'outil de transfert. Nous parlons de l'outil au singulier alors que nos expérimentations portent sur deux sujets retenus par le groupe : la prédiction de la position de l'occiput et de la position du coude. Enfin, nous envisagerons l'application de ces différentes étapes dans notre contexte industriel.

Ces expérimentations doivent nous permettre de répondre à la problématique scientifique compte tenu des hypothèses de résolution que nous avons émises. Les deux hypothèses entraînent naturellement deux catégories d'expérimentations : l'une ayant pour but de vérifier que la mise en place d'un travail collaboratif permet de déterminer les paramètres à transférer les plus adaptés aux besoins et aux attentes des ergonomes et concepteurs mécaniciens; et la seconde doit nous permettre de conclure sur l'efficacité de la conception conjointe d'outils de transfert comme moyen d'instrumentation de ce dernier. Toutefois, ces deux expérimentations sont liées entre elles et ont pour objectif de valider une réponse à la problématique scientifique : comment instrumenter au cours des phases amont de la conception le transfert de données métier de l'ergonome en vue d'une exploitation interdisciplinaire avec les concepteurs mécaniciens?. Elles doivent nous permettre également de répondre de manière concrète à la demande industrielle.

Nous allons présenter et détailler les expérimentations pour chaque hypothèse.

## 4.1 Présentation des protocoles expérimentaux des deux hypothèses

Pour des raisons de facilité de présentation, nous séparons le protocole vérifiant notre première hypothèse et celui se rapportant à notre deuxième hypothèse. Il est évident qu'en réalité ils sont imbriqués. Les différentes phases ne sont pas dissociables contrairement à ce que peut laisser croire notre présentation. Ce protocole est bien sûr itératif et ne se veut qu'une représentation globale et généraliste. Il s'approche d'une démarche classique de conception : de la définition du produit à l'évaluation de ses performances en passant par la validation de ses possibilités à remplir les objectifs exprimés dans le cahier des charges.

Notre première hypothèse porte sur la mise en place d'une collaboration métier afin de déterminer les paramètres les plus adéquats à transférer.

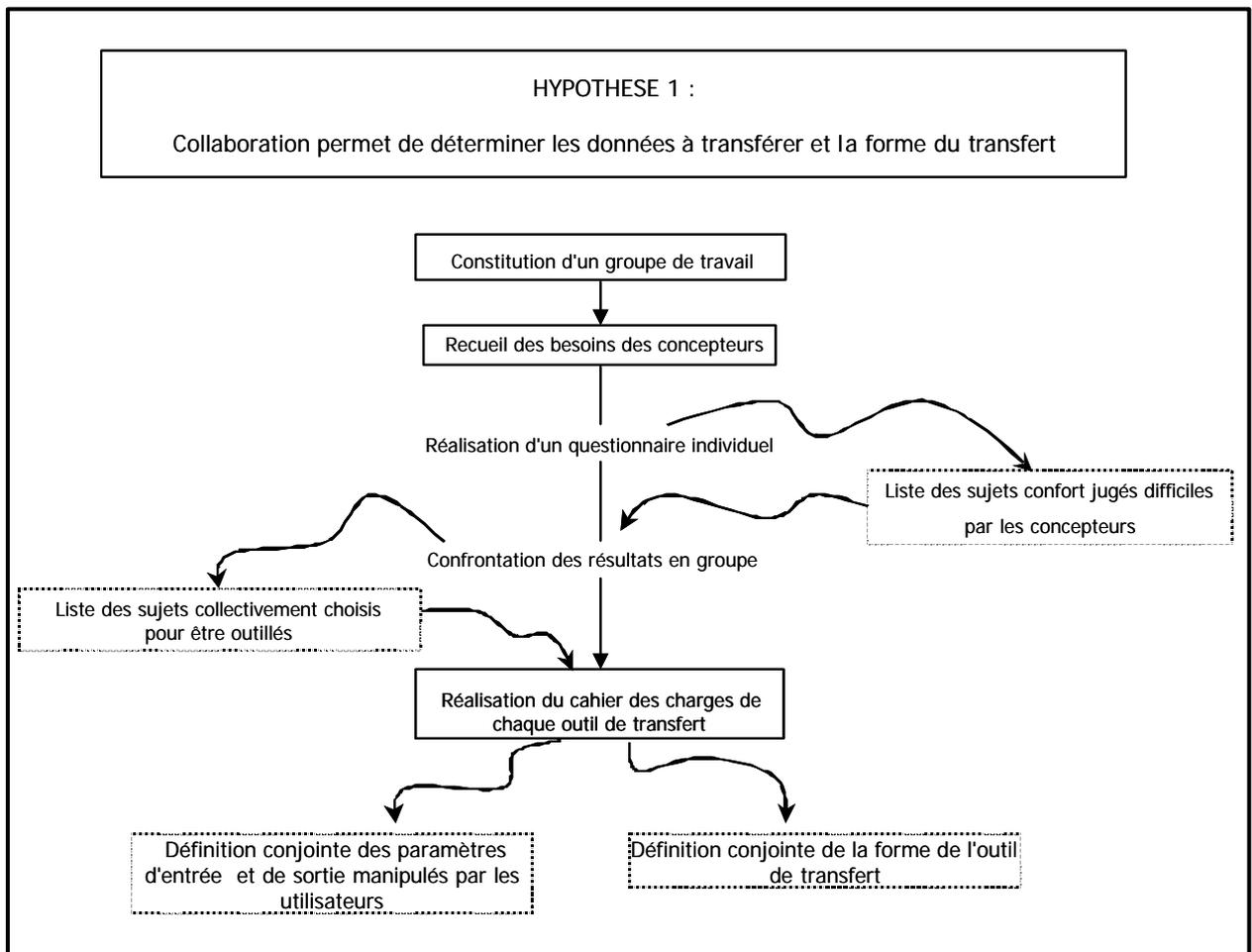


Figure 17 : Schéma récapitulatif des différentes actions de notre première hypothèse.

Nous avons identifié trois grandes étapes pour la mise en place des expérimentations correspondant à notre première hypothèse: tout d'abord la constitution d'un groupe de travail d'ergonomes et de concepteurs mécaniciens au sein duquel nous allons faire coopérer les acteurs entre eux; ensuite la détermination des besoins des concepteurs et les sujets à instrumenter; enfin la réalisation conjointe du cahier des charges de l'outil en ce qui concerne les données d'entrée de l'outil et les données de sorties fournies aux concepteurs.

Notre deuxième hypothèse porte sur la conception conjointe d'outils de transfert de données. Nous avons identifié là aussi trois grandes étapes dans les expérimentations. Il faut tout d'abord concevoir le cahier des charges techniques de l'outil (quelle arborescence, quelle navigation ?). A la suite de quoi, il faut développer l'outil à proprement parler. Enfin, il faut mettre en place des tests utilisateurs pour vérifier que les choix de conception sont adaptés.

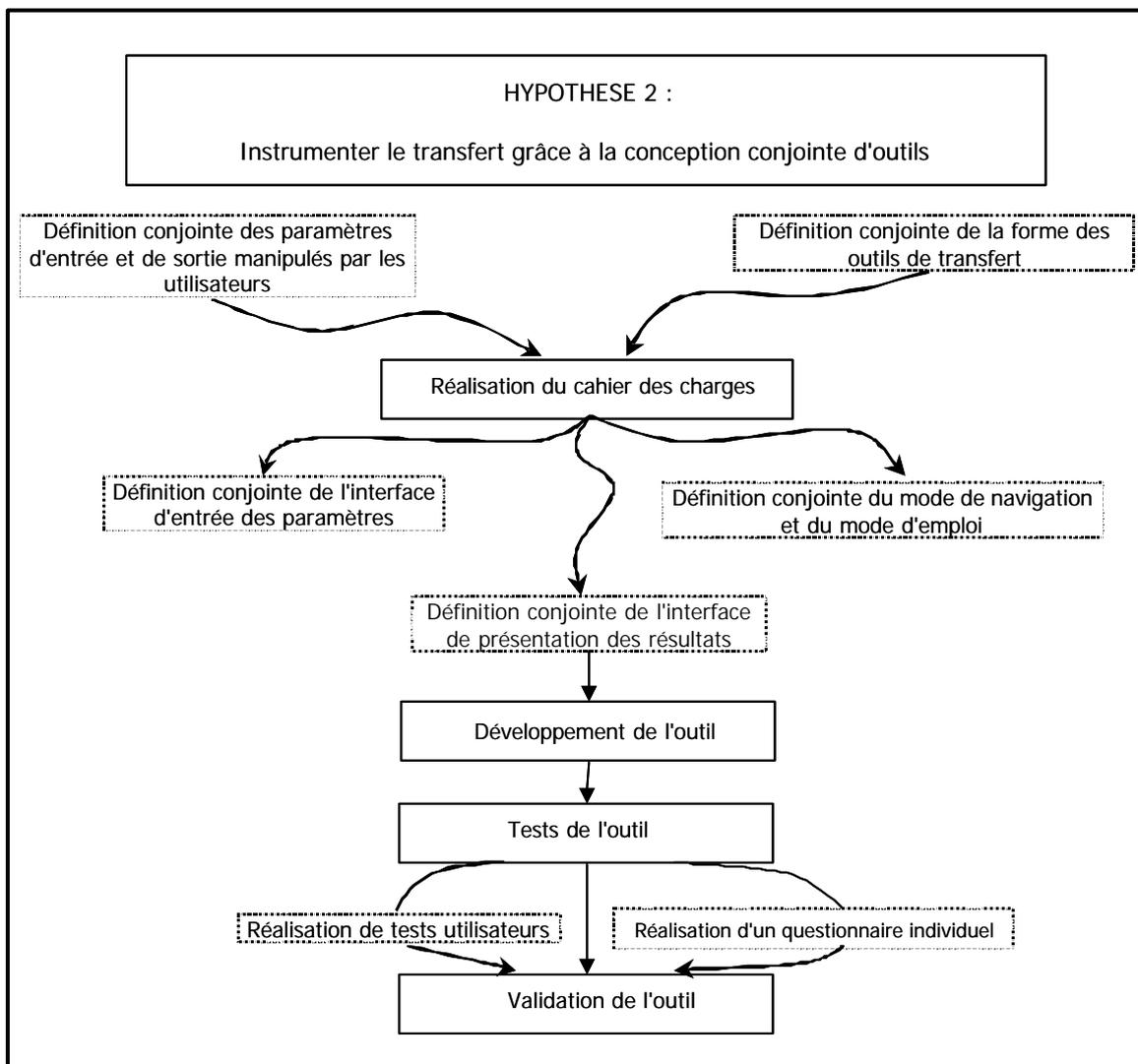


Figure 18 : Schéma représentant les différentes étapes des expérimentations correspondant à notre deuxième hypothèse.

Nous allons par la suite détailler ces deux expérimentations. Mais pour valider nos propositions nous avons besoin de définir un indicateur pour montrer l'efficacité de nos hypothèses. Nous allons définir cet indicateur.

## 4.2 Constitution d'un système d'évaluation de la progression des connaissances du groupe

Nous allons présenter comment nous proposons d'évaluer la progression des deux catégories d'acteurs au sein du groupe. Nous exposerons tout d'abord le système initial puis nous aborderons comment nous l'avons adapté à notre contexte industriel.

### 4.2.1 Présentation du système d'évaluation initial

La collaboration va amener les différents acteurs à acquérir de nouvelles connaissances. Il faut pour cela qu'il y ait un apprentissage de part et d'autre. « Mais on devine aussi que cette interaction dépend de la manière dont le concepteur<sup>19</sup> analyse l'apprentissage de l'opérateur<sup>20</sup> et reconnaît les obstacles auxquels ce dernier est confronté ; ou encore des indications que l'opérateur peut apporter sur la prescription qui lui est faite et de la crédibilité de ces explications aux yeux du concepteur. L'interaction apparaît donc ici comme une confrontation de savoirs, où le concepteur et l'opérateur vont tenter de partager une part de leurs connaissances sur le contexte d'action. Il peut s'agir d'éléments de contexte très simples mais dont le concepteur et l'opérateur vont découvrir qu'ils n'en avaient pas la même connaissance, et que cette distorsion avait de fortes conséquences sur la prescription à adopter. » [HATCH 96]

Notre système d'évaluation doit permettre de montrer que les interactions et que la collaboration entre acteurs permettent de développer un changement de point de vue de chacun sur l'activité de l'autre et l'acquisition de nouvelles connaissances de par ce changement.

---

<sup>19</sup> Dans cet article le concepteur est celui qui conçoit les prescriptions, c'est à dire dans notre contexte l'ergonome.

<sup>20</sup> Pour Hatchuel, l'opérateur est celui qui applique les prescriptions, c'est à dire dans notre contexte le concepteur mécanicien.

Camous<sup>21</sup> propose l'échelle suivante :

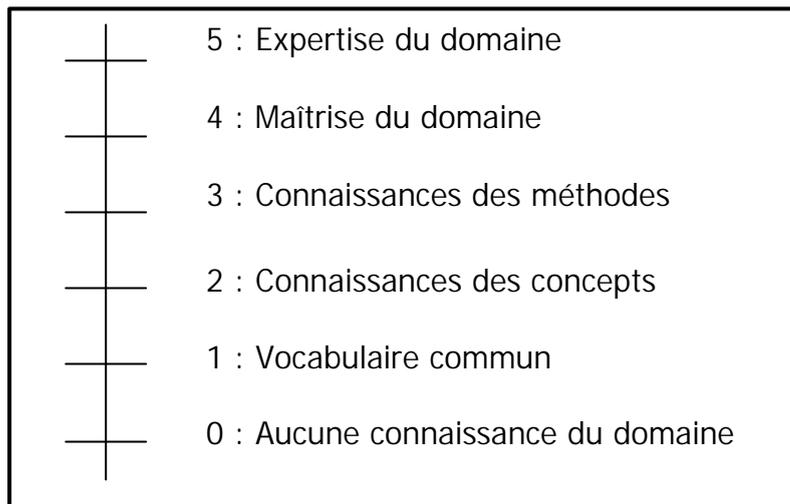


Figure 19 : Proposition d'une échelle d'évaluation des niveaux d'expertise (d'après Camous R.)

Il n'est pas question de noter la progression de chaque individu. Le but est d'évaluer l'avancement du groupe concepteur et groupe ergonomiste sur la compréhension et la prise en compte de l'activité de l'autre.

La progression doit aussi avoir une limite. Il n'est pas question qu'un ergonomiste devienne expert de la conception. Il n'y a aucun intérêt voir même un désavantage à cela, puisque alors il lui serait impossible de continuer complètement son activité d'ergonomiste. Il est fondamental de savoir auparavant à quel niveau amener les participants du groupe compte tenu du temps imparti, pour pouvoir gérer correctement le projet de recherche.

Pour notre part, nous postulons qu'il est nécessaire d'amener les individus au niveau 3 c'est à dire à la connaissance des méthodes de l'autre discipline et pas forcément à la maîtrise de ces méthodes. Cette montée en expertise d'un domaine relève de l'apprentissage des membres du groupe. Il faut pour ce faire que le projet soit crédible aux yeux des participants et de l'organisation. En effet, « c'est que, on l'oublie trop, l'apprentissage est toujours, dans une situation donnée, le comportement le plus coûteux : coûteux en temps, en énergie, coûteux aussi sur le plan psychologique puisqu'il requiert d'abandonner la recherche immédiate de l'efficacité pour s'engager dans une recherche intellectuelle toujours aléatoire et dont on ignore évidemment à l'avance les satisfactions qu'elle réserve ... ». [MEIRI96]

Il s'agit bien d'un "apprentissage croisé" comme le définit Hatchuel. [HATCH 96] La notion d'apprentissage dans notre démarche de collaboration est un indicateur de réussite de notre projet de

---

<sup>21</sup> R. Camous, professeur à l'université de Montréal, fût détaché pendant six mois au laboratoire CPI. Il proposa cette échelle lors d'une journée de groupe de travail.

recherche. Nous pouvons observer ce phénomène par le changement de comportement du groupe. Cet apprentissage ne fera pas l'objet d'évaluation au sens "contrôle" comme dans l'enseignement mais nos observations de la progression du groupe et de la performance du transfert des données à travers l'outil nous permettent de mesurer qualitativement ces notions. Nous n'avons pas la prétention de pouvoir mesurer quantitativement ces changements, ni même les compétences pour exploiter les différentes disciplines comme l'ergonomie cognitive, la sociologie, ..., pour mieux analyser ces différentes notions. Nous avons l'avantage de côtoyer la majorité des membres du groupe dans divers projets où nous intervenons, ceci est une aide précieuse pour l'évaluation de la progression du groupe.

#### 4.2.2 Système d'évaluation de la progression d'expertise du groupe de travail

Nous nous devons de préciser cette échelle dans notre contexte.<sup>22</sup> Nous proposons le schéma suivant:

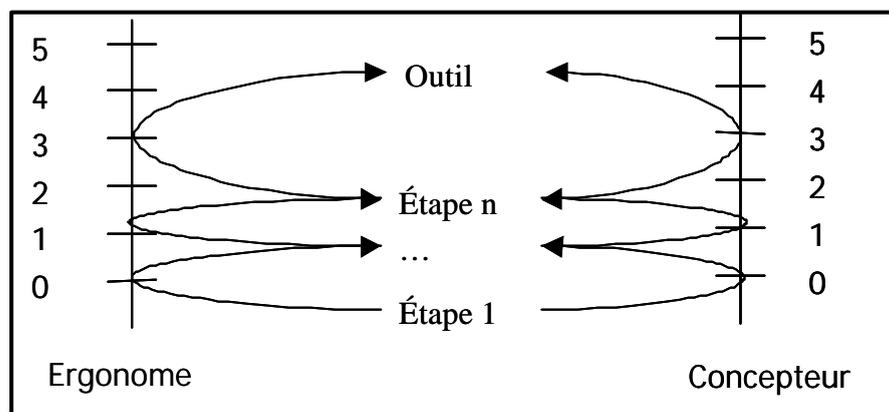


Figure 20 : Constitution d'une échelle d'évaluation de l'expertise du groupe en fonction de la conception conjointe de l'outil

Nous avons représenté une échelle identique pour chaque passage, mais nous présumons qu'il n'en est rien. Cependant nous n'avons à ce jour aucun moyen de le prouver ; ni la bibliographie, ni les expériences passées ne nous permettent de graduer notre échelle. Nous ne précisons pas les étapes permettant le passage d'un niveau à un autre car nous n'avons aucune raison de penser qu'elles seront identiques pour les deux métiers.

Il s'agit de définitions macroscopiques, nous n'avons aucune prétention de mesurer les connaissances individuelles. Mais nous postulons que cet indicateur nous autorise à mesurer l'apprentissage entre les membres du groupe de travail et leurs implications.

De par l'interdisciplinarité de notre projet, l'acquisition par le groupe d'un vocabulaire commun est indispensable. C'est le point de départ de la collaboration tel que nous l'avons défini (cf. paragraphe

<sup>22</sup> Nous remercions ici tout particulièrement Millet D. et Camous R. ainsi que les participants au groupe de travail au sein du laboratoire qui nous ont permis de formaliser ce travail.

2.3) : le partage de points de vue. Le sentiment d'appartenance à un groupe passe par le langage utilisé. Rien ne serait plus pénalisant pour le projet de collaboration que l'incompréhension sémantique.

Comme l'explique Nyckees, la valeur des mots n'est pas dans leur description de l'activité réelle des acteurs, mais dans l'effet qu'ils vont engendrer chez ceux qui l'entendent. « La relation au réel passe nécessairement en effet par la compréhension humaine. ... Le langage n'a pas pour but de représenter la réalité. Il sert fondamentalement à accomplir des actes. Dans cette perspective, les significations ne sont plus que des constructions linguistiques dont la valeur réside dans l'action exercée sur un interlocuteur. » [NYCKE 00] C'est la première étape : l'acquisition d'un vocabulaire commun.

La connaissance des concepts de l'autre discipline permet de comprendre les fondements de l'activité. Il est indispensable à l'ergonome de connaître les fondements de l'activité du concepteur mécanicien. Il n'est pas ici question pour l'ergonome de connaître les lois mécaniques ni même de savoir résoudre un problème de calculs de ressort. Il s'agit de remplir ses objectifs en prenant en compte ceux de l'autre. Au même titre qu'il n'est pas question pour le concepteur d'avoir des connaissances en neurophysiologie mais bien d'avoir conscience que la prise en compte de ce dernier respecte plusieurs règles physiologiques, anthropométriques, sociologiques etc.

Que le concepteur sache réaliser un test utilisateur n'est pas notre objectif. Bien au contraire cela peut desservir notre projet de collaboration, il ne faut pas que les acteurs perdent leurs identités. L'objectif est bien d'amener le concepteur à connaître ce dont l'ergonome a besoin pour réaliser un test (et qui peut impacter les choix de conception) et ce à quoi il peut espérer arriver, quels sont les résultats que l'on peut en attendre. De même, l'ergonome doit avoir conscience des méthodes de travail sous CAO, des contraintes sur les mécanismes par exemple.

Nous définissons à travers cette échelle un indicateur nous permettant de mesurer l'efficacité des actions mises en place. Une progression des participants au cours de notre projet sera la preuve des bénéfices que notre démarche permet : la montée en expertise des différents acteurs.

Une fois cet indicateur défini, nous allons présenter les protocoles et les résultats validant nos deux hypothèses.

### 4.3 Protocole et résultats de la première hypothèse : mise en place d'un travail collaboratif dans le but de déterminer le contenu et le contenant du transfert

Nous présentons ici la construction des différentes étapes évoquées dans la figure 17 pour structurer la mise en place d'un travail collaboratif.

Fort des travaux de Visser sur l'assistance à la réutilisation, nous nous interrogeons sur «le type d'utilisateur à assister, le type d'activité à assister ». [VISSE 99] Ces deux questions « Qui assister ? et Quoi assister ? » doivent être soulevées dès le début. Notre contexte industriel influence fortement nos réponses. A la question sur le type d'utilisateur à assister, nous postulons que les concepteurs mécaniciens novices comme experts doivent pouvoir utiliser l'outil d'aide au transfert de données. Un concepteur n'est pas expert dans tous les domaines, aussi il faut que l'outil réponde à la majorité des besoins. Nous devons représenter cette variabilité dans notre groupe de travail.

Donner une réponse à la question « Quoi assister ? » est plus ardu. Les tâches basées sur un savoir formel, physique et/ou mathématique doivent aussi être assistées. L'assistance n'est pas synonyme d'automatisation. Nous pensons que toute étape, qui repose sur des savoirs mathématiques et physiques formalisables, qui regroupe une infinité de solutions mécaniquement « bonnes » et dont la fréquence d'occurrence est importante, peut être outillée. Il y a un réel intérêt, pour l'entreprise, à outiller, c'est à dire développer, tester, améliorer et entretenir, une étape qui mérite par sa fréquence et sa complexité un tel investissement financier et humain. De telles étapes au sein de la conception d'un siège d'automobile sont multiples, citons pour exemple l'optimisation de mécanismes via les calculs de rendement de moteurs électriques, les calculs d'inertie, les calculs d'engrenages, les calculs de ressorts de réglage hauteur...

Cependant, si ces tâches sont valorisées, les outiller c'est alors prendre le risque de déprécier l'activité du concepteur.

Des tâches similaires existent dans la prise en compte de l'ergonomie. Nous ne discutons pas des tâches des ergonomes, qui eux ont su s'outiller grâce à des outils tels que Kronos® ou Captiv®. Nous évoquons bien les tâches des individus amenés à utiliser les règles ergonomiques dans leur activité. Il s'agit des tâches de calculs statistiques, de représentation de la distribution anthropométrique d'une population par exemple. L'utilisateur de ces méthodes doit ensuite décider quelle solution, mécanique, de forme,..., est la plus adaptée. Ces tâches peuvent donc être outillées, et doivent l'être pour faciliter l'insertion de l'ergonomie dans le processus de conception. Un tel outil doit révéler le champ de solutions possibles tout en facilitant la résolution mathématique, mécanique, statistique ou autre. Cependant, l'utilisation de ces méthodes dépend des sujets : on ne résout pas de la même manière la question de l'ergonomie d'une commande électrique de glissière de siège et la question de la

vigilance. Il faut donc définir les sujets «outillables » en accord avec les futurs utilisateurs et en accord avec l'organisation. Nous postulons que le recueil des besoins des futurs utilisateurs en adéquation avec les solutions réalisables nous permet de construire la liste des sujets.

La collaboration entre les différents acteurs favorise le recueil des besoins dont la représentativité dépend de la variabilité d'expertise dans le groupe.

Nous allons tout d'abord exposer comment nous avons constitué le groupe de travail, puis nous présenterons le protocole suivi pour le recueil des besoins et les résultats obtenus. Enfin, nous indiquerons quels sujets le groupe a décidé de choisir et la réalisation du cahier des charges de chaque outil.

### 4.3.1 Première étape : Mise en place du groupe de travail

Nous allons tout d'abord aborder la démarche choisie pour constituer un groupe de travail en vue d'une collaboration entre ses différents membres. Nous présenterons ensuite les résultats obtenus.

#### 4.3.1.1 Comment construire le groupe de travail ?

L'interdisciplinarité exige logiquement de mettre différents métiers ensemble. Nous ne disposons à ce jour d'aucune donnée sur le nombre limite de disciplines possible. Nous avons choisi de nous restreindre à deux métiers. En effet, la demande initiale provient de l'équipe confort qui souhaite améliorer le transfert de ses données. Les utilisateurs principaux de ces données sont les concepteurs mécaniciens. Aussi, les deux métiers concernés par notre démarche sont les ergonomes (au nombre de deux dans le groupe) et les concepteurs mécaniciens (au nombre de huit). Un travail similaire doit être fait pour chaque corps de métier amené à échanger des données. Néanmoins, nous avons de bonnes raisons de penser qu'en multipliant le nombre de métiers représentés, nous perdons en efficacité. Les raisons sont d'ordre divers : logistique et organisationnelle (réunir tout le monde devient difficile) mais surtout en terme humain. En effet, en voulant multiplier les utilisateurs d'un même outil, nous augmentons les points de vue et les besoins mais nous diluons la spécificité de l'outil : il correspond un peu aux besoins de tous mais ne répond à aucun spécifiquement et complètement. La multiplication des acteurs peut engendrer une divergence des intérêts. Le transfert, sur lequel porte nos travaux de recherche de thèse, est celui qui s'effectue entre l'ergonome et le concepteur mécanicien. En introduisant un autre métier dans cette relation, la collaboration peut être amoindrie et l'outil conçu ne répondrait plus à ce besoin mais également aux intérêts de cet autre métier. Bien qu'un tel travail soit intéressant, il ne nous apparaît pas opportun dans notre contexte industriel et ni efficient vis-à-vis de notre problématique.

Nous présentons (cf. annexe 2), les définitions de profil d'un ingénieur de recherche (concepteur et ergonome), celui d'un dessinateur et celui d'un projeteur. Les concepteurs mécaniciens sont répartis suivant deux catégories : ceux dont l'activité est basée en R&D et ceux dont l'activité est destinée à un client constructeur en particulier.

Dévoiler les différentes activités et les différents niveaux d'expérience des concepteurs nous paraît indispensable. Ceci doit permettre de représenter la variabilité des besoins en informations et surtout les diversités des difficultés rencontrées. Pour les ergonomes de par leur nombre<sup>23</sup>, la variabilité est moins importante. Aussi, la représentativité peut se faire avec un nombre de participants plus restreint.

Le nombre minimal et maximal de participants est important. Il est communément admis qu'un minimum de 15 testeurs est nécessaire pour découvrir tous les défauts d'utilisabilité. Nielsen affirme qu'un test avec 5 panélistes suffit dans la mesure où il est répété après les modifications. [NIELS 01] Pour des raisons de représentativité d'expertise, nous ne pensons pas que 5 concepteurs soient suffisants. Il nous apparaît impossible d'initier un groupe de travail collaboratif avec un nombre d'individu supérieur à 10.

Notre propre contribution est à délimiter, je ne suis pas considérée comme ergonome de l'équipe confort participant au groupe mais comme animateur du groupe. Nous devons représenter un intermédiaire sur lequel tous les membres du groupe peuvent s'appuyer, et par conséquent une certaine forme de neutralité. Cette position est essentielle pour mettre en place un groupe de travail collaboratif. En effet, cette collaboration ne peut se faire sans la mise en œuvre de négociations. Seule la position de neutralité, d'animateur peut nous autoriser à trancher lorsqu'il se doit.

Dans notre contexte industriel, le groupe de travail doit être autorisé et validé par la hiérarchie. Ceci est essentiel pour que les participants aient la liberté d'assister aux réunions et pour impliquer la hiérarchie. Ceci en confirmation avec les travaux de Jacqueson sur l'intégration de l'eco-conception chez FAURECIA "En effet, chaque concepteur ayant ses habitudes de travail, il est particulièrement important, lors de la période transitoire d'intégration de nouvelles connaissances, que la hiérarchie soutienne et motive les efforts de son personnel face à la nouvelle orientation de travail." [JACQU 02]

Nous décidons donc de mettre en place un groupe de travail constitué d'ergonomes et de concepteurs avec des expertises différentes dans le but de recueillir leurs attentes et besoins.

La hiérarchie permet d'augmenter la crédibilité du projet et la mise en œuvre des moyens. Il est donc important dans la mise en place de ce projet de prévoir une étape au cours de laquelle le projet est présenté aux hiérarchies concernées et validé par elles-mêmes.

---

<sup>23</sup> Les personnes considérées comme ergonome ou ayant une activité liée à l'ergonomie de produit sont recensées au nombre de 6 au sein de l'équipe confort et de l'ancienne équipe innovation lors de la réalisation de nos travaux.

#### 4.3.1.2 Première concrétisation : mise en place d'un groupe de 10 participants : 2 ergonomes et 8 concepteurs

Nous procédons tout d'abord à une présentation du projet à chaque responsable des deux départements dans le but d'obtenir le droit d'attribuer des personnes de leurs équipes au projet.

Cette autorisation obtenue nous constituons le groupe de travail :

- 2 ergonomes,
- 5 concepteurs du bureau d'études Recherche et Développement (nous utiliserons l'abrégié suivant BE R&D),
- 3 concepteurs du bureau d'études Division Client (BE DC).

L'ancienneté et les fonctions des concepteurs varient. Le groupe BE R&D est constitué de deux ingénieurs ayant intégré la société depuis 4 ans pour l'un, 5 ans pour l'autre, d'un dessinateur ayant intégré la société depuis 13 ans, et de deux projeteurs d'ancienneté de 5 ans et 3 ans.

Le groupe BE DC est constitué de deux ingénieurs l'un d'ancienneté de 1 an ½ et l'autre de 2 ans ½ et d'un dessinateur d'ancienneté de 4 ans. Il faut savoir que le projeteur est souvent une personne extérieure, aussi nous ne pouvons pas, pour des raisons évidentes de confidentialité, faire participer ces personnes dans notre projet.

Quand le groupe est formé, nous présentons à chaque acteur les objectifs du projet et lui expliquons qu'il peut refuser. Après l'officialisation des participants, nous passons à l'étape de recueil des besoins.

### 4.3.2 Deuxième étape : Recueillir les besoins des concepteurs

Nous entendons par cette expression la constitution d'une liste des difficultés en matière d'ergonomie des concepteurs mécaniciens. Nous allons tout d'abord exposer le protocole mis en place pour réaliser ce recueil puis nous révélerons les résultats.

Le recueil des besoins s'effectue suivant deux moyens principaux :

- un questionnaire individuel
- une réunion du groupe de travail.

Ces deux pistes permettent de recueillir le maximum d'informations faite de réelle analyse d'activité et analyse cognitive.

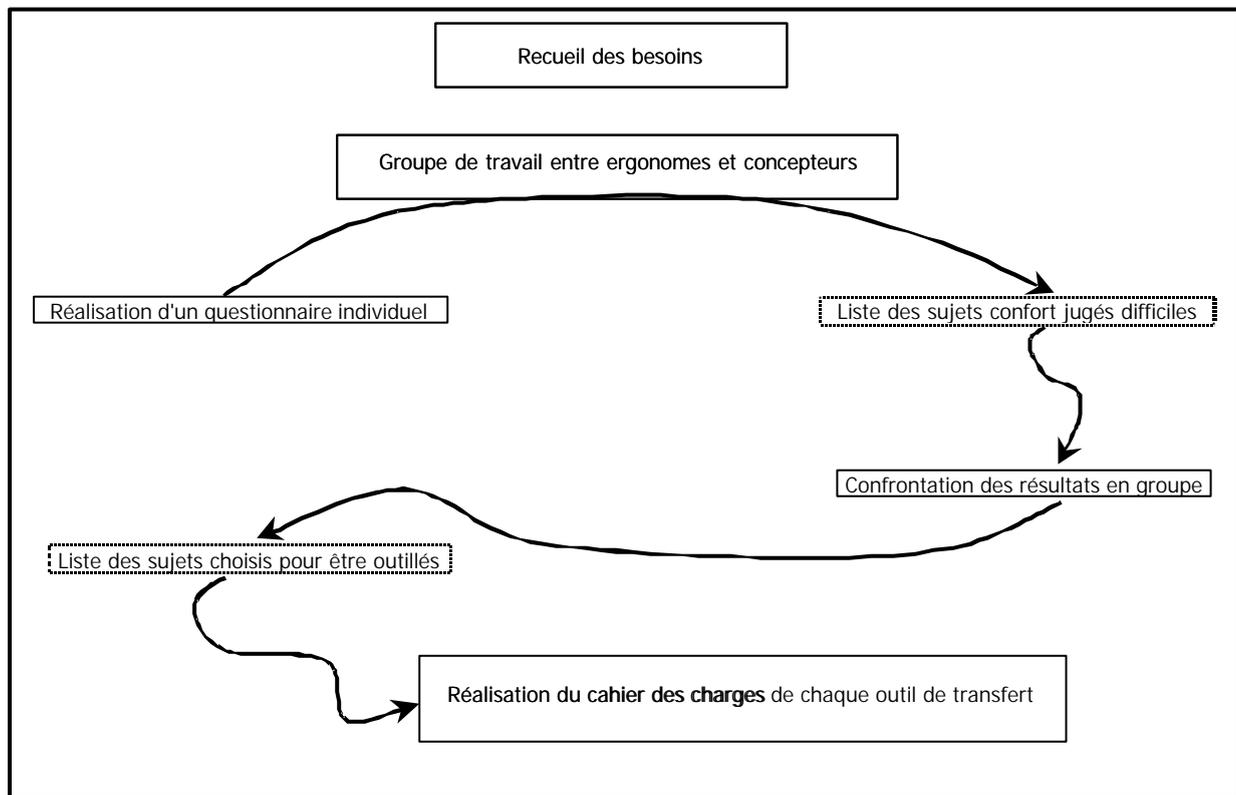


Figure 21 : Représentation schématique du protocole de recueil des besoins

Nous allons présenter ces différentes étapes.

#### 4.3.2.1 Questionnaire individuel : une analyse de l'état initial et un recensement des sujets confort potentiellement sources de difficultés pour les concepteurs

La première étape s'effectue à travers un questionnaire individuel anonyme (cf. annexe page 7) Ce questionnaire doit permettre de cerner les informations dont les concepteurs estiment disposer, de celles qu'ils souhaiteraient obtenir et d'évoquer les difficultés qu'ils rencontrent. Ce questionnaire doit nous permettre d'obtenir certains besoins exprimés des concepteurs. Ces besoins vont être confrontés en groupe pour pondérer leur importance et leur pertinence. Ce questionnaire doit nous permettre de faire un état des lieux de la situation de départ en ce qui concerne le transfert d'informations. Il est constitué de questions principalement orientées sur les informations dont ils disposent à leurs arrivées et celles qu'ils traitent quotidiennement. Les autres questions ont pour principal objectif de lister les sujets confort jugés difficiles pour lesquels concepteurs estiment qu'une aide devrait être apportée.

Le questionnaire a été distribué en main propre à chaque concepteur et inclut une date de retour. Il n'a pas été distribué aux ergonomes. Nous sommes situés au sein de l'équipe confort et notre objectif est le transfert de données de l'ergonome vers le concepteur pour une meilleure insertion de l'ergonomie dans la conception de siège d'automobile. Les réponses au questionnaire peuvent se faire de façon anonyme par courrier interne. 2 personnes ont utilisé ce moyen, les autres participants n'ont pas utilisé le mode anonyme. De plus, sur les 8 personnes à qui le questionnaire a été distribué la totalité l'a rendu. Ceci peut être interprété comme une preuve de la confiance qu'ils nous accordent déjà<sup>24</sup> et démontre une preuve de la motivation des membres du groupe.

Sur 8 réponses, 4 concepteurs disent n'avoir reçu aucune information. Ils avouent par contre utiliser régulièrement l'expérience des personnes les encadrant. La diffusion des recommandations semble donc être un problème. Pour les 4 autres concepteurs les sources varient suivant leurs fonctions : 2 ont eu le cahier de recommandation confort, 1 le guide de recherche et le guide de conception du BE R&D, 1 les précédents rapports et les fichiers informatiques correspondant. Ce qui est intéressant, c'est la distribution des réponses en fonction de l'ancienneté. En effet, trois concepteurs ayant le plus d'ancienneté (13 ans et deux fois 5 ans) ont répondu ne pas disposer d'informations particulières à leur arrivée mais d'un « tuteur ». Le transfert d'informations, les procédures, la question de la gestion des connaissances ayant de plus en plus d'importance, nous pouvons aisément comprendre pourquoi les concepteurs ayant le moins d'ancienneté disposent de cahier à leur arrivée.

Le contexte industriel et le turn-over<sup>25</sup> peuvent expliquer une certaine rétention à la diffusion des informations. La nécessité de transférer les données ne fait plus aucun doute et doit être encadrée. La diffusion des informations est indispensable pour monter en compétences les équipes de conception.

---

<sup>24</sup> Cette confiance est favorisée par notre précédent projet de DEA et par notre participation à des projets.

<sup>25</sup> Le turn-over a doublé entre 2000 et 2002 chez les cadres du site Brières de Faurecia sièges, mais ce turn-over reste relativement bas comparé à d'autres chiffres nationaux.

Le compagnonnage comme catalyseur du transfert d'informations ne paraît plus réalisable dans notre contexte bien qu'il soit à nos yeux probablement le plus performant.

Deux problèmes ressortent : le premier réside dans la difficulté de trouver l'information pertinente ou l'interlocuteur adéquat dans un bref délai ( 6 réponses sur 8). Le deuxième réside dans la faible marge de manœuvre sur le siège pour correspondre aux critères confort, faible marge de manœuvre sur les données sur la forme du siège par exemple, (4 réponses sur 8).

Le questionnaire permet de dégager plusieurs sujets sur lesquels les concepteurs du groupe souhaiteraient voir l'équipe confort apporter son aide.

La liste est composée de 8 sujets classés par ordre décroissant de nombre de réponses:

Sujet	Nombre de réponses sur 8 sujets
Mannequin	8
Appui-tête	6
Dureté de la mousse position de la nappe	6
Organe de commandes de réglage de siège	6
Accoudoir	5
Garde confort <sup>26</sup>	5
Argumentation sur les recommandations confort	3
Activité précise de l'équipe confort	2

Figure 22 : Tableau récapitulatif des sujets jugés difficiles par les concepteurs du groupe de travail

Nous allons préciser les questions exprimées dans ce questionnaire :

- mannequin<sup>27</sup> : lequel choisir suivant les situations, comment le placer, quelle est la représentativité des mannequins ?
- appui-tête : où le positionner ?
- dureté de la mousse et position de la nappe : quelle densité de mousse pour quel confort ?

<sup>26</sup> On définit cette zone, de telle manière à assurer que l'occupant ne rentre pas en contact avec des parties métalliques du siège.

<sup>27</sup> Les sièges d'automobile sont conçus autour du mannequin 50<sup>ème</sup> centile en taille, ce mannequin est normé et est le seul dont la représentation physique (et non seulement sur CAO) est utilisée pour les tests. Il existe ensuite deux autres mannequins reconnus mais non utilisés physiquement il s'agit du mannequin 5<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centile. Le 50 centile (ou percentile) en taille définit la taille en dessous de laquelle 50 % de la population considérée a une taille inférieure. De plus chaque constructeur peut proposer ses propres mannequins.

- organes de commandes : quelle préhension, quel effort, quelle place est occupée par la main ?
- accoudoir : où le positionner ?
- garde confort : sont-elles les mêmes pour le dossier et l'assise, n'est-il pas possible de gagner un peu de liberté sur cette valeur ?
- argumentation des recommandations : comment argumenter auprès du client les recommandations FAURECIA ?
- activité précise de l'équipe confort : que peut-on attendre d'elle, quand pouvons nous faire appel à elle ?

Ces difficultés semblent se manifester à chaque projet (6 réponses sur 8).

Nous ne pouvons pas retenir les 8 sujets dans le cadre de notre thèse. Nous allons présenter comment nous avons retenu les deux sujets sur l'appui-tête et sur l'accoudoir et comment ces sujets ont été repensés sous forme de questions sur le positionnement des têtes et des coudes.

#### 4.3.2.2 Première réunion du groupe de travail : objectif sélectionner les sujets dont le transfert doit être instrumenté dans le cadre de nos expérimentations

Les demandes des concepteurs sont compilées avec les ergonomes lors de la réunion pour ne garder que la liste des demandes pour lesquels une réponse dans le temps imparti peut être apportée. En effet, il ne serait pas raisonnable de vouloir répondre à un besoin pour lequel nous devrions acquérir les connaissances. Nous ne pourrions pas vérifier nos hypothèses pour des raisons de temps. L'objectif de cette réunion est de permettre au groupe de choisir un certain nombre de sujets dans la liste compilée. Ces sujets feront l'objet de la conception conjointe d'outils de transfert de données.

Lors des réunions en groupe, il est formateur de faire exprimer en groupe chaque concepteur sur les obstacles qu'il rencontre. Certaines personnes peuvent être gênées. L'initiative d'un individu peut entraîner un enchaînement d'idées chez d'autres qui peut aider à lever les barrières. De plus, pour initier la collaboration il faut que le groupe de travail devienne une zone d'expression au sein de laquelle l'erreur, les problèmes ont une place, leur place. « L'erreur résulte de l'interprétation d'un écart. Ce qui constitue l'erreur, c'est l'évaluation de ce résultat par rapport à un but visé, à une référence adoptée pour l'activité. » [LEPLA 99] Aucune évaluation de cet ordre ne doit être faite dans le groupe. Il n'y a pas d'erreur, ni de faute mais uniquement des inadéquations entre les moyens, l'activité à réaliser et l'expérience de l'acteur. Si un des membres du groupe pense faire une erreur ou hésite à exprimer une opinion, il peut nous faire perdre une information précieuse. Cet espace de libre expression, dans le respect de certains objectifs et de règles communes, est essentiel pour notre projet.

La première réunion du groupe est l'occasion de mettre en place un système de règles de fonctionnement et un vocabulaire commun. Les règles furent les suivantes : aucune critique d'une idée ne peut être faite, par contre toutes les critiques constructives sur le projet, sur les recommandations, sur les outils doivent être exprimées. Chacun des membres a le droit de s'exprimer et ne doit pas être censuré.

La création d'un vocabulaire commun commence par l'accord du groupe sur la définition de l'activité du concepteur et celle de l'ergonome. Nous avons distribué des papiers à chaque participant pour qu'ils définissent selon leurs propres termes la fonction d'ergonome et celle de concepteur. Le but est de purger les idées de chacun sur l'activité de l'autre et d'aboutir à une définition partagée construite ensemble.

Voici quelques exemples de réponses :

ERGONOME

- Il ou elle concrétise des informations  
subjective pour concevoir des armatures  
de sièges pour un large public

Ergonome:

Etudie et propose des préconisations  
pour faciliter (rendre plus accessible,  
le moins inconfortable possible) les différentes  
actions que fera le conducteur ou le  
passager du véhicule.

CONCEPTEUR

Il ou elle trouve des solutions pour  
résoudre des pb techniques

Concepteur

Personne chargée de la définition et la concep.  
d'un produit à partir d'un PNC

Figure 23 : Exemples de définitions du rôle d'ergonome et de concepteur par les participants du groupe.

Le groupe a ensuite construit et adopté à partir de discussions et d'échanges les définitions partagées suivantes :

- Ergonome : celui ou celle qui exerce l'activité d'observer et d'analyser l'usage réalisé par les utilisateurs afin d'adapter le produit à la diversité des individus

- Concepteur : celui ou celle qui exerce l'activité d'ajuster des paramètres, en pondérant les contraintes, afin d'élaborer le meilleur produit compte tenu du contexte.

Nous avons aussi rappelé l'objectif à l'équipe : la conception conjointe d'outil d'aide au transfert de données relatives à l'ergonomie.

Une fois cette base établie, nous avons fait part de ces résultats au groupe de travail dans le but d'affiner la liste et de mieux cerner les difficultés que rencontrent les concepteurs sur ces sujets. Nous avons bien conscience « qu'il faut distinguer la représentation « mentale » qu'une personne a de son activité et la représentation de l'activité réelle correspondante que peut construire un psychologue cognitif. » [VISSE 90] Cependant, une telle opportunité ne nous n'est pas accessible. Aussi, nous compléterons les représentations exprimées par les différents acteurs par nos propres observations.

Nous avons donc demandé à chaque participant d'expliquer les difficultés qu'il peut rencontrer au cours d'un projet de conception de siège sur les différents sujets listés précédemment (cf. figure 22). Nous n'allons pas détailler chaque point, nous allons présenter quatre points: l'appui-tête, l'accoudoir, le couple mousse-nappe et les organes de commandes. Nous choisissons de développer ces points car les deux premiers sont les applications de notre projet, un outil existait déjà sur le troisième. Le quatrième fût l'objet d'un travail de recherche de projet de DEA au cours de notre projet.

#### \* L'appui-tête

L'appui-tête est tout d'abord un organe de sécurité. En effet, il permet d'éviter le coup du lapin en cas de choc arrière par exemple. C'est une structure conçue pour absorber une partie d'énergie cinétique de la tête lors d'un impact permettant ainsi de réduire les risques de blessure. De ce point de vue, différentes normes et articles permettent sa conception. [DIR 738], [SAE J1052], [REED 01]

Du point de vue du confort, l'idéal serait que l'appui-tête permette à tous les clients, conducteurs ou passagers, de trouver un appui bien placé. Le confort et la sécurité ne s'accordent pas toujours vers le même objectif : une personne peut préférer avoir son appui-tête en position basse alors que pour sa sécurité il doit le régler de manière à ce que son milieu soit derrière le centre de gravité de la tête.

Nous avons demandé aux concepteurs du groupe de travail comment ils décident de son emplacement actuel. Les réponses s'articulent autour de trois points : la norme qui définit un certain nombre de règles indispensables au caractère sécuritaire, le cahier des charges et l'utilisation de points d'insertion définis par la structure du dossier.

#### \* L'accoudoir

L'accoudoir embarqué sur le siège n'existe pas sur tous les modèles, aussi tous les concepteurs du groupe n'ont pas été confrontés à sa conception. L'accoudoir permet d'apporter à l'utilisateur un appui permettant de relâcher le bras. Nous n'avons pas trouvé de norme sur ce sujet, des préconisations existent néanmoins chez Général Motors par exemple [GM 96]. Ceux qui ont de l'expérience sur cet élément du siège expliquent que sa conception est assez opportuniste et pas formalisée (point d'accrochage choisi en fonction de la structure). Elle obéit au cahier des charges donné par le constructeur.

\* Mousse - nappe

Ce sujet consiste à déterminer l'épaisseur de mousse de l'assise compte tenu de sa densité et du support mis en dessous de celle-ci. Le support peut être une nappe ayant une certaine déflexion ou un support rigide aussi appelé baquet. Un outil existe déjà au sein de l'équipe confort. Un des concepteurs du BE DC de par sa fonction de représentant confort au sein du BE connaît cet outil, les autres concepteurs non.

\* Organe de commandes

L'ergonomie des organes de commande est un vaste sujet. Au moment du recueil des besoins, aucune connaissance n'était formalisée au sein de l'équipe confort, compte tenu du temps qui nous était imparti nous avons décidé de le confier tout d'abord à une élève<sup>28</sup> de DEA du Laboratoire Conception de Produit et Innovation de l'ENSAM. Les questions sur ce sujet sont multiples. Il faut déterminer où disposer les commandes de réglage dans le cas de commandes électriques et dans le cas de commandes manuelles ? Quel effort peut-on exiger de l'utilisateur sans un rejet de sa part ? Quelle est la zone de préhension pour le conducteur et pour le passager avant ? Ce dernier sujet demande des expérimentations importantes pour pouvoir acquérir des données.

Quel que soit le sujet, nous avons pu, grâce à notre participation à certains projets, corroborer les travaux de Wisser sur le caractère opportuniste de l'activité des concepteurs. « Une caractéristique importante d'une activité organisée de façon opportuniste est, en effet, que l'enchaînement des « pas de résolution » n'est pas dicté par une stratégie pré-établie. Au contraire, chaque pas dépend de l'état des données : états présents et passés du couple problème- solution, connaissances que détient le concepteur, informations qui lui parviennent de l'extérieur. » [VISSE 90] Il est donc essentiel pour l'équipe confort que le concepteur dispose au bon moment de l'information la plus pertinente face au problème et à sa solution éventuelle.

---

<sup>28</sup> Un grand merci à Melle Simon N. !

Le groupe décide de se focaliser sur deux sujets plus spécifiquement : la question de l'appui-tête et de l'accoudoir et ceci pour les raisons suivantes. L'un des ergonomes, Judic J-M, maîtrise une méthode de simulation statistique : les modèles probabilistes de Monte Carlo. Nous ne nous attarderons pas sur cette méthode car nous ne la dominons pas. Cette compétence apparaît intéressante au groupe car elle permet de diminuer le temps de formalisation des réponses de l'équipe confort. De plus, ces deux sujets ont des points communs dans le mode de résolution, nous le verrons par la suite.

Les deux sujets retenus, le groupe de travail doit définir les paramètres que le concepteur doit disposer et ceux qu'il doit obtenir grâce à l'instrumentation. Nous avons défini cette étape comme la réalisation du cahier des charges que nous allons présenter.

### 4.3.3 Troisième étape : réalisation du cahier des charges des deux outils de transfert

Cette étape a pour objectif de définir avec le groupe les exigences auxquelles l'outil d'instrumentation du transfert doit répondre. L'autonomie du groupe reste quand même encadrée par la nécessité de transmettre des données sur les deux sujets précédemment choisis. Cette étape est le lien entre notre première hypothèse et notre deuxième hypothèse. Aussi, nous faisons le choix de la présenter sous le cadre de la collaboration entre acteurs ayant comme objectif la réalisation de notre seconde hypothèse. Elle sera abordée sous l'angle technique dans notre seconde hypothèse. Nous allons tout d'abord exposer comment les négociations entre les participants du groupe ont permis de fixer les paramètres d'entrée et de sortie pour les deux sujets retenus. Enfin, nous aborderons les choix sur la forme du transfert auxquels les concepteurs et ergonomes ont abouti.

Une fois les sujets choisis, il faut mettre en commun les connaissances de chaque participant sur ce thème et ceci dans le but d'envisager le plus de pistes de solutions possibles.

Les concepteurs verbalisent, formalisent tout d'abord leur manière de faire. Puis, ils expriment les données qui leur manquent, celles qu'ils attendent des ergonomes. Nous avons bien conscience qu'au début les préoccupations quotidiennes des projets actuels ressortent. Le mélange des métiers et des expériences permet d'éviter ce point, d'extraire le caractère momentané de certaines questions et de supprimer l'absence de récurrence de certaines demandes. Les ergonomes doivent formuler les solutions qu'ils ont, qu'ils connaissent et leurs propres limites.

Le choix des données d'entrée et de sortie est l'objet de négociations, de compromis entre les acteurs. Les données d'entrée doivent être celles dont l'ergonome dispose et celles que les concepteurs acceptent de manipuler. Les données de sortie doivent être celles que l'ergonome souhaite faire manipuler au concepteur et que ce dernier reconnaît comme adéquates à ses besoins.

Cette étape débute par une phase non prévue par le protocole. En effet, le groupe, motivé par l'envie des ergonomes de tester leur travail et par la curiosité des concepteurs, décide de commencer par tester l'outil déjà existant sur la mousse et la nappe. Nous présenterons donc les résultats de ces tests. Puis nous présenterons les négociations qui ont abouti à la définition des données contenues dans les deux autres outils d'instrumentation du transfert de données des ergonomes aux concepteurs sur les deux sujets : appui-tête et accoudoir.

#### 4.3.3.1 Tester un outil existant : le choix du groupe de travail

Au cours de notre restitution des résultats du questionnaire au groupe, nous avons montré qu'il existait un outil pouvant éclairer les problèmes liés à la mousse. Un des membres du groupe connaissait son existence (en l'occurrence l'ingénieur ayant le moins d'ancienneté). Le groupe a souhaité tester cet outil pour analyser un exemple d'instrumentation. Nous le présentons tout d'abord à l'ensemble du groupe de façon collective afin que chacun reçoive un minimum d'informations identiques puis des tests individuels sont réalisés avec chaque concepteur. Nous allons tout d'abord présenter succinctement l'outil puis nous exposerons les résultats du test.

#### **A) Présentation de l'outil**

Cet outil a pour objectif de définir certains paramètres en fonctions des autres. L'ergonome soucieux de ne pas imposer une hiérarchie a laissé l'ordre de choix aléatoire, ce qui permet des utilisations multiples. L'outil a été développé sous Excel. Les paramètres sont classés suivant le support d'assise utilisé (nappe ou baquet).

Le siège est constitué au niveau de l'assise d'une coiffe, d'une mousse et d'un support. L'objectif de cet outil est d'optimiser le couple mousse et support en fonction de certains paramètres de conception tel que l'enfoncement mannequin.

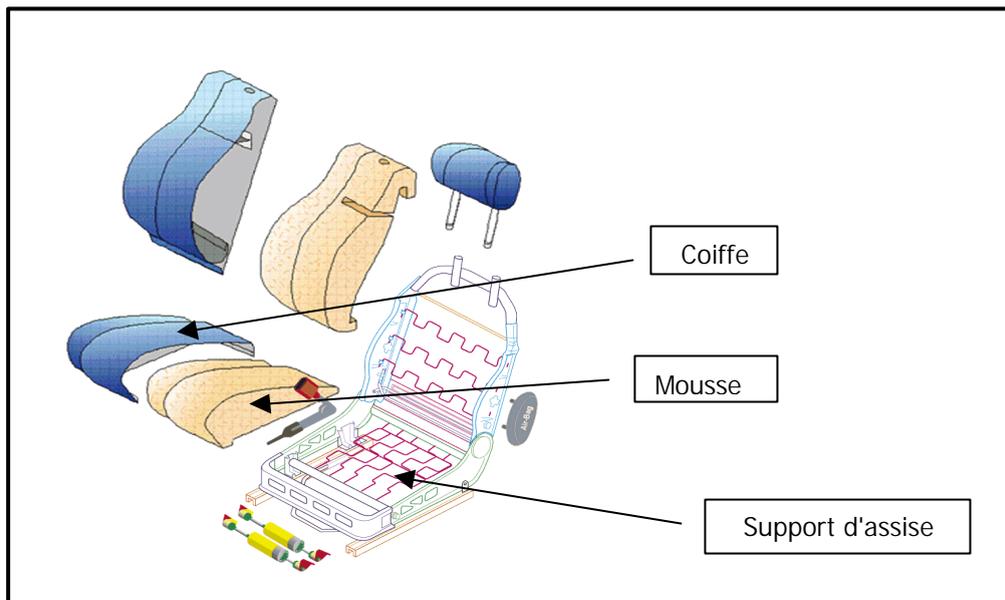


Figure 24 : Schéma représentant les principaux composants d'une assise

Les paramètres manipulables dans l'outil sont divisés en deux grandes parties : les paramètres siège (diamètre du fil de nappe si tel est le support, densité et épaisseur de la mousse) et les paramètres mesurés avec le mannequin (enfoncement du mannequin, déflexion de la nappe si tel est le support, taux de compression). Grâce à des filtres Excel, l'utilisateur peut choisir à travers différentes valeurs celles du paramètre qu'il souhaite fixer et l'outil en déduit celles possibles des autres paramètres. L'outil a été conçu en comparant les résultats d'un plan d'expérience et ceux d'une analyse de l'existant sur une soixantaine de sièges.

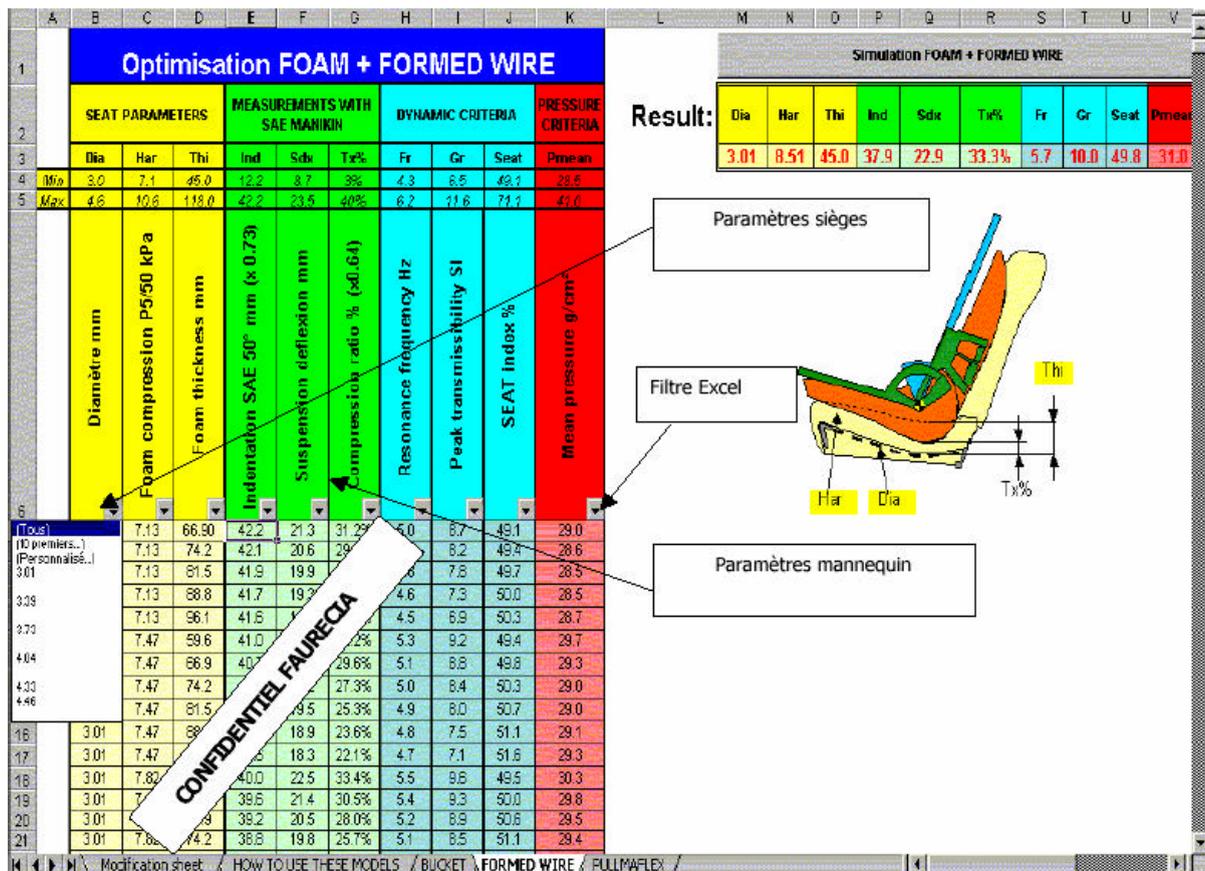


Figure 25 : Image d'écran de l'outil mousse –nappe

Le groupe a donc décidé de tester cet outil. Pour ce faire, nous avons réalisé des tests utilisateurs individuels que nous allons présenter.

## B) Protocole et résultats du test de l'outil mousse- nappe

Nous avons effectué certains tests en présence de l'ergonome qui avait conçu l'outil, ce dernier a la consigne de ne formuler aucune aide ou aucune remarque durant les tests. Le test est basé sur une exploration libre à partir de la page du mode d'emploi de la part des concepteurs, qui est suivie d'un questionnaire individuel de 1h30, présenté dans l'annexe 4.

Les résultats de l'entretien individuel sont les suivant:

Sujet	Nombre de réponses sur 8 concepteurs
Retour d'informations insuffisant	6
Outil rajoute des contraintes	6
Interface mal adaptée	5
Compréhension de certains paramètres difficiles	4
Outil facile d'utilisation	4
Mode de saisie inhabituel et gênant	3

Figure 26 : Tableau récapitulatif des résultats du test utilisateur de l'outil mousse-nappe

6 testeurs jugent manquer de retour d'informations lors de leurs erreurs et sur les critères manipulés, notamment ils différencient difficilement les paramètres fixés de ceux laissés libres. 6 concepteurs ne trouvent pas que l'outil leur ajoute des contraintes.

Les concepteurs qui jugent l'interface mal adaptée à l'activité, reproche un manque de schémas explicites et un vocabulaire non expliqué. La compréhension de certains critères est difficile essentiellement à cause de l'utilisation de l'anglais. Les principales critiques sur la manipulation proviennent de l'utilisation des filtres d'Excel.

De plus, 4 concepteurs jugent l'apprentissage de l'outil facile s'il est accompagné d'une formation

Les résultats de ce questionnaire ne sont pas en faveur de l'outil et montrent la nécessité de certains changements, notamment au niveau de l'interface.

Cependant, nos observations au cours de ces tests nous permettent de prendre en compte par la suite certaines observations dans la conception des autres outils. En effet, nous avons observé que bien que le mode d'emploi soit la première page à s'afficher, aucun concepteur ne l'a lue<sup>29</sup>. Ainsi, lorsqu'il rencontre des difficultés, l'utilisateur ne sait pas où trouver une piste pouvant l'éclairer. Le fait qu'il ne prenne pas connaissance du mode d'emploi ne permet pas au concepteur de comprendre la démarche mise en place pour trouver les résultats et les limites d'utilisation de l'outil. Ceci nuit par conséquent à l'apprentissage des concepts et méthodes utilisés. Cela peut devenir nuisible à la collaboration entre les acteurs puisque nous avons pu observer que cela créait une incompréhension entre les acteurs : le concepteur juge négativement l'outil et l'ergonome pense que c'est la faute du concepteur qui n'a pas lu le mode d'emploi.

---

<sup>29</sup> Attention, il n'y a aucun jugement de notre part, nous sommes nombreux à lire le mode d'emploi d'un auto-radio après que notre installation "intuitive" ne fonctionne pas !!

Nous avons décidé de présenter ces résultats à l'ensemble du groupe dans le but d'éclairer nos observations concernant le mode d'emploi. Cette réunion va nous permettre de figer certains points pour instrumenter le transfert des données sur les deux sujets retenus relatifs au positionnement de l'appui-tête et au positionnement de l'accoudoir. Nous allons présenter la restitution de ces résultats au groupe de travail.

### **C) Présentation des résultats du test de l'outil mousse-nappe au groupe de travail**

Nous avons présenté les résultats du questionnaire et de nos observations au groupe de travail. Une discussion s'engage autour de la non-utilisation du mode d'emploi. Cette étape non prévue dans le protocole est en réalité le point de départ de la collaboration entre les acteurs. Le groupe comprend le désavantage pour l'outil, et par conséquent pour le transfert de données, que crée l'absence de lecture du mode d'emploi. Ceci est d'autant plus vrai pour les utilisateurs novices vis à vis du sujet. Le dialogue s'instaure non pas autour de l'erreur ou de la faute, mais de la résolution du problème.

*Exemple de discussions du groupe de travail lors de cette réunion chez Faurecia, enregistrée en octobre 2001*

Ergonome 1 : « Si vous ne le lisez pas, vous ne pouvez pas savoir que nous émettons des réserves pour la mousse XXX. »

Concepteur 1 : « Moi, personnellement je ne l'ai pas lu parce que ce qui m'intéresse c'est le résultat »

Concepteur 2 : « Il ne faudrait pas que l'utilisateur fasse des allers-retours, il a déjà assez de choix à faire. »

Nous : « C'est une idée intéressante, non ? »

Concepteur 3 : « Oui, on pourrait faire comme sur Word ou Internet, un bouton d'aide sur la page de résultats. »

Ergonome 1 : « Il faut dans ce cas là, dire quelque part qu'en cas de difficultés il faut cliquer sur le bouton d'aide. De plus, il faut expliquer ce que l'utilisateur va pouvoir trouver dans l'aide. Cela ne simplifie peut-être pas la navigation. Mais bon, c'est réalisable. »

Concepteur 2 : « La navigation ce n'est pas un souci, ce qui est important c'est que nous sachions comment vous faites et ce que l'on doit pas faire avec l'outil. »

Concepteur 4 : « Il faudrait un système de protection qui nous empêche d'utiliser l'outil sans que l'on ait suivi la formation. »

Nous : « Attention, n'y a t-il pas de risque d'oubli entre la formation et l'utilisations de l'outil ? »

Concepteur 1 : « Moi je pense qu'avec l'habitude ça peut finir par rentrer. »

Concepteur 5 : « Il faut rendre la lecture du mode d'emploi obligatoire. »

Ergonome 1 : « Nous ne pouvons obliger personne à lire mais nous pouvons rendre son affichage obligatoire avant d'accéder aux résultats. »

Deux moments se dégagent de cette discussion, bien que nous n'ayons aucune compétence en ergonomie cognitive ou en sémantique. Il s'agit tout d'abord de la première intervention du concepteur 2 qui change l'orientation de la discussion et se met à parler en terme de solution. Ensuite, l'intervention finale de l'ergonome 1 utilise l'objectif exprimé par les concepteurs comme solution (la page des résultats). Le concepteur 2 utilise en premier l'expression « l'utilisateur » puis il dit « nous ». Ce changement peut être interprété comme l'appropriation du sujet et de la démarche mise en place. Bien que tous les participants ne soient pas représentés dans cet extrait, il y a réellement un début de collaboration entre les acteurs pour résoudre un problème de manière collective. Nous avons décidé de couper cet extrait sur ce dernier point car il s'agit là de la solution retenue par le groupe et qui sera re-exploitée pour les deux autres outils sur les sujets retenus.

Au cours de ce test, nous avons pu observer l'importance pour les concepteurs de visualiser l'effet de leur décision sur les résultats. En effet, toute modification des filtres élimine les valeurs en dehors de ces limites. Les concepteurs ne repèrent pas suffisamment les changements. Pour les interfaces des prochains outils, nous émettons la recommandation suivante : montrer graphiquement les modifications que les choix engendrent sur-le-champ des solutions possibles. Nous retenons ce point pour le développement des outils de transfert des données sur les sujets liés à l'appui-tête et à l'accoudoir.

Une telle étape ne pouvait être prévue dans notre protocole car elle suppose la pré-existence d'un outil et surtout le choix par le groupe du sujet auquel il correspond. Ceci démontre la nécessité de réaliser des tests au plus tôt dans le processus de conception d'outil. Ces tests et la recherche conjointe de moyens d'amélioration sont un facteur déclenchant et renforçateur de la coopération entre les membres du groupe. Cette étape permet d'initier la détermination des paramètres du transfert : les données d'entrée et de sortie des outils de transfert.

#### 4.3.3.2 De la proposition d'un modèle de résolution à la détermination des paramètres manipulés par les futurs utilisateurs : mise en place de la collaboration entre ergonomes et concepteurs.

A partir de ces premières conclusions, nous avons tiré des points à prendre en compte par la suite pour le développement des outils. La coopération s'installe peu à peu. Notre démarche encouragée par ces premières observations se poursuit avec le choix des paramètres pour les deux sujets retenus. Nous allons dans un premier temps préciser la résolution retenue concernant le positionnement de l'appui-tête. Nous exposerons comment le groupe abouti aux choix des données à transférer sur ce sujet et à la forme de l'instrument de transfert. Puis nous présenterons ces mêmes points pour le sujet concernant le positionnement de l'accoudoir.

## A) Du positionnement de l'appui-tête au positionnement de la tête

Nous allons tout d'abord présenter le modèle choisi pour répondre aux besoins des concepteurs sur la question du positionnement des appuis-tête. Puis, nous présenterons les paramètres d'entrée et de sortie choisis par le groupe de travail.

### Présentation du modèle de résolution

La principale question sur l'appui-tête tourne autour de son emplacement en matière de confort. L'opportunité d'utiliser les compétences de l'ergonome Judic pour répondre à cette question est décidée par le groupe de travail. L'outil doit représenter l'emplacement des occiputs<sup>30</sup> pour une population simulée.

Nous allons présenter une partie du travail de Judic pour exposer le problème. « Il existe une différence entre la position naturelle de la tête d'un conducteur qui conduit et la bonne position d'un appui pour cette tête en terme de sécurité d'une part et de confort de l'autre. ... si l'appui-tête est modérément plus haut, la sécurité est assurée s'il est modérément plus arrière, il permet sans trop de problèmes de s'y appuyer sans risque de gêner les mouvements. S'il est notablement trop en avant il gênera les mouvements et notablement trop bas alors la sécurité n'est plus assurée. » [JUDIC 02]

Le modèle qu'il propose est basé sur un modèle biomécanique simplifié représentant le tronc et la tête articulé en un point le long de la ligne de torse noté R, l'angle de torse est variable et la tête reste verticale, en l'absence de données plus précises, l'occiput est considéré à la même hauteur que les yeux. Il faut donc localiser la position de l'occiput en x et en z par rapport au point H du siège<sup>31</sup> dans le référentiel relatif au dossier ramené à un angle définit  $\beta_0$ . L'angle de dossier est variable et la tête reste verticale. L'occiput est représenté par le point O.

---

<sup>30</sup> L'occiput est la partie la plus proéminente située à l'arrière de la tête.

<sup>31</sup> Le point H du siège est le point référence. Il s'agit du point qui simule le centre du point de pivot entre le torse et la cuisse du mannequin utilisé pour définir le siège d'automobile.

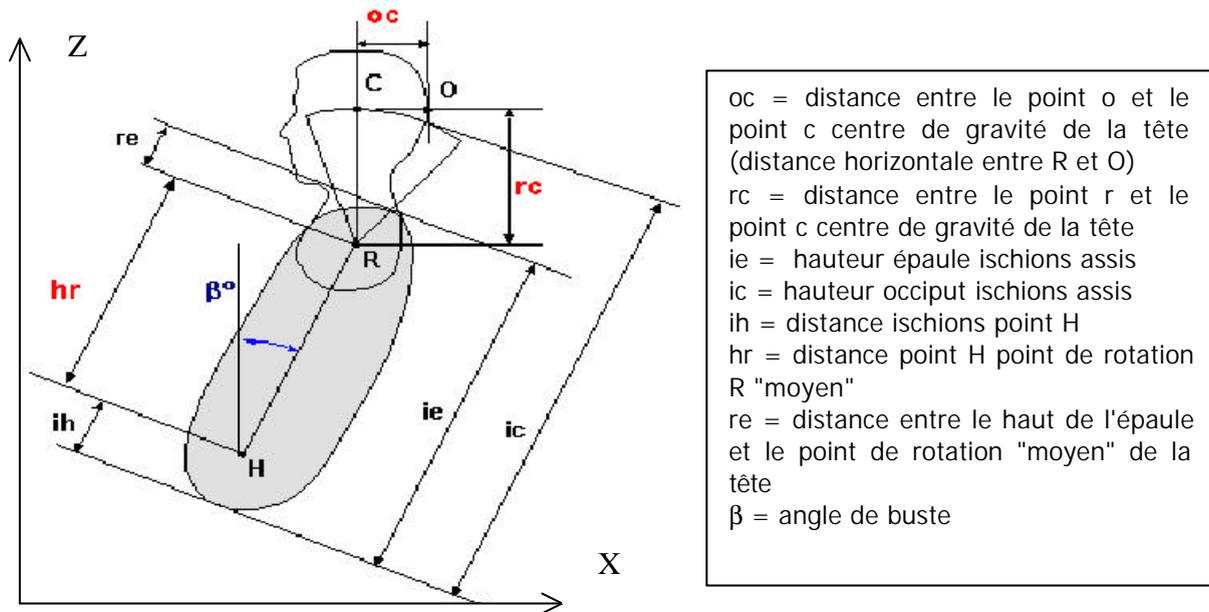


Figure 27 : Schéma re présentant le modèle par Judic

Judic explique : « Trois dimensions corporelles ( $hr$ ,  $rc$  et  $oc$ ) et une variable de comportement ( $\beta$ ) interviennent dans l'équation vectorielle reliant  $O$  et  $H$  (plus un paramètre de dessin  $\beta_0$ ) :

$$\begin{cases} HO_{x'} = hr \cdot \sin(\beta_0) - rc \cdot \sin(\beta - \beta_0) + oc \cdot \cos(\beta - \beta_0) \\ HO_{z'} = hr \cdot \cos(\beta_0) + rc \cdot \cos(\beta - \beta_0) + oc \cdot \sin(\beta - \beta_0) \end{cases}$$

Nous n'exposerons pas la fin de la résolution pour des raisons évidentes de confidentialité.

Les moyennes et écart-types des données anthropométriques sont obtenues à partir de l'étude de Rebiffé en 1981, cette enquête est pour l'instant la seule encore utilisée à ce jour. Elle donne les caractéristiques anthropométriques de 3000 personnes (1500 hommes et 1500 femmes) avec la distribution des paramètres mesurés (hauteur de buste, hauteur œil- siège, largeur coude à coude etc.). [REBIFF 81]

A la suite de la résolution de ces équations, il faut générer un échantillon d'une population. La méthode de simulation de population grâce aux statistiques probabilistes de Monte Carlo permet à partir de données anthropométriques, comportementales et physiques de l'objet de simuler l'emplacement des têtes et en particulier de la partie occipitale.

Nous avons donc retenu ce modèle pour proposer une solution à la question des concepteurs sur le positionnement des appuis-tête. Il est évident que ce modèle ne peut être diffusé tel quel aux concepteurs. Un outil logiciel va permettre d'instrumenter ce transfert de façon à utiliser les puissances de calcul de l'ordinateur. La collaboration entre ergonomes et concepteurs doit nous permettre de déterminer les données que le concepteur doit entrer dans l'outil pour utiliser le modèle

et de trouver les données de sortie adaptées à leurs besoins. Ces données doivent également correspondre aux exigences des ergonomes quant à leur discipline.

Nous allons donc présenter les choix réalisés par le groupe.

### **Quelles données d'entrée et de sortie laissées aux utilisateurs ?**

En connaissant où se situe la partie occipitale de l'occupant, il est simple d'en déduire où devrait<sup>32</sup> se situer l'appui-tête. Un des ergonomes propose au groupe lors d'une réunion, non pas de concevoir un outil d'aide au positionnement de l'appui-tête mais un outil d'aide au positionnement des têtes. Ce changement n'est pas sans conséquence. En effet, la décision finale pour la conception du produit siège reste de la responsabilité du concepteur mais l'ergonome s'engage dans un processus où il lui fournit des données pour réaliser le meilleur choix possible. Les deux responsabilités sont reliées par cet outil de transfert de données.

De surcroît, le concepteur travaille non plus avec des solutions techniques mais avec des individus qui statistiquement peuvent exister. C'est une évolution dans la pratique des concepteurs, et l'acceptation de ce changement ne peut avoir lieu sans une confiance dans le projet et dans les bénéfices que ce changement peut amener. L'acceptation du changement n'est pas spontanée mais aucun refus n'est prononcé dans le groupe. Certains concepteurs restent dubitatifs mais essaient quand même. Nous le verrons ils ne seront que plus exigeants !

Rien n'est réellement choisi pour autant. Pour l'un des ergonomes, l'utilisateur doit rentrer dans l'outil les données dont lui a besoin pour faire fonctionner le modèle. C'est le point de départ de négociations entre les deux catégories d'acteurs. Il suggère que les données anthropométriques d'entrée qu'il utilise (moyenne et écart-type de la hauteur de buste par exemple) soient à la charge des utilisateurs. Cette suggestion paraît inacceptable aux concepteurs du groupe de travail. Ils ne disposent pas de telles données. L'ergonome souhaite voir son travail valorisé et surtout il veut faire comprendre au groupe de travail ce qu'il fait et non transférer son travail. Pour lui, faire reproduire ses difficultés aux autres c'est leur faire prendre conscience de sa valeur et de ses compétences à les résoudre.

Ce moment est difficile pour nous aussi, car c'est le moment où s'exprime pleinement notre rôle d'intermédiaire. Il faut que le groupe se concentre sur l'objectif (choisir les données d'entrée et de sortie) et non sur la quantité et la valeur du travail fourni.

---

<sup>32</sup> La position de l'appui-tête dépend de l'usage de l'occupant, s'il ne le règle pas l'appui-tête ne peut pas être bien positionné. Nous faisons l'hypothèse que l'utilisateur règle son appui-tête et nous sommes conscients des répercussions de cette hypothèse.

Nous suggérons donc au groupe de ne partir d'aucune solution pré-établie et d'en chercher une en commun. Nous avons dû préparer une autre réunion en proposant au groupe de reformuler la résolution du problème réalisée par l'ergonome en terme de données liées au projet et d'invariables.

Le groupe a pu hiérarchiser les différents paramètres variables suivant les projets de conception de siège d'automobile :

- les données anthropométriques dépendent de la catégorie de population ciblée (Française, Américaine etc.) qui elle-même dépend du projet,
- les données sur le produit siège dépendent du projet.

Tous les membres du groupe sont d'accord sur le principe que les données variant avec le projet doivent être à la charge de l'utilisateur. Ce principe est fondateur dans le développement des outils de transfert de données. Il faut pour chaque sujet pour lequel il est souhaitable d'instrumenter le transfert d'informations, identifier les variables dépendant du projet et celles qui sont indépendantes. Nous postulons, d'après le travail du groupe de concepteurs et d'ergonomes, que les variables dépendantes doivent rester à la responsabilité du concepteur, de l'utilisateur de l'outil plus généralement.

Nous allons présenter un extrait d'une discussion entre les différents participants du groupe, dont l'objectif est de déterminer ces paramètres.

Extrait de discussion du groupe de travail, enregistrée en février 2002:

Ergonome 1 : " Oui mais si ça varie suivant le projet, nous ne pouvons pas le fixer au préalable et il me paraît difficile de prévoir tous les cas possibles."

Concepteur 5 : "Non je ne crois pas que ça soit possible."

Concepteur 3 : " L'utilisateur si c'est moi, je ne veux pas avoir à chercher d'autres données que celles dont je dispose."

Nous : "C'est peut-être là la solution à chercher : la combinaison entre vos données et celles que Jean-Marc propose."

Ergonome 1 : "Ben par exemple, ce n'est pas la peine de chercher la moyenne ou l'écart- type, mais vous pouvez donner la cible marché et donc la population ciblée et c'est à l'outil d'aller chercher la moyenne correspondante"

Concepteur 5 : " Nous pouvons dire à l'outil donne-moi le résultat pour la population française et pour l'angle de dossier de tant de degré, ça oui mais ça va peut-être pas suffire."

Cet extrait nous paraît révélateur dans la mesure où c'est finalement l'ergonome 1 qui se projette à la place de l'utilisateur et nous réalisons que la collaboration du groupe est aussi limitée par les

connaissances de l'environnement informatique. La coopération entre les acteurs permet de décrire les limites raisonnables.

Il ne suffit pas de mettre les acteurs dans la même pièce pour qu'il y ait coopération. Les désaccords, les oppositions, "vouloir se faire valoir" sont autant de manières détournées de créer une place au dialogue et à la coopération. Il est indispensable qu'un intermédiaire gère le groupe, il n'est pas hiérarchiquement supérieur puisque seules les décisions prises de manière collégiale comptent mais sa neutralité doit servir à réorienter le travail.

Un exercice similaire a lieu pour les données de sortie mais cette discussion est dirigée par les concepteurs qui ont deux exigences pour les résultats:

- les résultats doivent être transférables sur CAO
- les résultats doivent aussi être donnés par rapport au point de référence autour duquel les concepteurs conçoivent le siège : le point H.<sup>33</sup>

Les ergonomes acceptent sans problème ces deux points. Pourtant ils ont des contraintes sur l'outil et sur leurs activités d'ergonome. En effet, il faut réfléchir à la forme des résultats et donc au modèle de résolution pour les donner en fonction du point H. Cette exigence bouleversera par la suite les autres recommandations, nous le verrons dans le chapitre 4.4. Le transfert sous CAO a des conséquences sur l'outil.

Le groupe a donc abouti aux choix suivants :

- Les données d'entrée doivent être celles qui dépendent du projet. Il s'agit de la population ciblée et de l'angle de dossier dans le cas du positionnement des occiputs.
- Les données de sortie doivent permettre de visualiser où se trouvent les occiputs pour en déduire où positionner l'appui-tête. Les résultats doivent être représentés par rapport au point de référence et transférables sous CAO.

Ce travail doit être réalisé pour le deuxième sujet : l'accoudoir. Nous allons suivre le même plan de présentation pour ce sujet, à savoir : la présentation de la résolution du problème de positionnement des accoudoirs retenu, les choix sur les données d'entrée et de sortie de l'outil de transfert.

---

<sup>33</sup> Cf. op. Cit p 89.

## B) Du positionnement de l'accoudoir au positionnement des coudes

Les décisions pour ce sujet sont fortement influencées par les solutions précédentes. La principale difficulté vis à vis de l'accoudoir est de décider son emplacement, ce sujet est donc similaire à celui de l'appui-tête. Il est également possible d'utiliser les statistiques probabilistes pour répondre à cette question grâce aux compétences de l'ergonome. Le groupe ayant déjà négocié la majorité des points amenant des changements dans leurs pratiques, se met vite d'accord pour réutiliser les mêmes principes.

### Présentation du modèle de résolution

Judic explique que la position naturelle des coudes est telle que "si l'accoudoir est modérément plus haut, il permet sans trop de problèmes de s'appuyer mais risque de gêner les gestes lorsqu'on ne s'appuie pas, et s'il est notablement plus bas, il ne peut être atteint qu'au prix d'une posture insoutenable longtemps". [JUDIC 02] Un modèle biomécanique simplifié du tronc et des bras est utilisé. Le tronc reste dans l'axe du siège et le bras dans le plan de la ligne de torse, on travaille dans le plan de la ligne de torse, de la ligne des épaules et du point H. L'articulation de l'épaule, pour décrire le mouvement du bras dans ce plan, est modélisée par une rotule E.

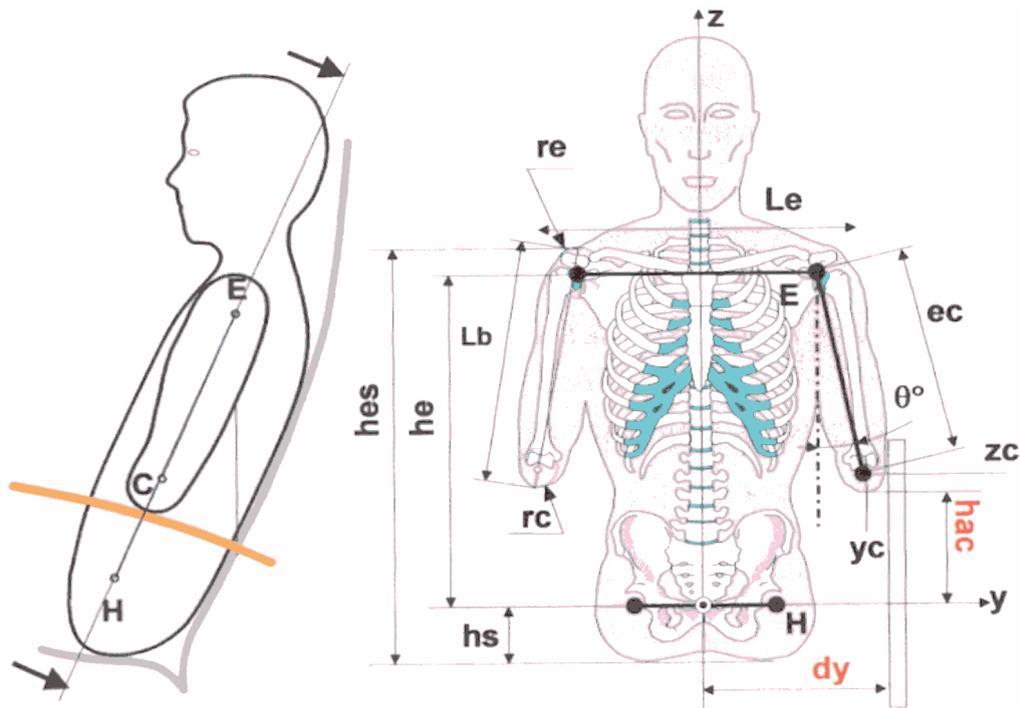


Figure 28 : Schéma du modèle biomécanique pour les coudes d'après Judic .

La légende est la suivante :

Le = largeur externe épaules

Lb = longueur bras

ec = distance interarticulaire épaule – coude

rc = rayon du coude

hs = hauteur siège – point H du siège  
 hes = hauteur siège – épaule  
 he = hauteur point H du siège – épaule

re = rayon épaule  
 $\theta$  = angle entre le coude et la verticale

L'objectif initial est de déterminer hac (distance coude – point H du siège) en fonction de dy (distance entre le point H du siège et la limite la plus proche de l'accoudoir). La principale difficulté réside dans la manipulation de côtes externes et internes.

On aboutit aux équations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin(\theta) = \frac{dy - 0.5 \cdot Le + re - rc}{ec} \\ hac = he - ex \cdot \cos(\theta) - rc \end{array} \right. \quad \text{soit} \quad hac = he - rc - \sqrt{ec^2 - (dy - 0.5 \cdot Le + re - rc)^2}$$

La résolution du problème n'a été réalisée dans le cadre de notre projet que pour l'accoudoir embarqué sur le siège. Une autre résolution mathématique doit être réalisée pour les autres types d'accoudoir (de porte par exemple, ou accoudoir central). Notre recherche se déroule au sein de l'activité Siège d'automobile. Aussi, nous favorisons les applications impactant directement la conception du produit Siège.

### Détermination des paramètres d'entrée et de sortie

Nous partons du principe précédemment décidé : les paramètres dépendant du contexte du projet de conception du siège doivent rester à la responsabilité des concepteurs. Aussi, les données d'entrée pour l'outil de positionnement de l'accoudoir compte tenu du modèle de résolution retenu, sont les caractéristiques des populations à simuler. Au départ, seule la question « où se trouvent les coudes en hauteur ? » a été envisagée. Au cours de sa conception, nous verrons que l'outil évolue vers une deuxième question qui est : "où se situe le coude en largeur ?".

Ce point a été amené par l'équipe choisie pour le développement de l'outil. Les deux paramètres (positionnement en hauteur et positionnement en largeur) sont dépendants l'un de l'autre; pour répondre à l'une il faut fixer une valeur à l'autre. Ce choix est laissé à l'utilisateur mais guidé par des valeurs par défaut.

Il est vrai que les choix pour cet outil ne font pas l'objet d'autant de discussions de par les acquis du travail sur l'outil de positionnement des occupants. Toutes les négociations, toutes les discussions réalisées au préalable permettent, face à ce nouveau sujet qui peut être traité de la même manière, de gagner en temps et de proposer d'utiliser un fonctionnement identique pour cet outil.

Cependant, nous le verrons quelques modifications suggérées par l'équipe sous-traitante nous permettront de tester de nouvelles pistes.

En ce qui concerne les données de sortie, les résultats doivent être donnés par rapport au point de référence H et transférables sous CAO.

Les choix concernant les paramètres d'entrée et de sortie en ce qui concerne le positionnement des coudes dans la conception des sièges d'automobile sont :

- Le paramètre d'entrée retenu à ce moment du projet est le choix de la population cible.
- Les résultats de sortie doivent permettre de positionner les coudes pour déterminer où placer l'accoudoir. Ils doivent être représentés par rapport au point de référence du siège et transférables sous CAO.

La dernière étape du protocole de validation de notre première hypothèse doit également nous permettre de déterminer la forme de l'instrumentation du transfert de données. Nous avons suggéré que l'instrumentation du transfert se fait grâce à des outils logiciels. Ce point est la transition entre la première et la deuxième hypothèse. Après avoir déterminé, grâce au travail du groupe et à la coopération entre acteurs, les paramètres manipulés au cours du transfert de données sur les sujets retenus, nous allons présenter les choix concernant la forme de l'instrumentation, c'est à dire de l'outil de transfert.

#### 4.3.3.3 Choix de la forme du transfert des deux outils

La forme de l'outil est un point important. En effet, la forme va participer à l'adéquation de l'outil à l'activité des concepteurs et par conséquent à l'appropriation et l'acceptation de ces futurs utilisateurs. Nous avons pu analyser l'inadaptation de certaines préconisations sous la forme papier et celles de l'outil mousse – nappe conçu sans la démarche de collaboration (cf. paragraphe 4.3.3.1). Ainsi, la forme influence l'utilisation, elle témoigne des intentions de l'ergonome.

Les concepteurs énoncent leurs souhaits compte tenu de l'aspect réalisable de ces derniers. La forme logicielle est la piste privilégiée.

Cette étape est le témoin de la coopération, du succès ou de l'échec de notre première hypothèse et de son enchaînement avec la seconde. Accepter de modifier ses habitudes, ses pratiques n'est pas chose facile. Reconnaître l'intérêt collectif, celle du groupe, dans ces modifications ne peut se réaliser sans la reconnaissance de la crédibilité du projet. Il faut que chaque acteur comprenne l'autre et

l'influence de ses choix sur son activité. Il faut que le concepteur admette les limites intrinsèques de l'ergonomie et que l'ergonome concède que l'insertion de ses données, de son activité dans le processus de conception demande des modifications dans ses habitudes. Il faut que les acteurs coopèrent pour trouver des compromis sur ces différents points.

Le choix de la forme de l'outil est séparé du paragraphe sur le choix des données d'entrée pour des raisons de simplicité de présentation. Il est en réalité concomitant et fait partie des mêmes discussions et négociations.

Pour les ergonomes si l'éventualité de la conception d'un outil logiciel est envisagée dès le début, l'existence d'une forme papier supplémentaire ne leur paraît pas forcément adaptée. Or cette forme papier est un support supplémentaire souvent décrié mais utilisé lors d'un déplacement ou autre.

De plus, tous les concepteurs ne disposent pas d'un ordinateur sur lequel l'outil pourrait être disponible (les stations CAO ne sont pas les ordinateurs PC sur lesquels de tels outils peuvent être installés). Le groupe de travail se trouve ici confronté à l'organisation et ses logiques qu'il faut optimiser pour l'intérêt de tous.

Néanmoins, la forme papier ne permet pas de jouer sur les données d'entrée et encore moins de transférer sous la forme CAO les résultats. Après analyse de la situation, il est décidé d'associer la forme papier et la forme logicielle .

Il est donc décidé que les outils de transfert de données seront des outils informatiques. Toutes les recommandations du cahier continueront à exister sous forme papier moyennant des modifications que nous présenterons dans le chapitre 4.4.

La diffusion de l'outil est également abordée de notre propre initiative. La confidentialité du cahier de recommandation a beaucoup nui à l'image de l'équipe confort et à ses travaux. Les concepteurs du groupe sont les premiers à reconnaître que le système de confidentialité ne leur plaît pas mais les ergonomes mettent alors un argument en avant qui entraîne les membres à coopérer sur ce point.

Extrait d'une discussion du groupe de travail sur la question de la diffusion des outils de transfert, enregistrée en février 2002

Ergonome 1: " Oui mais si un extérieur est amené à partir avec l'outil, là on est bien avancé."

Concepteur 1 : "En même temps, si je ne dispose pas de l'outil, je ne l'utiliserai pas, c'est une évidence."

Ergonome 1 : " Nous sommes bien obligés de protéger notre travail tout en s'assurant que les utilisateurs qui veulent l'utiliser le peuvent. Si nous le diffusons sur intranet ce n'est pas protégé si ?"

Nous : " La diffusion sur intranet peut-être protégée en attribuant un mot de passe pour utiliser l'outil."

Concepteur 3: "De toute façon, il faut avouer qu'il y a des personnes qui ont droit et d'autres non, ce qu'il faut c'est ne pas demander à ceux qui en ont besoin de devoir traiter le problème. "

Ergonome 1 : "On n'échappera pas à la gestion des accès que ce soit sur papier ou sur logiciel. Si y'a besoin d'un mot de passe il faut savoir à qui on a donné quel mot de passe."

Concepteur 6 : " Il faut que l'outil soit disponible mais que pour son utilisation un mot de passe soit nécessaire. En plus, comme ça même ceux qui n'ont pas encore le mot de passe peuvent voir qu'il y a quelque chose qui peut les aider."

Ergonome 1 : " Oui, on peut faire comme ça."

Les acteurs arrivent grâce au dialogue et à la coopération autour de l'objectif de concevoir un outil à envisager une solution pour l'accès.

En fait, deux pistes existent au final pour le groupe :

- diffusion de l'outil uniquement aux utilisateurs qui en font la demande,
- diffusion de l'outil à l'ensemble du groupe mais avec la nécessité d'un mot de passe pour pouvoir l'utiliser.

Le mode de diffusion dépend aussi de l'organisation. En effet, si l'intranet devient la voie prioritaire, l'équipe confort doit se doter d'un site sur lequel l'accès aux informations et aux outils doit être envisagé et contrôlé. Si un autre type de diffusion est souhaité par l'organisation, les outils doivent être compatibles avec ce type.

Au cours de cette étape, nous avons décidé d'explorer les deux pistes en profitant de l'opportunité de développer deux outils de transfert de données.

Nous avons déployé l'ensemble des étapes du protocole de validation de notre première hypothèse. Nous allons synthétiser les différents résultats obtenus.

#### 4.3.4 Synthèse du protocole et des résultats de notre première hypothèse

Nous avons pu aborder différents points du protocole nous permettant de confirmer notre première hypothèse: la mise en place d'un travail collaboratif permet de déterminer les données et la forme de transfert adaptées.

Nous pouvons récapituler ces différentes étapes grâce au schéma suivant :

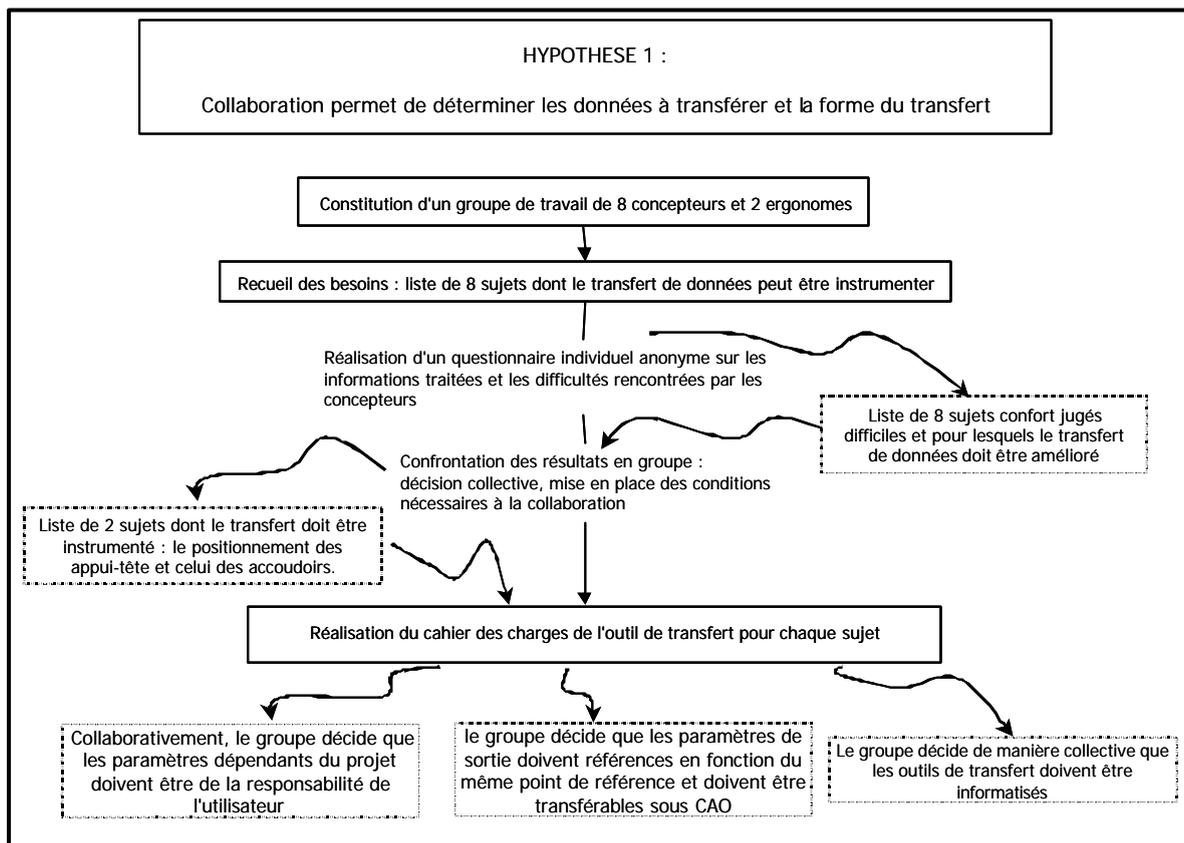


Figure 29 : Schéma récapitulatif des expérimentations de la première hypothèse

Nous avons tout d'abord mis en place un groupe de 10 acteurs : 2 ergonomes et 8 concepteurs. Ce groupe a commencé par se définir un vocabulaire commun, étape indispensable avant tout travail coopératif. Grâce à l'analyse des questionnaires individuels, nous avons recueilli globalement les doléances des concepteurs sur tous les sujets liés à l'activité de l'équipe confort et listé les sujets dont le transfert doit potentiellement être instrumenté ou du moins amélioré. Le groupe a retenu deux sujets dans le cadre de nos travaux : les questions liées au positionnement des appuis-tête et au positionnement des accoudoirs. A l'un des sujets listés correspondait un outil au sein de l'équipe confort connu par un seul des participants. Le groupe a profité de cette opportunité pour tester cet outil et se familiariser avec l'objectif que nous lui avons donné. Ces tests ont permis d'initier une coopération entre les acteurs. Ils ont ainsi pu se mettre à échanger des points, à rechercher des solutions ensemble. Ainsi, la perception des outils a pu évoluer. Il ne s'agit pas d'un outil de positionnement des appuis-tête par exemple, mais d'un outil de positionnement des têtes. Cette

modification n'est pas anodine. Les concepteurs acceptent, grâce à la coopération entre les acteurs du groupe, de travailler avec la diversité des usagers des sièges d'automobile. Cette collaboration nous a permis de déterminer :

- que les paramètres d'entrée des outils doivent correspondre aux variables dépendantes du contexte du projet de conception du siège,
- que les paramètres de sortie doivent être représentés par rapport au point référence du siège et doivent être transférables sous CAO
- que les outils de transfert seront informatiques.

Les différentes étapes mises en place dans ce protocole nous ont permis de créer une confiance entre les membres du groupe. La notion de motivation est importante dans le groupe, il faut que chaque acteur estime que l'effort à fournir est inférieur à l'éventuel gain dû aux résultats. Les concepteurs ont pu exprimer leurs difficultés sur différents points. Ceci renforce leur confiance dans le projet, nous sommes là pour les écouter et essayer de répondre à leurs besoins. De plus, les ergonomes ont appris les difficultés de la conception, qu'ils n'imaginaient pas et surtout ils ont pu acquérir une liste de sujets sur lesquelles leur contribution serait bénéfique. Le questionnaire a fait ressortir le manque de connaissance que peuvent avoir les concepteurs sur l'activité de l'équipe confort. Sans lisibilité sur les réponses que l'équipe confort peut leur apporter, les concepteurs n'ont aucune raison de faire spontanément appel aux ergonomes, mis à part les points procéduraux. Cette prise de conscience est importante, c'est la première occasion pour l'équipe confort de comprendre qu'elle a contribué aussi à son manque d'insertion dans la conception, à cause par exemple du caractère confidentiel du cahier de recommandations.

A trop vouloir protéger l'information, elle finit par ne pas exister. S'il est effectivement compréhensible pour une organisation industrielle de vouloir garder son avantage concurrentiel, éviter les fuites et la sortie d'informations capitales, elle ne doit pas le faire au détriment de son propre fonctionnement. Sans promouvoir son existence, ses apports possibles, sa présence, l'équipe confort s'est éloignée elle-même des concepteurs. Nous avons entendu au cours de cette réunion à plusieurs reprises les réflexions suivantes de la part des concepteurs du BE DC : "De toute façon, vous êtes en R&D, c'est inapplicable concrètement" ou encore "Sur quoi pouvez-vous réellement nous aider ?", "Quand pouvons nous faire appel à vous ?".

En écoutant ces "réclamations", les ergonomes doivent comprendre la situation sans rechercher les torts partagés mais analyser les causes pour y remédier. Consciente de ce point, l'équipe confort ne sera que plus moteur dans notre projet de recherche.

Le dialogue s'instaure au cours de cette phase, dialogue sans lequel la collaboration ne peut naître.

Moles propose de définir des équations de décision qui prouvent que le déclenchement d'un acte ne se fait qu'à partir du moment où "le bénéfice est supérieur au coût ou bien l'utilité supérieure au coût généralisé". Le coût est défini comme le "prélèvement effectué par le déroulement de l'action sur les ressources disponibles" (énergétiques, temporelles, financier, psychologique). "L'homme agit quand

son bénéfice escompté, plus ou moins bien planifié, est supérieur au coût estimé de l'acte qu'il fera".  
[MOLES 77]

Coopérer a un coût supérieur au travail individuel. Les acteurs doivent juger le bénéfice de la conception conjointe d'outils de transfert de données supérieur aux efforts que ce projet demande. Ils doivent reconnaître que la situation peut être améliorée grâce à cette coopération. Il est nécessaire que chaque membre du groupe nous reconnaisse comme apte à mener ce projet et surtout qu'il ait un minimum de confiance en cette démarche.

L'ergonomie cognitive peut permettre de mesurer un degré de collaboration. N'ayant aucune compétence dans ce domaine, nous n'avons aucune prétention de quantifier la collaboration entre les acteurs. Néanmoins, il nous est possible de mesurer la progression des participants sur la connaissance de la discipline des autres acteurs. Nous allons présenter cette progression.

### 4.3.5 Evaluation de la progression des connaissances du groupe au cours du protocole de notre première hypothèse: le début d'un apprentissage croisé

Nous avons défini un système qui nous permet de symboliser la progression des deux catégories d'acteurs présentes dans le groupe de travail. Nous allons tout d'abord présenter la progression réalisée par la définition d'un vocabulaire commun puis nous aborderons la progression réalisée grâce au choix coopératif des sujets et données à outiller.

#### 4.3.5.1 Le vocabulaire commun : un premier pas nécessaire

La mise en commun du vocabulaire et des définitions permet au groupe de monter d'un pas sur notre échelle. Les deux ergonomes disposaient déjà d'une définition similaire à celle adoptée par le groupe de l'activité de conception. Le groupe de concepteurs disposait de définitions plus hétéroclites. Le groupe de concepteurs a réalisé une progression plus importante que celui des ergonomes. Compte tenu du fait que nous ne pouvons pas définir une échelle dimensionnée quantitativement, cette différence de progression n'est pas représentée sur notre schéma.

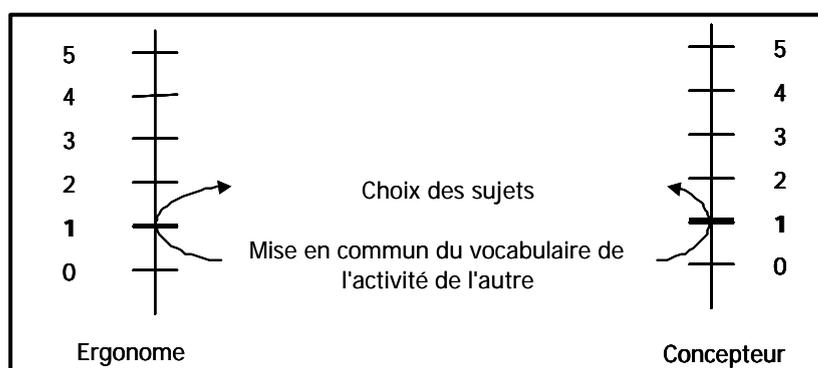


Figure 30 : Progression suite à la première étape

La mise en place d'un vocabulaire commun a donc permis de faire passer l'ensemble des deux catégories d'acteurs de la phase 0 ( aucune connaissance du domaine) à la phase 1 (vocabulaire commun). L'étape suivante dans le protocole expérimental de notre première hypothèse est le choix des sujets. Nous allons voir quelle progression elle a engagée.

#### 4.3.5.2 Vers l'acquisition de concepts

Au cours des différentes discussions entre les acteurs lors de nos interventions, nous avons pu observer que le groupe de concepteur essayait de penser aux utilisateurs. Parfois, les concepteurs du groupe de travail tentent d'imaginer une situation et de la visualiser. Evidemment, ils ne font pas de

l'ergonomie, mais ils se sont appropriés l'idée que l'usage de l'outil est essentiel dans sa conception. Ils ont adopté le principe de conception par l'usage.

Au sein du groupe d'ergonomes, l'apprentissage n'est pas linéaire car il passe d'abord par l'analyse de l'outil moussé – nappe et de ces défauts. A la suite du test utilisateur de cet outil, nous avons pu observer que les ergonomes se sont investis dans la compréhension de la situation et des principes de conception (l'un d'entre eux nous a demandé alors à voir des articles). L'autre phase d'apprentissage se fait lors du choix des données d'entrée et surtout lorsqu'il y a un fort désaccord autour de ce sujet, notamment sur les données à utiliser. Les ergonomes doivent apprendre à traduire leurs variables dans le langage des concepteurs. Ils entrevoient l'activité réelle des concepteurs lorsque ces derniers la formalisent sur les sujets outillés. Ainsi, les ergonomes comprennent mieux les données dont les concepteurs ont besoin et ils participent à la conception des outils en proposant des solutions adaptées (cf. première discussion de février 2002).

Au cours de ces étapes les groupes atteignent le niveau 2 de notre échelle : l'acquisition de concepts.

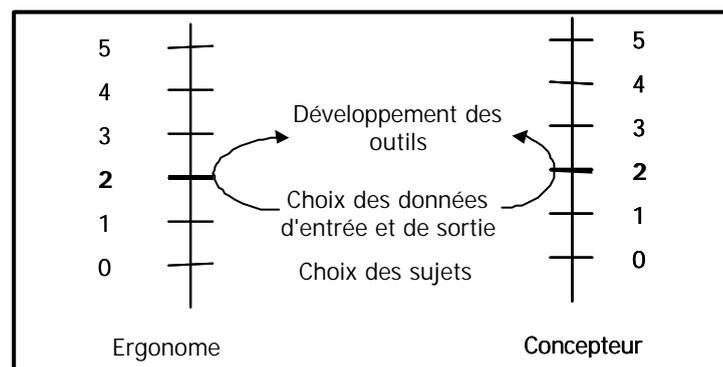


Figure 31 : Evaluation de l'acquisition de concepts par les membres du groupe de travail

Cette progression en plus des résultats obtenus nous permet de valider notre première hypothèse. Nous allons synthétiser le protocole de notre première hypothèse.

### 4.3.6 Evaluation de la collaboration et validation de l'hypothèse 1

Pour affirmer que sans l'existence du groupe et sans la création d'un travail commun, nous ne serions pas arrivé à un tel avancement dans la définition des besoins et des outils, il faudrait refaire un projet sans le groupe. Ceci nous est impossible dans un contexte industriel.

Nous n'avons pas réalisé à proprement parler d'analyse de l'activité. Sans ce travail en groupe, nous n'aurions pas pu obtenir autant d'informations nécessaires pour concevoir un outil de transfert. L'implication des acteurs amène un dialogue de plus en plus précis et de plus en plus orienté sur l'objectif du groupe. Rabardel nous propose deux issues possibles pour la conception d'outil<sup>34</sup> : une approche technocentrée qui vise à faire comprendre comment utiliser l'outil et une approche instrumentale qui vise l'insertion des outils en situation d'activité . Pour notre part, nous affirmons que la coopération entre les deux acteurs (ergonomes et concepteurs mécaniciens) permet d'aborder la seconde approche dans le cadre de transfert de données. [RABAR 95]

Nous postulons que notre première hypothèse, à savoir que la mise en place d'un travail collaboratif entre ergonomes et concepteurs mécaniciens permet de déterminer les données et la forme du transfert les plus adaptés est vérifiée. Choisir une forme de transfert adaptée à l'activité des futurs utilisateurs paraît une règle logique et surtout un incontournable pour les ergonomes expérimentés. Faut-il encore pouvoir trouver quelle forme est la plus adaptée à l'activité des concepteurs mécaniciens. Le dialogue et l'implication des acteurs nous ont permis de montrer que l'outil devait fournir des résultats transférables sous CAO. Il est fort probable qu'une analyse d'activité nous aurait abouti à cette conclusion mais compte tenu de la diversité des tâches des différents concepteurs, du nombre de projets et du temps de développement d'un siège, nous n'aurions jamais pu observer 8 concepteurs en train de concevoir un appui-tête ou un accoudoir. Le groupe de travail permet de pallier cette situation. Il permet de s'approcher de l'activité des futurs utilisateurs non pas par l'observation réelle mais à travers les représentations de chacun de cette activité.

Falzon et Wisser ont démontré que ces représentations ne coïncident pas totalement avec l'activité réelle. [FALZO 90b], [VISSE 90] Nous avons conscience de ce biais. La représentativité du panel de concepteurs et la variabilité de leurs expertises permettent de corriger ce biais.

De plus, le groupe de travail permet des échanges de point de vue entre ergonomes et concepteurs que l'analyse d'activité n'autorise pas. Les ergonomes sont amenés à expliquer aux concepteurs le cheminement qu'ils souhaitent les voir appliquer. Ces échanges n'ont pas lieu lors d'une analyse d'activité. Les concepteurs peuvent ainsi apprendre à mieux connaître le métier d'ergonome dans la conception de sièges d'automobiles. La négociation entre les acteurs et les compromis réalisés ne

---

<sup>34</sup> Cet auteur se concentre sur la notion d'instrument. L'instrument est pour lui « l'artefact en situation, inscrit dans un usage ... ». Nous ne faisons pas de distinction entre les notions d'instrument et d'outil.

peuvent pas avoir lieu sans la mise en place d'un groupe de travail. Le choix de données d'entrée et des données de sortie n'aurait peut-être pas été le même à la suite d'une analyse d'activité. Nous n'avons aucune source nous permettant de prouver que l'outil aurait été mieux adapté et mieux accepté. Nous affirmons que pour concevoir un outil de transfert de données la constitution d'un groupe de travail représentant la diversité d'expertise au sein du métier qui souhaite transférer ces données et celle des futurs utilisateurs de l'outil permet de définir les données d'entrée, de sortie et la forme des résultats à fournir grâce à l'instauration d'un travail coopératif entre les acteurs.

Nous avons pu aussi nous rendre compte de l'importance d'un médiateur. En effet, les concepteurs ont naturellement tendance à « profiter de l'occasion » d'avoir les ergonomes à disposition pour discuter des soucis de leur activité quotidienne : la conception du siège. Les concepteurs cherchent des réponses, des solutions. Les ergonomes essaient de faire comprendre leurs difficultés et de raconter comment leur intervention a été bénéfique sur certains projets. Pendant que les uns cherchent des solutions, les autres sont en position de justification. Ce penchant est naturel et ce n'est pas pour autant que la collaboration est freinée. Néanmoins, le médiateur que nous représentons doit intervenir pour recentrer les discussions et réorienter le travail du groupe.

La collaboration ne peut pas être quantitativement mesurée. Néanmoins, la création d'un vocabulaire commun, l'acquisition de concepts par les membres du groupe sont des preuves de cette coopération. L'apprentissage est catalysé par l'implication des membres du groupe et par la crédibilité qu'ils accordent au projet. La coopération est aussi stimulante, elle amène les acteurs à progresser plus vite qu'ils ne le feraient sans les autres.

Les notions de reconnaissance, de crédibilité et de confiance sont des attributs clés de notre projet de recherche et en particulier de notre première hypothèse. En effet, pour que le groupe fonctionne il faut qu'il y trouve un intérêt, tout comme la hiérarchie. Il faut que les efforts qui lui seront demandés soient moins importants que le bénéfice qu'il en espère.

Il faut que chaque acteur ait identifié l'éventuel résultat comme une source de solution à l'un de leur problème, comme une réponse à leur besoin. Mais ces notions sont difficilement quantifiables, il faut les matérialiser à travers l'objectif de la conception conjointe d'outil de transfert de données. Ce support amène un objectif concret, palpable à la coopération. Le développement de ces outils est abordé réellement dans notre deuxième hypothèse. Nous allons présenter les expérimentations de validation de notre deuxième hypothèse.

## 4.4 Protocole de la deuxième hypothèse: conception conjointe d'outil permet exploitation interdisciplinaire des données

Pour notre deuxième hypothèse, nous postulons que la conception conjointe d'outils de transfert permet d'instrumenter l'exploitation interdisciplinaire des données à échanger.

Nous exposerons le processus de conception de l'outil de transfert, puis nous présenterons le cahier des charges technique. Ensuite, nous montrerons les résultats du développement des outils et enfin le protocole et les résultats des tests utilisateur.

### 4.4.1 Processus de conception d'un outil de transfert

L'intervention de l'ergonomie dans le processus de conception d'outil informatique est une source d'informations que nous devons prendre en compte dans nos travaux.

Coutaz propose le processus en "V" d'un logiciel et l'intervention de l'ergonomie dans ce processus. Il sépare deux grandes étapes l'espace IHM et l'espace logiciel. L'ergonomie intervient uniquement dans l'espace IHM à travers la prise en compte des besoins des utilisateurs et la réalisation des tests. Il est important de noter que la conception de l'IHM intervient avant la conception globale et non comme un habillage<sup>35</sup>.

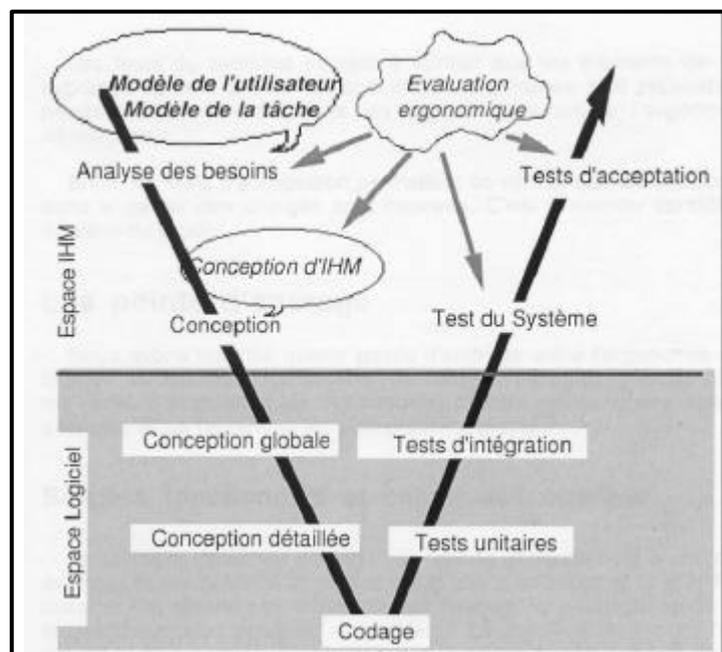


Figure 32 : Les étapes du modèle en V et l'ancrage de l'ergonomie dans le processus de développement de logiciel d'après Coutaz [COUTA 95]

<sup>35</sup> On entend souvent l'expression "habiller le bossu".

En nous inspirant de ce processus, nous proposons un protocole un peu différent. En effet, nous ne souhaitons pas faire intervenir l'ergonomie uniquement dans la conception des IHM mais également dans le processus de développement des outils. La conception conjointe se base sur l'intervention commune dans les décisions des membres du groupe, sous couvert de la politique financière et matérielle du département recherche et développement. Nous ne distinguons pas les deux espaces logiciel et IHM, qui restent séquentiels mais au cours desquels l'ergonome intervient out le temps.

Nous proposons le protocole de conception suivant:

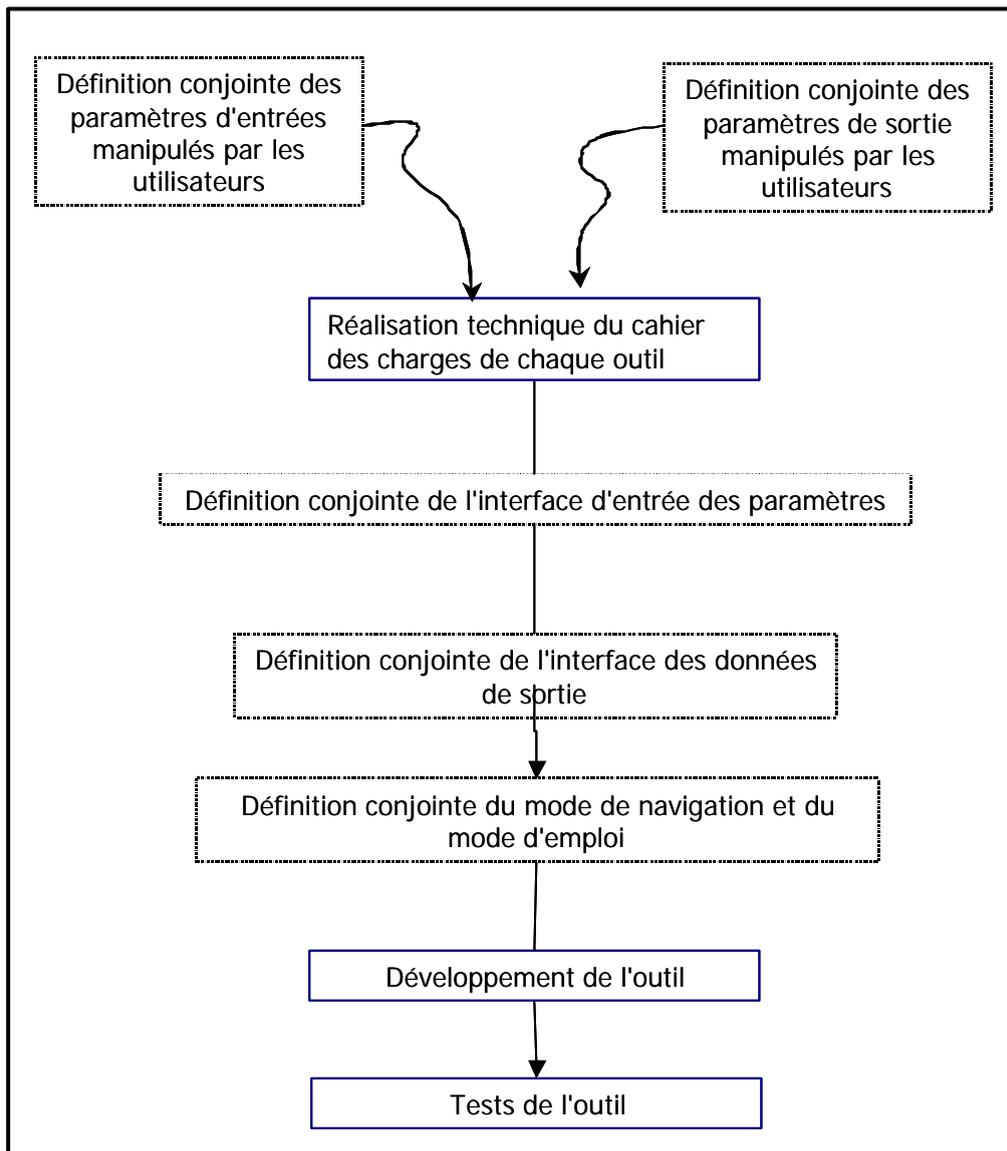


Figure 33 : Processus de conception de l'outil d'aide au transfert de données

Nous allons détailler toutes ces étapes. Nous n'aborderons pas ici l'étape de diffusion qui finalise ce processus. Cette étape est aussi facteur de la politique du département Recherche et Développement et des moyens mis à disposition de l'équipe confort.

## 4.4.2 Première étape : réalisation du cahier des charges technique des deux outils

Cette étape est basée sur la négociation des données d'entrée et des données de sortie (cf. paragraphe 4.3.3.2).

Le cahier des charges doit déterminer les paramètres que l'utilisateur insère dans l'outil et quelle forme et type de paramètres il souhaite obtenir en sortie (abaque, graphique, tableau ...).

Ces différents points doivent aussi être déterminés en fonction de ce que l'ergonome souhaite transmettre. En effet, il n'est pas uniquement question de développer un outil en intégrant les utilisateurs, c'est à dire les concepteurs, nous voulons transférer des données ergonomiques pour une exploitation interdisciplinaire. L'outil doit être facilement utilisable pour favoriser et inciter l'utilisation des données mais la matière à transférer provient des ergonomes. Ils doivent par conséquent entraîner les utilisateurs à manipuler leurs données.

Le choix des données d'entrée et de sortie ainsi que la forme de présentation des résultats est une phase clé car elle va permettre de faire correspondre l'outil à l'activité du concepteur. En effet, nous avons pu observer que le cahier des recommandations sous forme papier pouvait constituer une difficulté de par l'activité des concepteurs qui se déroule principalement sur CAO et sur plan. Dans ce cas, c'est aux concepteurs de retraduire sous la forme la plus adéquate les données de l'équipe confort. La conception conjointe du cahier des charges techniques des outils doit permettre d'éviter cet inconvénient en proposant directement, grâce à l'expérience des concepteurs du groupe, la forme la plus adaptée à l'exploitation des résultats.

Le choix de la navigation est aussi réalisé par le groupe, il est important qu'elle permette aux utilisateurs expérimentés comme aux novices de comprendre le raisonnement à suivre face au sujet en question et la méthode d'exploitation des résultats fournis par l'outil.

Nous exposerons tout d'abord la structure de l'outil de positionnement des occiputs et celle de l'outil de positionnement des coudes.

### 4.4.2.1 Cahier des charges de l'outil de positionnement des occiputs

L'outil ne s'appelle pas l'outil d'aide au positionnement des appuis-tête. L'outil permet de déterminer où se trouvent les occiputs et c'est bien à l'utilisateur de déterminer, compte tenu du constructeur, des normes, de la standardisation etc., où placer l'appui-tête.

Le cahier des charges est constitué de différents points permettant de définir l'outil de manière technique. Nous allons tout d'abord présenter la structure globale, puis la navigation et enfin les pages séparément. Nous avons formalisé le cahier à partir des enregistrements audio et des comptes-

rendus des réunions. Nous exposerons comment l'apprentissage des concepts continue, notamment la prise en compte de l'utilisateur pour les concepteurs.

## A) Structure de l'outil

La structure de l'outil est basée sur la nécessité de valider la visualisation des pages d'aide avant d'arriver à la page de calculs.

Nous représentons la navigation sous la forme du synoptique suivant :

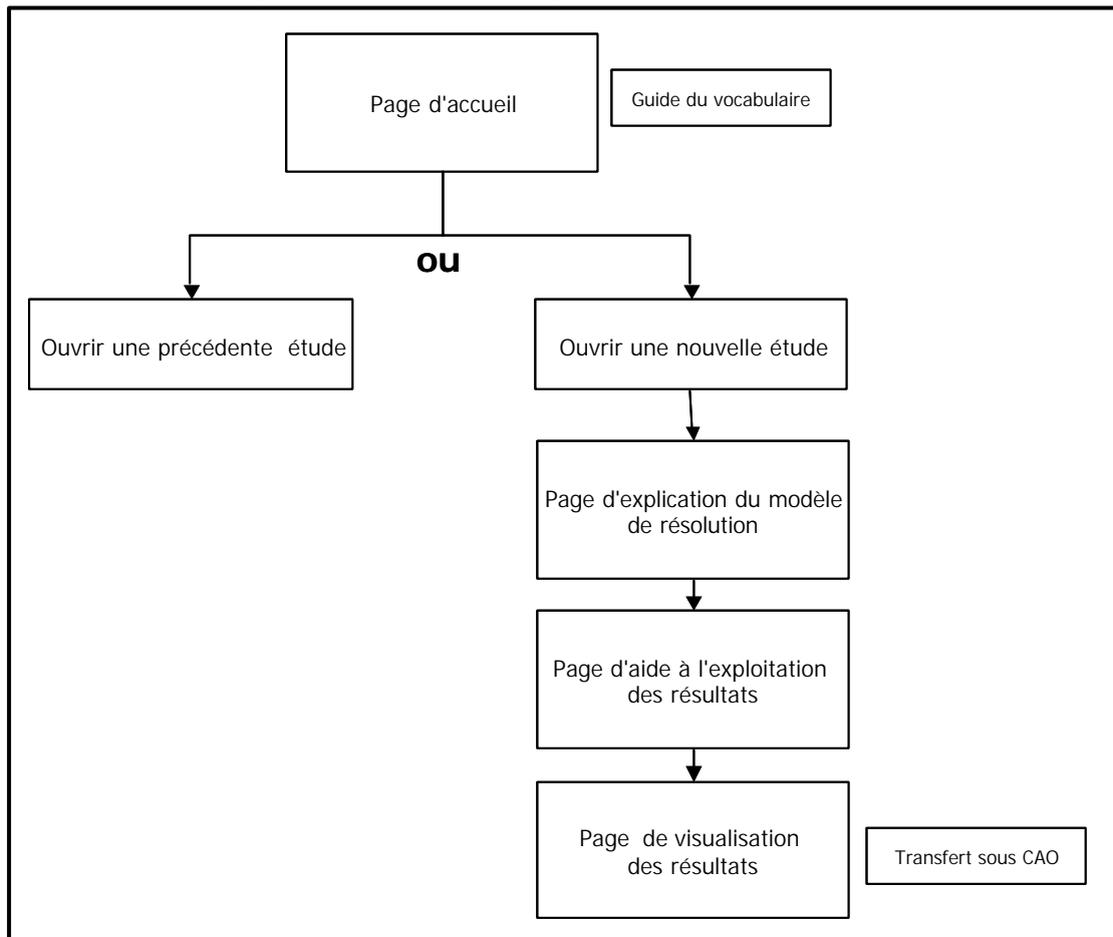


Figure 34 : Synoptique de navigation de l'outil occiput

La page d'accueil doit permettre de choisir entre ré-ouvrir une précédente étude ou créer une nouvelle étude. Cette page doit aussi définir les termes et les objectifs de l'outil.

La page suivante est la page de présentation de la résolution du problème réalisée par Judic.

Cette page doit permettre à l'utilisateur lors de sa lecture de prendre conscience de la démarche mise en place. Il ne faut pas que cela reste une boîte noire pour l'utilisateur. Il faut l'amener non pas à la maîtrise de la méthode des statistiques probabilistes mais au moins à la connaissance des données nécessaires pour celui qui veut l'appliquer.

La page suivante oriente la lecture des résultats. Cette page est une étape supplémentaire pour le groupe. Des ellipses peuvent aider à la représentation graphique des dispersions du nuage de points occiputs. En nous référant à l'article de Baudu et Judic.<sup>36</sup>

Les occiputs calculés par le modèle (cf. paragraphe 4.3.3.2) sont représentés par un ensemble de point. En utilisant la puissance de calculs de l'informatique, il est possible de calculer jusqu'à 10 000 occiputs pour une population donnée. Il faut donc éclairer la lecture de ces résultats. La représentation d'ellipses est la solution que nous avons choisie.

L'exploitation des résultats et des ellipses doit être guidée car elle n'est pas encore commune.

L'ellipse cut-off 95 est l'ellipse pour laquelle toute tangente en un point laisse du côté de la tangente qui contient l'ellipse 95 % des occiputs simulés et de l'autre côté 5%. Mais cette ellipse ne contient que 74,1% des occiputs. Ce mode de représentation est pratique pour l'exploitation sous CAO. En effet, il est plus simple de déterminer un volume par rapport à l'ellipse que par rapport à l'ensemble des points formés par les occiputs calculés.

Nous représentons donc les résultats de la manière suivante :

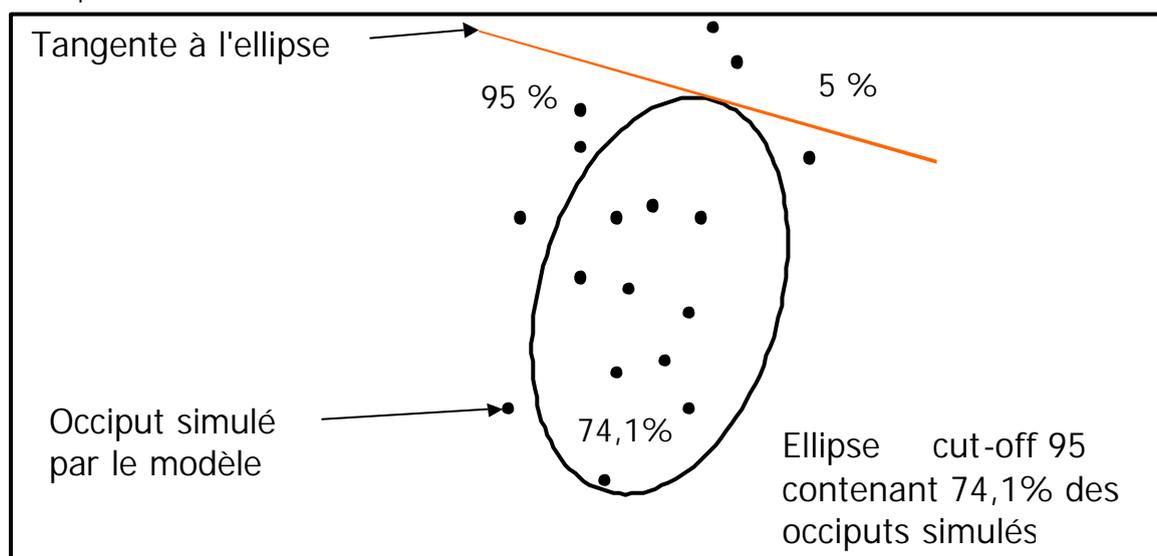


Figure 35 : Schéma représentant les résultats sous forme d'ellipse cut-off 95

Ce mode de fonctionnement n'est pas inné, il faut manipuler ces résultats plusieurs fois avant de s'y habituer. Nous n'envisageons pas de diffuser l'outil sans une formation sur son mode de fonctionnement et sur l'exploitation des résultats, cette page et surtout la clarté des informations de cette page, sont très importantes.

La page suivante présente la page de calculs à proprement parler. Sur cette page l'utilisateur entre les données des paramètres laissés libres au choix du groupe. Il s'agit tout d'abord de l'angle de dossier. Entrer la population cible ne suffit pas, il faut de surcroît donner la distribution homme – femme dans

<sup>36</sup> Communication, Equip Auto oct. 2001, Paris, "De l'intérêt de pratiques nouvelles pour la prise en compte de la diversité des humains de la conception de produits et de poste de travail.

cette population. Ceci n'avait pas été envisagé avant que l'ergonome 2 nous montre concrètement les données à manipuler. Les paramètres d'entrée sont donc les suivants :

- angle de dossier
- distribution des différentes populations
- distribution homme-femme au sein de(s) population(s) choisie(s).

Cette page doit aussi permettre de visualiser les résultats mais également de les exporter vers le poste CAO.

Ce n'est pas à proprement parler la dernière page, qui est, en réalité, la page de résultats.

Le logiciel qui doit permettre de réaliser cet outil est Matlab. Ceci n'est nullement choisi mais découle des opportunités de l'équipe confort. En effet, pour des raisons de puissance de calculs et de développement de banque de données, l'équipe a fait l'acquisition de licences pour un tel logiciel qui permet de créer des interfaces. De plus, la puissance de calculs est un avantage pour l'utilisation des modèles probabilistes car elle autorise des calculs sur un nombre plus important que ne le permet d'autres logiciels tels que Excel. Cet outil est donc développé sous ce langage.

## **B) Navigation de l'outil de positionnement des occiputs**

Les concepteurs du groupe n'ont que peu d'exigences sur ce point, une méconnaissance des possibilités techniques ne leur permet pas d'envisager tout le panel de solutions.

Nous avons décidé en accord avec le groupe de prendre en charge ce point grâce aux différentes recommandations ergonomiques sur le domaine. Par exemple, Scapin<sup>37</sup> recommande les points suivants : « le logiciel pour certaines entrées, notamment à risque (i.e., ayant des conséquences importantes et/ou irréversibles), doit requérir une confirmation de la part de l'utilisateur », « De façon générale, l'utilisateur ne devrait pas avoir à entrer les mêmes données plusieurs fois .», « Quand des données sont utiles pour des transactions ultérieures, ces données devraient être automatiquement affichées. ».

De plus, nous allons utiliser nos observations lors des tests de l'outil mousse-nappe. Nous avons suggéré que l'interface devait permettre de visualiser l'effet des choix sur le champ des solutions. Nous allons privilégier les boutons « curseurs » pour permettre aux utilisateurs de tester plusieurs distributions homme – femme. Ces différentes distributions vont avoir des effets sur le positionnement des occiputs. Il faut que l'utilisateur puisse comparer différentes ellipses constituées des occiputs simulés sur la même feuille.

---

<sup>37</sup> Le travail de cet auteur est remarquable pour l'effort de formalisation qu'il a réalisé. Cependant, nous tenons à souligner que nous sommes persuadé que ces recommandations sont à exploiter par des ergonomes et non par des concepteurs.

## C) Détail des pages

### i) Page d'accueil

La page d'accueil permet donc de choisir entre créer une nouvelle étude et ouvrir une ancienne.

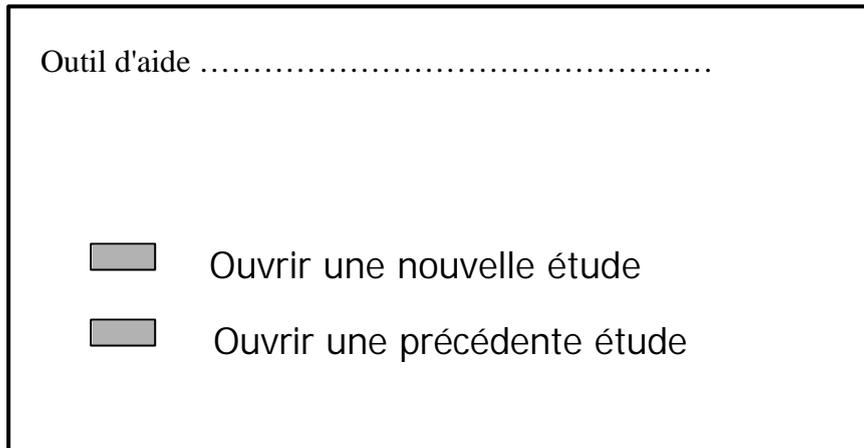


Figure 36: Schéma de représentation de la page 1

Dans le cas de la création d'une nouvelle étude la page 1 renvoie directement sur la page d'explication du raisonnement. Dans le cas où le souhait de l'utilisateur serait de re-ouvrir une précédente étude, il faut permettre à l'utilisateur de retrouver le fichier là où il l'a stocké. Ce point non prévu par le groupe soulève des questions : que faut-il sauvegarder ? Faut-il permettre de rejouer un jeu de données sur la précédente étude ? l'utilisateur peut-il écraser une ancienne étude ? ces différents points soulèvent de manière générale la question de la traçabilité des choix, vaste mais essentielle question.

Garder des traces des choix est primordial dans notre projet. Sur les postes CAO, seul le résultat est visible. Du temps des calques, un trait était finalement rarement gommé à cause des traces laissées, ainsi il était possible de comprendre pourquoi telle option avait été au final retenue ou non.

Il ne faut pas effacer une étude, même intentionnellement. C'est important de savoir revenir en arrière et comprendre les choix à partir des résultats.<sup>38</sup> Par conséquent, le groupe doit choisir quelle page enregistrer (car il est évident qu'enregistrer les pages d'explication de la résolution du problème et la page d'aide à la lecture des résultats n'est pas intéressant) et quelles modifications seront possibles.

Il est décidé que seules la page d'entrée des données et la page de résultats seront enregistrables, il doit être possible de rejouer des données mais il ne doit pas être possible d'enregistrer la nouvelle étude sous le même nom. Cette décision est prise sans se soucier des possibilités techniques ! Là encore l'importance du groupe est visible. Sans l'avis et la connaissance des concepteurs, les

---

<sup>38</sup> Pour anecdote, il est amusant de voir un concepteur mécanicien épilucher un siège concurrent et expliquer lorsque la valeur d'un paramètre est approximative que ce n'est pas un paramètre maîtrisé mais déductible des autres choix.

ergonomes n'auraient probablement pas fait ce choix là, soit par excès de zèle ils auraient laissé tout enregistrable et re-jouable soit au contraire auraient tout bloqué. De même sans la présence des ergonomes ce point n'aurait probablement pas été soulevé et les concepteurs n'auraient pas envisagé les solutions possibles.

La page d'accueil peut donc être résumée sous forme de scénarii.

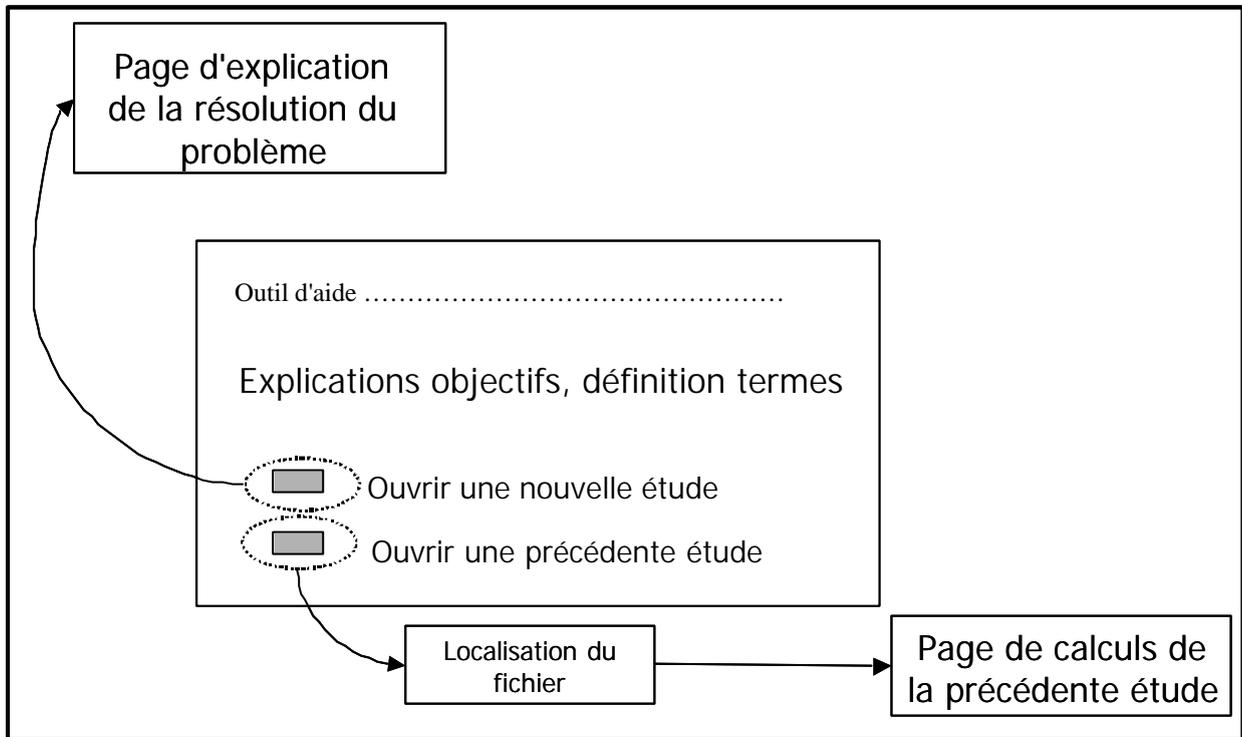


Figure 37 : Scénarii d'utilisation pour la page 1

ii) Page d'explication de la résolution du problème

Comme nous l'avons vu paragraphe X, la résolution se base sur des équations mathématiques sur la simulation grâce aux statistiques probabilistes de Monte Carlo. Il n'est pas question de donner aux utilisateurs la méthode statistique mais bien de montrer quelles données anthropométriques sont nécessaires. L'ergonome 2 suggère de laisser l'accès aux hypothèses de résolution. Nous verrons que les tests remettent ce choix en cause. Le problème revient donc aux calculs de la distance du point H à l'occiput.

L'outil doit montrer sur quoi le moteur de calculs se base pour proposer l'ellipse de réponse. Ceci est important pour permettre l'appropriation des résultats et leur bonne exploitation. Comme le souligne Flottes Lerolle la démarche est aussi importante que les résultats [LEROL 91].

Rein n'obligera jamais l'utilisateur à lire cette page mais il doit valider sa visualisation pour accéder à la page suivante à savoir la page d'aide à l'exploitation des résultats.

iii) Page d'aide à l'exploitation des résultats

Cette page a pour but d'aider l'utilisateur à comprendre et exploiter correctement les résultats et surtout l'ellipse. (cf. figure 35).

Les informations doivent être concises et pertinentes. Elles doivent aussi rappeler que cet outil ne se soustrait en rien aux normes, surtout pour cet organe de sécurité qu'est l'appui-tête.

Une fois validée, cette page doit donner accès à la page de calculs à proprement parler.

iv) Page de calculs et de résultats

■ % des populations choisies    ■ % homme-femme

■ % des populations choisies    ■ % homme-femme

curseurs

Visualisation    Transfert    Enregistrer    Imprimer

La page est imaginée tout d'abord de la manière suivante :

Figure 38 : Schéma de la page de calculs

Si l'utilisateur souhaite visualiser une première population puis une deuxième, le schéma suivant apparaît après avoir enclenché le bouton visualisation.

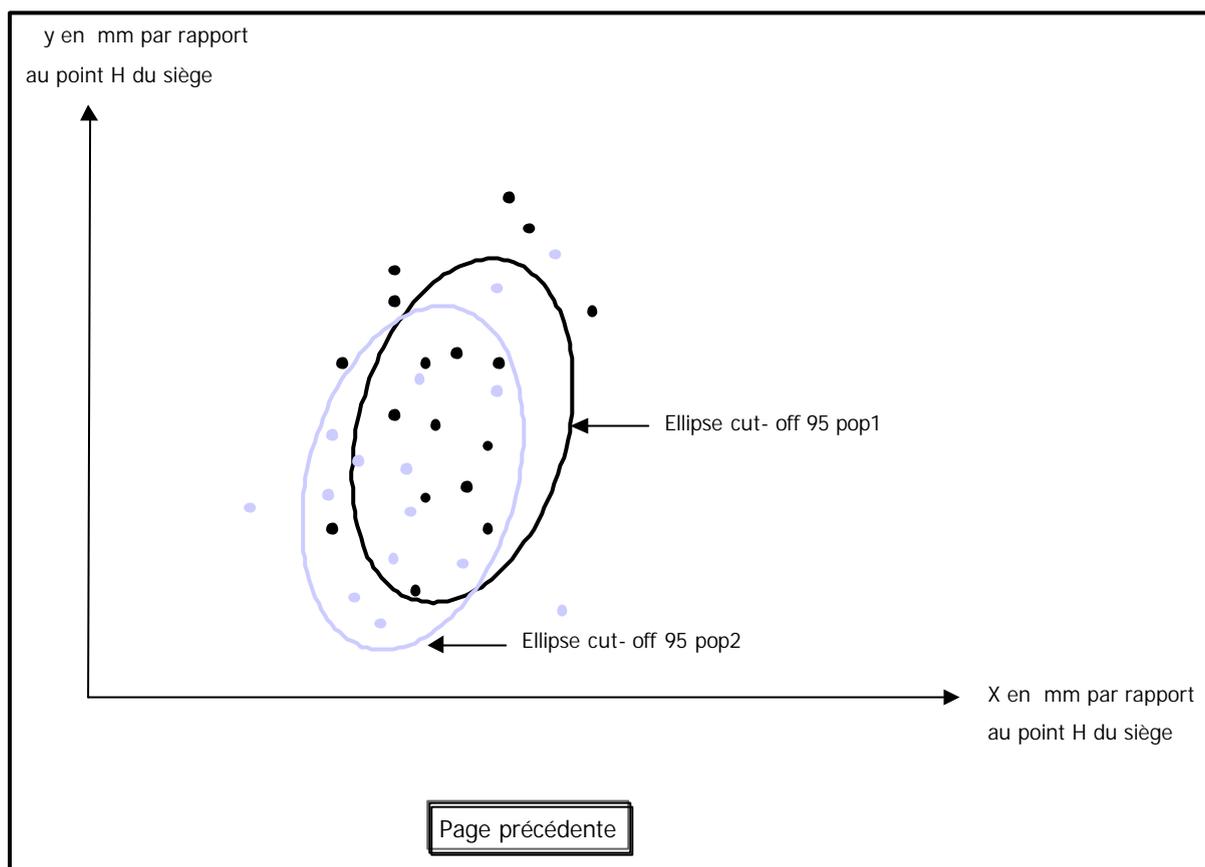


Figure 39 : Schéma de la page de visualisation des résultats

Les différentes fonctions sont donc représentées : visualiser les résultats, enregistrer l'étude, imprimer les résultats et bien sûr le transfert sur CAO.

Après avoir détaillé toutes ces pages, il reste cependant deux points en suspens : le développement de l'outil et la langue de l'outil. Qui va le réaliser ? Nous avons déjà exposé ce point (cf. paragraphe ...) et les différentes éventualités envisagées. Nous avons proposé que le développement de cet outil, soit à notre charge (moyennant bien sûr une formation au logiciel !).

La langue a été discutée dans le groupe, les concepteurs expliquent l'intérêt de le développer en français et l'ergonome de l'équipe confort de le développer en anglais. Notre position est partagée car il est évident que l'outil sera d'abord utilisé en France avant d'être diffusé en Allemagne et aux Etats – Unis. Il nous paraît dans un premier temps plus judicieux de le développer en Français. Cependant, il ne faut pas que sa diffusion dans les autres sites soit bloquée par le problème de langue. De plus, lors de présentations au groupe FAURECIA, il faut que l'équipe puisse facilement en faire la promotion.

L'intérêt des utilisateurs du groupe est de le faire en français mais pour la notoriété du groupe l'anglais paraît plus judicieux. Il est donc décidé de développer l'outil en anglais et de traduire en français les termes difficiles.

Nous allons maintenant présenter le cahier des charges de l'outil d'aide au positionnement des coudes. Mais il faut savoir qu'il a été réalisé chronologiquement après le début du développement de l'outil d'aide au positionnement des occiputs. Cela influença certains choix.

#### 4.4.2.2 Cahier des charges de l'outil d'aide au positionnement des coudes

Il a été décidé dans un premier temps de sous – traiter le développement de cet outil.

Le groupe a décidé d'opter pour la même structure : une page d'accueil qui permet d'orienter l'utilisateur vers l'exploitation d'une précédente étude ou vers une nouvelle, puis une page de présentation de la résolution et une page d'aide à l'exploitation des résultats et enfin la page de calculs.

Néanmoins, ce cahier des charges a été refait à cause du développement par une autre entreprise qui proposait quelques modifications. Nous aborderons cela dans le paragraphe sur le développement.

L'entreprise choisie pour réaliser le développement est Phimeca. Cette entreprise est liée avec Lemaire M. reconnu pour ses travaux sur les statistiques probabilistes. Ce choix n'est pas dénué d'intérêt puisqu'il a aussi pour but de nous faire monter en expertise dans ce domaine.

La structure décidée par le groupe est très similaire à celle de l'outil d'aide au positionnement des occiputs à savoir une page d'accueil qui permet de choisir entre créer une nouvelle étude ou revoir une précédente et une page de mode d'emploi. Une page de présentation du formalisme du problème suivie d'une page d'explication pour exploiter les résultats et en particulier la représentation ellipsoïdale.

Puis la page d'entrée des données s'affiche, page au sein de laquelle l'utilisateur doit entrer la population cible et où il peut choisir d'exporter et d'enregistrer l'étude. Enfin, la dernière page est celle qui représente graphiquement les résultats. Cette structure est soumise aux spécialistes de Phimeca. Cette structure est adoptée moyennant quelques modifications que nous verrons par la suite.

Une fois le cahier des charges déterminé, il faut matérialiser les outils de transfert. Nous allons donc développer cette deuxième étape du protocole de notre deuxième hypothèse.

### 4.4.3 Processus de développement des outils de positionnement des occiputs et des coudes

Cette phase correspond à la matérialisation de l'outil, à sa conception physique. Le développement de l'outil ne relève pas à proprement parler des compétences de l'équipe confort. Aussi, suivant la forme finale adoptée par le groupe plusieurs solutions sont envisagées :

- le développement par une des personnes de l'équipe confort
- la sous-traitance du développement au service informatique de l'activité Siège de Faurecia
- la sous-traitance du développement à l'extérieur.

Pour des raisons de capitalisation du savoir – faire et pour l'implémentation future de l'outil, la première solution est la plus favorable. Vient ensuite, dans l'ordre décroissant, la question de la sous-traitance en interne et en externe. Cette dernière est la plus pénalisante, le savoir-faire appartenant au sous-traitant et les modifications futures de l'outil devront probablement demander de nouvelles études.

Cependant, la réalisation à l'extérieur de l'outil permet un gain de temps non négligeable dans notre contexte.

Il n'y a pas à proprement parler de service destiné à la conception d'outil au sein du service informatique mais plus un soutien technique et un service de conseils. Le développement physique entier de l'outil par le service informatique paraît difficile.

Nous n'envisageons pas la réalisation de l'outil par l'équipe de concepteurs car au même titre que l'équipe confort, il ne s'agit pas là de leurs compétences<sup>39</sup>. L'organisation ne peut accepter un tel investissement en formation, en temps pour ces acteurs qui ne sont pas à l'initiative du projet. Aussi, nous éliminons d'emblée cette piste.

Nous ne retenons donc réellement que deux voies :

- le développement par l'équipe confort
- la sous-traitance externe du développement.

Les deux voies ne sont pas exclusives suivant le nombre d'outils à concevoir, elles seront au final mises en place toutes les deux sur les deux outils de positionnement d'occiputs et de coudes.

Nous exposerons tout d'abord le développement de l'outil d'aide au positionnement des occiputs puis nous développerons celui du positionnement des coudes.

---

<sup>39</sup> Nous ne parlons pas de compétences au sens individuel du terme mais plus des compétences du profil de poste et de l'activité qui est demandée aux différents acteurs.

#### 4.4.3.1 Développement outil d'aide au positionnement des occiputs

Matlab est une plate-forme logicielle développée par Mathworks qui intègre des possibilités de calcul mathématique et de visualisation ainsi qu'un langage puissant pour fournir un environnement robuste pour le calcul technique.

L'équipe confort ayant décidé de se doter de ce logiciel, une formation à tous les membres nous a permis de se familiariser et de réaliser l'interface de l'outil de positionnement des occiputs.

#### **A) Le code : formalisation du modèle de résolution**

Ce que nous dénommons code c'est la traduction de la résolution mathématique sous le langage Matlab ainsi que l'écriture de la génération des populations en fonction des caractéristiques données par l'utilisateur. Cette partie est écrite par Judic. Nous ne présentons pas les lignes de code pour des raisons évidentes d'avantage concurrentiel et de confidentialité.

#### **B) Construction des interfaces de l'outil**

Nous avons réalisé les interfaces grâce aux possibilités du logiciel Matlab. Cependant, ce n'est pas le point fort de ce langage. Ainsi, les interfaces sont limitées par les possibilités et par nos compétences.

Les touches de navigation choisies sont les suivantes :

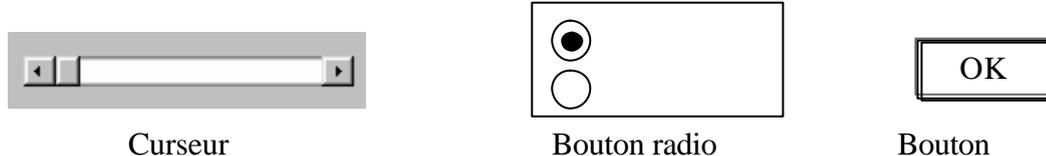


Figure 40: Schémas des boutons retenus

Ces différentes formes ont été choisies pour permettre de visualiser tout le champ des possibles via le curseur, lister la possibilité de choix grâce au bouton radio et enfin valider un choix grâce au commun bouton poussoir.

Pour la fonction "quitter", nous nous sommes inspirés des logiciels tel que ceux que nous utilisons quotidiennement, au sein desquels il nous a demandé de valider notre choix. La répétition de cette demande permet parfois d'éviter les conséquences d'un geste malencontreux.

Nous allons présenter les images des différentes pages.

La page d'accueil est la suivante :

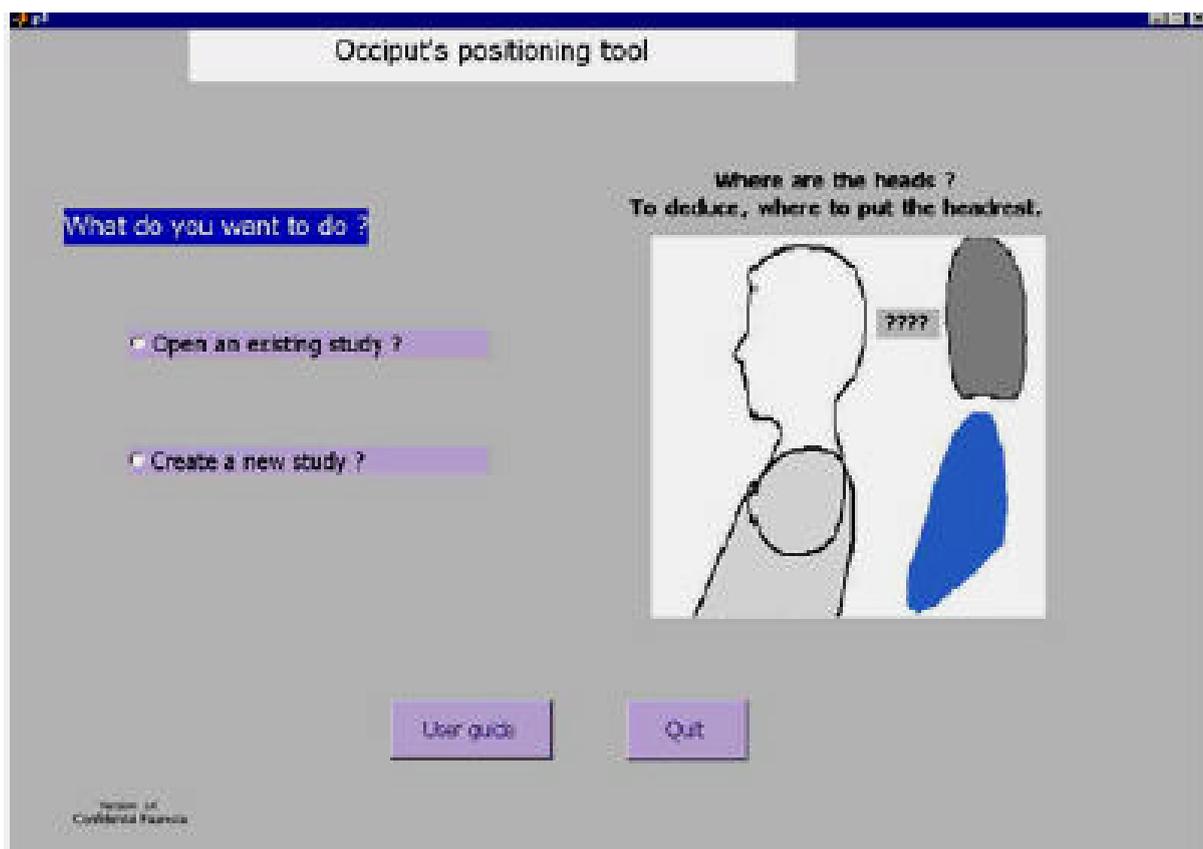


Figure 41 : Page d'accueil de l'outil de positionnement des occiputs

Cette page a deux fonctions : celle de quitter et un lien avec un lexique qui définit les termes et rappelle les objectifs de l'outil.

Il est difficile de révéler les scénarii d'utilisation par écrit d'un outil logiciel.

Partons du principe que l'utilisateur veut voir le lexique, en cliquant il verra apparaître la page suivante:

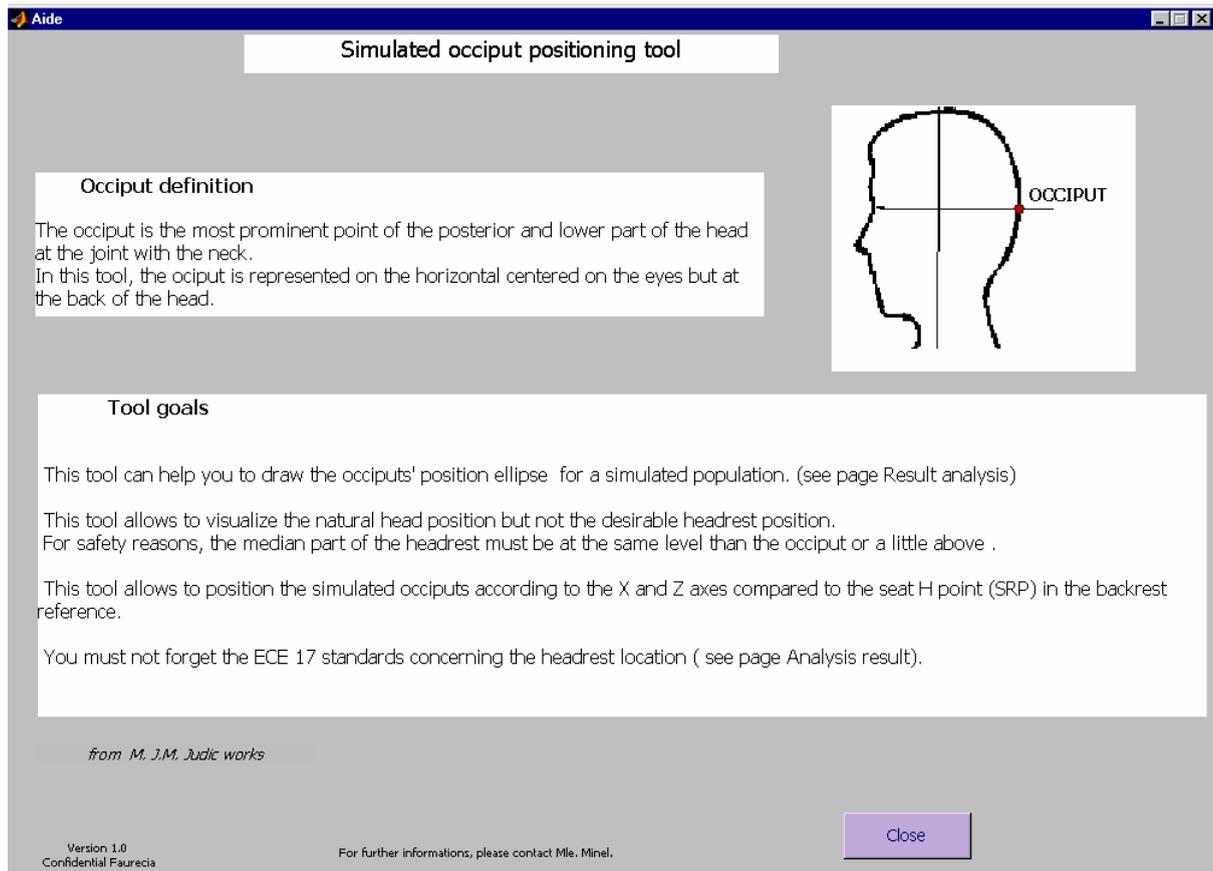


Figure 42 : Page d'aide

Si l'utilisateur choisit d'ouvrir une précédente étude, il doit d'abord choisir le fichier grâce à la page de choix.

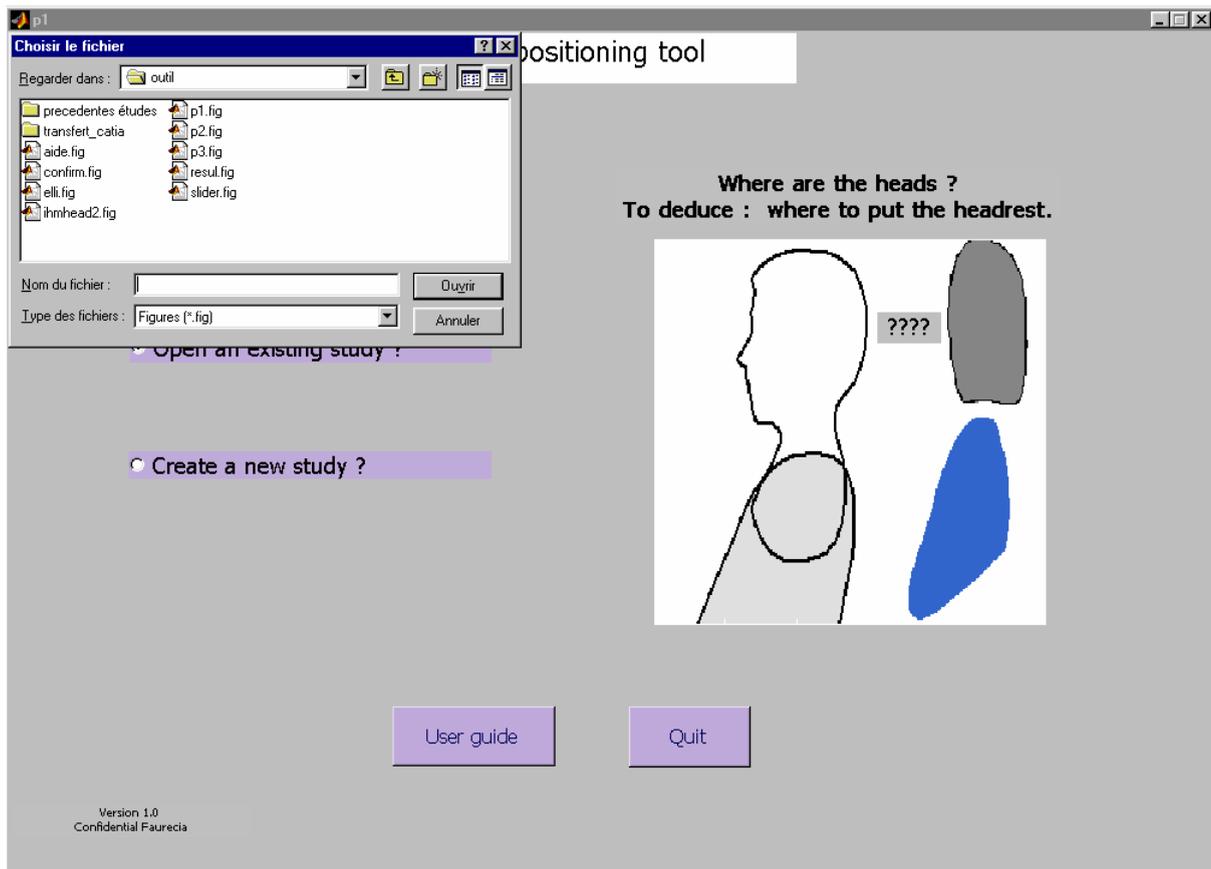


Figure 43 : Page de choix de fichier

Une fois le fichier déterminé, il va pouvoir afficher la page de calculs et pouvoir rejouer les données :

Dans le cas où l'utilisateur veut créer une nouvelle étude, il va ouvrir la page d'explication de la démarche.

**Computations hypothesis:**

**GOAL :** To locate the occiput position in the X and Z axis in relation to the H point and for a backrest brought to  $B_0$  angle.  
We invite you to read the mathematical formalization of the problem.

**LEGEND :**

B = torso angle (symbolized  $\beta^\circ$ )  
 $B_0$  = reference torso angle  
R = mean point of the head rotation  
O = occiput point  
C = head center  
re = distance between the top of the shoulder and the point of the head rotation  
rc = distance between the mean point of the head rotation and the head center  
hr = distance between the H point and the mean point of the head rotation  
oc = horizontal distance between the R point and The O point  
ie = height of the top of the shoulder (seated man/woman)  
ic = occiput height (seated man/woman)

From M. JM. Judic works

Please click here to continue :  realize a study

Version 1.0  
Confidential Faurecia

Figure 44 : Page d'explication de la démarche de résolution

Cette page explique quelles données anthropométriques sont nécessaires pour simuler la distance point H/occiput et sur quelles hypothèses se basent les résultats. Cette page prévoit la possibilité de modifier les hypothèses et les valeurs des paramètres anthropométriques. En validant la poursuite de l'étude, l'utilisateur affiche la page d'aide à l'exploitation des résultats.

lecture\_graphiques

**Results analysis**

Before beginning a study, we invite you to read this help. The goal is to clarify the analysis of the graphic results.

Ellipse 95 contains 74,1% of the targeted population.

Ellipse analysis :

Ellipse 95 must be read such as any tangent at one point delimit 2 area : one including the ellipse itself and the other one which does not. The area which includes the ellipse contains 95 % of the population and the one which does not include the ellipse contains 5 %.

It is imperative to refer to the ECE 17 norm and its amendments.

For a height nonadjustable headrest, at least a value of 800 mm above the SRP (seat H point) is lawful for a front seat, 750mm for a rear seat.

For an adjustable headrest, a value of at least 800mm above the SRP must be obtained in a position located between the lowest and the highest position of the adjustments.

For comfort reasons, we think that the headrest must be close to head to allow the contact without creating discomfort.

Version 2.0  
Confidential Renault

OK    Print    Close

Figure 45 : Page d'aide à l'exploitation des résultats.

Cette page donne des explications sur la lecture de l'ellipse et rappelle la réglementation et en particulier la Norme ECE 17, qui impose une hauteur minimale pour la course en hauteur de l'appui-tête.

En validant l'affichage de cette page, l'utilisateur fait apparaître la page d'entrée des données pour les calculs.

Probabilistic model of the occiput position. Simplified model : trunk + vertical head.

What's your torso angle ?  degrees

How much simulation do you want to do ?  maximum 10 000

Target 1

	100% Woman	100% Man	% Man	% Woman
<input type="text" value="34"/> % French Population	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="33"/> % American Population	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="33"/> % Dutch Population	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0"/>

The sum of the percentage must be 100 %.

The anthropometric data of the french population go back to 1901, those of the american and dutch population of 1902.

Version 3.0  
Confidential Francaise

Figure 46 : Page d'entrée des données pour les calculs

Cette page demande à l'utilisateur d'entrer l'angle de dossier, le nombre de simulation qu'il souhaite faire (jusqu'à 10000 occiputs maximum) puis de choisir entre trois populations : française, américaine et néerlandaise<sup>40</sup>. Il doit rentrer le pourcentage de population qu'il veut simuler (100% de population française ou 50% de population française et 50% de population américaine, etc.), puis il doit répartir la distribution homme - femme pour chaque population simulée. Si l'utilisateur veut visualiser les résultats il valide en appuyant sur "plot occiput ellipse", s'il veut transférer les résultats sur CAO, il valide avec "export occiput ellipse".

En visualisant les résultats, la page suivante apparaît.

<sup>40</sup> Nous avons choisi ces trois populations car elles sont représentatives d'une diversité et parce que nous disposons des données anthropométriques correspondantes.

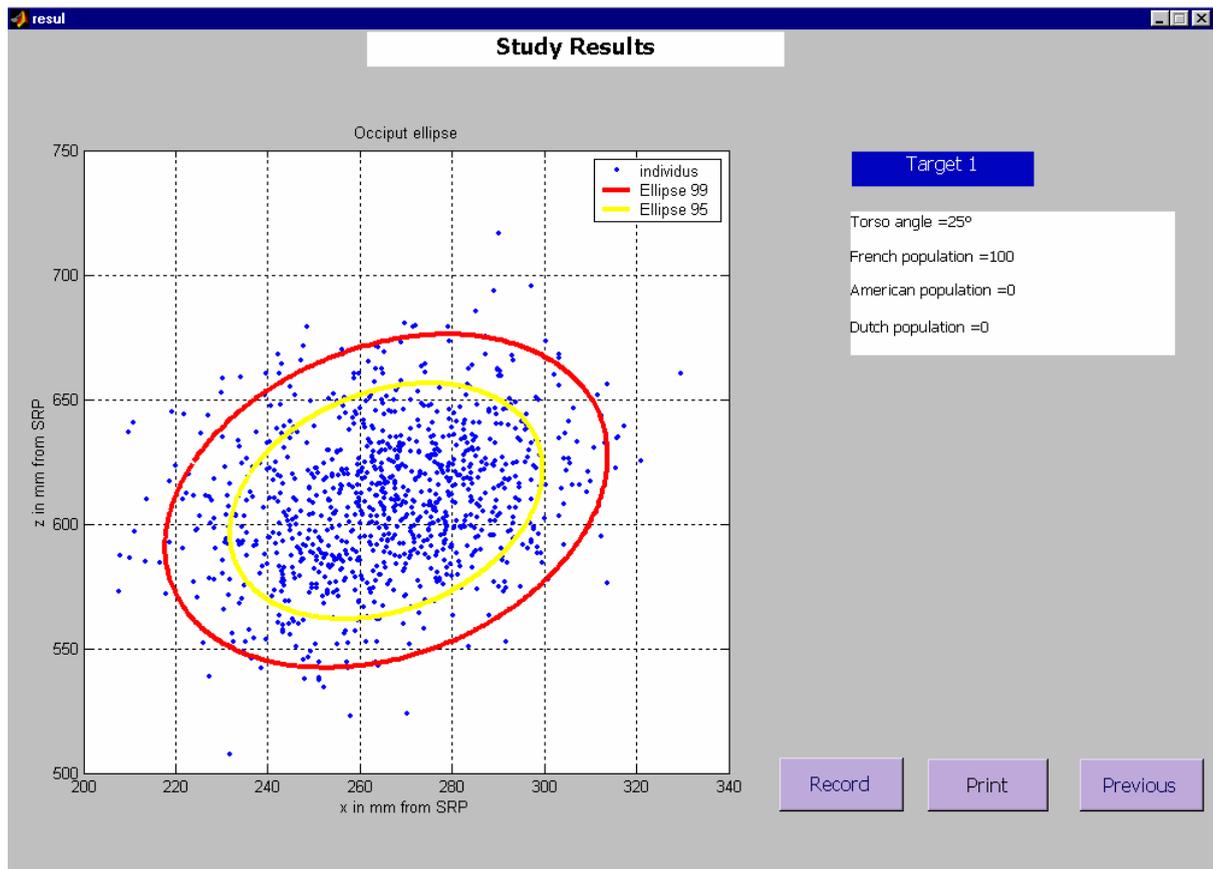


Figure 47 : Page de résultats

L'exportation sous CAO, n'est pas immédiate, il faut d'abord enregistrer le fichier dans la structure lisible sous CAO, puis une fois sur la station il faut lancer un code permettant la lecture du fichier .txt. Ce code a été réalisé par Fauroux P -Y<sup>41</sup>, informaticien FAURECIA. La collaboration entre les équipes a permis de réaliser ce transfert.

Une fois cet outil matérialisé, il faut procéder aux tests.

#### 4.4.3.2 Développement de l'outil d'aide au positionnement des coudes

Le développement est sous-traité à l'entreprise Phimeca<sup>42</sup>. Cette entreprise, lauréate du concours de création d'entreprises innovantes en 2001, est née de la volonté d'une équipe de concepteurs, de scientifiques et de développeurs de promouvoir le dimensionnement et la fiabilité des structures basées sur des concepts probabilistes. Ainsi de par leur compétence en statistique probabiliste, nous avons obtenu une validation de notre modèle et un complément d'informations sur cette méthode nous a été fourni. [PHIME 03]

<sup>41</sup> Nous profitons de l'occasion pour le remercier pour cette participation et toutes les autres.

<sup>42</sup> Nous tenons à remercier Lemaire M., Pendola M., Suau F., pour avoir partagé leurs expériences, pour nous avoir accompagné dans ce projet et pour leur patience.

Sous les conseils de ces experts, certaines modifications ont été réalisées. Ainsi, la possibilité de déterminer l'emplacement du coude en largeur a été suggérée par les concepteurs de Phimeca. Baudu S. nous a aidé à fournir à l'équipe de Phimeca les données anthropométriques et les limites du modèle.

De surcroît, des modalités d'interface plus complètes ont été suggérées par le sous-traitant. Ainsi, il est décidé d'enregistrer dès le début de la manipulation de l'outil. Nous avons accepté ces modifications pour les soumettre au jugement du groupe.

Nous allons donc présenter les pages de cet outil.

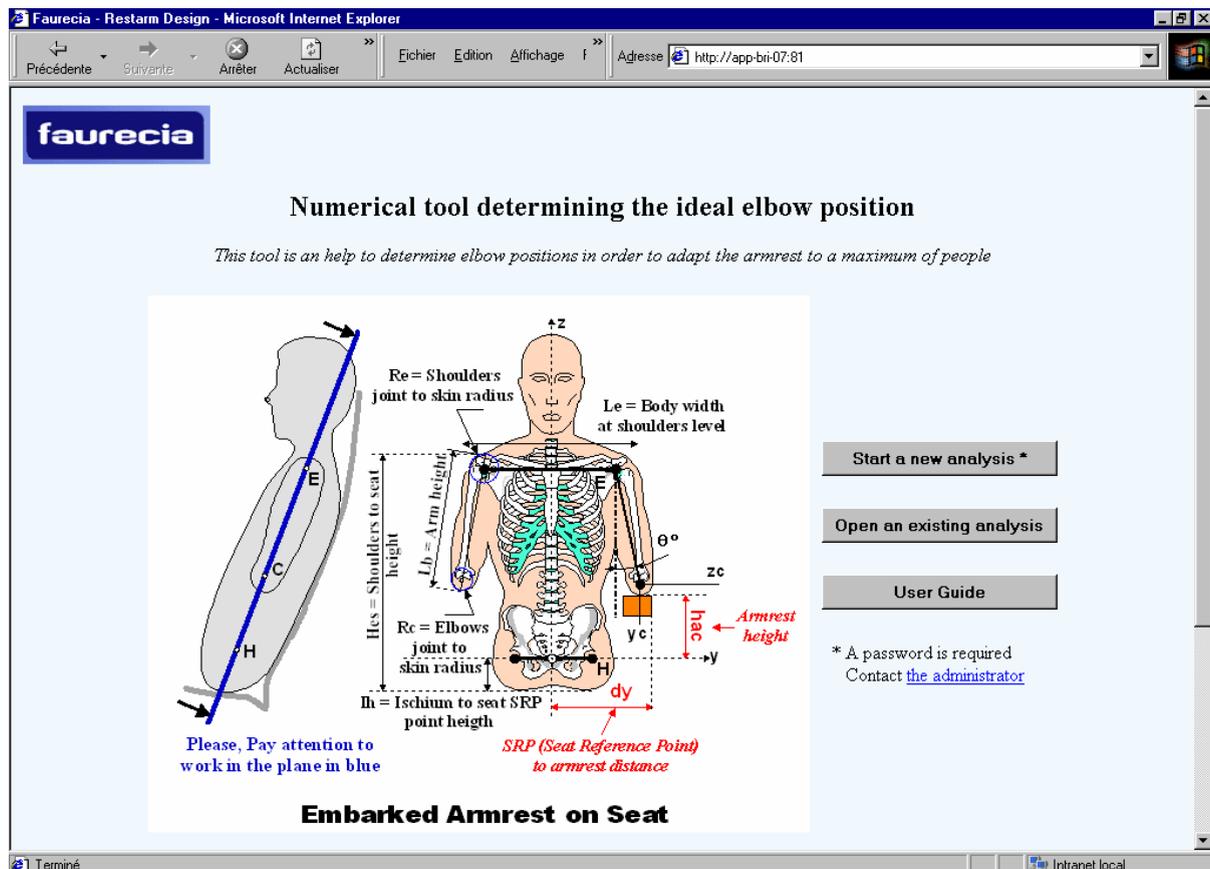


Figure 48 : Page d'accueil de l'outil de positionnement de coudes.

Cette page est basée sur la même structure que celle de la page de l'outil de positionnement des occiputs, à savoir elle laisse le choix à l'utilisateur entre plusieurs possibilités : revoir une précédente étude, créer une nouvelle étude, visualiser un guide d'utilisation.

Nous allons suivre le scénario selon lequel l'utilisateur souhaite créer une nouvelle étude (dans le cas où l'utilisateur souhaiterait revoir une précédente étude les pages suivent le même agencement que pour l'outil mousse-nappe).

Le groupe a choisi d'utiliser le système de mot de passe pour protéger la diffusion de cet outil. Après avoir entré ce mot de passe, la page suivante est la page d'enregistrement de l'étude. Cette hiérarchie a été suggérée par l'équipe de conception sous-traitante. Après avoir enregistré son étude, l'utilisateur accède à la page d'entrée des données.

**Analysis Data Input**  
Please enter the parameters involved in the analysis before running

Maximum duration of the analysis  
10 Seconds  
During this time, the tools is computing : simulations and calculations  
It is recommended to use at least 10 seconds to perform an analysis

Population characteristics to be simulated

Choose the population distribution	Women	Men	% Women	% Men
100 % French population	100%	100%	50	50
0 % American population			50	50
0 % Dutch population			50	50

What kind of analysis do you want to perform?

Position the armrest in the Y axis

Position the armrest in the Z axis

Design Parameter Values

300.0

Run the analysis

Figure 49 : Page d'entrée des données de l'outil occiput

Cette page permet plusieurs actions, nous allons détailler les principales. Tout d'abord elle permet d'entrer les caractéristiques de la population ciblée, représenté par le symbole 1. Elle permet de choisir le calcul à réaliser : l'emplacement en hauteur ou en largeur des coudes (symbole 2). Les deux paramètres sont dépendants entre eux.

Ainsi comme représenté dans la figure précédente, si l'utilisateur souhaite calculer la position en hauteur, il doit fixer la valeur en largeur. Dans le cas où il ne connaîtrait pas cette valeur, une valeur par défaut est proposée, il peut sinon la changer (symbole 3). Il peut choisir jusqu'à 5 valeurs pour le paramètre non calculé. L'utilisateur doit ensuite valider ces données pour visualiser la page de résultats grâce au bouton symbolisé par la case 4. La page de résultats s'affiche alors.

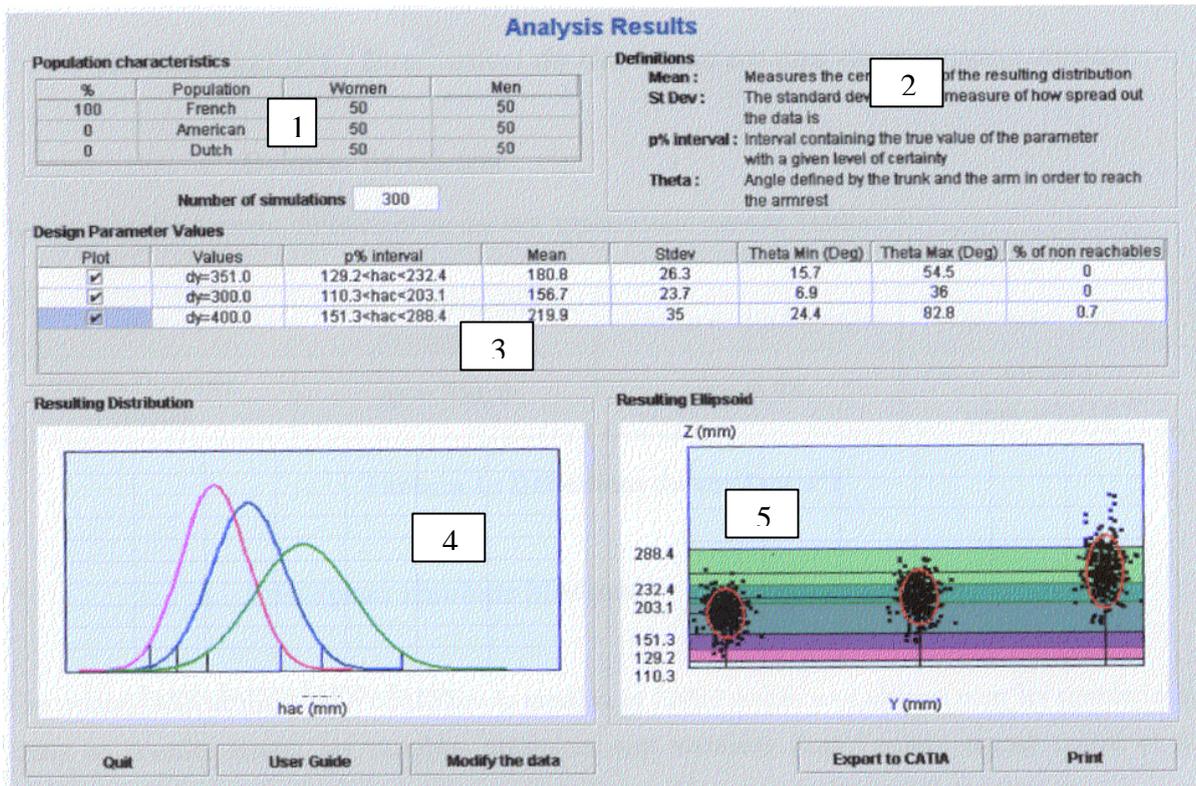


Figure 50 : Page de résultat de l'outil de positionnement des coudes

Cette page présente plusieurs informations. Tout d'abord, un rappel des données d'entrée sur la population (symbole 1) et des définitions des termes utilisés (symbole 2). Suit ensuite le tableau des résultats qui rappelle le paramètre fixé, puis l'intervalle de solutions pour le paramètre calculé, sa moyenne, l'écart-type correspondant ainsi que l'angle  $\theta$  (angle entre la verticale et le coude) minimum et maximum (symbole 3).

Deux graphiques représentent la courbe de distribution des positions des coudes et celui représentant les ellipses, respectivement symbole 4 et 5. Cette page propose les actions suivantes : visualiser le guide, modifier les données (permet de revenir sur la page d'entrée des données), exporter les ellipses sur CAO et imprimer.

Après avoir développé ces outils, nous les avons testés. Nous allons donc exposer le protocole et les résultats des tests utilisateurs.

#### 4.4.4 Troisième étape : les tests utilisateurs

Si la collaboration et la conception conjointe du cahier des charges doivent permettre de prendre en compte au mieux les besoins des utilisateurs, elles ne peuvent garantir à elles seules l'adéquation et l'efficacité de l'outil. Le test utilisateur est la principale méthode de l'ergonomie de conception qui permet d'analyser la manœuvrabilité, l'adaptabilité du produit observé à l'activité des utilisateurs représentés par le panel de testeurs. [NIELS 97] Mazoyer précise que « les choix et compromis doivent être issus d'essais, de tests et d'évaluation de données et non d'opinions, de suppositions ou d'hypothèses non validées. ». [MAZOY ?]

Cette étape est une phase qui va servir à renforcer et confirmer la collaboration entre les acteurs et la progression de chacun dans la connaissance de l'autre discipline. En effet, cette phase oblige chaque groupe d'acteurs à inverser une partie de leurs activités. Ceci doit pousser les acteurs à mieux comprendre l'autre métier mais ne peut se faire sans que chacun n'ait déjà cerné les besoins de chaque corps de métier. Nous entendons par l'expression « inverser une partie de leurs activités », le fait que c'est l'ergonome qui soumet l'outil à la sanction du concepteur à l'inverse de la conception du produit siège. (cf. paragraphe 2.1.5).

Cette inversion est une étape supplémentaire dans la conception conjointe, elle favorise la collaboration, la cohésion du groupe et surtout participe à sa pérennité. Ce n'est finalement que les rôles vis à vis du produit conçu qui sont changés. Cette étape permet de mieux comprendre l'activité de l'autre, et de parfois saisir ce qu'il n'a pas su ou pu ou voulu exprimer par des mots, des schémas.

Le test se déroule de la même manière pour chaque testeur et pour chaque outil et ceci dans le souci de pouvoir comparer les résultats. Nous réalisons les tests utilisateurs, ce qui pour l'outil de positionnement des occiputs, dont nous avons conçu l'interface, peut soulever la question de l'objectivité. Nous allons tout d'abord présenter le protocole des tests puis nous développerons les résultats pour chaque outil.

##### 4.4.4.1. Présentation du déroulement des tests

Le test individuel dure en moyenne deux heures par personne, il est découpé en 5 phases:

- la présentation de l'outil
- l'exploration non guidée
- l'exploration guidée
- le questionnaire et l'entretien semi-directif.

Nous pouvons représenter le protocole sous la forme du schéma suivant :

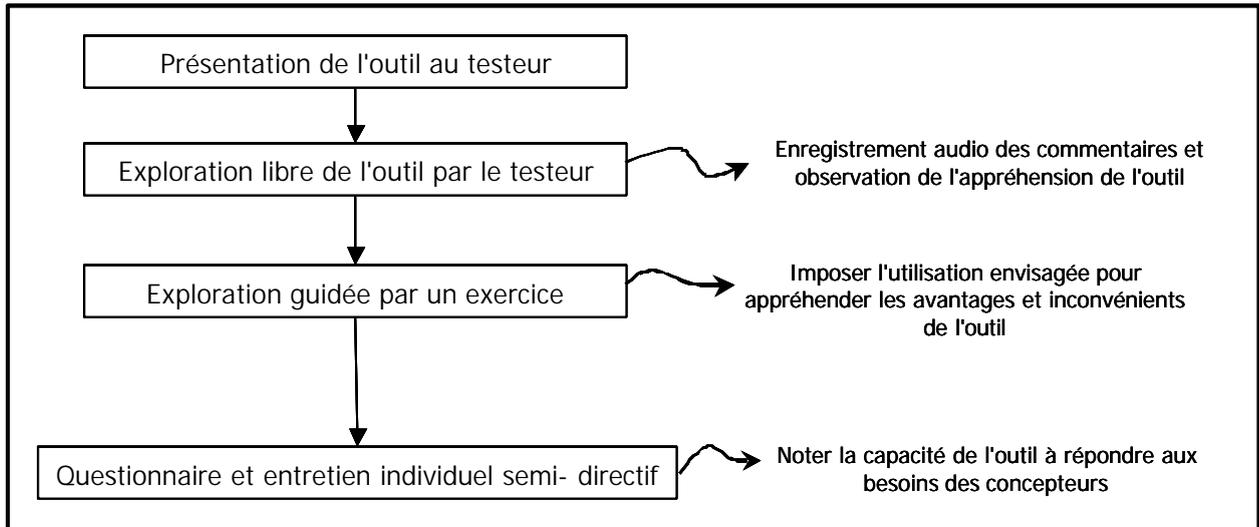


Figure 51 : Schéma du protocole de test des outils de transfert

Nous allons détailler chaque phase.

La présentation de l'outil consiste en l'exposé des différentes pages de l'outil et des différents modes de navigation. Nous réalisons cette présentation à chaque personne participant au test.

Nous donnons ensuite la consigne au testeur d'explorer seul l'outil de la manière qu'il souhaite. Pendant cette phase nous réalisons un enregistrement audio et une prise de note. La consigne donnée est d'exprimer oralement le raisonnement qu'il suit pour l'exploration. Cette phase nous permet de noter d'éventuelles erreurs de conception et surtout de valider la hiérarchie de navigation en la comparant avec celle d'utilisation.

La phase suivante est l'application d'un cas concret. Cet exercice est identique pour chaque testeur. L'objectif de cette phase est de tester la capacité de l'outil à répondre aux exigences des différents testeurs et de leurs manières d'appréhender les problèmes auxquels l'outil doit répondre.

Enfin la dernière phase est celle du questionnaire et de l'entretien individuel semi-directif. Au cours de cette phase chaque testeur doit répondre à un questionnaire identique pour chaque outil. Ce questionnaire est inspiré de celui présenté par Valentin, Vallery et Lucongsang. [VALEN93] cf. annexe Ce questionnaire a pour but de questionner le testeur sur l'utilisabilité<sup>43</sup> du produit, sur la gestion des messages d'erreur.

Les résultats de ces tests doivent nous permettre de déterminer les performances de l'outil à répondre aux besoins des futurs utilisateurs représentés par notre panel de concepteurs.

La performance et l'adaptabilité de l'outil proviennent du cahier des charges réalisé par le groupe. Meilleure sera la collaboration meilleure sera la définition du cahier des charges et meilleures seront

<sup>43</sup> Nous définirons plus précisément ce terme et l'emploi que nous en faisons dans le paragraphe 4.4.4.2.

les performances de l'outil. Les résultats de ces tests sont la traduction de la compréhension interdisciplinaire des exigences du projet. Il s'agit de la matérialisation du travail de traduction des contraintes et des objectifs de chacun des membres du groupe de travail.

Les tests mettent en avant l'évaluation de l'utilisabilité de l'outil, nous allons tenter de définir ce terme.

#### 4.4.4.2 Notion d'utilisabilité

Cette notion est l'un des principaux critères d'évaluation de l'outil. En effet, si la constitution du groupe de travail, la mise en place de la collaboration et la réalisation commune du cahier des charges ne permettent pas à l'outil d'être efficient, l'intérêt du projet en sera diminué. Nous n'avons pas la prétention de proposer une liste exhaustive des définitions mais de cerner notre positionnement sur cette notion.

L'utilisabilité représente la facilité d'emploi de l'objet. Cette notion se rapporte à « la capacité d'un système à permettre à ses utilisateurs de faire efficacement ce pour quoi ils l'utilisent. » (<http://www.veblog.com>, consulté en 2002)

La norme ISO 9241-11 définit l'utilisabilité de la manière suivante : « Un système est utilisable lorsqu'il permet à l'utilisateur de réaliser sa tâche avec efficacité, efficience et satisfaction dans le contexte d'utilisation spécifié » [ISO 92]

Cette notion est très utilisée dans l'ergonomie des logiciels (nombreux sites en témoignent : <http://www.usabilis.com>, <http://www.igraphe.com/ergonomie/index.php>)

Ainsi, « Idéalement, l'évaluation de la maniabilité (ou, en d'autres termes, le processus permettant de déterminer jusqu'à quel point un produit est – facilement - utilisable et répond aux besoins des utilisateurs) devrait démarrer dès que les objectifs du produit ont été définis afin de répondre aux exigences du marché, et devrait se poursuivre tout au long de la durée de vie du produit ». [MAZOY ?]

Nous retiendrons donc que l'utilisabilité de l'outil conçu dans notre projet de recherche est sa capacité et son efficacité à transférer les données ergonomiques aux concepteurs dans le but de les aider à prendre en compte les utilisateurs des sièges lors de leurs décisions.

#### 4.4.4.3 Résultats des tests de l'outil de positionnement des occiputs

Nous avons testé cet outil avec les 8 concepteurs. Un enregistrement audio de chaque test est réalisé et les testeurs peuvent à tout moment lire les prises de notes réalisées. Les tests durent entre 1h30 à 2 heures suivant les personnes.

Nous allons présenter les résultats suivant les différentes phases du protocole.

##### **A) Présentation de l'outil**

Nous réalisons une présentation succincte des différentes pages de l'outil et des modes de navigation à chaque testeur. Nous présentons également à cette occasion la signification et l'exploitation de l'ellipse d'occiputs. Ce passage est important, même si les testeurs ne sont plus naïfs vis-à-vis de cette question de par leur collaboration dans la conception de l'outil, pour simuler une formation sur l'outil. Nous avons bien conscience qu'il ne s'agit pas là d'une réelle formation. Cette phase nous permet de mieux comprendre les explications adéquates à l'activité des concepteurs. Il est à noter le comportement remarquable des concepteurs, qui se positionnent comme des testeurs naïfs. De plus, nous pouvons noter qu'il n'y a pas d'écarts pour la majorité des concepteurs quant aux remarques réalisées lors des réunions et des tests (écarts en fréquence, en contenu et en forme (ton, etc.)). Il y a des écarts en « sensation de confiance » ou une diminution de timidité pour 2 participants.

##### **B) Exploration non guidée**

Lors de cette phase, l'utilisateur peut essayer tout ce qu'il veut. Cette phase nous permet de voir tout d'abord l'état d'esprit du testeur (timide, qui cherche à faillir, pragmatique, récalcitrant). Ceci est d'autant plus facile que nous connaissons les participants et que s'est instaurée entre nous une confiance. Cet état initial est important à cerner pour pondérer notre participation lors du test.

Lors de cette phase, l'utilisateur commence à s'appropriier l'outil, parce qu'il est libre d'appliquer le raisonnement qu'il veut, nous pouvons également observer les contraintes hiérarchiques que l'outil peut imposer à l'activité cognitive de l'utilisateur.

Le point le plus testé lors de cette phase est la gestion des erreurs. Ainsi, nous avons pu constater que si la somme des distributions homme- femme ne faisait pas 100% pour une même population, nous n'avions pas de message signalant cette erreur.

### **C) Exploration guidée**

Cet exercice est commun à tous les testeurs, et consiste en la réalisation d'une étude. L'outil est lancé sur la première page et la consigne d'exporter et de déterminer si l'appui-tête du siège X est correctement placé pour une population mixte constituée de 50% de français et de 50% d'américain.

Comme nous l'avons exprimé auparavant, le but n'est pas de comparer les capacités des différents concepteurs à effectuer les mêmes résultats. Falzon démontre que des « concepteurs expérimentés, confrontés au même problème, produiront des résultats différents ». [FALZO 90a]

Cet exercice permet tout d'abord de mettre les testeurs dans la réalisation de la tâche prévue par l'outil et de faire valider des fonctions qu'ils n'ont peut-être pas essayées lors de l'exploration libre. De plus, nous avons pu observer le transfert des fichiers et l'exploitation sur un siège des résultats ce que ne prévoyait pas l'étape précédente.

Au cours de cet exercice, nous avons pu observer que la langue pouvait créer des difficultés. Nous confirmons les résultats lors du test de l'outil mousse- nappe et les demandes des concepteurs du groupe. Nous avons augmenté la liste des mots à exprimer dans les deux langues.

Nous avons observé que le transfert nécessite une explication non donnée par l'outil et qui manque pour que celui-ci s'effectue sans aide de notre part. Le lecture sur un siège se passe correctement grâce aux explications lors de la présentation, nous avons pu recueillir des remarques sur l'aspect peu aisé s'il n'y a pas de formation au préalable. Nous avons pu nous apercevoir que l'exploitation de l'ellipse est facilitée par son nom cut- off 95 ou 99. Les concepteurs sont habitués à travailler avec le mannequin 95<sup>ème</sup>, ce nom leur permet de réutiliser les habitudes, leurs anciennes pratiques mais d'une manière différente.

Ceci favorise l'appropriation de cette nouvelle activité, grâce à l'exploitation des schèmes acquis précédemment.

### **D) Questionnaire semi - directif et entretien individuel semi-directif**

Nous allons présenter les résultats du questionnaire (Annexe 5 page 10) en suivant l'ordre chronologique de celui-ci.

La première partie du questionnaire porte sur le jugement de la présentation de l'outil. Cette présentation est appréciée pour son caractère synthétique et pour sa clarté, elle apparaît comme essentielle pour les 8 testeurs. Sur les 8 concepteurs, 3 ont déjà travaillé avec le système d'ellipse et 1 connaît ce système sans avoir travaillé avec.

La partie suivante du questionnaire porte sur l'exploration non orientée. Les questions sont identiques à celles utilisées lors du test de l'outil mousse- nappe. 100% des testeurs ont apprécié la facilité d'utilisation de l'outil (« Il est accessible par tous. », « Les actions sont bien indiquées par les couleurs .», « Il est assez pédagogique. », ...).

5 concepteurs ont jugé l'outil comme leur permettant de réaliser correctement leur tâche. Un utilisateur préfère s'approprier l'outil avant de répondre et les deux ne souhaitent pas répondre n'ayant pas à concevoir d'appui-tête.

6 concepteurs jugent le vocabulaire adapté contre 2 qui le trouvent encore un peu trop technique. « C'est le juste nécessaire pour faire ce que tu veux et comprendre ce que tu as fait. », « Les informations sont claires et homogènes .», « Quelques termes assez soutenus, vocabulaire assez scientifique. ». Le mode de saisie est apprécié par 100% des testeurs : « On voit toutes les incréments réalisés . ».

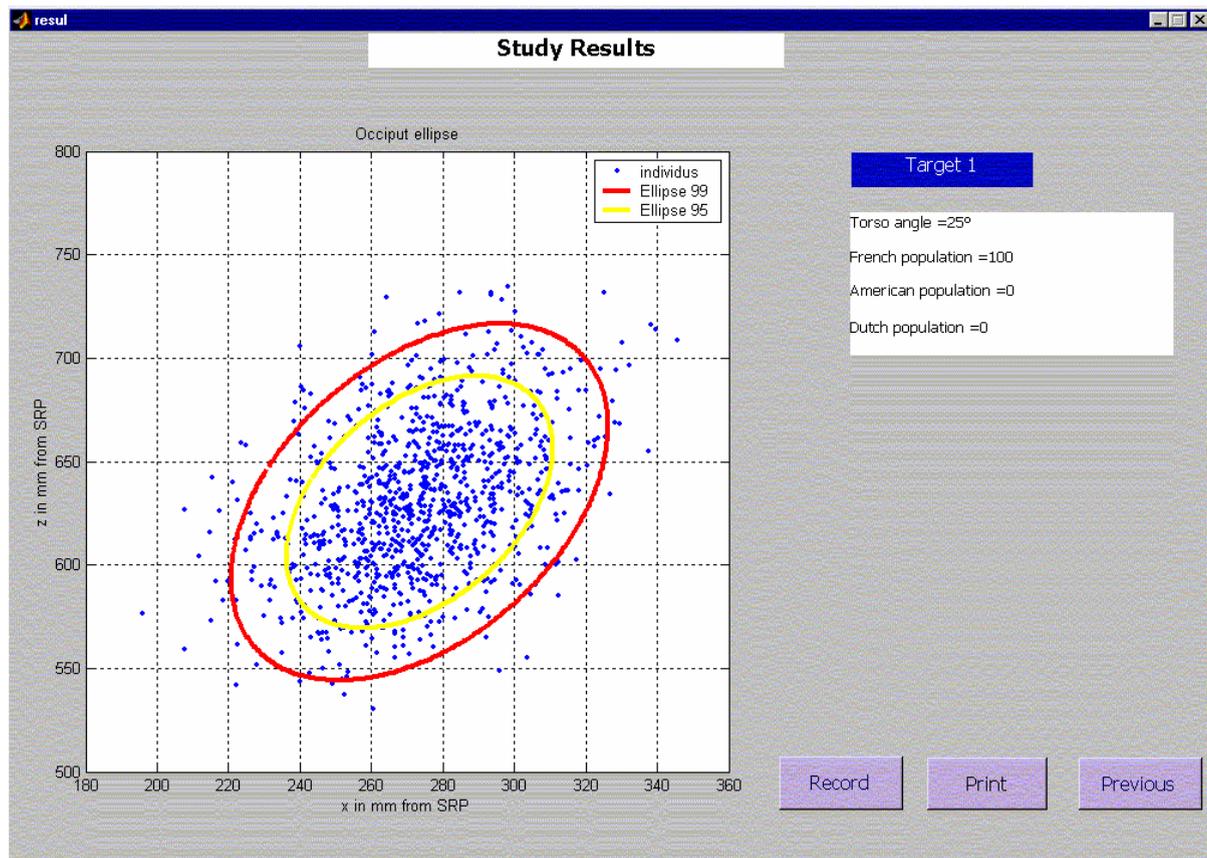


Figure 52 : Page de résultat de l'outil d'aide à l'emplacement des occiputs.

La gestion des erreurs et le retour d'information sont des points importants. 3 concepteurs suggèrent une amélioration au niveau du retour d'information. En effet, la page de résultats représentant l'ellipse

ne rappelle pas la distribution Homme/ Femme (cf. figure 52). Nous allons prendre en compte cette requête.

La question de la traçabilité des choix gêne ces testeurs qui souhaitent voir apparaître la distribution qu'ils ont choisie. Cette modification sera réalisée sur la version suivante de cet outil. La gestion des erreurs est jugée correcte par tous les testeurs.

L'outil est évalué facile à apprendre : « Intuitif, on peut même l'expliquer à quelqu'un qui travaille directement dessus. ».

L'outil ne semble pas rajouter de contraintes particulières aux testeurs qui ont l'habitude de concevoir des appuis- tête : Concepteur 4 : « non, l'outil ne me rajoute pas de contrainte, actuellement on est dans l'inconnu au moins là je peux argumenter auprès du client. »

La dernière partie du questionnaire porte sur l'exploitation orientée. L'exercice apparaît comme réaliste et adapté à leur activité. 3 concepteurs estiment avoir rencontré des difficultés : l'un sur la compréhension de la résolution mathématique et les deux autres sur le lecture et l'exploitation des résultats. L'exportation n'est pas automatisée, à savoir il faut que l'utilisateur décide où enregistrer le fichier. L'arborescence n'étant pas la plus simple, 2 utilisateurs ont trouvé la maniabilité de l'outil un peu compliquée.

Enfin, l'ensemble des testeurs estime avoir toutes les informations nécessaires à une bonne utilisation de l'outil. 4 concepteurs estiment néanmoins avoir besoin de temps pour se l'approprier. L'un des testeurs suggère un exercice complémentaire : un appui-tête mal placé qu'il faut repositionner grâce à l'outil.

Le questionnaire permet de dégager les points positifs de l'outil et la principale modification à réaliser pour les testeurs au niveau du retour et de la traçabilité des choix.

Cependant, nos observations ont complété ce questionnaire et entraîné d'autres modifications que nous exposerons dans le paragraphe suivant.

## **E) Conclusion des tests de l'outil occiput**

Cette première version est améliorée à partir des remarques reçues lors de ce test. De plus, nos observations et les enregistrements audio nous ont permis de compléter cette analyse. Ainsi, nous avons pu nous apercevoir que la possibilité d'accéder au code pour modifier les hypothèses de résolution (comme la moyenne et l'écart- type de hauteur de buste) n'est jamais utilisée.

En effet, 4 concepteurs ont vu cette possibilité et n'ont pas jugé bon de la tester: " Je ne veux pas modifier les hypothèses, c'est Jean-Marc qui les a choisies.", " Les données il n'y a que vous qui savez comment les modifier.", "Si je les modifie et que je mets une valeur fausse, je ne peux pas le savoir alors il ne faut mieux pas les modifier." Les 4 autres testeurs ne l'ont ni testée ni commentée. Cette option est donc supprimée dans la version définitive de l'outil. Seules nos observations nous ont permis de noter ce point qui n'a jamais été mentionné dans le questionnaire semi-directif.

Nous avons pu observer que l'option « modification des hypothèses » dans la page de visualisation de la résolution mathématique n'a jamais été testée. Nous avons même pu entendre comme remarque : « Non, ça j'y vais pas, je vais mettre n'importe quoi » testeur 4, « Je fais confiance, je n'ai rien à changer » testeur 8. Cette option doit être éliminée car elle n'apporte aucun intérêt et dévalue même un peu l'outil (celui qui a fait les calculs doit être plus compétent que l'utilisateur et ne doit pas lui permettre de refaire son travail, au même titre que le concepteur ne laisserait pas un chimiste refaire sa pièce sur CAO).

Nous allons présenter les conclusions des tests pour le deuxième outil.

#### 4.4.4.4 Résultats des tests de l'outil de positionnement des coudes

Le test suit le même protocole que pour l'outil occiput. Ceci nous permet de comparer les réponses du questionnaire et les appréciations des performances de l'outil. Les concepteurs découvrent la version proposée par l'entreprise Phimeca. Ce mode opératoire nous permet d'analyser les intérêts et désavantages de sous-traiter la conception des outils de transfert de données. Nous présentons directement les résultats du questionnaire semi-directif.

#### **A) Questionnaire semi - directif**

Le questionnaire suit le même déroulement que celui permettant de tester l'outil de transfert de l'emplacement des occiputs, à savoir : une première partie sur la présentation de l'outil, une seconde qui concerne l'exploration non guidée et enfin une troisième sur l'exploration guidée., (cf. annexe page 10).

La présentation de l'outil apparaît claire à l'ensemble des concepteurs. Néanmoins, 3 concepteurs ont souligné l'aspect plus compliqué de l'outil et par conséquent de sa présentation. « Je m'y retrouve par rapport à l'outil appui-tête mais c'est plus technique. », « ça peut paraître compliqué , en fait ça paraît plus dur à se représenter mais après l'utilisation, c'est bon. ». Il faut donc peut-être envisager de la rendre plus pédagogique.

La partie qui suit traite de l'exploration non orientée. 6 concepteurs jugent l'outil facile d'utilisation, 2 testeurs estiment que le vocabulaire en anglais peut amener des confusions (notamment le mot « Dutch »). Seulement 5 testeurs sont amenés à concevoir des accoudoirs, ils jugent l'outil adapté aux besoins (" Tu peux créer un argumentaire.", " Il (l'outil) laisse une bonne marge de liberté."). Néanmoins, 2 de ces 5 concepteurs souhaiteraient pouvoir rajouter des paramètres sur l'accoudoir comme la longueur de ce dernier.

Bien que les informations soient jugées par tous les testeurs claires et homogènes, au cours de nos observations nous nous sommes aperçus que 6 concepteurs avaient des difficultés à relier les données du tableau avec celles des graphiques. Cette gêne leur fait perdre des informations. Les concepteurs se servent des données grâce à leurs souvenirs des tests sur l'outil de positionnement des occiputs. Ce point est donc à améliorer.

Le mode de saisie est lui par contre moins bien jugé. En effet, 4 testeurs estiment avoir rencontré des difficultés pour rentrer les valeurs des paramètres hauteur et largeur. 1 concepteur regrette qu'il n'y ait pas de rafraîchissement d'écran ou un système d'affichage pour prévenir que les calculs sont en cours de réalisation et un autre suggère l'utilisation d'un multi-fenêtrage pour pouvoir afficher plusieurs résultats en même temps. Les 2 autres concepteurs estiment que le mode de saisie est intuitif.

La gestion des erreurs apparaît comme suffisamment guidée et la traçabilité des choix est notée correctement par l'ensemble des testeurs.

La facilité d'apprentissage est appréciée par l'ensemble du panel ("C'est assez didactique"). L'outil ne semble pas rajouter de contraintes (surtout pour les 5 concepteurs ayant cet organe à concevoir). "Non, la seule contrainte est celle d'avoir un PC disponible au moment de l'utiliser", " Oui il rajoute la contrainte de bien faire, il m'oblige à être moins flou !". Ces deux remarques nous apparaissent importantes. La première montre la limite de notre démarche et des outils de transfert : l'organisation matérielle de l'entreprise et la valorisation des outils de transfert. La deuxième est pour nous une preuve du succès de notre projet et en particulier de l'outil. En effet, cet utilisateur se rend bien compte que certaines excuses, marges de liberté vis à vis de l'accoudoir diminuent avec l'existence de l'outil. Il se rend compte que l'outil formalise une mode opératoire qui peut aller à l'encontre de ses intérêts néanmoins il juge cela positivement. Sans motivation, sans implication, ce testeur n'aurait probablement pas accepté aussi favorablement cet outil. La conception conjointe permet aux utilisateurs de modifier leur point de vue. Il est prêt à accepter certaines contraintes à partir du moment où elles sont bénéfiques, l'outil rajoute la contrainte de "bien faire".

La dernière partie traite de l'exploration guidée par l'exercice<sup>44</sup>. 6 concepteurs ont jugé le transfert un peu compliqué. Le format du fichier transféré demande des manipulations un peu lourdes à réaliser pour pouvoir être lu sous CAO.

Nous allons synthétiser les résultats obtenus pour l'outil de positionnement des coudes.

## **B) Conclusion des tests de l'outil d'aide au positionnement des coudes**

Les tests ont permis de mettre en avant certaines modifications de l'interface, de la saisie qui sont réalisées par Phimeca dans la version définitive. Le point le plus négatif est le manque de correspondance visible entre les différentes données de la page de résultat. Ce point est dommageable dans la mesure où un utilisateur qui ne se souvient pas de la formation, peut rencontrer des difficultés à exploiter correctement l'outil. Cette question est soulevée avec le sous-traitant et nous avons convenu de replacer les bornes du domaine de solutions visibles dans le tableau sur l'ellipse de solution et sur la courbe de distribution. Cette modification a été testée avec le panel et est très positivement reçue. Ceci soulève l'importance des observations lors des tests et de leur complémentarité avec le questionnaire.

Nous avons cependant noté qu'aucun concepteur n'a testé ou fait appel au guide d'utilisation. Ceci est à observer par la suite car cela peut être préjudiciable. Nous avons observé lors des tests de l'outil mousse –nappe que cette absence de recours au guide nuisait à la bonne utilisation de l'outil.

---

<sup>44</sup> L'exercice consiste en la réalisation d'une étude pour une population 100% française (50 femmes et 50 hommes) pour déterminer l'emplacement en hauteur puis en largeur pour les valeurs par défaut. Il faut ensuite transférer les données sur le poste CAO.

#### 4.4.5 Conclusion et validation de notre deuxième hypothèse

Trois phases constituent ce protocole : la réalisation technique du cahier des charges, le développement de l'outil et les tests de cet outil. Ce deuxième protocole est la matérialisation de l'objectif principal du groupe de travail. Durant ce protocole le groupe de travail déploie ses compétences sur la conception d'un produit nouveau pour chacun des membres : un outil logiciel d'aide au transfert de données. La notion de verbalisation et d'explicitation est un des principes de notre protocole. Nous avons bien sûr conscience que la verbalisation n'est que la partie visible, une représentation restreinte de la réalité. Il y a une difficulté à décrire les connaissances mises en jeu dans la réalisation d'une activité. Néanmoins, la verbalisation permet de faire comprendre à l'autre ce dont on a conscience ( ou ce qui arrange). Aussi, l'explicitation orale du raisonnement lors des tests ou la description de son activité sont pour nous des sources d'informations indispensables.

Nous pouvons à travers ces différentes actions vérifier que la conception conjointe d'outils de transfert permet d'instrumenter l'exploitation interdisciplinaire des données à transférer. Le groupe a conçu deux outils de transfert de données. Le degré de coopération varie suivant les étapes mais il s'agit bien d'une conception conjointe au sens où il y a décision commune, apprentissage réciproque et implication des deux parties concernées par le transfert de données. L'exploitation interdisciplinaire, telle que l'entend Larivière, est possible de part la mise en commun des besoins, des connaissances de chaque membre du groupe. [LARIV 98]

Bien que le but de l'outil est de transférer des données de façon privilégiée de l'ergonome vers le concepteur, l'outil peut être utilisé par l'ergonome pour mieux comprendre certains facteurs, comme contrôler au cours d'un projet des choix de conception des deux organes que sont l'appui-tête et l'accoudoir embarqué sur le siège.

Ces deux outils d'aide au positionnement de deux éléments du siège participent à améliorer la prise en compte des données de l'équipe confort et par conséquent à l'insertion de l'ergonomie dans le processus de conception. L'optimisation de ce dernier dépend évidemment de la diffusion des outils, mais leurs utilisations permettent de diminuer le temps de réponse et d'améliorer les choix de conception.

## 4.5 Conclusion des expérimentations

Nous avons vu au cours de ce chapitre l'application de notre protocole expérimental. Nous avons montré tout d'abord comment nous avons mis en place un groupe constitué d'ergonomes et de concepteurs mécaniciens représentatifs de la variabilité d'expertises de l'activité siège de FAURECIA. Ce groupe avait pour objectifs la conception d'outils de transfert de données sur des sujets relevant de l'ergonomie. Pour ce faire, il fallait déterminer les sujets les plus pertinents à outiller. Notre première hypothèse postule que la mise en place d'un travail collaboratif entre acteurs permet de déterminer les sujets à outiller et les données à transférer.

Grâce à la mise en place de questionnaires et de réunions en groupe, nous avons pu identifier les difficultés rencontrées et les sujets adaptés à notre démarche, c'est à dire la prédiction du positionnement des têtes et des coudes des usagers des sièges d'automobiles. La collaboration entre les membres du groupe s'est petit à petit installée. Elle a pu s'établir grâce à la liberté d'expression laissée lors de ces réunions et grâce à l'établissement d'un objectif clair. Le rôle de médiateur, qui était le nôtre, a permis de gérer les frictions et négociations.

Nous avons montré en quoi ce travail collaboratif a permis aux membres du groupe d'acquérir des concepts de l'autre discipline présente. Le travail de chaque participant nous a permis de sélectionner les deux sujets pour lesquels le groupe avait en charge le développement d'outils logiciels. Au cours du recueil des besoins, nous avons identifié un sujet pour lequel un outil existait déjà mais n'était pas diffusé. Le groupe a décidé de tester cet outil. Cette étape non prévue initialement nous a permis d'accélérer le phénomène de coopération entre les acteurs. Nous avons pu également constituer une liste d'erreurs à ne pas commettre en terme d'interface.

Compte tenu de nos résultats, nous concluons que la mise en place d'un travail coopératif dans le cadre de la conception d'outils de transfert permet de définir les besoins des utilisateurs ainsi que les paramètres d'entrée et de sortie. Ce travail permet également de pallier l'impossibilité de mettre en place des analyses d'activité.

Le cahier des charges des outils a été réalisé dans le but de définir conjointement la forme des pages, la navigation, le type d'informations présentées etc. . A la suite de quoi, nous avons pris en charge le développement de l'outil de positionnement des têtes et sous-traiter l'outil de positionnement des coudes. La matérialisation de ces outils autorise la mise en place de tests utilisateurs avec les concepteurs du groupe de travail. Ces tests permettent aux différents acteurs de cerner les méthodes de travail de chacun des deux métiers. Les résultats obtenus et nos observations ont permis de noter des modifications à effectuer sur les outils. De plus, ils ont permis de diffuser de nouvelles pratiques

avec la prédiction de points anthropométriques et la représentation par ellipses. Les outils ne sont pas encore à proprement parler diffusés. Néanmoins, les concepteurs participant au projet ont propagé par voie orale l'existence de ces outils et nous avons vu d'autres concepteurs des différents bureaux d'étude nous demander d'utiliser les outils.

Nous vérifions bien que ces outils permettent l'exploitation interdisciplinaire, entre concepteurs et ergonomes, des données à transférer.

Notre deuxième hypothèse est de fait validée sur ce point. Nous affirmons que l'utilisation de ces outils permet d'optimiser le processus de conception. En effet, ils fiabilisent les choix et permettent une traçabilité des décisions. Nous ne pouvons donner des preuves sur cette affirmation car il faudrait réaliser un siège avec l'outil et faire développer par la même équipe un siège sans l'outil. Ceci n'est pas réalisable. Mais de par, l'appropriation rapide des utilisateurs et de l'organisation pousse à corroborer complètement notre deuxième hypothèse.

Nous avons réalisé un questionnaire<sup>45</sup> anonyme envoyé à chaque concepteur ayant pour objectif d'évaluer le projet réalisé. Nous avons obtenu les réponses de l'ensemble du panel. Elles sont les suivantes :

1/ Sur les 8 concepteurs, 6 retiennent du projet la conception des outils et en particulier la recherche de l'adaptabilité de ces outils. 1 concepteur retient du projet l'envie d'apporter de la "convivialité à l'utilisation des différentes préconisations". Enfin, 1 concepteur juge que le projet est basé sur "la consultation, l'écoute des différents acteurs et la synthèse et analyse des témoignages obtenus."

2/ La vision de l'activité de l'équipe confort a changé pour 7 concepteurs : " La convivialité devrait permettre une utilisation plus répandue et plus juste des informations.", "oui tout ce travail m'a permis de mieux comprendre le rôle de l'équipe confort et a fortement modifié ma vision de ce service." 1 concepteur estime que le projet n'a pas changé son point de vue initial de l'équipe qui a selon lui pour objectif " la vulgarisation au travers d'outils de son savoir-faire".

3/ L'ensemble des concepteurs souhaite voir la démarche continuer : " Cette démarche permet de diffuser notre savoir-faire." Concepteur 5, "cette démarche nous permettra un gain de temps dans nos études et nous assure une conception moins "pifométrique" " Concepteur 3.

4/ L'ensemble des concepteurs interviewés pense que cette démarche doit s'élargir à d'autres sujets : « Oui surtout le transfert des résultats sous CAO » Concepteur 2, « oui par exemple sur des sujets de siège arrière » Concepteur 3.

5/ L'ensemble des testeurs souhaite voir s'améliorer le transfert des outils.

Ce bilan est en faveur de notre projet. Il prouve le succès de notre démarche et surtout l'amélioration possible de la prise en compte des informations de l'équipe confort. Le changement de point de vue

---

<sup>45</sup> Le questionnaire est présenté dans l'annexe n°6.

des participants sur l'activité de l'équipe conception démontre la progression effectuée entre le début et la fin de nos travaux de recherche. Compte tenu de ces jugements positifs, nous nous proposons d'exposer les apports de nos travaux.

## 4.6 Apports de nos travaux de recherche

Nous exposerons tout d'abord les apports en terme de recherche, puis nous présenterons les apports industriels et enfin ceux plus personnels.

### 4.6.1 Apports de recherche

Du point de vue de la recherche, nous avons mis en place une démarche qui permet d'instaurer une collaboration entre deux disciplines. Nous avons choisi plus précisément de nous intéresser à deux catégories d'acteurs que sont les ergonomes et les concepteurs. Nous pensons que cette démarche peut s'appliquer à d'autres catégories d'acteurs comme les marqueteurs, les innovateurs etc. De plus, nous avons fourni une approche pour la conception conjointe d'outils de transfert de données. Bien que, nous tenons à souligner l'importance de l'ergonomie dans la conception d'outil de transfert, nous pensons que cette démarche peut s'appliquer à d'autres données, telles que celles de l'éco - conception.

La démarche mise en place, s'appuie sur deux grandes étapes :

- la mise en place de la coopération dans le but de recueillir les besoins et de définir les données à transférer et la manière dont elles doivent l'être,
- la conception d'outils logiciels afin de transmettre les données.

Cette démarche permet de répondre à plusieurs objectifs. Tout d'abord, elle permet de changer les pratiques des acteurs. Nous avons choisi un mode de collaboration qui place les acteurs dans une unité de lieu et temporelle. Nous avons fait ce choix pour casser les rôles instaurés dans le quotidien de l'entreprise. Nous pensons que ce mode permet de changer les points de vue des acteurs qui doivent écouter, coopérer et négocier directement avec l'autre sans passer par un intermédiaire informatique tel qu'intranet ou que la visio-conférence. Nous pensons que compte tenu de l'objectif d'instrumenter le transfert de données, ce mode de collaboration est le plus adapté. Néanmoins, il faudrait tester les autres modes de coopération, tel que David les définit<sup>46</sup> en 1996, afin de pouvoir comparer les avantages et les inconvénients de chacune dans l'instrumentation du transfert de données.

---

<sup>46</sup> cf. op. cit. p 60.

Ensuite, cette démarche permet un gain de temps. En effet, elle permet d'éviter de mettre en place des analyses d'activités, bien que pertinentes, parfois mal jugées par les organisations. Les analyses d'activités sont souvent qualifiées de coûteuses et d'improductives. La place de plus en plus importante de la simulation le démontre dans la conception de produit. Cette démarche ne remplace en aucun cas ces analyses, mais elle permet de pallier un minimum à leur absence dans des projets industriels de management ou d'organisation de flux d'informations.

Enfin, cette démarche permet la conception d'outils logiciels adaptés aux utilisateurs, pertinents pour la valorisation d'un métier, pour l'amélioration du transfert de données et de la traçabilité. Nous avons développé une méthode de conception centrée sur l'usage du produit. Ainsi, les concepteurs ont pu cerner l'importance de cette notion dans la conception d'un produit car ils étaient directement concernés en tant qu'utilisateur. Ils peuvent transposer la démarche au produit qu'ils conçoivent, dans notre cas le siège automobile, et laisser une place plus importante à la démarche des ergonomes dans le processus décisionnel.

Nous pensons qu'une des limites de la mise en place d'un travail collaboratif et de conception d'outils de transfert de données se situe au niveau du nombre d'acteurs intéressés par le dit transfert et du nombre de participants dans le groupe de travail. Nous avons déjà évoqué ces points paragraphe 4.3.1.1. Nous avons choisi de nous restreindre à dix collaborateurs dans le groupe de travail. Ce chiffre nous permet de révéler la diversité des expertises de chaque métier.

De notre point de vue, il n'est pas favorable de multiplier les métiers engagés dans le processus de collaboration pour des raisons d'efficacité. En effet, nous pensons que l'intérêt de représenter la diversité d'expertise de deux métiers est plus important que celui de faire proliférer le nombre de métiers représentés. Dans nos travaux de recherche le nombre de métier représenté est deux, il nous paraît optimal. Cependant, des expérimentations doivent être menées afin de déterminer le nombre maximal et le nombre optimal de métiers à retenir dans une démarche collaborative.

Néanmoins, nous considérons que la conception d'outils de transfert de données des ergonomes vers d'autres acteurs est une démarche applicable dans d'autres organisations industrielles afin de pérenniser l'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception de produit. Nous croyons que la mise en place d'un système de groupe de travail en vue de développer la collaboration entre deux métiers est valorisante pour les acteurs et de fait un facteur de motivation supplémentaire.

De plus, nous avons de bonnes raisons de supposer que l'utilisation du recueil des besoins, de la création d'un espace de communication entre acteurs peut être une source de réussites dans les projets de gestion des connaissances et de compétences. En effet, ces projets peuvent être bloqués par l'absence de motivation des acteurs. Les individus dans le contexte industriel actuel n'ont pas toujours intérêt à dévoiler leurs savoirs, afin de rester des "experts" indispensables. En fondant la démarche de gestion des connaissances sur les attentes des individus et en leur prouvant que le projet a pour but de les valoriser, les acteurs sont amenés à considérer autrement le projet. Ils peuvent projeter leurs intérêts et participer activement à la formalisation de leurs connaissances. Le

recueil des besoins des futurs utilisateurs permet de mieux adapter l'outil (une banque de données par exemple) et par voie de conséquence d'encourager son utilisation. Il ne s'agit alors pas d'un outil informatique supplémentaire, d'une contrainte organisationnelle mais bien d'une aide au quotidien. Comme nous l'avons précisé précédemment, la multiplication des métiers concernés par un projet de gestion des connaissances noie les possibilités d'adaptabilité de celui-ci aux utilisateurs.

Nous pensons également que l'utilisation des méthodes probabilistes pour la prédiction de positionnement anthropométrique et comportemental des utilisateurs est une source mal exploitée par l'ergonomie. Ces méthodes permettent de représenter la diversité des individus et non une présupposée uniformité tel que veulent le faire croire certains mannequins. Il faut continuer à développer ces méthodes et à les corrélérer aux expérimentations, seules représentations réalistes de l'activité. L'ergonomie ne peut qu'être valorisée par l'utilisation de ces méthodes.

Nous avons développé deux outils de transfert de données. Actuellement, la thématique de base de données de connaissances est de plus en plus importante. Nos travaux montrent qu'il est possible de répondre par des outils logiciels spécifiques répondant à des questions précises. Nous ne croyons pas aux bases de règles adaptées à tous. Nous pensons que la contextualisation des réponses fournies permet de mettre en place un système plus adapté et facilement utilisable. En fournissant des réponses d'envergure moins importante, nous redonnons sa place à l'individu dans les organisations. Nos travaux prouvent l'efficacité de ce point de vue. Les outils conçus ne répondent pas aux besoins de tous les acteurs, mais de fait ils ont permis d'instaurer des relations d'échanges, de coopération et de confiance entre les ergonomes et les concepteurs mécaniciens de notre groupe de travail. Ces changements et ce mode de travail se propagent aux autres acteurs, par ouïe dire par exemple. Nous avons de bonnes raisons de croire qu'en faisant participer les individus dans les projets de management et d'organisation, nous leur redonnons une place valorisante.

Nos travaux ouvrent de nouvelles perspectives pour l'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception, pour le transfert de données et la conception d'outils et pour le travail collaboratif.

Une thèse cife est un partenariat entre un laboratoire, une entreprise et un doctorant. Les apports de nos travaux de thèse ont également abouti à des réponses pragmatiques pour l'entreprise que nous allons développer.

#### 4.6.2 Nos apports industriels

Nos travaux de recherche ont permis de doter l'équipe confort de deux outils de transfert de données sur le positionnement des têtes et sur le positionnement des coudes des usagers de siège d'automobile. Ces outils sont utilisables par les concepteurs et répondent à leurs besoins. L'existence

de ces outils est un point important pour l'équipe car ils permettent de promouvoir le travail effectué. En effet, des outils logiciels sont un bon moyen de communication auprès de l'organisation et véhiculent une image dynamique de l'équipe confort. Les concepteurs du groupe de travail ont diffusé l'existence de ces outils, et nous avons reçu des demandes spontanées pour les utiliser sur de nouveaux projets des bureaux d'études.

Les demandes des concepteurs participant au groupe de travail ont évolué. Les demandes viennent plus tôt dans le processus décisionnel. Les concepteurs demandent aux ergonomes de l'équipe d'évaluer des maquettes afin de leur fournir des évaluations pouvant être utilisées comme argumentations auprès de nos clients constructeurs.

De plus, la démarche mise en place peut être réutilisée pour concevoir d'autres outils de transfert. En effet, le groupe étant constitué, la collaboration est initiée entre les acteurs. Elle permettra de développer la conception de d'autres outils rapidement.

Ces outils répondent à la problématique industrielle. Ils soulèvent de surcroît la question de l'instrumentation de l'activité des ergonomes de l'équipe. En effet, ces deux outils mériteraient quelques modifications pour permettre de nouvelles analyses aux membres de l'équipe. Mais en réalisant ces modifications, les outils ne seraient plus tout à fait adaptés à l'activité des utilisateurs ciblés : les concepteurs. Aussi, les ergonomes de l'équipe confort doivent développer leurs propres outils pour répondre aux mieux aux demandes. C'est une nouvelle piste à explorer pour l'insertion pérenne de l'ergonomie dans le processus de conception.

La démarche mise en place à sensibiliser les différents membres de l'équipe à l'importance de fournir des données sous CAO, pour permettre l'utilisation rapide de leurs informations par les concepteurs. Il n'a jamais été question que les concepteurs deviennent ergonomes et vice versa. Cependant, la compréhension des méthodes de l'autre permet une collaboration entre les acteurs et par conséquent une optimisation du processus de conception du produit siège d'automobile. La montée en expertise des acteurs est une conclusion prometteuse pour l'organisation.

L'équipe confort s'est lancée dans la création sous la CAO de l'ensemble des zones définies par les recommandations (longueur de dossier en fonction de la gamme du véhicule ciblé par exemple). Ce travail fastidieux ne peut se faire sans l'aide des concepteurs du bureau d'étude R&D. Une base de donnée est en cours de construction et sera à terme accessible par tous les concepteurs des bureaux d'études.

Nous avons parallèlement initié une nouvelle présentation des quatorze recommandations du cahier de l'équipe confort. Pour se faire, nous avons pris en compte les demandes des concepteurs recueillis lors de l'analyse (cf. paragraphe 1.4.2). Nous avons principalement reformulé les recommandations de manière à mettre en avant les données et la diversité des solutions à prendre en compte par les concepteurs. Nous présentons un exemple de restructuration des recommandations dans les annexes.

De plus, nous avons notifié une nouvelle structure pour rendre plus simple la recherche d'information dans le cahier. Les recommandations ne doivent pas occuper plus de deux pages écrites. De plus chaque page doit se présenter de la même manière : objectif de la recommandation, valeur de la recommandation et/ ou valeurs de l'analyse du marché, valeur de la recommandation en fonction de la gamme du pays cible suivie de la valeur en fonction des gammes du véhicule cible et enfin un rappel sur comment est calculée cette valeur.

Les recommandations sont à ce jour écrites en anglais pour une diffusion plus large au sein du groupe. Si une expression peu habituelle est utilisée dans la recommandation, une traduction en français est fournie.

Nous avons donné ces nouvelles recommandations aux concepteurs du groupe, pour obtenir leurs analyses. Les huit concepteurs ont apprécié la clarté des données fournies et le positionnement par rapport au marché. Cinq concepteurs ont souligné que la langue utilisée peut être un handicap pour certaines personnes. A ce jour, cette nouvelle présentation est adoptée par l'équipe confort.

De plus, les autres membres de l'équipe confort se sont lancés dans l'écriture de nouvelles recommandations face aux demandes des concepteurs.

Grâce aux compétences de Judic, nous avons pu participer au développement et à la promotion de statistique probabiliste de Monte Carlo. Ce point est important car il permet d'intégrer dans le savoir-faire de l'entreprise de nouvelles méthodes (déjà déployées sur d'autres secteurs comme la qualité et fiabilité) et d'asseoir la position de leader innovant pour FAURECIA.

D'autres sujets ont été soulevés par les concepteurs. Ainsi, face aux questions sur l'ergonomie des commandes de réglages de siège, le projet de DEA de Simon a été mis en place. Ce projet a permis de soulever les différentes pistes de solutions et de mettre en place des séances de sensibilisation et de formation pour les concepteurs mécaniciens auxquelles nous avons participé. [SIMON 02] Nous avons pu alors observer qu'à la suite de ces séances les demandes des concepteurs ont afflué très vite. L'équipe confort n'était pas forcément préparée à une telle affluence de demandes. Et un nouveau projet de DEA, de Lebois a permis de fournir des réponses pragmatiques aux efforts de manœuvre souhaitables pour différentes commandes. [LEBOIS 03]

Nous pensons que les séances de sensibilisation et de formation ont peut-être été réalisées un peu tôt compte tenu du niveau de connaissances que l'équipe confort avait eu le temps d'acquérir.

Il faut prendre ce paramètre en compte par la suite. Il ne faut pas devancer les demandes mais changer les points de vue des concepteurs compte tenu des réponses réellement possible à mettre en œuvre dans le temps demandé.

Nos travaux de recherche ont permis de modifier les pratiques de l'équipe confort. En adoptant un point de vue un peu extérieur de par le statut de nos travaux de recherche cifre, nous avons permis d'apporter une critique constructive et des solutions concrètes sur le mode de diffusion des données

de l'équipe confort. Les outils conçus ont permis d'instrumenter le transfert de données et le travail collaboratif a aidé aux choix du contenu et de la forme des informations transmises aux concepteurs. Nous avons répondu aux attentes industrielles et nous avons construit une démarche reproductible dans le temps.

Avec notre souci d'ergonomie d'adapter l'objet à l'activité des utilisateurs, nous avons démontré aux concepteurs l'intérêt de prendre en compte les recommandations de l'équipe confort. Ceci a permis de les faire adhérer à notre projet et de recueillir la verbalisation de leur savoir-faire et compétences nécessaires pour apporter leurs points de vue au sein des recommandations. La participation des concepteurs au projet a non seulement permis de rendre utilisable les outils, d'intégrer les utilisateurs dans la conception des recommandations mais également d'initier une modification de leur point de vue sur l'équipe confort et sur leur participation au développement du produit siège.

Ces travaux ont été une source d'enrichissements personnels également.

#### 4.4.3 Apports personnels

Nos travaux de thèse cife nous ont permis d'acquérir, de développer et de consolider de nouvelles compétences sur le terrain industriel. Nous avons investigué des champs que nous méconnaissions tels que la gestion des connaissances, le travail collaboratif et le développement d'outils logiciels.

Nous avons, en approfondissant ces thématiques, découvert d'autres pratiques en conception de produits. La rencontre avec d'autres praticiens de différentes disciplines nous a permis de confronter nos points de vue et de nous enrichir personnellement.

En jouant le rôle de médiateur d'un groupe de travail pluridisciplinaire constitué de 10 personnes, nous avons développé des compétences dans le domaine du management.

En développant des outils logiciels et grâce à la formation que FAURECIA m'a attribuée, j'ai pu acquérir des connaissances en programmation d'interfaces en langage Matlab. De plus, la coordination du projet de conception de l'outil de positionnement des coudes avec l'entreprise sous –traitante Phimeca m'a permis d'enrichir mes compétences dans le domaine de la gestion de projet.

Enfin, la réalisation des tests utilisateurs sur les outils logiciels et lors de projets sur le produit siège m'a permis de consolider mon savoir-faire en ergonomie de produit.

Les enrichissements acquis au cours de ces trois années sont nombreux, et je crois n'avoir pas assez de recul au moment de la rédaction de ce document pour tous les cerner et les exprimer à ce jour.

Certains points de la démarche et des outils doivent faire l'objet de travaux supplémentaires que nous allons développer.

## 5. Perspectives

Nous allons exposer dans ce chapitre les chemins qui restent à parcourir.

Pour ce faire, nous exposerons tout d'abord les perspectives en ce qui concerne les outils et leurs diffusions. Nous présenterons ensuite les points à envisager pour la pérennité de la démarche.

### 5.1 Les outils : une piste à consolidée

Les deux outils logiciels développés sont basés sur des modèles statistiques de positionnement des occiputs pour l'un et des coudes pour l'autre. Ces modèles sont fondés sur des hypothèses de résolution, hypothèses comportementales notamment. Il est important de **vérifier ces hypothèses à l'aide d'expérimentations**.

Ces expérimentations doivent nous permettre de consolider l'exactitude des modèles sur lesquels reposent nos deux outils. En effet, pour le modèle de positionnement des occiputs par exemple, l'hypothèse que la tête reste verticale conditionne les résultats obtenus. Il est possible qu'une certaine tolérance autour du port de tête doive être prise en compte. Bien que la nécessité de visionner la route soit un facteur qui conditionne fortement les résultats, nous devons vérifier sa contribution. Il est indispensable de connaître la tolérance autour du point de rotation choisi par Judic dans son modèle de résolution mathématique. Il faut pouvoir apporter les preuves et les arguments des avantages de ces nouvelles pratiques. En consolidant les modèles utilisés, l'équipe confort pourra proposer l'utilisation des méthodes statistiques probabilistes de Monte Carlo à ses clients constructeurs.

De même, il faut vérifier les choix réalisés dans le modèle pour le positionnement des coudes.

Ces expérimentations sont en cours au sein de l'équipe Confort. Un programme de tests utilisateurs pour vérifier les modèles utilisés est mis en place. Les expérimentations doivent permettre à l'équipe de visualiser l'usage réel des organes considérés comme l'appui-tête et l'accoudoir et de mesurer quantifier les paramètres influençant le comportement des usagers.

Les outils développés dans le cadre de nos travaux ne sont pas encore à ce jour diffusés à l'ensemble des concepteurs mécaniciens. En effet, il a été décidé de réaliser les expérimentations dans un premier temps afin de transmettre les outils validés. De plus, les modes de diffusion ne sont pas encore déterminés. Les outils développés sous le langage Matlab® ne peuvent être diffusés comme tels. Il faut que le poste client dispose de ce langage ou bien il faut transformer l'outil en exécutable.

Il n'a pas encore été décidé de la voie choisie bien que la première semble irréalisable.

De plus, il faut profiter des choix de l'organisation en matière de diffusion de base de données. En effet, si l'organisation décide de promouvoir le système intranet pour diffuser les informations, l'équipe

confort doit être en mesure de réaliser la mise en place des outils développés sous ce mode de diffusion. Il faut que les outils développés soient compatibles avec les choix de l'organisation.

Ces choix n'étant pas totalement réalisés, l'équipe confort a décidé de laisser l'accès libre des outils au sein de son équipe en attendant. Ainsi, les outils peuvent être utilisés par les ergonomes et les concepteurs. Aucune formation n'a été effectuée à ce jour. Aussi, l'équipe doit accompagner l'utilisation de ces outils par des concepteurs novices. Le temps mis est un point négatif pour la pérennité de la collaboration entre les acteurs. En effet, ces derniers en découvrant certaines lenteurs peuvent ressentir une certaine réticence de l'organisation quant au projet. Il s'en suivrait probablement une dévalorisation du travail mis en place. Il ne faut donc pas laisser trop de temps entre la fin de la démarche et la diffusion des outils conçus.

Les outils sont basés sur trois catégories de population : américaine, hollandaise et française. Compte tenu de la diversité des usagers des sièges d'automobiles, il est nécessaire d'offrir la possibilité de tester d'autres populations (asiatique, allemande par exemple). Une banque de données disposant des caractéristiques de ces populations est disponible. Il faut analyser ces données pour pouvoir les utiliser dans les modèles utilisés dans les outils.

Il faudra ensuite se lancer dans une stratégie de communication pour promouvoir les outils et la démarche de conception utilisée. Cette activité est nécessaire pour valoriser le projet et permettre de continuer à développer la démarche.

## 5.2 Démarche de collaboration : une approche à stabiliser

La démarche de coopération entre les ergonomes et les concepteurs mécaniciens est nouvelle. Elle doit être consolidée pour pouvoir être pérenne.

Dans un premier temps, il faut que l'organisation reconnaisse la valeur de cette approche. Pour ce faire, les outils développés et l'optimisation du processus de conception qu'ils permettent doivent servir de preuves.

Dans un deuxième temps, il faut initier d'autres applications. Si on n'entretient pas la collaboration entre les acteurs, elle va s'amenuiser. Une démarche de travail collaboratif demande des efforts de la part des acteurs. Si ces efforts ne sont pas compensés par des bénéfices, la démarche ne peut rester viable. Il faut l'alimenter. Ce travail n'est pas encore réalisé et doit l'être. Il ne faut pas que le projet devienne une tentative de plus, il faut concrétiser le travail réalisé par d'autres projets de conception d'outils de transfert sur d'autres sujets par exemple. Le travail coopératif mis en place ne peut se ressentir dans les projets de conception du produit siège que si la démarche mise en place est reproduite et si les liens entre les acteurs sont consolidés.

Le travail que nous avons initié est prometteur mais il faut qu'il devienne pérenne de par la systématisation de la mise en place de la démarche.

Il faut trouver aux acteurs des modes de collaboration, des moments d'échanges et de négociations qui vont les amener à partager leurs techniques, leurs "tour de main", leurs savoirs. L'organisation doit reconnaître la place de l'individu et la valoriser.

Notre thème de recherche s'inscrit dans le domaine du développement de la synergie entre les disciplines centrées sur l'Homme, notamment l'ergonomie, et les sciences de l'ingénieur au travers de la notion d'usage. La démarche utilisée a un double objectif. Tout d'abord, nous cherchons à intégrer l'usage dans la conception systémique d'outils afin de recueillir les contraintes et les objectifs des différents acteurs (ergonomes, concepteurs, utilisateurs, ...). Ensuite, notre but est de penser le transfert, le traitement et l'exploitation des résultats en amont de la conception des interfaces des objets communicants.

## Bibliographie

- [ADREI 95] ADREIT F., MAURAN P., L'interaction en conception, Le communicationnel pour Concevoir, Caelen J., Zreik K., Europa productions, p87-98, 1995.
- [ANKRU 01] ANKRUM D. R., Questioning Office Ergonomic Guidelines, In D.C. Alexander & R. A. Rabourn (Eds), Applied Ergonomics, London : Taylor & Francis.
- [AGGER 97] AGGERI F., HATCHUEL A., Les instruments de l'apprentissage, In Du mode d'existence des outils de gestion de J.C. Moisdon, Eds Seli Arslan, p 217-247, 1997.
- [BALLA 01] BALLAY J-F., Knowledge Management: vers la seconde génération ?, Expansion Management Review, n°101, 9 juin 2001.
- [BARAD 99] BARADAT D., DARZACQ J.L., Cinq ans de collaboration pour comprendre et se former en ergonomie, Actes des Journées de Bordeaux sur la pratique e l'ergonomie, 1999, p 62-67
- [BAUDU 01] BAUDU S., Contribution à l'amélioration de la sécurité primaire par intégration dans le siège d'automobile d'éléments relatifs au confort postural, Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 2001.
- [BES 99] BES M-P., Comment gérer la capitalisation des connaissances ?, GI3, Montréal, vol 1, p471-481, mai 1999.
- [BLATT 91] BLATTER C., Limites de l'utilisation des recommandations en ergonomie du logiciel en entreprises, Actes du colloque ADEO Recommandations en ergonomie: Constat et devenir, M.S.T d'Ergonomie d'Orsay, p 36-40, 1991.
- [BOFF 88] BOFF K.R., The value of research is in the eye of the beholder. Human factors Society Bulletin, vol 31, n°6, 1988, p1-4
- [BONNA 92] BONNARDEL N., Le rôle de l'évaluation dans les activités de conception, Thèse de Doctorat de Psychologie Cognitive de l'Université d'Aix en Provence, 1992.
- [BONPA 90] BONPAYS B., Les apports de l'ergonomie à la conception d'un produit bureautique intégré, Actes du colloque de l'ADEO – des réalisations en ergonomie-, Orsay 1991
- [BOUJU 00a] BOUJUT J.F., Quelques réflexions sur le "comment coopérer", Journée de travail du groupe coopération, programme Prosper, 2000.
- [BOUJU 00b] BOUJUT J.F., JEANTET A., SARDAS J.C., Enjeux et fores des pratiques coopératives dans la conception", Atelier Propser Coopération; 2000  
<http://www.univ-valenciennes.fr/PROPSEr/serveur/doc/divers/EFPC.doc>
- [BRANG 00] BRANGIER E. et BARCENILLA J., Les prescriptions écrites au travail sont-elles efficaces ?, Education Permanent n°143/2000-2, 2000, p79-96.
- [BRANG 02] BRANGIER E., et Coll., Analyse psycho-ergonomique de l'interaction entre l'homme et les NTIC, Cahiers de notes documentaires -Hygiène et sécurité du travail-, n°189, p15-25, 4<sup>ème</sup> trimestre 2002.
- [BRANT 69] BRANTON P., Behavior, Body mechanics end discomfort, Ergonomics n° 12, vol 2, p316-327, 1969.
- [BRUNE 94] BRUNET E., ERMINE J.L., Problématique de la gestion des organisations, Ingénierie des systèmes d'informations, vol 2, n°3, p 263-291, Hermès, 1994.

[BROBE 97] BROBERG O., Integrating ergonomics into the product development process, International Journal of Industrial Ergonomics 19 p317-327,1997

[BURNS 94] BURNS C.M. and VICENTE K.J., Designer evaluations of human factors reference information, Procedures 12<sup>th</sup> Triennial Congress of the International Ergonomics Association, vol 6, Human factors Association of Canada, Ontario, p 295-297, 1994.

[CAELE 02] CAELEN J., Incidence des artefacts sur la cognition, tant des agents cognitifs que des simples véhicules d'information, GIS Sciences de la Cognition, Réflexion de prospective, Cognition et communication, Rapport préliminaire, [http://www-poleia.lip6.fr/GIS.COGNITION/RP\\_COC.html](http://www-poleia.lip6.fr/GIS.COGNITION/RP_COC.html), visité le 06/11/02.

[CHRIS 92] CHRISTOL J. et coll., A quelles conditions les aides au travail peuvent - elles être des prothèses ou des orthèses pour l'opérateur ? , Performances Humaines & Techniques, Hors série septembre, p45-48, 1992.

[CORLE 76] CORLETT E.N., BISHOP R.P, A technique for assessing postural comfort, Ergonomics, vol 19, n°2, p 175-182, 1976.

[COUTA 95] COUTAZ J., Interaction Homme - Machine : Points d'ancrage entre ergonomie et logiciel, in Le communicationnel pour Concevoir, Caelen J. & Zreik K., Eds Europa Production, p 245-254, 1995

[DAILL 98] DAILLOT-BEFIO Y., Les représentations graphiques intermédiaires comme organisateurs de pensée dans les processus de conception et en interaction Personne- Machine, Rapport de Recherche bibliographique, Ecole Nationale Supérieure des Sciences de l'Information et des bibliothèques, 1997.

[DANIE 86] DANIELLOU F., Cours B4 d'ergonomie de la productique, Paris, F: laboratoire d'ergonomie et de neuro-physiologie du travail du C.N.A.M, 1986.

[DARAU 03] DARAUT S., Les systèmes d'information organisationnels, objet et support d'apprentissage, Hermès kritik, 2003

[DARSE XX] DARSES F., DETIENNE F., VISSER W., Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique, ???

[DARSE 97] DARSES F., L'ingénierie concourante : un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs de conception, Ingénierie concourante : de la technique au social, Economica : Paris, Eds In P. Bossard, C.Chancechevrier & P.Leclair, 1997.

[DAVID 96] DAVID B.T., et coll., Ergonomie du Travail coopératif en conception, Ergo IA96, <http://www.icct.insa-lyon.fr/tarpin/publis/ergjia96.pdf>, 1996

[DEFAU 02] DEFAUX M., Travail collaboratif : entre rêve et réalité, Harvest, n°69, p31-38, avril 2002.

[DENIS 03] DENIS M., Cognition humaine, Exemples d'Activités de Recherche du groupe, LIMSI, <http://www.limsi.fr/RS2002FF/CHM2002FF/CH2002FF/>, site visité le 16 juillet 2003.

[DEMON 67] DE MONTMOLLIN M. Les systèmes Hommes-Machines, PUF Le psychologue, 1967.

[DIETR 03] DIETRICH A., La gestion des compétences : Essai de modélisation, Les cahiers de la Recherche, UPRES-A CNRS 8020, 2003.

[DIETR 00] DIETRICH A., Les paradoxes de la notion de compétences en gestion des ressources humaines, CLAREE, UPRES-A CNRS 8020, IAE Lille, mars 2000.

[DIR 738] 378L0932 Directive 78/932/CEE du Conseil, du 16 octobre 1978, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux appuis-tête des sièges des véhicules à moteur

[DORTI 01] DORTIER JF., Qu'est ce qu'un chercheur ? , Sciences Humaines, Hors Série, n°31 dec200/fev. 2001, p48-51, 2001.

[DUDEZ01] DUDEZERT A., BOCQUET J.C., MIRA-BONNARDEL S.; Binot C., Evaluer et mesurer les connaissances collectives des projets de Knowledge Management: vers un nouveau type de méthodes d'évaluation des connaissances ? , Actes du colloque Coopération Innovation et Technologie (CITE) 2001, Troyes, France, Novembre 2001

[DUIZA 96] DUIZABO S., GUILLAUME N., Les modes du transfert de connaissances dans les entreprises, les cahiers du GRES, n°9602, Université Paris Dauphine, Janvier 1996.

[ERMIN 00] ERMINE J-L., Enjeux, Démarches et processus de la gestion des connaissances, Ingénierie des Connaissances, IC'2000, <http://www.irit.fr/IC2000/ACTES/EminelC00.pdf>, 2000

[EVERA 98] EVERAERE C., Les collectifs de travail : une réalité difficile à cerner et soumise à contraintes, Performances Humaines & Techniques, sept - oct. n°96, p6-19, 1998.

[FALZO 90a] FALZON P., Discussion de fin de colloque, colloque ADEO, Des réalisations en ergonomie, Orsay, 1990.

[FALZO 90b] FALZON P. et coll., Les activités de conception : l'approche de l'ergonomie cognitive., Colloque Recherche sur le Design, Incitations, Implications, Interactions, p 222-229, 1990.

[FAREN 98] FARENC C., L'évolution de l'intégration de l'ergonomie dans le développement des applications informatiques, Deuxièmes journées Recherche et Ergonomie, 1998. [http://www.ergonomie-self.org/Pages/rechergoc\\_/html/farenc.html](http://www.ergonomie-self.org/Pages/rechergoc_/html/farenc.html)

[FORAY 00] FORAY D., L'économie de la connaissance, Collection repères, Edition La Découverte, 2000.

[GARDO 99] GARDONI M., Maîtrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en ingénierie intégrée. Laboratoire Automatique/ Productique. Thèse de doctorat, Université de Metz, 1999.

[GAWLI 03 ] GAWLINSKI M., Interactive television production, Focal Press, ISBN 02 4051679 6, 2003.

[GILBE 98] GILBERT P., L'instrumentation de la gestion, Paris : Economica, 1998.

[GIORD 98] GIORDAN A., Apprendre !, Débats Belin, Eds Belin, 1998.

[GM 96] GENERAL MOTORS Automotive Seating Comfort Criteria Manual, 1996.

[GOUST 98] GOUSTY Y., Le génie industriel.- Que sais -je.- Paris, PUF; 1998, 125P.

[GUERI 96] GUERIN F., Synthèse du colloque ADEO, Evolution et Innovation en Ergonomie, Orsay, 1996

[GRUND 00] GRUNDSTEIN M., La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production de connaissances, <http://www.multimania.com/veille/connaissances.htm> visité le 24/11/00

[HATCH 96] HATCHUEL A., Apprentissages collectifs et activités de conception, ANACT Collection Dossiers documentaires, p297-308, 1996.

[HERTZ 58] HERTZBERG, H.T.E, Annotated bibliography of applied physical anthropology in human engineering, Report n° WADC-TR-56-30, Aero-Medical Library, 1958

[ISO 92] Norme ISO 9241-11, Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation, 1992.

[JACKS 98] JACKSON J.M., Entre situations de gestion et situation de délibération – l'action de l'ergonome dans les projets industriels- Thèse de Doctorat du Conservatoire National des arts et Métiers, 1998.

[JACQU 02] JACQUESON L., Intégration de l'environnement en entreprise : Proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales, Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 2002.

[JEANT 94] JEANTET A., TIGER H., VINCK D., TICHKIEWITCH S., La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit, Séminaire "3cooperation et conception", LAAS, 1994.

[JEANT 98] JEANTET A., Les objets intermédiaires dans les processus de conception de produits, Sociologie du travail, 3/98, p 291-316, 1998.

[JEFFR 91] JEFFROY F., Les recommandations en ergonomies du logiciel, Actes du colloque ADEO Recommandations en ergonomie: Constat et devenir, M.S.T d'Ergonomie d'Orsay, p 28-37, 1991.

[JOURD 02 ] JOURDAN M., Quelques réflexions sur la pratique de l'intervention ergonomique et de ses rapports à la prescription, Actes du XXXVII<sup>ème</sup> Congrès de la Self, 2002.

[JUDIC 93] JUDIC J.M., Contribution à l'élaboration d'outils d'aide à la conception des moyens de réglages posturaux des sièges d'automobiles – intégrant les facteurs humains et adaptés au métier d'un équipementier-, Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 1993.

[JUDIC 02] JUDIC J.M., Mise en œuvre de modèles probabiliste sur des sujets ergonomiques d'accommodation à l'aide de Matlab, Rapport d'étude interne, 2002.

[KOLOD 91] KOLODNER J.L., Improving human decision making, AI Magazine, p52-68, Summer 1991.

[LAMB 01] LAMB C.M., Creating a collaborative environment: the human element, p23-25, 2001.

[LARIV 98] LARIVIERE C., RICARD C., Cahier du participant, Formation au travail interdisciplinaire, 1998.

[LEBOI 03] LEBOIS D., Outil d'évaluation et préconisations ergonomiques sur la manœuvrabilité des commandes manuelles de siège d'automobile, Mémoire de DEA de Conception de Produits et Innovation, ENSAM CER Paris.

[LEBOR 01] LEBORGNE C., Proposition d'une démarche anthropocentrée de conception de produits nouveaux basée sur l'usage et destinée à une meilleure intégration, par l'ergonomie, des besoins et des attentes des usagers, Thèse de doctorat de L'école Nationale Supérieure d'arts et Métiers, n° d'ordre 2001-02.

[LAVILL 90] LAVILLE A., L'Ergonomie, Que sais-je ? , Presses Universitaires de France, 4<sup>ème</sup> Edition corrigée, 1990, 126 pp.

[LEMOI 86] LE MOIGNE J.L., Vers un système d'information organisationnel ? , Revue française de gestion, Nov. – Dec., 1986.

[LEPLA 99] LEPLAT J., Analyse cognitive de l'erreur, Revue Européenne de psychologie appliquée, 49(1), p 31-41, 1999

[LEROL 94] FLOTTES LEROLLE A., Analyser les compétences Pourquoi ? Comment ? , Cahier de l'Anact de la gestion des compétences à la conduite du changement, n°2, p5-16, juin 1994.

[MARCH 91] MARCH J.G. et OLSEN J.P., La mémoire incertaine ; apprentissage organisationnel et ambiguïté, Eds d'Organisation, Paris.

[MACK 95] MACK M., L'organisation apprenante comme système de transformation de la connaissance en valeur, Revue française de gestion, p43-48, sept. – oct. 1995.

[MANGO 97] MANGOLTE P.A., LA dynamique des connaissances tacites et articulées : aune approche socio-cognitive, in Economie appliquée, Tome L, n°2; p105-134, 1997.

[MAZOY ?] MAZOYER B. et SALEMBIER P., La maniabilité : une dimension mesurable de la qualité des logiciels ? , Cahier n°4 : Technologie, Emploi, Travail, L'ergonomie des logiciels : un atout pour la conception des systèmes informatiques, 19XX, p 47-52.

[MER 95] MER S., TICHKIEWITCH S., JEANTET A., Les objets intermédiaires de la conception : modélisation et communication, Le Communicationnel pour Concevoir, Caelen J et Zreik K, Europia Productions, p21-41, 1995.

[MER 97] MER S., JEANTET A. , TICHKIEWITCH S., L'activité de conception dans l'entreprise : quelques repères. Deuxième Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, [www.enstimac.fr/manif/gi-albi-97/LIENBD/PapFinal/Listes/Organismsl.html](http://www.enstimac.fr/manif/gi-albi-97/LIENBD/PapFinal/Listes/Organismsl.html), 1997.

[MEIRI 96] MEIRIEU P., Objectifs, obstacle et situations d'apprentissage, Apprentissages formes et informels dans les organisations, édition ANACT, p 29 - 36, 1996.

[MICHE 95] MICHEL D.P., Développement d'une structure de recherche en ergonomie – Contexte de l'industrie de Siège de Bureau-, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, n° d'ordre 1995 – 10, 1995.

[MINEL 00] MINEL S., Rapport de DEA Laboratoire CPI, ENSAM, Evaluation de la contribution du dossier au confort des utilisateurs, p 7 – 9, 2000

[MINEL 02] MINEL S., Ergonomie et gestion des connaissances : vers l'instrumentation de la conception de sièges d'automobile, Actes du XXXVII<sup>ème</sup> Congrès de la Self, 2002.

[MOLES 77] MOLES A., Théorie des actes, Eds Casterman, 1977.

[MORIN 86] MORIN E., La méthode, la connaissance de la connaissance, Essais Eds du Seuil, 1986.

[NAEL 90] NAEL M.,

[NIELS 01] NIELSEN J., Why you only need to test with 5 users, <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>, visité le 25/07/2001.

[NIELS 97] NIELSEN J., Usability Testing, Handbook of Human Factors and Ergonomics, Second edition, edited by Gavriel Salvendy, p1543-1568, 1997.

[NONAK 95] NONAKA I., TAKEUCHI H., The Knowledge Creating Company : How Japanese companies create the dynasties of innovation, Oxford University Press, ISBN 0-19-509269-4, 1995.

[NYCKE 00] NYCKEES V., Les mots, les choses ... et nous, Sciences Humaines-Hors Série n°27, déc 1999/janvier 2000, p24-27.

[PHIME 03] PHIMECA, Application informatique pour le positionnement naturel des coudes, Document confidentiel FAURECIA, février 2003.

- [PINSK 87] PINSKY L. et THEUREAU J., Conception des situations de travail et étude du cours d'action », Rapport CNAM, Laboratoire d'ergonomie, n°88, 1987.
- [POLAN 58] POLANYI M., Personal knowledge : towards a post-critical philosophy, Chicago, University of Chicago press, 1958.
- [POLAN 83] POLANYI M., The Tacit Dimension, Gloucester, Mass., Peter Smith, réédition, Library of Congress, USA (1966), 1983.
- [POMIA 97] POMIAN J.L., PRADERE T., GAILLARD I., Ingénierie & Ergonomie, Cépaduès- Editions, Toulouse, 1997.
- [PRAX 98] PRAX J.Y., Production et usages de la connaissance dans l'entreprise, NTIC et ingénierie de la connaissance collective, Document numérique, vol 2-n° 1, p9-22, 1998.
- [RABAR 95] RABARDEL P., Les hommes et les Technologies, approche cognitive des instruments contemporains, Ed. Armand Colin, 1995, 240p.
- [REBIFF 81] REBIFFE R, GUILLIEN J., PASQUET P. ? Enquête anthropométrique sur les conducteurs français, Laboratoire de physiologie et de biomécanique de l'association Peugeot- Renault, 1981- 1982
- [REHAL98] REHAM S., Le processus de conception participatif : un processus de communication, Performances Humaines & Techniques, sept-oct, n°96, 1998.
- [RABAR 90] RABARDEL P., Conception d'objets et schèmes sociaux d'utilisation, Actes du colloque Recherches sur le Design, Compiègne : Université de Technologie de Compiègne, 1990, p 68-70.
- [REED 01] REED M., et coll. Modeling vehicle occupant head and head restraint positions, UMTRI-2001-08, 2001.
- [REYNA 01] REAYNAUD J.D., Le management par les compétences : un essai d'analyse, Sociologie du travail, 43, p7-31, 2001.
- [RIBOU 91] RIBOUCHON S., Confort postural du conducteur assis : étude des situations de confort optimal et des situations observées sous contrainte de hauteur d'assise, Thèse de Doctorat de L'université Paris Sud centre d'Orsay, n°0281, 1991
- [ROUSS 96] ROUSSEL B., Ergonomie en conception de produits, Proposition d'une méthode centrée sur la formulation de principes de solutions ergonomiques dans le processus interdisciplinaire de conception de produits, Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, n° d'ordre 96-14, 1996.
- [SAE J1052] SAE J 1052, Surface vehicle recommended practice, Motor vehicle driver and passenger head position, issued 1974-08, revised 1997-04.
- [SARDA 01] SARDAS J-C., Organizing cooperation between different expertise in design, In Darses, Modéliser les activités cooperatives de conception, Actes du 10<sup>ème</sup> Atelier du Travail Humain, p183-194, 2001.
- [SHAHN 91] SHAHNAWAZ H., Recommandations et principes en conception, Actes du colloque ADEO – Les recommandations en ergonomie : constat & devenir- Orsay, 1991.
- [SHEN 97] SHEN W et VERTIZ A.M, Redefining Seat Comfort, SAE Technical Paper Series, SAE 97 05 97, 1997.

[SIMON 02] SIMON N., La prise en compte de l'usage en conception de produits : ergonomie des commandes, Mémoire de DEA de Conception de Produits et Innovation, ENSAM, CER Paris, 2002.

[SLATE 85] SLATER D. cité par LEUDER R.K., Seat comfort : a review of the construct in the office environment, Human Factors 25, 1983.

[VALEN93] VALENTIN A., VALLERY G. et LUCONGSANG R., L'évaluation ergonomique des logiciels Une démarche itérative de conception, Collection Outils et Méthodes, ANACT, 1993.

[VANDA 98] VAN DAELE A., Assistance à l'opérateur humain : quelques apports récents de l'ergonomie cognitive, Arbeidsgezondheidszorg & Ergonomie. Band XXXV, n°3, p109-112, 1998.

[VERRI 84] VERRIEST J.P., Le confort postural du conducteur de véhicule routier (voiture particulière, véhicule utilitaire, poids lourd), Recherche Transports Sécurité, Mars 1984, p 30-36.

[VERRI 88] VERRIEST J.P., Le confort postural du conducteur : étude expérimentale et modélisation, Ingénieur de l'automobile, 88088, Octobre 1988, p 122-128.

[VISSE 90] VISSER W., Acquisition de connaissances : l'approche de la psychologie cognitive illustrée par le recueil d'expertise en conception, Actes de JAC'90 « Journée Acquisition de Connaissances », Lannion, 27 avril 1990, p 33-50.

[VISSE 99] VISSER W., Etudes en ergonomie cognitive sur la réutilisation en conception : quelles leçons pour le raisonnement à partir de cas ?", Revue d'Intelligence Artificielle, vol 13, p 129- 154, 1999.