HAL
open science

Intégration de l'environnement en entreprise : proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales

Loïc Jacqueson

To cite this version:

Loïc Jacqueson. Intégration de l'environnement en entreprise : proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales. Sciences de l'ingénieur [physics]. Arts et Métiers ParisTech, 2002. Français. NNT : . tel-00005627

HAL Id: tel-00005627

https://pastel.hal.science/tel-00005627

Submitted on 5 Apr 2004

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.

N° d'ordre ----

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Centre de Paris

THESE

PRESENTEE POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

DE

L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS

Spécialité : GENIE INDUSTRIEL

PAR

Loïc JACQUESON

INTEGRATION DE L'ENVIRONNEMENT EN ENTREPRISE :
Proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales

---

Soutenue le 19 avril 2002, devant le Jury d'examen :

M. R. CAMOUS, Professeur à l'Université de Montréal…… Rapporteur
M. S. TICHKIEWITCH, Professeur à l'I.N.P. de Grenoble……... Rapporteur
M. R. DUCHAMP, Professeur à l'ENSAM de Paris…….. Examinateur
M. F. AGGERI, Maître Assistant à l'ENSMP de Paris…….. Examinateur
M. A. AOUSSAT, Maître de Conférences, H.d.R. à l'ENSAM de Paris…… Directeur de thèse
M. D. MILLET, Ingénieur de Recherche à l'ENSAM de Paris…….. Co-directeur de thèse
M. C. AUFRERE, Directeur Etudes Avancées, FAURECIA……. Invité

L'ENSAM est composé de 8 centres :
AIX-EN-PROVENCE - ANGERS - BORDEAUX - CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE - CLUNY - LILLE – METZ - PARIS

A Julie,

pour les chemins parcourus,
empruntés, détournés,
et le quotidien imprévu
porteur d'interrogations et de rêves partagés.

« On finit toujours par trouver,
il suffit de se mettre en mouvement,
des fois on prend un chemin, ce n'est peut-être pas le bon ,
mais c'est un chemin »

Jacques HIGELIN

« On pense, aussi, avec les mains »

Jean MALAURIE

Remerciements

Je tiens à exprimer ici toute ma reconnaissance à Monsieur Christophe AUFRERE, Directeur des Etudes Avancées (R&D / I), pour m'avoir accueilli au sein de son équipe et offert l'opportunité de réaliser ces travaux dans de bonnes conditions. Sa capacité d'analyse ainsi que sa confiance m'ont été d'un grand secours tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie également Monsieur Améziane AOUSSAT, Directeur du Laboratoire de Conception de Produits et d'Innovation de l'ENSAM pour le site de Paris, pour son rôle et ses conseils en tant que directeur de thèse.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur Dominique MILLET, Ingénieur de Recherche au Laboratoire CPI et co-directeur de ma thèse, pour son suivi sans faille tout au long de ces trois années. Son intérêt, ses critiques constructives, ses encouragements, sa patience ainsi que ses suggestions pertinentes ont permis à ces travaux d'être menés à leur terme.

Je remercie sincèrement Monsieur le Professeur Roger CAMOUS de l'Université de Montréal et Monsieur le Professeur Serge TICHKIEWITCH de l'INPG pour avoir accepté de juger ce travail en tant que rapporteurs ainsi que Messieurs Robert DUCHAMP, Directeur du Laboratoire de Conception de Produits et d'Innovation de l'ENSAM et Franck AGGERI, du Centre de Gestion Scientifique de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, pour avoir accepté d'être membres du jury.

Je tiens à remercier très sincèrement mes collègues, dans le domaine de l'environnement : Henri RENARD (de la Division Systèmes d'Intérieur), Marc RENAULD et Ariane ZELE (Service Environnement Sécurité de Brières), Didier FAUCON (responsable HSE groupe), Yohann BOILEAU (qui a réalisé les analyses de cycle de vie) et Delphine LEMERLE (qui travaille sur le projet MCV et les inventaires de substances dangereuses), ainsi que Yves LEPPIMPEC et Arnaud VILBERT (chimistes en R&D) pour les informations échangées, les discussions et leur motivation à faire en sorte que nos activités génèrent moins d'impacts environnementaux à l'avenir.

Je remercie vivement Monsieur Jean-Marc JUDIC, Docteur-Ingénieur, Responsable du service Innovation, pour avoir enrichi de ses points de vue et interrogations, mes réflexions sur l'environnement. Sa vision des problèmes, l'enthousiasme et l'originalité de ses argumentations m'ont été d'un grand secours à plusieurs reprises.

Un très grand merci également à Mademoiselle Stéphanie MINEL, doctorante au sein du service Recherche Produit (Division Siège), pour toutes les discussions et les critiques, les corrections et le soutien durable. Les petits coups de pouce au quotidien ont représenté en définitive une aide aussi précieuse que conséquente.

Que l'ensemble du personnel des Etudes Avancées soit ici remercié pour l'ambiance au quotidien, les coups de main et les échanges qui ont agrémenté ces trois années de travail. Un remerciement particulier à Madame

Nathalie REMOND (secrétaire des Etudes Avancées) pour son aide en traitement de texte, ses chocolats et sa présence féminine au milieu de cet univers hautement masculin et fier de l'être !

Remerciements sincères également à Messieurs Daniel BODIN et Jacky JULIEN (de l'atelier prototypes métal), à Monsieur Alain CAILLET (de l'atelier prototypes soft), à Monsieur Jean-Claude JUANES (ancien responsable du Bureau d'Etude R&D) pour la réalisation du siège démonstrateur, à Monsieur Laurent LIAIGRE (projeteur au BE R&D) pour ses nombreux coups de main et son esprit critique toujours disponible, Monsieur Samuel BAUDU (docteur-ingénieur au service Innovation) pour ses conseils et ses encouragements, Monsieur Christophe HEROT (« coach » informatique au BE R&D) pour sa patience et ses nombreux dépannages, ainsi qu'à Messieurs George AMARAL et David DESORMAIS (du service Analyse Produits) pour leurs disponibilité.

Mes remerciements vont également au personnel du Laboratoire CPI, pour toutes les discussions et les réflexions partagées durant ces trois années. Merci notamment à Séverine, Valérie, Nadines, Dokshin, Carole, Lien, Eric, Pierre, José, Thomas, Frédéric, Guillaume, Bruno, Benoît, Hervé, Christophe, Jean-Philippe et Bernard, avec une mention spéciale à Jean-François BASSEREAU, pour son enthousiasme, son humour et la justesse de ses propos.

Un grand merci également à Mademoiselle Caroline HUGON et Madame Elisabeth CHEHU-BEIS, pour leur disponibilité et le temps passé à corriger mes traductions en anglais.

Deux lecteurs[1] courageux et consciencieux m'ont aidé à pourchasser les horreurs d'orthographe et autres fautes de frappe, un merci très reconnaissant donc, à Mademoiselle Cécile COCHARD et Monsieur JEAN COCHARD (la chasse fut fructueuse !).

Je remercie tout particulièrement et chaleureusement l'ami Vincent et sa « petite » famille, qui sait bien adroitement jongler entre les dépannages informatiques intempestifs, les bonnes tables, les commentaires judicieux, les corrections éclairées, les discussions « urgentes » et les volants, sans oublier les verres de Bourgogne, Sancerre, etc.

Un très grand merci, aussi et surtout, à la famille, à la petite sœur, au grand frère, à la petite Margaux et à sa maman et aux amis d'ici et d'un peu plus loin : de Clamart à Uzès, de Paris[2] à Brassy, de Pralognan à Lorient, en passant par Grenoble. Chemin faisant, à chaque étape, poser ses idées, étayer la trame pour aboutir à ce travail, aussi modeste soit-il. Que chacun de celles et ceux qui ont rempli de leur présence ces instants, soient ici profondément remerciés.

[1] Je n'oublie pas ici, Monsieur Joseph MATHIEU, qui a eu la gentillesse de relire mon document, mais dont je n'ai pu bénéficier des corrections et remarques, à coup sûr avisées (les documents informatiques sont parfois éphémères et s'accommodent mal de délais fluctuants !).

[2] Remerciements tout particuliers aux hôtes enthousiastes et formidables de l'Auberge de la rue de Chabrol (quelle idée, quand même, cette auberge !), à ses passagers en transit et au remède imparable de ce lieu chaleureux contre les coups de bourdon.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 9

1. CONTEXTE INDUSTRIEL ET DE RECHERCHE 14

1.1. Le groupe FAURECIA : équipementier de l'industrie automobile 14

1.1.1. Le groupe FAURECIA 14

1.1.2. Le siège d'automobile 15

1.2. La notion d'environnement 17

1.2.1. L'environnement, une notion polysémique 17

1.2.1.1. Quelques définitions 18

1.2.1.2. Les interactions produits/environnement 19

1.2.1.3. Les grands types d'approche pour intégrer l'environnement dans les entreprises 21

1.2.1.3.1. Les propositions de catégorisation des approches 22

1.2.1.3.2. Les approches à caractère normatif ou analytique 26

1.2.1.3.3. Les approches à caractère stratégique 28

1.2.2. Les exigences environnementales externes à l'entreprise 36

1.2.2.1. Les exigences réglementaires 36

1.2.2.1.1. La réglementation en France 37

1.2.2.1.2. La réglementation en Europe 38

1.2.2.1.3. La réglementation environnementale aux Etats-Unis 41

1.2.2.1.4. La réglementation au Japon 42

1.2.2.2. Les exigences du marché 44

1.2.2.2.1. Les exigences des clients constructeurs 44

1.2.2.2.2. La pression de la concurrence 47

1.2.2.2.3. Les demandes des utilisateurs 48

1.2.3. Les enjeux environnementaux pour FAURECIA 49

1.2.3.1. La politique interne de progrès 49

1.2.3.2. Implications pour les produits et les processus de conception 50

1.2.3.3. Les aspects économiques à court et moyen terme 51

2. PROBLEMATIQUE 52

2.1. Des ressources instrumentées comme base d'intégration de l'environnement 52

2.1.1. Les expériences d'intégration à l'aide d'outils, dans l'industrie automobile 53

2.1.1.1. Les constructeurs français 53

2.1.1.2. Les autres constructeurs européens 55

2.1.1.3. Les constructeurs américains et japonais 57

2.1.2. La grande diversité des ressources techniques pour l'environnement 59

2.2. Intégrer l'environnement en misant sur les connaissances des concepteurs 63

2.2.1. Apprentissage et formation, deux notions associées à l'intégration d'un nouveau domaine 63

2.2.2. Gérer et créer des connaissances, deux approches complémentaires ? 66

2.2.2.1. Gérer, capitaliser les connaissances 66

2.2.2.2. Créer des connaissances 68
2.2.3. Mécanismes liés à l'apprentissage de connaissances 70
2.2.4. Piloter un processus 76
2.3. Trois autres cas d'intégration d'un nouveau domaine 77
2.3.1. Intégration de l'environnement dans le secteur des produits électriques / électroniques 78
2.3.1.1. Intégration de l'environnement basée sur des logiciels 78
2.3.1.2. Démarche d'intégration de l'environnement basée sur la formation du personnel 80
2.3.2. Intégration de la qualité dans les entreprises 82
2.3.3. Intégration de l'ergonomie en conception de produit 84
2.4. Les aspects managériaux de l'intégration d'un nouveau domaine 86
2.4.1. Les approches Top-Down 87
2.4.2. Les approches Bottom-Up 88
2.4.3. Les approches intermédiaires 88
Conclusion de la problématique 90
3. HYPOTHESES ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL 92
3.1. Formulation des hypothèses 92
3.1.1. Première hypothèse sur le suivi et l'analyse du processus de création de connaissances 93
3.1.2. Deuxième hypothèse sur la régulation du processus de création de connaissances 95
3.2. Protocole expérimental 96
4. EXPERIMENTATIONS 99
4.1. Définition des échelles du référentiel 99
4.1.1. Construction d'une échelle pour la dimension «Formalisation» 99
4.1.2. Construction d'une échelle pour la dimension « Diffusion » 105
4.1.3. Construction d'une échelle pour la dimension « Valorisation » 109
4.2. Première expérimentation : évaluation du référentiel comme outil d'analyse 114
4.2.1. Choix d'une stratégie de progression au sein du référentiel 114
4.2.2. Première évaluation : analyse de l'activité recyclage de la division sièges d'automobile de FAURECIA 115
4.2.3. Deuxième évaluation du référentiel sur un projet d'Analyse de Cycle de Vie 132
4.3. Deuxième expérimentation : utilisation de l'outil de pilotage 142
4.3.1. Construction de la typologie d'actions 142
4.3.2. Test de l'outil de pilotage en conditions réelles sur un programme de gestion des substances dangereuses 144
5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 154
Conclusions 154
Perspectives 158
BIBLIOGRAPHIE 161
ANNEXES 173

Table des illustrations

Tableau 1 : Diversité des matériaux entrant dans la conception des sièges....16
Figure 1 : Les principaux composants du siège d'automobile....16
Figure 2 : Représentation d'un cycle de vie de produit intégrant différentes voies de valorisation....19
Figure 3 : Graphe de flux d'une plinthe en PVC (d'après [MILLET 95])....20
Figure 4 : Relation entre les différentes approches de l'environnement (d'après [GOGGIN 95])....23
Figure 5 : Les différentes approches pour prendre en compte l'environnement (d'après [BRAS 97])....24
Figure 6 : Typologie des différentes démarches environnementales (d'après [MILLET et al. 01])....25
Figure 7 : Les neufs axes principaux d'éco-conception proposés par l'ADEME....30
Tableau 2 : Propositions d'axes de travail pour la mise en place du Développement Durable (point de vue politique)....33
Tableau 3 : Propositions du BCSD pour mettre en œuvre le Développement Durable (d'après [SCHMIDHEINY 92] - point de vue industriel)....34
Tableau 4 : Extraits de l'Accord Cadre du 10 mars 1993 sur les véhicules hors d'usage....38
Tableau 5 : Les principales mesures environnementales de l'Union Européenne concernant l'automobile....39
Tableau 6 : Récapitulatif comparé des objectifs de l'accord-cadre et du projet de directive....40
Tableau 7 : Les principales lois environnementales américaines concernant l'automobile....42
Tableau 8 : Les principales mesures environnementales du gouvernement japonais concernant l'automobile....43
Figure 8 : Evolution de la réglementation sur les émissions en Europe (essence : base 100 en 83 pour CO et Nox, Diesel : base 100 en 90 pour les particules)....44
Tableau 9 : Actions environnementales communes et spécifiques des constructeurs automobiles....46
Tableau 10 : Politique environnementale d'équipementiers automobiles....48
Tableau 11 : Positionnement du champ de recherche de nos travaux....51
Figure 9 : Système de classification des outils d'éco-conception (d'après [EHRENFELD 97])....61
Figure 10 : Les différentes facettes de la gestion des connaissances (d'après [GRUNDSTEIN 98])....67
Figure 11 : Evolution des connaissances (d'après [MACK 95])....67
Figure 12 : Le cycle de création de connaissances (d'après [NONAKA et al. 95] et [SIEMIENIUCH 99])....69
Figure 13 : Apprentissage en simple et en double boucle (d'après [ARGYRIS et al. 78])....71
Figure 14 : Comparaison de deux méthodes d'enseignement (d'après [CAILLAUD 01])....72
Tableau 12 : Les déterminants de l'apprentissage organisationnel (d'après [INGHAM 00])....73
Figure 15 : Principales dimensions de l'apprentissage au cours des projets (d'après [BOURGEON 01])....74
Figure 16 : Niveaux d'intervention pour instaurer un changement dans une entreprise (d'après [FOULARD 94])....87
Figure 17 : Les différents niveaux de changement organisationnel (d'après [MINTZBERG 92])....89
Figure 18 : Niveaux d'influence du processus de création sur l'entreprise....91
Figure 19 : Evolution des classes de paramètres (d'après [GAUCHERON 00])....94
Figure 20 : Référentiel d'évaluation du processus de création de connaissances (modèle n°1)....94
Figure 21 : Propositions de stratégies de progression au sein du référentiel....95
Figure 22 : Schéma de synthèse du protocole expérimental....98
Figure 23 : Les quatre modes de création de connaissances (d'après [NONAKA 94])....100
Figure 24 : Chaîne des connaissances (d'après [MACK 95])....100
Figure 25 : Classification des connaissances (d'après [SIEMIENIUCH 99])....101
Figure 26 : Typologie des connaissances (d'après [JORNA 01])....101
Tableau 13 : Récapitulatif des actions menées visant à faire évoluer la formalisation des connaissances....103
Figure 27 : Echelle retenue pour la dimension *« Formalisation »*....104
Tableau 14 : Les différentes propositions de diffusion des connaissances en environnement....105
Tableau 15 : Récapitulatif des actions menées visant à faire évoluer la diffusion de connaissances....106
Figure 28 : Echelle retenue pour la dimension « *Diffusion* »....107
Figure 29 : Les différentes niveau de diffusion des connaissances en matière d'environnement....109
Tableau 16 : Actions menées visant à faire évoluer la Valorisation des connaissances....111
Figure 30 : Echelle retenue pour la dimension "*Valorisation"*....112
Figure 31 : Référentiel complété avec ses dimensions segmentées (modèle 2)....113
Figure 32 : Stratégie de progression préconisée au sein du référentiel....115
Figure 33 : Exemples de graphes de décomposition et graphe de liaison pour un siège d'automobile....119
Figure 34 : Comparaison des rendements de démontage pour un siège donné....120
Figure 35 : Détails du guide de conception pour le recyclage....121
Figure 36 : Exemple de fiche de la base de donnée analyse concurrence....122
Figure 37 : L'outil de suivi de projet avec le document qualité de référence (Recyclage en Mode Recherche)....123
Figure 38 : Appui-tête prototype avec mousse agglomérée (contenant ~ 85% de matière recyclée)....125
Figure 39 : Procédure sur l'utilisation de substances dangereuses....126
Figure 40 : Le siège démonstrateur et ses principales caractéristiques....127
Tableau 17 : Synthèse des actions de l'activité *Recyclage* et codification par rapport aux dimensions du référentiel....128
Figure 41 : Les deux trajectoires « min.» et « max.» relatives aux actions de l'activité recyclage....129
Figure 42 : Comparaison des deux trajectoires « min. » et « max. » et positionnement relatif par rapport à la trajectoire de référence....129
Figure 43 : Proposition d'une segmentation affinée pour les axes du référentiel (cas de la dimension *Diffusion*)....130
Tableau 18 : Exemples de connaissances créées par les actions menées en faveur du recyclage....132
Tableau 19 : Panel de produits et composants du projet d'analyses de cycle de vie....134
Tableau 20 : Synthèse des actions pour le projet ACV et codification par rapport aux dimensions du référentiel....137
Figure 44 : Traduction des actions liées au projet Analyse de Cycle de Vie....138
Figure 45 : Echelles affinées pour le référentiel....141
Tableau 21 : Typologie d'actions de relance du processus....144
Figure 46 : Représentation des premières actions du projet MCV....147
Figure 47 : Représentation des quatre premières actions du projet MCV....148
Tableau 22 : Synthèse des actions du projet MCV et codification par rapport aux échelles du référentiel....150
Figure 48 : Représentation du projet MCV et comparaison avec la trajectoire de référence....151
Figure 49 : Construction du métier environnement produit....158

INTRODUCTION GENERALE

Ces travaux s'inscrivent dans le champ de l'environnement et portent plus particulièrement sur une proposition d'approche d'intégration de l'environnement dans l'entreprise, basée sur la création et l'apprentissage de nouvelles connaissances. L'actualité nous rappelle quotidiennement que notre environnement est une entité précieuse et fragile qui peut être facilement endommagée, voire détruite par une activité humaine non contrôlée. D'autre part, les dégradations importantes de notre environnement, constatées au cours des dernières décennies, ont engendré au sein de la société civile une prise de conscience grandissante sur la nécessité de le protéger.

On constate que l'évolution de l'humanité s'accompagne d'un développement de l'industrie et, par ailleurs, que les principales dégradations de l'environnement sont associées en grande partie au développement des industries de masse, ainsi qu'à l'apparition des zones de forte urbanisation. On voit ainsi apparaître le paradoxe intrinsèquement lié à l'évolution de la société (sur le modèle occidental) où l'accession au progrès et au développement s'accompagne d'une destruction progressive de l'environnement, qui, à terme, peut devenir un frein au développement.

Malgré sa gravité, ce paradoxe reste en partie masqué par le décalage temporel important qui existe entre le développement des activités industrielles et la perception de leurs effets sur l'environnement. D'autre part, les conséquences des activités industrielles sont toujours difficiles à évaluer : elles ne sont pas toujours identifiées clairement (les déchets et sous-produits de fabrication font l'objet d'attentions relativement récentes de la part des industries de masse) et peuvent être diluées dans les milieux naturels, voire délocalisées géographiquement.

Avec l'avènement de la société de consommation, le développement des industries a subi une accélération particulièrement forte dans la deuxième moitié du XXème siècle, renforcée par l'extension du mode de vie occidentalisé sur presque toute la planète. Progressivement, au cours des dernières décennies, l'industrie et la société civile ont prit conscience des risques associés à un développement effréné de l'industrie et, afin de réduire au minimum les effets négatifs de la croissance sur l'environnement, ont mis en place des mesures tantôt réglementaires tantôt volontaristes pour modifier les pratiques de conception, de fabrication et d'utilisation des produits, organiser le traitement des déchets et sensibiliser les populations sur l'impact de leurs modes de consommation. L'industrie automobile n'a pas échappé à cette évolution du contexte et, après avoir engagé des efforts importants pour réduire la consommation de carburant des véhicules, elle s'est intéressée à réduire les impacts environnementaux de ses usines de production et se penche aujourd'hui sur la conception des produits afin d'améliorer leur qualité environnementale (du fait notamment de l'élargissement de la responsabilité du fabricant à l'ensemble de cycle de vie de ses produits). Cette dernière préoccupation, ainsi que les approches visant à l'intégrer dans les entreprises, est au centre de nos travaux.

Ces travaux s'inscrivent dans la discipline scientifique du Génie Industriel, discipline définie par l'Institute of Industrial Engineers comme se rapportant *à la conception, l'amélioration et l'installation de systèmes intégrés, mettant en jeu des hommes, des matériaux, des équipements et de l'énergie. Le génie*

industriel 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 systèmes [GOUSTY 98].

Ils ont été réalisés dans le cadre d'une convention CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) avec comme partenaire industriel, l'équipementier automobile FAURECIA (division Sièges d'automobiles, Recherche et Développement / Innovation au sein du service Etudes Avancées dirigé par Monsieur Christophe AUFRERE) et comme laboratoire de recherche associé, le Laboratoire de Conception de Produits et d'Innovation de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Paris (dirigé par Monsieur Robert DUCHAMP).

Le secteur automobile, du fait de la mondialisation des activités des constructeurs est devenu ces dernières années de plus en plus concurrentiel (les regroupements, fusions et autres rachats dont la presse se fait l'écho témoignent de cette situation). Afin de mieux contrôler leurs coûts de production et de se focaliser sur leurs activités principales (la carrosserie, les motorisations et l'assemblage des véhicules), les constructeurs d'automobiles ont, petit à petit, externalisé la fabrication puis la conception des sous-ensembles fonctionnels des véhicules. C'est ainsi que le métier d'équipementier est apparu. Pour continuer à dégager des bénéfices suffisants et assurer la pérennité de leurs entreprises, les équipementiers ont dû, à leur tour, rationaliser leurs organisations et leurs méthodes de travail. Dans ce sens et pour se maintenir sur un marché extrêmement concurrentiel, l'innovation est devenue la principale force des entreprises. Dans la position de l'équipementier, innover correspond à identifier puis réaliser des changements qui devront satisfaire à la fois le constructeur (en terme de coûts, de fonctionnalités des produits, de fiabilité) mais également l'utilisateur final (en terme d'image, d'agrément, de service rendu). La forte valeur d'estime attribuée aux véhicules automobiles suscite de la part de la majorité des utilisateurs, un intérêt marqué pour les innovations technologiques intégrées aux produits (c'est le cas actuellement des systèmes de sécurité, la modularité de l'intérieur du véhicule, etc.).

Pour l'environnement, la situation est aujourd'hui quelque peu différente : en effet, si globalement les utilisateurs se disent concernés par la protection de l'environnement, ce sont rarement les critères environnementaux qui interviennent dans la décision d'achat d'un véhicule (la recyclabilité du véhicule ou le traitement qui lui sera appliqué lorsqu'il sera à l'état de déchet, environ quinze ans après sa date de mise en circulation, indiffèrent la grande majorité des acheteurs). Ainsi, face à la sévérisation du contexte réglementaire en matière d'environnement, l'équipementier se trouve dans une position où il doit prendre en compte, en plus de tous les critères mécaniques, de style et de confort, de nouveaux facteurs, qui d'un point de vue commercial n'ont quasiment pas de valeur (à ce jour). Par rapport à cette situation bien spécifique, ces travaux ont pour but d'intégrer la notion d'environnement non seulement dans la conception des produits, mais également dans toute l'entreprise afin de faire évoluer les pratiques pour qu'à terme les sièges aient un impact sur l'environnement mieux maîtrisé.

Le plan du présent document comporte cinq chapitres :

Dans le **premier chapitre**, nous nous attacherons à préciser le contexte industriel et de recherche au sein duquel nous avons évolué. Nous détaillerons ainsi, dans un premier temps, les éléments constitutifs des sièges d'automobiles, ainsi que les aspects industriels de la conception et de la fabrication de ces produits. Ceci nous amènera à préciser d'une part le type d'impacts environnementaux que l'activité de FAURECIA génère et d'autre part, à cerner la complexité de ce métier tant dans son organisation que dans la diversité de ses acteurs. Une fois le contexte industriel explicité, nous approfondirons la notion complexe d'environnement en montrant notamment ses différentes significations, puis nous analyserons la traduction de cette notion d'environnement par rapport à un produit industriel. Cela nous permettra de montrer la **diversité des approches d'intégration de l'environnement** que les entreprises ont pu mettre en œuvre. Nous verrons ainsi que cette notion générique d'environnement peut se décliner **depuis des approches très pragmatiques et localisées jusqu'à des approches beaucoup plus conceptuelles et globales**. Cependant, malgré ce panel très large d'interprétations possibles, actuellement, les différentes courants de réflexions **s'accordent sur le fait que l'objectif qu'il faut viser est celui du Développement Durable.** Dans un deuxième temps, nous présenterons les interactions de l'environnement avec le secteur de l'automobile en essayant de donner une vision de la situation concurrentielle et surtout en détaillant avec précision le contexte réglementaire. Nous mettrons ainsi en évidence **le rôle moteur de la réglementation dans la volonté des industriels d'intégrer cette nouvelle** notion dans la conception de leurs produits.
Enfin dans un troisième temps, après avoir évoqué l'ensemble des contraintes liées à l'environnement, nous aborderons ce domaine sous l'angle des enjeux qu'il véhicule. Nous verrons notamment que l'environnement peut être un important facteur d'innovation, de par le regard nouveau qu'il fait porter sur l'industrie et ses produits.

Le **deuxième chapitre** sera consacré à la présentation de l'intégration de l'environnement dans les entreprises. A travers un ensemble d'expériences recensées à partir d'une recherche bibliographique et de nos propres constats, nous présenterons les réalisations des principaux acteurs internationaux du secteur automobile. Cet inventaire nous permettra de mettre en évidence d'une part **la diversité importante des visions de l'intégration de l'environnement par les grands constructeurs** et d'autre part, **la très grande diversité des solutions proposées pour traduire ces visions de l'intégration en actions concrètes**. Parmi ces différentes expériences, nous avons identifié deux grandes tendances. La première (la tendance majoritaire) regroupe les approches qui s'appuient principalement sur des ressources techniques, fortement outillées, telles que des logiciels. L'hypothèse principale à l'origine de cette tendance pose que l'intégration de l'environnement passe par l'utilisation d'outils spécifiques, essentiellement destinés aux équipes de conception. La deuxième tendance, plus émergente, regroupe des approches qui s'appuient sur la formation du personnel et s'attachent particulièrement aux aspects liés à l'apprentissage de nouvelles connaissances. Leur hypothèse fondatrice est que l'environnement, pour être intégré, doit être une notion maîtrisée par l'ensemble du personnel de l'entreprise (et non plus uniquement par les acteurs de la conception), et que cette évolution ne peut se faire que par l'appropriation, par le personnel, de connaissances spécifiques du domaine de l'environnement. En cherchant à détailler la notion d'apprentissage, nous nous rapprocherons du champ de recherche sur les connaissances et nous verrons ainsi qu'en matière d'environnement, la première étape consiste à créer des connaissances avant de pouvoir les transmettre. Pour compléter nos investigations sur la question de l'intégration, nous analyserons également les approches

qui ont été utilisées pour intégrer des domaines tels que la qualité ou l'ergonomie, et nous terminerons en évoquant les aspects managériaux de ces changements. La description et l'analyse de ces différentes facettes de l'intégration confortées par nos observations au sein de l'entreprise FAURECIA, a eu pour conséquence d'**orienter nos travaux sur l'intégration de l'environnement vers une approche basée sur les connaissances et la formation du personnel de l'entreprise**. Suite au constat que dans le domaine de l'environnement, il n'existe ni méthode ni règle permettant de guider la conduite du processus de création de connaissances, nous poserons la problématique de ces travaux comme telle : **dans le but d'intégrer l'environnement en entreprise, quelles sont les conditions à mettre en place pour favoriser la création et l'apprentissage de connaissances ?**

Le **troisième chapitre** sera consacré aux hypothèses posées pour répondre à la problématique. Les investigations menées dans des domaines autres que l'environnement (la qualité et l'ergonomie) montrent que les aspects tels que le développement d'outils spécifiques, la formation des acteurs de l'entreprise ou le changement d'organisation, sont pris en compte mais d'une façon séparée, ponctuelle. Notre hypothèse principale pose qu'un **outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales**, favorise l'intégration de l'environnement dans l'entreprise, par la prise en compte et l'appropriation de l'ensemble de ces aspects. Deux hypothèses complémentaires, relatives aux fonctionnalités de l'outil de pilotage, viendront étayer notre hypothèse principale, elles portent sur la capacité d'un tel outil à analyser puis à réguler le processus de conception. Dans une seconde partie, nous présenterons le protocole expérimental et les différentes expérimentations mises en place pour mettre à l'épreuve nos différentes hypothèses.

Le **quatrième chapitre**, consacré à ces expérimentations, s'attachera à tester la validité de notre hypothèse principale. La notion de **pilotage** d'un processus est définie comme la capacité de **suivre**, d'**analyser** et de **réguler** un processus. A partir de cette définition, **nous expliquerons comment nous avons construit notre outil de pilotage**, en nous appuyant sur des éléments bibliographiques ainsi que sur notre activité industrielle. Nous obtiendrons une version intermédiaire de l'outil, constituée : d'un référentiel à trois dimensions (permettant de caractériser les actions associées au processus de création de connaissances) et d'une stratégie de progression préférentielle au sein de ce référentiel. Dans un deuxième temps, nous testerons cette première version de l'outil lors **d'une première expérimentation**, qui mettra en jeu **l'outil comme moyen de simulation** dans deux projets, permettra de mettre à l'épreuve les fonctionnalités de suivi et d'analyse du processus de création de connaissances. Nous retracerons le déroulement, d'une part de la mise en place de l'activité de conception en vue du recyclage au sein d'un service en R&D (premier projet), et d'autre part de l'évaluation des apports de la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) au métier d'équipementier (deuxième projet). Les résultats de cette première expérimentation nous permettront d'affiner la définition des composantes de l'outil de pilotage et de lui adjoindre une **typologie d'actions** permettant d'assurer la fonction de régulation.

Notre **deuxième expérimentation** portera sur l'utilisation en conditions réelles de l'outil pour piloter le processus de création de connaissances relatives à la mise en place d'un système de management des substances dangereuses dans les produits (système nouveau pour l'entreprise). Nous testerons simultanément l'ensemble des fonctionnalités de l'outil en l'utilisant dès le démarrage du projet. Cette mise en situation, au sein d'une équipe projet chargée du développement d'un nouveau siège (conditions réelles de

développement des produits) nous permettra d'évaluer la pertinence de notre proposition dans sa globalité (le référentiel d'évaluation des connaissances, la stratégie de progression préconisée ainsi que la typologie d'actions).

Le **cinquième chapitre**, regroupera nos conclusions sur ces travaux et proposera un ensemble de perspectives pour la poursuite de cette recherche. L'apport de ces travaux se traduit à la fois par la structure de l'outil et par l'utilisation qui en est proposée. Ainsi, nous verrons comment l'outil, destiné aux responsables « environnement-produit », **favorise l'intégration de l'environnement en entreprise par l'initiation d'un processus conscient de création de nouvelles connaissances**. De plus, l'égale importance donnée à la formalisation, à la diffusion et à la valorisation de ces nouvelles connaissances permet **leur meilleure appropriation par le personnel de l'entreprise** (aussi bien au niveau de la conception, de l'encadrement hiérarchique que de l'entreprise étendue - incluant en interne des services tels que la qualité, les achats, le commerce, la formation et en externe les acteurs amonts et avals, clients et fournisseurs). Nous verrons ensuite que l'outil permet de donner une **double vision de l'évolution du domaine de l'environnement** dans l'entreprise. En premier lieu, localement au niveau de chaque projet, il permet une représentation et un contrôle du processus de création de connaissances et plus globalement, au niveau de l'entreprise, il permet sur une échelle des temps, de représenter l'enchaînement des projets réalisés et de d'évaluer le travail à accomplir pour approcher l'objectif du Développement Durable.

Dans une dernière partie, nous présenterons des **voies d'amélioration** possibles pour l'outil de pilotage (relatives aussi bien au référentiel, à la stratégie de progression préconisée qu'à la typologie d'actions), dans le but d'améliorer sa capacité de caractérisation des actions, et d'élargir son champ d'application. Nous ferons également un ensemble de propositions concernant les **conditions de réutilisation** de l'outil dans une entreprise ou un contexte autre que celui dans lequel nous l'avons expérimenté.

1. CONTEXTE INDUSTRIEL ET DE RECHERCHE

Dans cette partie, nous présenterons dans un premier temps l'entreprise au sein de laquelle nous avons effectué nos travaux, ainsi les produits qui y sont conçus et fabriqués. Dans un deuxième temps, nous détaillerons les trois domaines majeurs auxquels se rattache notre recherche. Tout d'abord, nous préciserons la notion d'environnement ainsi que les différentes perceptions de cette notion qui se rencontrent dans l'industrie. Nous verrons ensuite quelles sont les interactions des produits industriels (tels que ceux fabriqués par FAURECIA) avec l'environnement, ce qui nous amènera, dans une dernière partie, à présenter les différentes stratégies développées par la recherche ou l'industrie afin de d'intégrer l'environnement dans les structures industrielles. Cette dernière partie abordera, d'une part les propositions de catégorisation des approches, permettant ainsi de mieux les positionner les unes par rapport aux autres, et d'autre part, les spécificités des approches les plus caractéristiques d'autre part.

1.1. Le groupe FAURECIA : équipementier de l'industrie automobile

Dans le chapitre qui suit, 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 leur composition, leurs fonctionnalités et leur fabrication. Nous verrons également la diversité des matériaux, des métiers, et des procédés industriels, utilisés pour la conception et la fabrication des sièges d'automobile.

1.1.1. Le groupe FAURECIA

FAURECIA est un équipementier majeur du secteur automobile, qui conçoit et fabrique pour les différents constructeurs internationaux, des modules de l'intérieur véhicule : sièges, planches de bord et cockpits, panneaux de portes, composants acoustiques, ainsi que des modules de systèmes d'échappement. Les activités du groupe sont réparties sur 156 sites et implantées au sein de 27 pays, pour un effectif total de 50 000 employés. L'activité « Siège » correspond à plus du tiers du chiffre d'affaire du groupe, et produit chaque jour plusieurs dizaines de milliers de produits à travers le monde.

Le métier d'équipementier, qui est relativement récent, correspond à une évolution du marché automobile et à une spécialisation de ses acteurs. La mondialisation de la production et de la vente des véhicules automobiles a renforcé le caractère concurrentiel de ce secteur et amené les constructeurs à se recentrer sur leurs métiers de base : la carrosserie et la motorisation. En conséquence, la fourniture de nombreux modules complexes de véhicules a été externalisée. L'équipementier est ainsi devenu totalement responsable de ses produits, depuis leur conception jusqu'à leur livraison en « juste à temps » sur les sites

d'assemblage des constructeurs, 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. Cette capacité d'innovation est d'autant plus fondamentale, qu'en plus de l'évolution fonctionnelle des produits, les équipementiers doivent prendre en compte des temps de développement des produits de plus en plus courts et une pression réglementaire de plus en plus importante (renforcement régulier des objectifs et extension de leur champ d'influence, notamment en terme de sécurité mais également d'environnement).

1.1.2. Le siège d'automobile

Nous allons présenter dans ce chapitre en quoi consiste un siège d'automobile, quelles sont ses fonctions et quels métiers sont nécessaires à sa fabrication.

Le siège est un composant central de l'intérieur véhicule du fait de son rôle d'interface entre les utilisateurs et le véhicule. Il doit assumer plusieurs fonctions :

- la fonction « **support de posture** » : le siège doit pouvoir fournir aux conducteurs une position de conduite convenable.
- les fonctions de **réglage** permettent à chaque utilisateur de jouer sur les différents réglages du siège afin d'obtenir une position adaptée (inclinaison du dossier, hauteur d'assise, reculement du siège, appui-tête...).
- la fonction de **confort**. Cette notion complexe du confort peut être décomposée selon plusieurs critères : le confort d'aspect et de toucher, le confort postural, thermique, acoustique, statique, dynamique...
- la **sécurité** : le siège, interface directe entre le véhicule et les occupants, participe à la sécurité de ces derniers. On distingue pour cette fonction deux aspects :
  - La **sécurité passive** : prétensionneurs de ceinture, airbag latéraux, résistance à la déformation, absorption des chocs...
  - La **sécurité active** : visibilité avant et arrière.
- L'**ergonomie des réglages** : les concepteurs s'emploient à simplifier au maximum les réglages des sièges afin d'en faciliter la compréhension et de rendre leur utilisation plus intuitive.
- La **résistance au vieillissement** : L'endurance des structures, des mousses et des coiffes ne doit pas affecter la forme et les caractéristiques du siège au cours du temps.

En plus de ces différentes fonctions, la conception des sièges doit également intégrer des paramètres de style, parfois contraignants en terme de forme ou de volume fonctionnel du produit.

Le siège est un produit technique particulièrement complexe (même si son aspect extérieur témoigne rarement de cette complexité). Pour remplir toutes ses fonctionnalités, sa conception fait appel à une grande diversité de matériaux et de composants. Le tableau ci-dessous témoigne de cette diversité et la figure qui l'accompagne donne des ordres de grandeur de la masse des principaux composants (Cf. Tableau 1 et Figure 1).

Matériaux et composants	Fonctionnalités
Acier	Structure, mécanismes
Aluminium	Structure
Magnésium	Structure
Matériaux composites	Structure, leviers et manettes de commande, carters, pièces techniques
Matières plastiques	Carters de finition, gaines d'appui-tête, dos de dossier
Mousse Polyuréthane	Matelassures d'assise, de dossier, et d'appui-tête
Textile	Finition (coiffes), renforts des mousse, ceintures de sécurité
Cuir	Finition (coiffes)
Composants pyrotechniques	Prétensionneurs de ceinture, airbag latéraux, systèmes de rétention
Composants électriques et électroniques	Motorisation des réglages, nappes de détection de présence, systèmes chauffants et/ou de climatisation, faisceaux de câbles,
Traitements de surface	Dégraissages, carbo-nitruration, peinture, chromage
Lubrifiants	Mécanismes

Tableau 1 : Diversité des matériaux entrant dans la conception des sièges

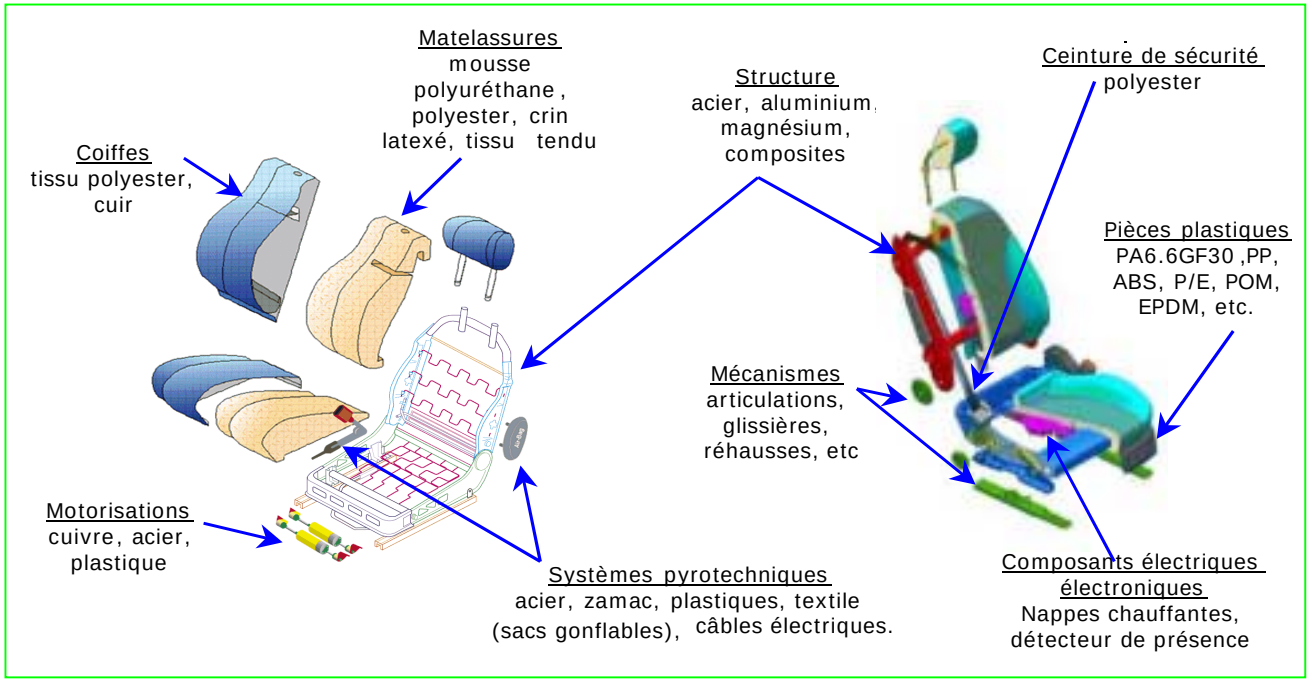


Figure 1 : Les principaux composants du siège d'automobile

Les ordres de grandeur annuels de la production pour l'activité « Siège » correspondent à :

- 22 millions d'armatures,
- 11 millions de matelassures (et 6 millions d'appuis-tête),
- 40 millions de glissières et 40 millions d'articulations.

(le poids moyen d'une collection complète de sièges tourne autour de cinquante kilos et correspond à environ 5 % du poids d'une berline standard cinq places).

Un deuxième niveau de complexité est également à prendre en compte par rapport à l'organisation de la fabrication des sièges. Ces produits font appel à quatre métiers spécifiques :

- la mécanique (pour les mécanismes et armatures),
- la chimie (pour le polyuréthane),
- la coupe et la couture (pour les textiles et le cuir des coiffes),
- et le garnissage (pour l'assemblage de la coiffe et de la matelassure sur l'armature).

Les composants d'un même siège proviennent ainsi de sites de production différents et délocalisés géographiquement. Cela signifie que pour la livraison d'un siège complet garni chez un constructeur, on pourra avoir recours à des composants en provenance de six sites différents (mécanismes, armatures, matelassures, appuis-tête, coiffes et garnissage en juste à temps), avec la possibilité, en plus, qu'ils ne soient pas tous fabriqués par le même équipementier.

Du fait de l'évolution du marché automobile, la complexité actuelle des sièges risque fort d'augmenter dans les années à venir, notamment par l'intégration d'équipements de plus en plus nombreux et sophistiqués tels que les systèmes de sécurité, les fonctionnalités multi-médias, les détecteurs de position, etc.

Ces détails sur la composition des sièges ainsi que sur leur mode de production permettent de mieux comprendre l'impact que les activités de FAURECIA génèrent sur l'environnement, aussi bien en termes d'utilisation de matières premières et d'énergie (lors de la phase de la fabrication) que de production de déchets (lorsque les produits arrivent en fin de vie). D'autre part, étant donné le nombre d'acteurs qui participent à la conception et à la fabrication des sièges, et la diversité de leurs fonctions, on perçoit l'ampleur et la difficulté de la mise en œuvre d'un changement dans les pratiques.

1.2. La notion d'environnement

Ce chapitre va nous permettre de présenter la notion d'environnement dans sa diversité ; nous prendrons en compte successivement les points de vue sociétaux et de l'industrie en précisant notamment le cycle de vie des produits et donc les multiples interactions que les produits industriels peuvent avoir avec l'environnement. Nous aborderons par la suite l'ensemble des exigences environnementales visant les entreprises (nous nous attacherons particulièrement à préciser le contexte réglementaire environnemental pour l'industrie automobile), puis nous préciserons les enjeux que l'environnement représente pour un grand groupe tel que FAURECIA.

1.2.1. L'environnement, une notion polysémique

Après avoir situé le contexte industriel de nos travaux, nous allons à présent nous attacher à préciser la notion fondamentale au cœur de cette recherche : l'environnement. Nous aborderons tout d'abord la question de la définition de cette notion, d'un point de vue général puis du point de vue de l'industrie, dans un deuxième temps nous verrons quelles sont les exigences réglementaires en matière d'environnement et de véhicules automobiles et nous terminerons ce chapitre par les enjeux attachés à cette notion du point de vue de FAURECIA.

1.2.1.1. Quelques définitions

L'environnement est une notion connue de tous, mais qui prend souvent une signification particulière suivant l'interlocuteur à qui l'on s'adresse[3]. Afin de limiter cette diversité et de préciser cette notion, nous allons donner dans les lignes qui suivent, non pas une définition absolue, mais plutôt un cadre à cette notion polysémique d'environnement. Nous présentons dans le présent chapitre une série de définitions du terme environnement.

L'Encyclopedia Universalis (édition 1999), ne définit pas directement le terme *environnement* mais renvoie à des domaines qui s'y rapportent, tels que l'éco-toxicologie, l'écologie humaine, la protection de la nature, les cycles bio géochimiques, le droit et la politique.
Le Petit Larousse (édition 2000) : « Ce qui entoure, ce qui constitue le voisinage. Ensemble des éléments physiques, chimiques ou biologiques naturels et artificiels, qui entourent un être humain, un animal, un végétal ou une espèce ».
Le Petit Robert (édition 2000) : « (1964, d'après l'américain *environment*) Ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) dans lesquelles les organismes vivants (en particulier l'homme) se développent. *Protection, politique, qualité de l'environnement*. Voir aussi **Ecologie.**
Cabinet BECA Environnement (consultant - 99) : « L'environnement est un système complexe composé d'éléments vivants et non vivants, réunis par de nombreuses relations ». Le terme d'écosystème terrestre est également évoqué.
Norme ISO 14 001 (1996) : Système de management environnemental, spécifications et lignes directrices pour son utilisation : « milieu dans lequel un organisme fonctionne, incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations (dans ce contexte le milieu s'étend de l'intérieur de l'organisme au système global) ».

Il est intéressant de remarquer la pluralité des définitions et le fait que les champs auxquels se réfèrent ces définitions puissent évoluer de la sorte[4]. Nous retiendrons en ce qui nous concerne les éléments suivants : l'environnement prend en compte les éléments vivants (animal, végétal et humain) et les éléments non vivants (minéral, ressources naturelles), leurs conditions d'existence ainsi que l'ensemble des relations existant entre eux (physiques, biologiques, chimiques, sociologiques etc..).

Outre la grande diversité des définitions proposées, on constate que cette notion prend des significations spécifiques suivant la fonction et les intérêts des différents acteurs de la société. Ainsi pour la majeure partie de la population (citoyens et consommateurs) l'environnement s'apparente principalement au cadre et à la qualité de vie (ce qui fait référence à la qualité esthétique du paysage naturel et/ou urbain, aux aspects sanitaires et de sécurité de la vie quotidienne, aux produits et services consommés).

---

[3] Pour se faire une idée de la diversité des points de vue à propos de la notion d'environnement, un exercice très simple consiste à demander à un groupe de personnes de définir spontanément ce que représente pour elles l'environnement. On obtient en général autant de définitions différentes qu'il y a de personnes, chacune apportant une vision partielle de cette notion.

[4] Une explication possible nous semble venir du fait que ce que nous cherchons à définir, à borner comme un élément extérieur, ne nous est finalement en rien extérieur puisque nous en faisons intégralement partie, quotidiennement et de manière assez naturelle.

Si l'on se place du point de vue de l'industriel, la perception de l'environnement correspondra au minimum aux niveaux de contraintes acceptables définis par la réglementation (lois, décrets, arrêtés préfectoraux qui régissent les impacts sur le milieu naturel : consommation d'énergie et de matières premières, rejets dans l'eau ou dans l'air, production de déchets solides, nuisances sonores etc). Du point de vue des élus, l'environnement se traduit par un enjeu de gestion et de développement des différentes formes d'activités sociales (rechercher les conditions de satisfaction des besoins des populations et de l'activité industrielle par exemple) tandis que pour les personnes engagées dans des actions non gouvernementales ou pour les militants de partis politiques, la perception pourra être plus radicale ou se focaliser sur un ou plusieurs aspects du respect de la nature.

Ces différents points de vue permettent de traduire à la fois la difficulté d'explicitation de la notion d'environnement et, également, la diversité de son appropriation par chaque acteur de la société. Pour compléter cette vision de l'environnement, nous allons dans le chapitre suivant préciser les relations qui existent entre les produits au sens large et l'environnement.

1.2.1.2. Les interactions produits/environnement

Pour préciser l'ensemble des interactions pouvant exister entre un produit et l'environnement, il faut non seulement considérer son utilisation (la fonction principale pour laquelle il a été conçu) mais également l'ensemble des étapes qui le caractérisent depuis la conception jusqu'à la mise au rebut, c'est-à-dire prendre en compte ce qu'il est convenu d'appeler le cycle de vie des produits (Cf. Figure 2).

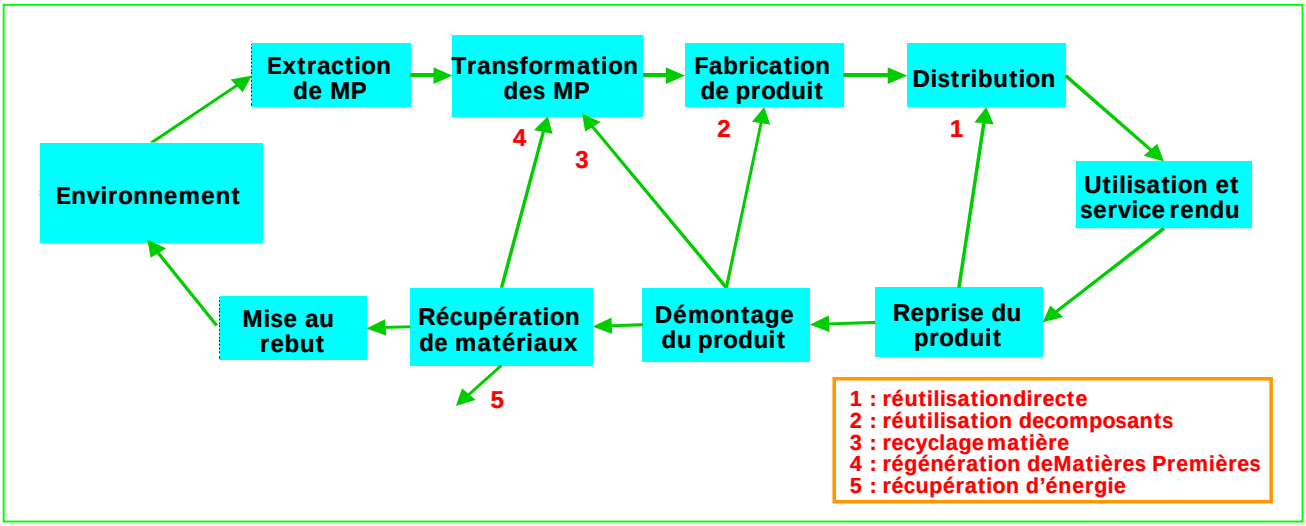


Figure 2 : Représentation d'un cycle de vie de produit intégrant différentes voies de valorisation

Cette modélisation de la vie d'un produit permet, de manière simplifiée, d'illustrer l'idée de cycle notamment du point de vue des matières utilisées : la fabrication et l'utilisation d'un produit nécessitent des matières premières et de l'énergie (prélevées dans et à partir de l'environnement) tandis qu'au moment de la fin de sa vie, le produit devient un déchet, généralement expulsé hors des structures de consommation et retourne dans la nature, son environnement originel en quelque sorte. Cependant, comme nous l'avons dit, cette vision est simplifiée car s'il est vrai que les constituants d'un produit sont extraits de l'environnement et

y retournent lors de leur mise au rebut, une telle représentation masque totalement les ponctions et rejets directement liés au produit durant chacune des phases du cycle de vie. Nous allons maintenant préciser ces aspects.

Détaillons la phase de fabrication du produit :

Pour mettre en évidence les impacts environnementaux générés par la fabrication d'un produit, il est utile de réaliser un graphe de flux. Ce type de représentation permet en effet de visualiser l'ensemble des flux de matières et d'énergie durant la phase du cycle de vie considérée, depuis leur ponction dans le milieu naturel (leur génération à partir du milieu naturel pour l'énergie) jusqu'aux différents types de rejets (émissions dans l'air, effluents dans l'eau et déchets solides).

La figure ci-dessous représente le graphe de flux (appliqué au cycle de vie complet) d'un produit relativement simple : une plinthe en PVC (Cf. Figure 3).

La lecture de ce schéma permet d'appréhender en partie la complexité des phénomènes entrant en jeu lors du cycle de vie complet des produits et, en conséquence, met en évidence la difficulté intrinsèque d'exploitation d'une telle évaluation.

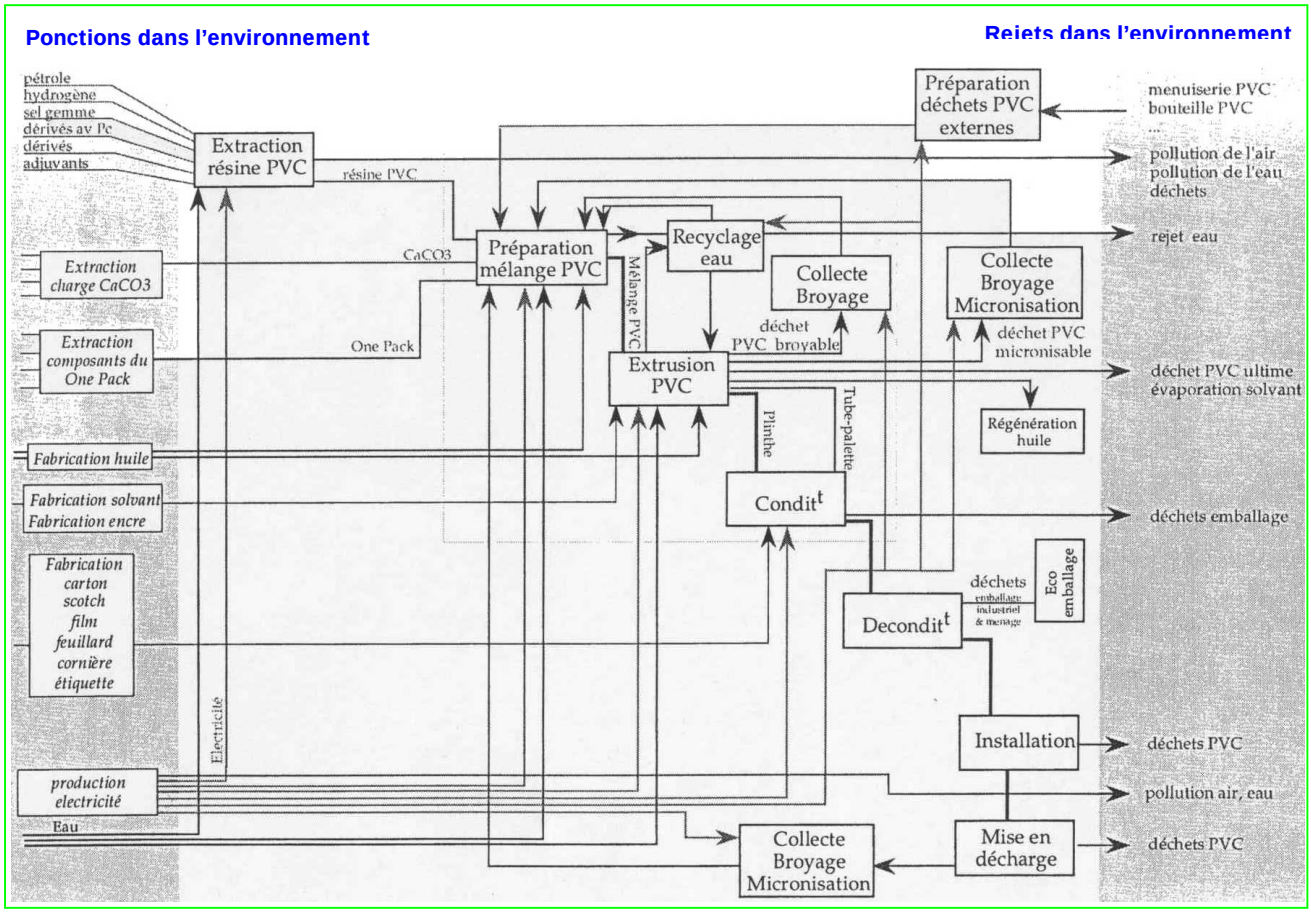


Figure 3 : Graphe de flux d'une plinthe en PVC (d'après [MILLET 95])

Ce premier niveau de complexité s'incrémente rapidement si l'on représente le graphe de flux d'un produit plus complexe (composé de plusieurs composants et de multiples matériaux) sur l'ensemble du cycle de vie du produit.

En effet, en considérant un produit composé de plusieurs centaines de pièces et de composants pré-assemblés (comme c'est le cas des sièges d'automobile), on constate que de multiples matériaux sont utilisés

et qu'eux-mêmes ont subi des séries de transformations et de traitements au préalable (voir le chapitre sur Faurecia et les sièges d'automobile). La complexité mentionnée précédemment (à propos d'un produit mono-pièce et mono-matière) s'en trouve logiquement multipliée d'un facteur au moins égal au nombre de pièces (chaque composant possédant un graphe de flux propre).

Dans une deuxième étape il faut réaliser la synthèse des différents flux sur le cycle de vie complet du produit, c'est à dire additionner l'ensemble des flux intervenant pour chacune des phases. Ceci conduit immanquablement à une augmentation du nombre et de la nature des flux et par conséquence à une complexification de l'évaluation à réaliser. Il faut à ce stade intégrer au cycle de vie les différentes voies de valorisation du produit (recyclage matière, valorisation chimique et énergétique, rénovation, réemploi, etc), qui se traduisent à leur tour par des flux de matière et d'énergie, avec la particularité qu'une partie d'entre eux peut venir en interaction avec les flux des autres phases du cycle de vie.

La dernière étape consiste à traduire chaque type de rejet en impacts réels sur l'environnement (il faut noter qu'un rejet donné se traduit généralement par un ou plusieurs impacts environnementaux, tels que l'effet de serre, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'acidification des sols, l'eutrophisation de l'eau, etc, et que ces impacts dépendent de la sensibilité du lieu d'émission) ; et ensuite réaliser un bilan global des impacts générés par le produit à partir des différents rejets.

Le cycle de vie d'un produit, présenté ainsi (avec ses différents effets et impacts réels sur l'environnement) donne une vision plus complète et précise de la multitude des phénomènes résultant de l'interaction produit/environnement et permet de concevoir le niveau de difficulté associé à une analyse environnementale. En complément, il faut préciser que la traduction des impacts générés par le produit dépend étroitement du niveau de détail des investigations : une idée trop schématique du produit et de son cycle de vie donnera une vision d'autant plus schématique des impacts. A l'opposé, et c'est un des avantages de ce type d'évaluation, une investigation rigoureuse mène à une vision beaucoup plus fine et plus globale des impacts environnementaux, à la fois sur le plan écologique (réalité des ponctions et rejets) mais également sur un plan géographique (où les impacts majeurs d'un produit ne sont pas forcément visibles sur le lieu même de son utilisation[5]).

De telles analyses permettent d'apporter une connaissance plus précise des impacts environnementaux et participent ainsi à la construction de mouvements de réflexion dépassant le seul cadre de l'environnement pour prendre en compte des aspects plus géopolitiques.

1.2.1.3. Les grands types d'approche pour intégrer l'environnement dans les entreprises

Face à l'étendue des impacts générés par les produits, la question s'est rapidement posée pour le monde de la recherche comme pour les industriels, de déterminer des voies d'amélioration possibles, permettant à terme, par une modification des pratiques industrielles, de minimiser les impacts environnementaux générés tout au long du cycle de vie des produits.

---

[5] C'est le cas de l'exploitation « anarchique » des essences de bois exotiques (produits dans les pays du Sud et commercialisés dans les pays du Nord) qui entraîne une déforestation massive des zones de production avec les conséquences désastreuses locales que l'on connaît, sans que jamais ces aspects ne soient pris en compte par les consommateurs.

De nombreux travaux ont ainsi été mis en place et ont donné lieu à un ensemble d'approches visant à rendre plus compatibles les activités humaines avec l'environnement. Dans la suite de ce chapitre, nous présenterons les principaux types de ces approches ainsi que leurs positionnements relatifs, en nous appuyant sur des propositions de catégorisation des approches d'intégration de l'environnement. Ceci nous amènera à discuter de leur complémentarité possible dans une logique d'amélioration continue.

1.2.1.3.1. Les propositions de catégorisation des approches

La littérature propose plusieurs types de classifications des approches destinées à intégrer l'environnement, qui ont toutes été réalisées dans le but de clarifier le panel des approches recensées.
En nous appuyant sur trois exemples de classifications, nous présenterons les spécificités des approches les plus courantes ainsi que les éléments qu'elles ont en commun.

Dès 1995, Pip GOGGIN propose lors d'un workshop en Angleterre (organisé par la Manchester Metropolitan University), un positionnement des différentes approches suivant un axe caractérisant leur tendance principale (Cf. Figure 4) [GOGGIN 95]. L'évolution suggérée par GOGGIN progresse depuis les approches à caractère très appliqué (dont le périmètre d'action ne concerne qu'une partie du cycle de vie du produit) vers les approches plus philosophiques (pour lesquelles les pratiques sont à la fois moins formalisées mais qui ont pour vocation d'être banalisées, intégrées dans les pratiques spontanées non seulement des industries mais également des populations), pour atteindre le stade du Développement Durable (objectif ultime de l'axe d'évaluation proposé).

Il propose alors un classement en six grandes catégories définies de la manière suivante :

- **Design for X (DfX)** : Conception pour X, où X peut signifier *assemblage, recyclage, montage, fabrication*, etc. Ces différentes méthodes agissent ponctuellement sur une phase déterminée du cycle de vie du produit sans considérer les autres phases et sans chercher à évaluer si l'action engagée peut modifier les données concernant les autres phases. Destinées à traiter des problèmes ponctuels, ces approches, même cumulées, ne permettent pas de prendre en compte le cycle de vie au sens d'une continuité d'activité.

- **Green design** : Notion qui englobe l'ensemble des méthodes relevant du DfX.

- **ECD / ECDM** : « Environmentaly Conscious Design and Manufacture » : dans ce cas, les critères environnementaux sont pris en compte dès les premières phases d'existence conceptuelle du futur produit, permettant ainsi d'influencer la totalité du développement du produit. La deuxième expression (ECDM) inclut la phase de fabrication du produit en plus de sa conception.

- **Sustainable Design** : La conception durable correspond plus à une démarche de réflexion sur les produits qu'à des préconisations d'actions. Elle doit permettre de concevoir des « produits durables » représentant des exemples tangibles de minimisation de l'utilisation des ressources non renouvelables pour les générations futures.

- **Sustainability** : c'est le but ultime de toutes ces approches, où tous les produits consommés sont intégrés dans une boucle d'utilisation fermée (chaque produit est renouvelable et fait lui-même appel à des matières premières et de l'énergie issues de cycles de vie d'autres produits. Il y a alors une interdépendances des cycles de vie des produits).

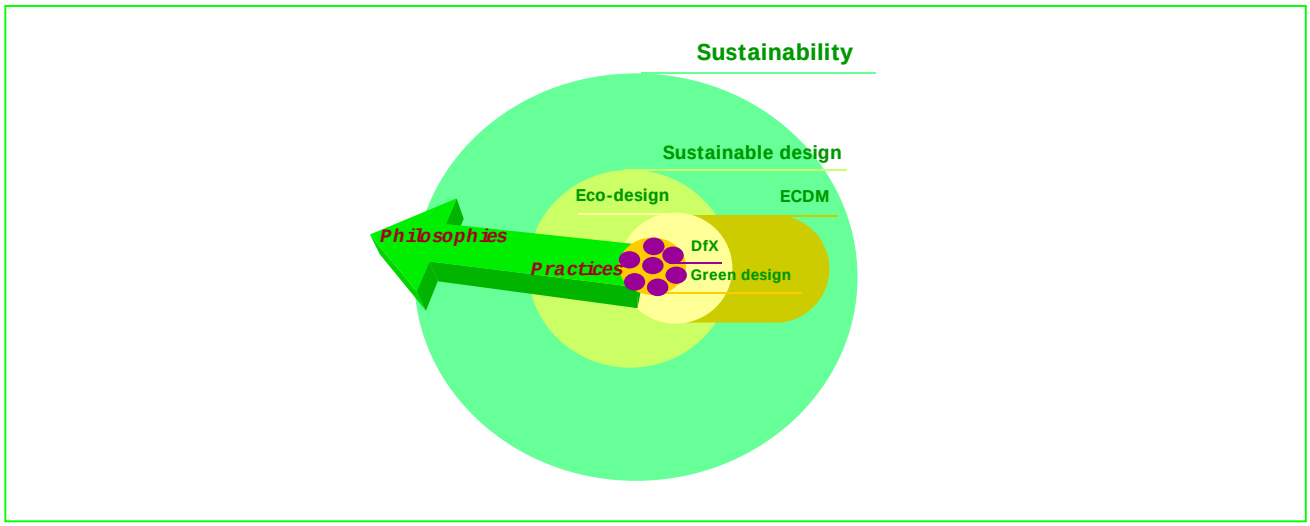


Figure 4: Relation entre les différentes approches de l'environnement (d'après [GOGGIN 95])

Une deuxième proposition est faites par Bert BRAS, du Georgia Institute of Technology qui propose en 1997, une classification de ces approches suivant deux dimensions (l'auteur parle des différentes approches de réduction des impacts environnementaux) : d'une part une échelle de temps (prenant en compte la durée de vie du produit considéré[6]) et d'autre part, une échelle des organisations (correspondant aux niveaux organisationnels associés aux modifications portant sur les différentes phase du cycle de vie du produit). Il identifie ainsi cinq grands types d'approches (Cf. Figure 5) et suggère une progression depuis les approches les plus ponctuelles vers les approches les plus globales (dans l'idée d'une amélioration continue). L'objectif à atteindre à travers ces différentes approches correspond dans ce cas également au développement durable.

[6] L'échelle de temps proposée n'est volontairement pas quantifiée afin que le modèle puisse être adapté à un spectre large de produits manufacturés. la durée moyenne du cycle de vie d'un produit peut aller de quelques mois pour les produits électroniques grand public jusqu'à 30 ans pour les avions et les bateaux et bien plus encore pour les constructions immobilières ; d'autre part, la durée de chacune des phases du cycle de vie peut également être très variable suivant les secteurs industriels considérés.

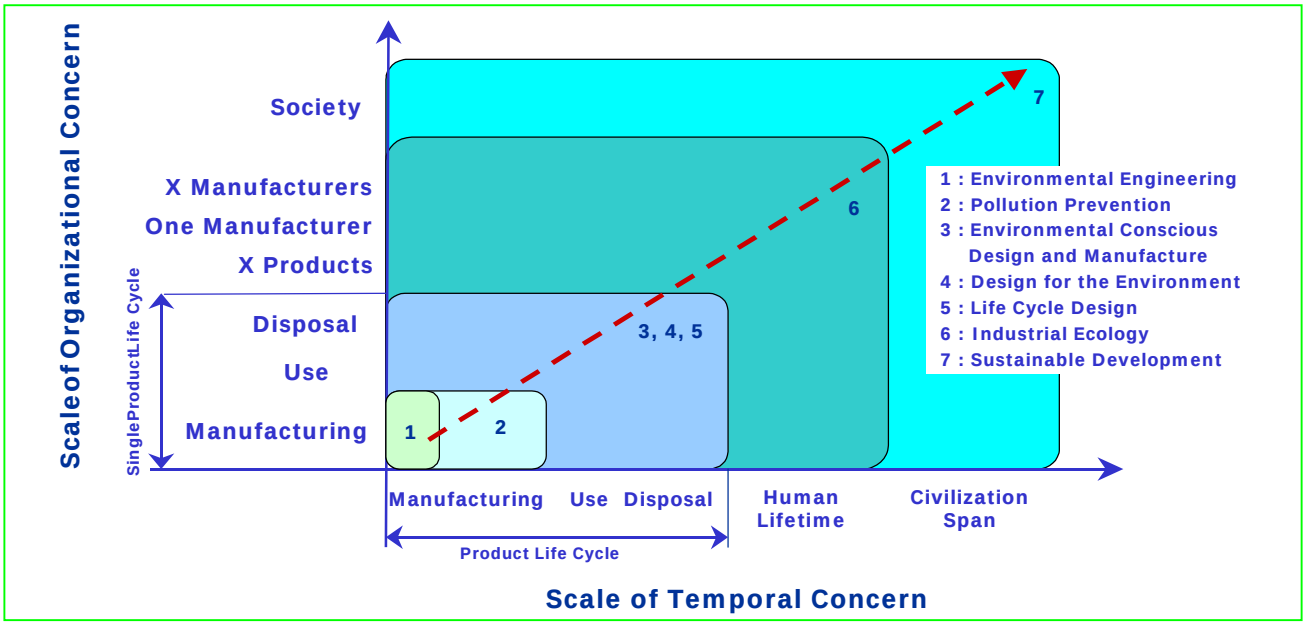


Figure 5 : Les différentes approches pour prendre en compte l'environnement (d'après [BRAS 97])

- **1- Environmental Engineering :** traitement de la pollution des eaux, de l'air, des déchets solides et des décharges. Actions correspondant à un traitement curatif des problèmes (que l'on appelle également actions de type « end-of-pipe »).

- **2- Pollution Prevention :** approche définie comme une alternative au traitement et à la mise en décharge des déchets et particulièrement des déchets pollués, recourant à des notions telles que la réduction des déchets à la source, le recyclage en boucle ouverte et /ou fermée, etc…

- **3- Environmentally Conscious Design and Manufacturing :** l'idée mise en avant par cette dénomination, est que la notion de conception pour l'environnement restera toujours une entreprise un peu utopique (dans le sens où un produit est rarement conçu dans le seul but d'être compatible avec l'environnement mais qu'il doit avant toute autre chose remplir ses fonctionnalités propres). Il est préférable de considérer qu'un produit générera des impacts sur l'environnement quels que soient les choix réalisés lors de sa conception, mais que ces impacts peuvent être diminués s'ils font l'objet d'une prise en compte équitable par rapport aux autres critères de conception, depuis les premiers choix de conception, jusqu'à la fin du développement.

- **4- Design for the Environment :** ce type d'approche a une signification très proche de la catégorie précédente : il s'agit de prendre en compte dès les phases de conception, l'ensemble des nuisances environnementales que peut générer le produit sur l'ensemble de son cycle de vie, et d'essayer de les réduire au maximum.

- **5- Life Cycle Design** : expression relevant du même domaine que les deux précédentes, à savoir qu'on considère l'ensemble des impacts potentiels du produit sur tout son cycle de vie, « du berceau à la tombe ».

- **6- Industrial Ecology** : approche plus générale qui veut prendre en compte non plus un seul produit fabriqué par un seul acteur industriel, mais une diversité de produits fabriqués dans des industries n'appartenant pas nécessairement au même secteur industriel. Cette approche s'inspire des échanges multiples existant entre les écosystèmes biologiques et considère que le système industriel doit être considéré comme un élément à part entière de l'écosystème terrestre et non plus uniquement comme une source de nuisance.

- **7- Sustainable Development and Technology** : approche la plus générale, qui défend l'idée que le cadre dans lequel s'effectue le développement actuel de la société ne doit pas nuire aux générations futures aussi bien sur le plan environnemental, social, qu'économique. Il y a dans cette vision du développement (vision nécessairement à long terme), une volonté de réflexion sur le mode de fonctionnement de la société. Les implications de cette approche dépassent les périmètres des entreprises ou des filières industrielles, pour considérer de manière exhaustive les flux de matières, d'énergie et de déchets (jusqu'à prendre en compte la dimension internationale des filières considérées).

Notre troisième exemple, proposé par MILLET positionne les différentes approches environnementales en fonction, d'une part de leur période d'utilisation dans l'industrie (évolution chronologique des approches) mais également en fonction de la considération attribuée à la dimension environnement au sein de l'entreprise, [MILLET et al. 01]. Les approches environnementales sont ainsi regroupées au sein de trois grands groupes, suivant qu'elles se traduisent au sein des entreprises comme une nouvelle contrainte, un nouveau critère usuel ou une nouvelle valeur de développement (Cf. Figure 6). La construction de ce classement traduit l'idée d'une évolution nécessaire des approches depuis les plus ponctuelles, répondant à des exigences précises, vers des approches à caractère plus global correspondant à un traitement préventif et innovant des problèmes, qui donnent à l'entreprise des atouts supplémentaires de développement.

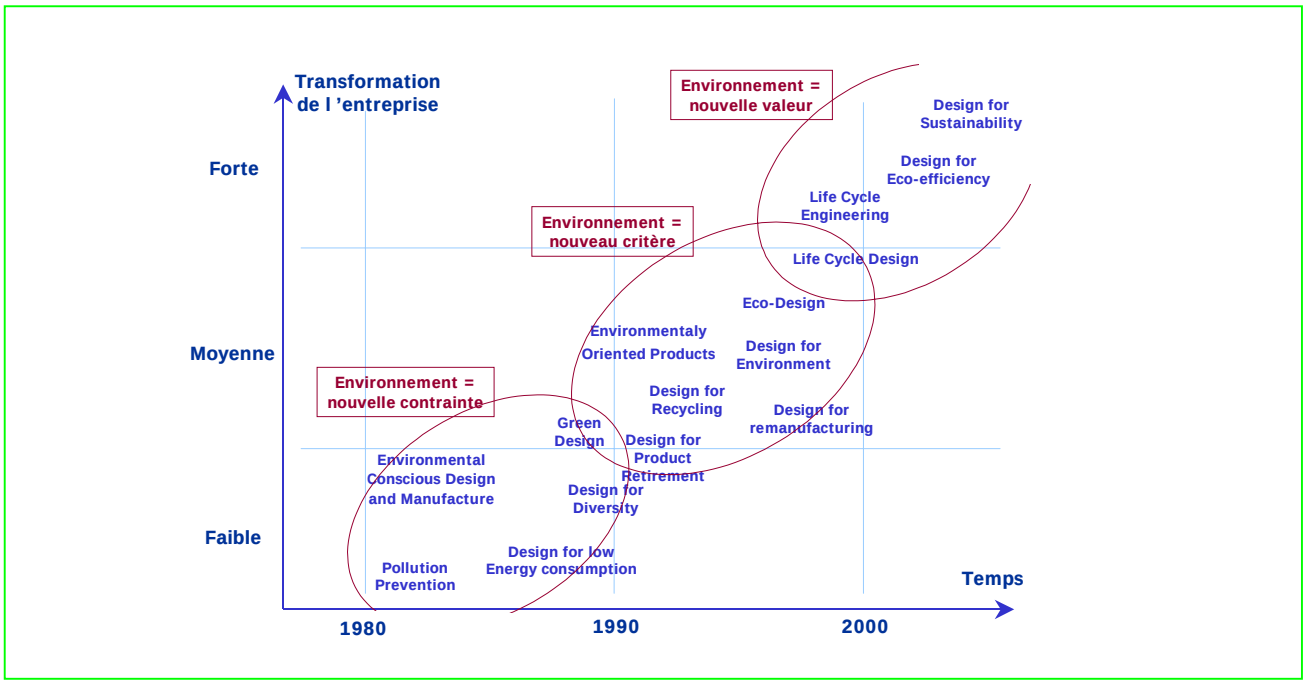


Figure 6 : Typologie des différentes démarches environnementales (d'après [MILLET et al. 01])

De nombreuses autres classifications existent dans la littérature. Issues de travaux de recherche[7] ou d'expériences industrielles[8], elles portent le plus souvent sur une classification des moyens d'application des différentes approches citées précédemment (outils et méthodes nécessaires à la concrétisation de toute démarche environnementale). Cette partie du problème sera traitée dans la suite de ce document (au cours du chapitre « Problématique »).

Les représentations que nous avons abordées, en plus de refléter la diversité des points de vue existant en la matière, mettent en évidence deux éléments essentiels du champ de recherche sur l'intégration de l'environnement :

Premièrement, il y a une volonté de la part de l'ensemble des acteurs de clarifier le paysage des ressources disponibles, afin d'en faciliter la compréhension et d'en simplifier la sélection pour les utilisateurs potentiels (avec l'idée que pour être fructueuse, la prise en compte de l'environnement dans les processus industriels, ne peut être le simple fait de l'application d'un seul type d'approche, mais doit résulter d'une combinaison harmonieuse d'approches complémentaires, dans une logique d'amélioration continue).

Deuxièmement, il est intéressant de remarquer que si chaque classification possède une spécificité (que ce soit la nature du référentiel ou encore le nombre de catégories d'approches), un consensus apparaît à propos, d'une part de l'articulation générale des différentes approches (depuis les plus appliquées, qui s'inscrivent dans un contexte de traitement curatif des problèmes, vers les plus conceptuelles correspondant à des démarches résolument préventives et participant au développement de l'entreprise), et d'autre part, à propos de leur aboutissement, le développement durable remportant l'unanimité des opinions quant à l'objectif à atteindre.

Nous allons maintenant détailler les plus représentatives de ces approches ainsi que les conséquences qu'elles impliquent sur les entreprises. Afin de clarifier notre propos, nous les avons scindées en deux groupes : d'une part les approches ayant un caractère normatif ou analytique (qui font appel à un cadre de travail préétabli et reproductible), et d'autre part celles ayant un caractère plus stratégique (pour lesquelles le cadre de travail, qui découle d'un concept directeur, doit être re-conçu pour chaque nouvelle situation afin d'être le plus adapté possible aux activités considérées).

1.2.1.3.2. Les approches à caractère normatif ou analytique

Dans ce paragraphe, nous avons regroupé les approches que nous avons nommées « normatives » et qui répondent à l'un des deux critères suivants :

- Existence d'un formalisme reconnu et partagé à l'extérieur de l'entreprise (la démarche est suffisamment codifiée pour pouvoir être reproductible),
- Existence d'un cahier de charges technique précis permettant une mise en pratique immédiate.

---

[7] [EHRENFELD 97], [DEEDS 99], [JANIN 00] et **FET** A.M., A classification of methods and tools for environmental performance improvement, in NTNU's Industrial Ecology Programme, Products oriented environmental measures, 2000, www.epa.gov.

[8] Digital Equipment Corporation, **ROLL** et al., A primer on design for environment, 1998, cité dans [MILLET et al. 01],
MCC, Micro electronics and computer technology corporation, 1997, www.mcc.com/projects.

Dans l'industrie, les approches relevant de cette catégorie sont elles-mêmes divisées en deux catégories bien distinctes. L'environnement est en effet considéré de manière spécifique suivant que l'on s'intéresse aux aspects liés à la production (approches sites) ou aux aspects liés aux produits (approches produits).

Les approches sites et les approches pour les organisations

La norme ISO 14001, la plus ancienne (elle ne date cependant que de 1996) donne un cadre à la mise en place d'un système de management environnemental. Elle est particulièrement adaptée aux sites de production mais on constate également que les collectivités locales ont de plus en plus recours à cette norme[9]. Du fait de l'obligation de respect de la réglementation (spécifiée dans un des chapitres de la norme) cette norme impose une gestion maîtrisée de l'ensemble des flux de matière et d'énergie liés à la fabrication du produit ou au fonctionnement d'une organisation (ce qui inclut également les déchets et l'ensemble des effluents, considérés comme des flux sortants). Pour autant cette norme n'impose pas de cadre spécifique concernant les produits fabriqués[10]. Les systèmes de management environnementaux (de type ISO 14 001 ou EMAS – équivalent européen de la norme ISO) appartiennent donc à cette catégorie. Par rapport aux classifications présentées dans le chapitre précédent, les approches de type « end-of-pipe » et prévention de la pollution relèvent de cette catégorie d'approches « normatives ».

Les approches produits : l'éco-conception

Plus récemment, et pour pallier le manque de prise en compte des impacts générés par les produits au delà de leur phase de production, des travaux de recherche ont été engagés notamment dans le domaine normatif. Ils ont donné lieu en France à la rédaction d'un fascicule de documentation (FD X 30-310) en 1998 et font actuellement l'objet de travaux de développement au nouvel ISO (projet de norme 14 062 sur la prise en compte des aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits, qui doit être publié dans le courant de l'année 2002). Le deuxième élément que nous avons inclus dans cette partie concerne les approches basées sur l'Analyse de Cycle de Vie (méthode d'analyse environnementale permettant de comparer des produits par rapport à un produit de référence, à partir d'un inventaire exhaustif des impacts environnementaux générés tout au long de leur cycle de vie). Cette méthode qui fait l'objet d'une série de normes (ISO 14 040[11]) permet de cerner de manière particulièrement détaillée et globale les impacts générés par le produit en intégrant non seulement les aspects sites (liés à la fabrication du produit) mais également les aspects conception, utilisation, fin de vie, etc. Les entreprises disposent ainsi d'un cadre très précis d'utilisation de cette méthode et peuvent l'appliquer à tout type de produit (les difficultés majeures de ce type d'analyse résultent de la définition de l'unité fonctionnelle choisie, du choix du produit de référence, de la disponibilité des données techniques, de la durée et de l'investissement financier de l'étude).

---

[9] • Collectivité et entreprises : la séduction environnementale ; • Une première : L'EMAS pour un parc d'activité, parc industriel de la plaine de l'Ain déjà certifié ISO 14001, Cécile VLICQUOT de MENTQUE Environnement Magazine, nov. 2001, n° 1602,

• La ville et l'enjeu du développement durable, rapport remis au Ministère de l'Environnement, www.ladocfrancaise.fr

• L'éducation nationale passe par l'ISO 14 001, Laurence MADOUI, Environnement Magazine, février 01, n°1594.

[10] L'utilisation de la norme dans le but de mettre en place un système de management environnemental sur un site de fabrication de batteries au plomb, ne donne d'indication ni sur les qualités environnementales du produit ni sur des voies d'amélioration possibles.

[11] La première norme de la série (iso 14 040 : Principes et cadre de l'ACV) date de 1997, la norme sur la définition des objectifs, la réalisation de l'inventaire (14 041) date de 1998 tandis que les deux dernières de la série (14 042 et 14 043 relatives à l'évaluation et à l'interprétation des impacts du cycle de vie) ont été publiées en 2000.

En plus de ces normes, nous regroupons dans cette catégorie, les approches de type DfX dont l'utilisation et la diffusion dans l'industrie ont permis d'éprouver leur reproductibilité, l'exemple le plus caractéristique étant le logiciel de DFMA[12] développé par Boothroyd & Dewhurst Inc., qui permet de prendre en compte lors des phases de conception, les aspects fabrication et assemblage du futur produit [JOHNSON 97].

Un autre type d'approches, utilisé notamment dans l'industrie automobile, peut être intégré dans cette catégorie : ce sont les approches DfR (où R signifie *reuse* pour réutilisation). Appliquées le plus souvent pour rénover des pièces mécaniques complexes et à forte valeur ajoutée (rénovation de blocs moteurs, boites de vitesse et composants de transmission pour automobiles) ces approches prennent en compte dans la conception de ces produits, l'interchangeabilité des pièces d'usure, l'accessibilité des points de contrôle, etc. Bien que les cahiers de charges restent la propriété des constructeurs d'automobiles et ne soient pas en libre accès (comme le sont les normes internationales), ces documents répondent à des critères méthodiques suffisamment précis et à une utilisation suffisamment validée industriellement pour pouvoir être intégrés dans cette catégorie d'approches.

Les approches appartenant à cette catégorie permettent en définitive de traiter des problèmes circonscrits et clairement identifiés (comme c'est le cas pour l'application de la norme ISO 14 001) ou encore, d'investiguer de manière rigoureuse de nouvelles voies possibles d'amélioration des produits (c'est le cas de la norme ISO 14 040). Le fait de recourir à de telles approches donne aux utilisateurs une certaine assurance quant à l'obtention de résultats et de solutions (principalement du fait de l'existence d'expériences préalables et d'une reconnaissance à grande échelle de la méthode proposée). Cependant, la stricte application des approches de type normatif induit peu de prise de risque et limite en quelque sorte la capacité à rechercher des solutions innovantes ; de plus, les approches de cette catégorie sont destinées, à terme, à être utilisées de manière généralisée dans l'industrie et ne peuvent constituer en ce sens le seul élément moteur du développement des entreprises.

1.2.1.3.3. Les approches à caractère stratégique

Cette catégorie d'approches s'appuie sur une ou plusieurs idées centrales, sur des concepts fondateurs et ne possède pas de trame prédéfinie d'application. C'est en fait une certaine vision des produits qui est proposée, plus qu'une méthode de résolution de problèmes. Les expériences qui s'en inspirent correspondent à une traduction contextualisée (par rapport à la nature du produit et au secteur d'activité de l'entreprise) de ces concepts ; ainsi chaque réalisation participe de façon incrémentale à la construction de la démarche (par les nouveaux exemples possibles de concrétisation des principes fondateurs qu'elle propose).
BOUNI, à propos de la définition des indicateurs du développement durable, parle de « démarches constructivistes » avec l'idée qu'il appartient à la communauté des acteurs utilisant ces approches d'en préciser le contenu, d'en matérialiser les concepts [BOUNI 98]. Ces approches sont, en quelque sorte ; en perpétuelle construction, leur richesse étant fondée sur la diversité des expériences qu'elles ont inspirées. Il faut également noter qu'elles ne répondent pas à des critères aussi formels que ceux de la catégorie normative.

---

[12] DFMA : Design For Manufacture and Assembly, ce logiciel a été utilisé par de grandes entreprises aux Etats-Unis, telles General Electric Plastic Division, Magna Interior Systems, Cf. www.dfma.com/software/dfe.html

Dans cette catégorie, nous avons regroupé les trois principaux types suivants :

- L'éco-conception
- L'écologie industrielle
- Le développement durable

Nous allons dans les paragraphes suivants, expliciter ces trois types d'approches, puis nous illustrerons à l'aide d'exemples concrets la diversité de leurs applications.

■ L'éco-conception

Traduction française des expressions « Life Cycle design » ou « Design for the Environment », l'éco-conception a pour vocation de prendre en compte dès les premières étapes de conception l'ensemble des impacts environnementaux que le produit est susceptible de générer au cours de son cycle de vie. Il ne s'agit plus de traiter uniquement la capacité du produit à être recyclé ou bien d'optimiser sa consommation d'énergie lors de son utilisation, mais d'avoir une action globale de réduction des impacts environnementaux. Si la définition de ce type d'approche est relativement simple à formuler, sa mise en application se traduit concrètement par une diversité importante d'actions. En effet, suivant le secteur d'activité, le produit concerné et les moyens (financiers et techniques) disponibles, les entreprises développent des stratégies sur-mesure afin de traduire au mieux les principes de l'éco-conception dans leurs pratiques quotidiennes.

En 1994, dans un ouvrage sur la mise en œuvre des engagements du sommet de la Planète Terre (sommet de Rio en 1992), les auteurs, en proposant une liste de près de quarante propositions d'amélioration de la performance d'une entreprise en matière d'environnement, donnent une première idée de la diversité des actions qui peuvent être engagées dans ce domaine [DOC. 94]. Il y est notamment fait référence à la formation de l'ensemble du personnel pour introduire l'idée d'évaluation environnementale d'un produit, au développement de procédés de fabrication et de produits propres, de sensibilisation et de cohérence des actions sur l'ensemble des chaînes de fournisseurs, sur la formulation de pratiques d'utilisation des produits ainsi que sur leurs impacts environnementaux potentiels.

Une publication de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) a rassemblé en 1999 près d'une centaine d'exemples de réalisations industrielles développées en intégrant l'éco-conception [ADEME 99]. Ces projets, issus de tous les secteurs de l'industrie (habillement, transport, emballage, énergie, mobilier, outillage, produits électroniques, bâtiment, etc) ont permis de mettre en avant au total neuf axes principaux d'éco-conception (Cf. Figure 7 - chaque projet considéré individuellement s'appuie en moyenne sur deux à trois axes de développement). Les deux exemples suivants, extraits du recueil de l'ADEME, permettent d'illustrer des voies d'amélioration possible des produits et montrent que tout type de produit peut être amélioré pour peu que l'on prenne en compte dans leur conception des critères environnementaux.

Dans le domaine de l'emballage, une firme Danoise a revu la conception de ses produits sur la base de critères d'éco-conception, ce qui s'est traduit par une modification des formes permettant d'empiler les emballages (gain de volume lors de leur transport) et un choix de matière particulièrement bénéfique d'un point de vue environnemental, les emballages étant réalisés avec de la matière 100% recyclée qui, en fin de vie, peut être, soit à nouveau valorisée dans la filière papier carton existante, soit compostée. Dans ce cas, les

choix des concepteurs ont permis de limiter la consommation de matière première, de réduire les impacts des phases de transport et de faciliter la recyclabilité en fin de vie.

Dans le domaine de l'équipement urbain, Schlumberger a réalisé un horodateur autonome d'un point de vue énergétique en l'équipant de capteurs solaires et de batteries. Ainsi le produit ne nécessite aucune intervention de raccordement au réseau électrique local, les nuisances provoquées par les travaux (bruit, énergie, déchets) sont évitées et de plus, ce produit ayant été conçu avec une architecture modulaire, son démontage en fin de vie pour une valorisation optimisée s'en trouve facilité.

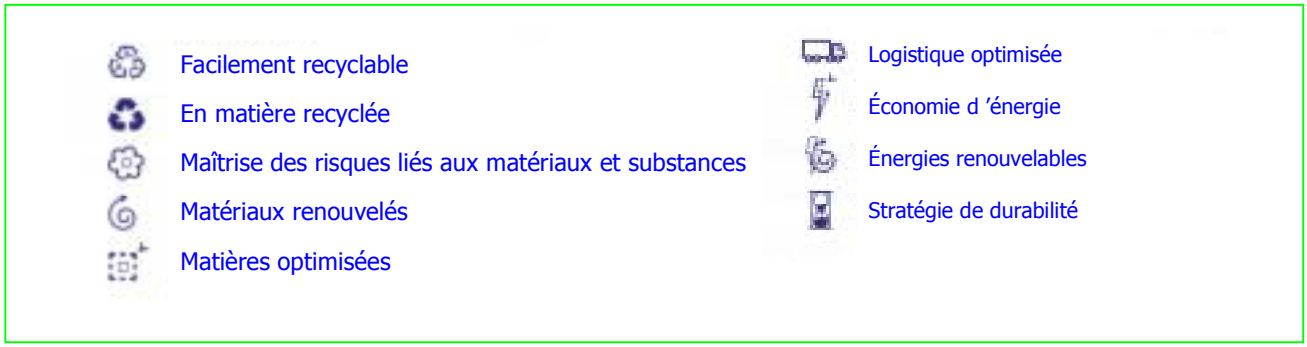


Figure 7 : Les neufs axes principaux d'éco-conception proposés par l'ADEME

Il est difficile aujourd'hui de donner une liste exhaustive de l'ensemble des voies possibles d'éco-conception, tant les possibilités sont nombreuses. Il apparaît ainsi que la meilleure manière de procéder pour une entreprise est de développer une stratégie personnelle prenant en compte à la fois ses facteurs internes de diversité (gamme de produits, procédés de fabrication, etc) en identifiant les paramètres les plus critiques de son activité vis à vis de l'environnement. L'ADEME traduit cette situation en précisant qu'il n'y a pas de recette universelle : à chaque entreprise de choisir, en fonction de ses produits et de son mode d'organisation, parmi les ressources existantes, celles qui sont les mieux adaptées ou de développer ses propres ressources.

■ L'écologie industrielle

Comme nous avons commencé à le voir avec les classifications précédentes, l'écologie industrielle est une approche de l'environnement qui dépasse le périmètre du produit seul ou de l'entreprise seule. EHRENFELD précise que ce concept prend toute sa signification lorsque l'on raisonne au niveau de la société (au sens du type d'organisation prédominante dans la civilisation occidentale), alors qu'au niveau de l'entreprise seule il n'a que peu de sens [EHRENFELD 97_1]. Ce concept s'intéresse, avec une vision macroscopique des choses, aux systèmes industriels en tant qu'éco-systèmes[13] particuliers (comme une configuration de flux et de stock de matières, d'énergie et d'informations). En s'inspirant des connaissances sur les écosystèmes et la biosphère, l'écologie industrielle cherche à déterminer les transformations susceptibles de rendre les systèmes industriels compatibles avec un fonctionnement « normal » des écosystèmes biologiques.

[13] Rappel : un écosystème est l'ensemble des populations existant dans un même milieu et présentant entre elles des interactions multiples.

ALLENBY et GRAEDEL définissent cette approche comme étant la conception des produits et processus industriels intégrant la perspective duale de la compétitivité des produits et de la protection de l'environnement , cette perspective intégrant notamment une optimisation des facteurs suivants : ressources en matières premières, ressources en énergie et investissements [ALLENBY et al 95]. Une illustration de ces voies d'optimisation est donnée dans leur ouvrage sous le terme d'éco-efficacité (*eco-efficiency*), qui se traduit par la capacité à produire plus de biens et de services tout en réduisant de manière continue les consommations en ressources ainsi que la pollution.

Parmi les nombreuses définitions présentes dans la littérature, celle de FROSH élargit la nature des flux impactant l'environnement (en plus des matières premières et de l'énergie) en proposant de prendre en compte les flux de capitaux, de travail et d'informations. Il précise que les impacts de ces flux doivent être modérés par une influence conjointe des facteurs techniques, économiques, politiques, réglementaires et sociaux [FROSH 99].

ERKMAN 1998 a réalisé un important travail de synthèse[14], dans lequel il présente les apports de l'écologie industrielle par rapport au management traditionnel [ERKMAN 98]. Il met ainsi en cause la focalisation des entreprises sur les produits (pour lesquels la grande majorité des forces vives de l'entreprise est actuellement mobilisée tandis que la gestion des déchets et les questions d'environnement sont abandonnées à des départements plus ou moins marginaux) et rappelle la nécessité et l'intérêt de pratiquer, en plus des relations concurrentielles, une forme de management « over the fence » (au delà du périmètre de l'entreprise), une collaboration interentreprises afin d'assurer une gestion optimale des ressources.
Pour faire évoluer les systèmes industriels actuels vers une forme d'écosystème, l'écologie industrielle propose quatre axes de transition :

1 - valoriser les déchets comme ressource.
2 - boucler les cycles de matière et minimiser les émissions dissipatives (ce qui inclut dans la conception des produits de prévoir la remise en état, la réutilisation, le démontage sélectif, etc).
3 - dématérialiser les produits (accroître la productivité des ressources, par une augmentation de la valeur ajoutée par unité de masse) et les activités économiques.
4 - décarboniser l'énergie.

L'exemple maintenant connu de la symbiose de la ville de Kalundborg, illustre particulièrement bien les deux premiers axes de transition ci-dessus[15]. L'aspect dématérialisation des produits et des activités économiques reprend l'idée d'éco-efficacité et commence à faire évoluer la traduction des besoins vers des services plutôt que vers des produits et enfin, l'idée de décarbonisation de l'énergie illustre la notion d'efficacité mais dans le domaine de l'énergie cette fois (par l'utilisation progressive d'hydrocarbures à teneur en carbone[16] de plus en plus faible).

---

[14] En s'appuyant notamment sur les travaux américains cités précédemment.

[15] KALUNDBORG est une petite ville du Danemark où les entreprises ont instauré au fil des ans un système de valorisation mutuelle des déchets et sous-produits pour former une sorte de « symbiose industrielle » comprenant une centrale électrique, une raffinerie de pétrole, une usine de fabrication d'enzymes et d'insuline, une usine de construction de panneaux pour le bâtiment et la municipalité.

[16] Passage du charbon au pétrole, puis au gaz par exemple.

Bien que la mise en œuvre d'organisations telles que la symbiose de Kalundborg pose un certain nombre de problèmes (notamment par la diversité industrielle qu'elle impose pour un même site et également par la nécessaire stabilité à long terme des acteurs industriels), la création de manière plus systématique de parcs éco-industriels (espace où les entreprises coopèrent pour optimiser l'usage des ressources, notamment en valorisant mutuellement leurs déchets) impose en définitive plus d'anticipation et de volonté de la part des acteurs institutionnels que de réels investissements.

Cette vision commence petit à petit à être acceptée dans le milieu industriel, du fait des avantages économiques identifiés, qui sont renforcés par l'augmentation du coût de traitement des déchets et la perspective d'élimination à terme des décharges classiques (contenant des déchets valorisables[17]). On peut également observer dans les grandes manifestations industrielles, qui jusqu'à présent se focalisaient sur le traitement des déchets et de la pollution ou sur la mise en place de systèmes de management environnementaux, l'apparition de débats sur le thème de l'écologie industrielle appliquée à la gestion des parcs industriels[18]. Ce type d'approche, du fait de son influence au niveau sociétal a été identifié comme un moyen de modification de nos habitudes de réflexion, de conception et de consommation, permettant d'atteindre le développement durable, le moyen d'initier « l'évolution depuis le paradigme de croissance économique pur vers un paradigme de croissance durable » [AYRES 98].

■ Le développement durable

Cette expression qui fait dorénavant partie du langage usuel (tant dans la presse que dans les interventions politiques), est relativement récente puisqu'on s'accorde à dire qu'elle a été employée pour la première fois officiellement dans le rapport BRUNDTLAND en 1987[19].

Bien que la littérature aujourd'hui s'enrichisse régulièrement de nouvelles définitions ou de compléments de définitions, pour notre part nous retiendrons celle donnée dans le rapport Brundtland :

« le développement durable correspond à un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (prise en compte de manière équitable des aspects économiques, écologiques et sociaux). Cette notion intègre deux concepts clés :

- le concept *de besoin*, notamment les besoins essentiels des populations les plus pauvres qui doivent être traités en première priorité, et
- l'idée de *préservation* de l'environnement, imposée par le développement des technologies et des organisations sociales, afin de préserver la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins » [BRUNDTLAND 87].

Cette idée de développement durable a d'ailleurs été reprise quelques années plus tard au Sommet de Rio en 1992 lors de la conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement Durable. On voit clairement apparaître dans cette définition, la dimension politique d'un tel concept et l'engagement planétaire que son application pratique requiert. Ainsi, bien que certaines idées de la définition de l'Ecologie

---

[17] La loi sur les conditions de mises en décharge de 1975, modifiée en 1992, prévoit la suppression des décharges de classe II à partir du 1er janvier 2002.

[18] Présentation d'une symbiose industrielle autrichienne à l'échelle d'une région – Styrie, lors d'un colloque européen organisé pendant le salon Pollutec 2001 – intervenant Dr. Erich SCHWARZ de L'Insitute for Environmental Innovation Management de Graz.

[19] Rapport sur l'état du développement et de l'environnement mondial, rédigé par Madame BRUNDTLAND (premier ministre de Norvège), à l'initiative de la CMED Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (mandatée par les Nations Unies).

Industrielle soient reprises dans les propositions pour concrétiser la « durabilité » (comme l'idée de préservation des ressources et de dématérialisation des produits), le concept de Développement Durable se veut à la fois plus global (actions cohérentes à l'échelle planétaire) et plus réaliste (affirmation de la nécessité d'un développement économique).

Concept particulièrement fédérateur du fait de l'inspiration indéniablement humaniste et solidaire de ses principes, une conséquence de ce concept très global reste la difficulté de sa mise en application.

La présentation de deux exemples détaillés de propositions pour la mise en application du Développement Durable (à l'initiative des NationS Unies d'une part - vision des dirigeants politiques - et du BCSD d'autre part - vision des dirigeants industriels) va nous permettre d'illustrer la diversité des actions possibles pour la concrétisation du Développement Durable (Cf. Tableaux 2 et 3).

Propositions des Nations Unies pour le Développement Durable		
Dimension sociale	Dimension économique	Dimension environnementale
• Réduction du taux de chômage. • Equité des salaires hommes/femmes. • Amélioration des taux de scolarisation (en primaire et en secondaire). • Augmentation du taux d'alphabétisation. • Augmentation du taux d'accès à l'eau potable. • Accessibilité à des installations d'évacuation et de traitement des eaux usées. • Systématisation des vaccinations contre les maladies infectieuses. • Augmentation des possibilités d'accès à la contraception. • Nature des dépenses nationales de santé.	• Favoriser les investissements locaux. • Maîtriser les coûts environnementaux à l'échelle nationale. • Stabiliser la consommation énergétique annuelle par habitant. • Augmenter la part de consommation d'énergies renouvelables. • Développer des financements nouveaux pour le développement durable. • Favoriser l'acquisition de biens d'équipement respectueux de l'environnement.	• Favoriser le traitement adapté des eaux usées. • Stopper le déversement de pétrole dans les eaux côtières. • Maîtriser l'utilisation de pesticides et d'engrais agricoles. • Favoriser l'entretien des forêts. • Limiter les émissions de gaz à effet de serre. • Limiter la consommation de substances détruisant la couche d'ozone. • Stabiliser puis réduire la concentration en polluants atmosphériques. • Favoriser la réutilisation et le recyclage des déchets. • Minimiser la production de déchets dangereux. • Limiter la production de déchets radioactifs.

Tableau 2 : Propositions d'axes de travail pour la mise en place du Développement Durable (point de vue politique)

Suite au Sommet de Rio, des dirigeants[20] de multinationales se sont regroupés pour réfléchir ensemble sur la manière de s'engager concrètement vers un Développement Durable. Ils ont ainsi formé le Business Council for Sustainable Development (BCSD) et ont proposé un ensemble de mesures regroupées dans l'ouvrage de S. SCHMIDHEINY [SCHMIDHEINY 92]. En nous appuyant sur le contenu de cet ouvrage ainsi que sur les informations proposées sur le site du BCSD, nous présentons ci-dessous un ensemble de mesures concrètes illustrant le point de vue des industriels.

[20] La déclaration du BCSD en 92 a été signée par 50 dirigeants de multinationales ; aujourd'hui ce groupe comprend près de 200 dirigeants. (Cf. [SCHMIDHEINY 92] et www.wbcsd.org)

Axes de développement industriel et environnemental
• Amélioration des rendements énergétiques. • Réduction du poids et du volume des produits. • Augmentation de la durabilité des produits. • Augmentation de l'aptitude à la maintenance. • Prévoir la réutilisation et la valorisation des produits. • Intégrer l'ensemble du cycle de vie des produits. • Utiliser des procédés de fabrication plus propres (en recourant par exemple à des matériaux ou procédés de substitution, peintures, CFC, traitements de surface…). • Inciter à la prise de responsabilité de l'entreprise à l'extérieur de ses sites (par la gestion de réserves naturelles par exemple). • Mieux maîtriser la sécurité liée au transport des produits dangereux. • Instaurer des collaborations interentreprises. • Influencer la chaîne des fournisseurs. • Développer des stratégies d'approvisionnements en énergie et en matières premières plus locales. • Préserver l'équilibre des écosystèmes en développant les cultures locales. • Former le personnel pour développer ses compétences et augmenter la productivité. • Veiller à l'équilibre Nord-Sud en favorisant les transferts de technologie. • Valoriser les entreprises motivées par la mise en place d'indicateurs boursiers spécifiques.

Tableau 3 : Propositions du BCSD pour mettre en œuvre le Développement Durable
(d'après [SCHMIDHEINY 92] - point de vue industriel)

Ces nombreuses propositions illustrent la variété des actions possibles pour concrétiser le concept de développement durable et montrent également que les niveaux d'intervention vont de la dimension la plus locale (formation des personnels d'entreprise, modification des méthodes de conception des produits) à la plus internationale (gestion planétaire des ressources non renouvelables et de l'énergie).
Un tel engagement implique d'accepter une mutation profonde des fonctionnements actuels, en modifiant à la fois les modes de production, les modes de consommation et les organisations et en s'engageant en quelque sorte dans une nouvelle révolution industrielle et sociétale.

Dans ce chapitre nous avons pu voir la multitude des approches possibles de prise en compte de l'environnement, depuis celles basées sur un critère unique d'une phase du cycle de vie du produit jusqu'aux approches plus globales et prenant en compte la totalité du cycle de vie. Pour chacune d'elles, un deuxième niveau de diversité a été identifié qui résulte des multiples possibilités de mise en application des principes directeurs de ces approches. Les différentes classifications que nous avons présentées, donnent une vision relativement claire des différents types d'approche. Si l'on cherche à détailler leur mise en application, on constate que les frontières entre les différents types ne sont finalement pas aussi précises. En effet, les différents types d'approches ne s'excluent pas nécessairement, bien souvent ils se complètent par des recouvrements partiels de leurs champs d'application.

Cette complémentarité peut être illustrée par le cas des collectivités locales : nous avons vu précédemment qu'elles recouraient de plus en plus au référentiel ISO 14 001 pour gérer leurs activités. Dans un article sur les éco-cités, GRAEDEL montre comment une réflexion basée sur les principes de l'écologie industrielle permet d'envisager différemment la gestion des agglomérations et de proposer des voies de

développement innovantes [GRAEDEL 99]. Il illustre ainsi l'intérêt et la richesse de coupler des approches de type stratégique et des approches de type normatif (les approches à caractère stratégique servant de cadre de réflexion et de définition des grandes orientations des plans d'actions lesquels sont ensuite cadrés par les approches de type normatif lors de leur concrétisation).

Un deuxième exemple de complémentarité peut être illustré par la situation des équipements pour l'automobile, chez lesquels actuellement deux axes majeurs de développement sont l'intégration de fonctions et l'allègement. Si l'on se place dans une approche de type éco-conception, on constate que ces deux axes sont non seulement intéressants (d'un point de vue environnemental, l'intégration de fonctions tend vers une augmentation de l'efficacité du produit, et l'allègement participe à la réduction des émissions en phase d'utilisation) mais qu'ils peuvent facilement être complétés par d'autres actions favorables pour l'environnement : réduction du volume des produits pour réduire les impacts lors des phases de distribution, démontabilité accrue des composants pour faciliter la séparation et le recyclage en fin de vie, etc.

Les deux exemples que nous venons de citer montrent qu'il n'y a pas d'incompatibilité d'usage entre les différentes approches pour la mise en œuvre du Développement Durable et que l'on peut construire des démarches pertinentes en ayant recours à différentes influences. D'autre part, nous avons pu voir que malgré leur différences, toutes les classifications s'orientent vers un même et unique objectif : le développement durable. Bien que ce concept puisse paraître parfois peu opérationnel ou ambigu, sa véritable richesse aujourd'hui n'est pas tant sa dénomination que les réflexions et plans d'actions qu'il engendre. BOUNI synthétise bien cette situation quand il écrit que *le Développement Durable est un projet de société et d'avenir, une « utopie positive*[21] *», et plus qu'une définition précise et discutable de ce qu'il devrait être, l'enjeu principal réside aujourd'hui dans la définition d'une organisation de la décision propice à la construction de ce projet de société*[22].

Cette analyse des différents types d'approche de prise en compte de l'environnement nous amène à proposer une description de la situation dans l'industrie automobile, cadre de nos travaux.

Les phases de fabrication, d'utilisation et de fin de vie ont rapidement été identifiées comme critiques pour l'industrie automobile et ont fait l'objet depuis dès le début des années quatre-vingt dix, de plans d'actions à grande échelle. Aujourd'hui, afin d'amorcer une prise en compte plus cohérente des impacts environnementaux générés par les produits, les efforts à fournir doivent être définis en fonction d'une vision globale du cycle de vie des produits et de stratégies à long terme, tout en s'appuyant sur les acquis et bénéfices résultant des premières approches utilisées (qui sont de type normatif).

En plus de ce constat que nous faisons sur l'évolution nécessaire de la prise en compte de l'environnement en entreprise, la réglementation s'oriente actuellement vers une prise en compte du cycle de vie des produits et risque de contraindre l'industrie automobile dans ce sens (les aspects réglementaires sont développés dans le chapitre suivant).

En l'absence d'antériorité dans ce domaine et en fonction de l'urgence relative liée à l'entrée en vigueur de la réglementation et de nos propres convictions, nous avons choisi de focaliser nos travaux sur les aspects appelés « environnement produit ». Cependant, comme nous avons pu le montrer précédemment, il

---

[21] O. GODARD, *Environnement soutenable et développement durable : le modèle néoclassique en question*, Séminaire C3E, 1991.

[22] Cf. *op. cit.* p 28.

nous semble important de ne pas négliger ni séparer nos actions de celles relevant des aspects sites, déjà mis en œuvre au sein de notre structure.

1.2.2. Les exigences environnementales externes à l'entreprise

Dans le chapitre précédent, nous avons précisé les facettes plurielles de l'environnement, ses multiples interactions avec l'industrie et la complexité de sa prise en compte dans le quotidien d'une entreprise. Nous allons aborder maintenant les différentes pressions qui s'exercent sur l'entreprise et qui sont en partie à l'origine de la volonté actuelle d'intégration de l'environnement. Nous détaillerons ainsi dans un premier temps, les demandes de la réglementation et dans un deuxième temps, nous verrons comment les composantes du marché participent à la nécessité d'intégration de l'environnement. Ceci nous amènera a dresser un panorama des exigences externes qui influencent les décisions d'une entreprise en matière d'environnement.

1.2.2.1. Les exigences réglementaires

La prise en compte de l'environnement dans l'industrie se fait principalement sous la pression réglementaire. Bien que la sensibilité des acteurs industriels soit variable suivant les pays et les secteurs industriels[23], depuis trente ans, le renforcement des tissus réglementaires nationaux et internationaux a globalement favorisé la prise en compte des questions environnementales ainsi que l'émergence d'une conscience collective dans ce domaine (essentiellement dans les pays industrialisés).

Pour le secteur de l'automobile, la pression réglementaire s'est exercée principalement sur les questions de pollution atmosphérique (diminution constante des niveaux de polluants autorisés dans les gaz d'échappement, obligation de traitement des effluents des procédés de fabrication, traitement des Composés Organiques Volatiles dans les procédés de peinture, etc). Depuis les années quatre-vingt-dix, les législateurs commencent à intégrer dans les textes la notion de cycle de vie des produits et travaillent donc à l'harmonisation des règlements, non plus uniquement sur les phases de fabrication et d'utilisation des automobiles, mais en considérant également les phases de conception et de fin de vie des produits.

Afin de préciser le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit ce projet, nous avons recensé les réglementations environnementales s'appliquant aux véhicules automobiles. Notre recherche porte principalement sur la réglementation européenne, la plus aboutie actuellement dans le domaine de la fin de vie des produits (d'autre part l'Europe correspond également à la zone d'activité principale de FAURECIA). Ainsi, nous allons dresser dans ce chapitre un état des lieux de la réglementation environnementale (nationale, européenne et internationale) relative aux véhicules automobiles.

---

[23] Culturellement, les pays du nord de l'Europe sont particulièrement sensibles au respect de l'environnement et portent depuis les années soixante un fort intérêt à l'écologie ; le Japon se préoccupe également beaucoup des questions de déchets et de pollution entre autres pour des questions de densité de population et du peu d'espace disponible pour implanter des décharges, tandis que les Etats-Unis d'Amérique, possédant à la fois d'importantes ressources (en matières premières et en énergie) et d'importants espaces, n'accordent pas la même valeur aux questions d'environnement.

1.2.2.1.1. La réglementation en France

Parmi les textes réglementaires qui relèvent du domaine de l'environnement et du secteur automobile, la grande majorité concerne le contrôle des émissions à l'échappement, tandis que les autres textes se rapportent soit aux conditions de fabrication soit directement aux produits. Nous allons nous intéresser essentiellement dans ce chapitre à la réglementation relative aux produits (les aspects relatifs aux gaz d'échappement étant régis par la réglementation internationale - européenne, américaine et de l'ONU).

En France, la question du traitement des produits en fin de vie est une préoccupation qui date des années soixante-dix. A cette époque, et au vu des quantités croissantes de déchets produits chaque année par l'ensemble des industries, un premier texte de loi a été élaboré pour organiser l'élimination des déchets et la récupération des matériaux. Cette loi du 15 Juillet 1975 modifiée le 13 Juillet 1992[24], fixe les grands axes du traitement des déchets basés sur les principes suivants :

- la suppression à l'horizon de l'an 2002 des décharges traditionnelles.
- la priorité au traitement et à la valorisation des déchets.
- l'interdiction de mélanger lors du stockage les déchets industriels spéciaux et banals.
- la mise en décharge des seuls déchets ultimes.

Dans le secteur automobile, ce texte a eu une répercussion très forte du fait des volumes et du potentiel de pollution que représentent les véhicules hors d'usage (VHU). Ainsi, quelques mois après la modification de la loi sur les déchets, l'ensemble des acteurs de la filière automobile en France (fournisseurs de matières premières, constructeurs, équipementiers, professionnels de la démolition et du recyclage) s'est regroupé pour définir les implications de chacun dans le traitement des Véhicules Hors d'Usage. Le résultat des nombreuses discussions au sein de la filière automobile et entre la filière et les pouvoirs publics a fait l'objet d'un consensus qui constitue le cœur de l'Accord Cadre du 10 mars 1993 :
L'objectif principal de cet accord est de limiter le poids des déchets ultimes lors du traitement des Véhicules Hors d'Usage. Ceci se traduit par la fixation d'objectifs de valorisation des véhicules (Cf. Tableau 4).

L'origine de ce consensus réside dans la volonté des industriels de montrer leur capacité d'action dans le domaine du traitement des véhicules afin d'éviter que les pouvoirs publics ne le légifèrent trop rapidement. L'objectif était de déterminer un programme d'amélioration globale de la filière, sur la base d'un engagement volontaire. L'enjeu était alors pour la filière automobile, d'éviter l'élaboration d'une loi qui aurait certainement imposé un cadre de travail particulièrement contraignant.

Cette anticipation n'a finalement pas complètement porté ses fruits puisque devant la diversité des approches de traitement des déchets dans les différents pays de l'Union, la Commission Européenne a initié une réflexion sur la question et proposé un projet de directive dès juillet 1997. Ce projet a abouti le 18 octobre 2000 suite au vote par le Parlement Européen de la Directive 2000/53/CE sur le traitement des véhicules hors d'usage. Nous abordons dans le chapitre suivant les principaux objectifs de ce texte ainsi que son évolution au cours des trois années de négociations.

[24] Loi du 15 juillet 1975 modifiée le 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux.

en 2002 - limitation du poids total de déchets ultimes à : • 15% du poids total du véhicule, avec un plafond maximum de 200 kg par véhicule. • 10% du poids total du véhicule, pour tous les nouveaux modèles mis sur le marché par les constructeurs. à terme - limitation du poids total de déchets ultimes à 5% du poids total du véhicule. De plus, les constructeurs et les équipementiers s'engagent : • à fournir aux professionnels du retraitement un cahier des charges comportant les informations techniques permettant de mener le traitement dans les meilleures conditions. • à généraliser le marquage des pièces en vue de leur retraitement ultérieur. • à informer les consommateurs sur le taux de retraitement de leurs véhicules.

Tableau 4 : Extraits de l'Accord Cadre du 10 mars 1993 sur les véhicules hors d'usage

Cette évolution de la réglementation française sur les dernières décennies (concernant les déchets et l'automobile), montre assez clairement la sévérisation du contexte ainsi que l'élargissement du débat d'un périmètre strictement national dans les années soixante-dix à un périmètre européen puis international aujourd'hui[25].

1.2.2.1.2. La réglementation en Europe

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps dresser un panorama de la réglementation environnementale européenne, ce qui nous permettra de situer la directive VHU dans son contexte réglementaire. Nous reviendrons ensuite sur les objectifs fixés par cette directive et comment ils ont évolué au fil des négociations ainsi que leur probable évolution lors de leur transposition en droit national. Enfin nous verrons une des plus récentes propositions de la Commission Européenne : la politique intégrée des produits (IPP pour *Integrated Product Policy*).

Le tableau ci-dessous regroupe, par phase du cycle de vie d'un produit, les principales mesures prises au niveau de la communauté européenne (Cf. tableau 5). Depuis la présentation du premier projet de directive en juillet 1997, l'Europe s'est positionnée en chef de file sur la question du traitement des véhicules automobiles en fin de vie[26]. Après trois années de négociations, la directive[27] 2000/53 CE sur le traitement des VHU a été votée par le Parlement Européen le 18 octobre 2000. Elle définit en plus des objectifs de recyclage, le cadre du traitement des véhicules hors d'usage, et donne un ensemble d'informations (fournies par les constructeurs) permettant à terme de mieux connaître la composition des véhicules et de faciliter ainsi les évolutions futures des traitements (dépollution, démontage, récupération, valorisation).

---

[25] Notons ici que dans le domaine normatif l'évolution se confirme notamment avec, en France, le fascicule de documentation FD X 30-310 édité par L'AFNOR et les travaux similaires qui se déroulent au niveau de l'ISO (avec le projet de norme ISO 14 062).

[26] Les représentants des différents courants de défense de l'environnement des pays d'Europe du Nord (Allemagne, Suède, Norvège, Pays-Bas) ont été particulièrement moteurs dans cette orientation.

	Thèmes	Mesures prise par l'Union Européenne concernant directement ou indirectement l'automobile
Production	Pollution atmosphérique	Limiter les émissions de certaines substances dans l'air.
	Pollution des eaux	Limiter les rejets de substances polluantes dans l'eau.
	Gestion des déchets	Réduire les nuisances sur l'environnement des déchets (élimination maîtrisée des déchets générés lors de la fabrication des véhicules : huiles de presse, pièces rebutées, ...).
Utilisation	Pollution atmosphérique	Limiter les émissions atmosphériques des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers (CO, HC, Nox, particules).
		Réglementer la composition des carburants.
		Informer le consommateur sur les véhicules afin d'orienter son choix vers les modèles les plus économes en carburant.
	Nuisances sonores	Limiter le niveau sonore admissible au niveau des systèmes d'échappement.
	Gestion des déchets	Réduire les nuisances sur l'environnement des déchets (élimination ou traitement des déchets générés par l'entretien du véhicule tel que les huiles usagées, les pneumatiques...)
Fin de vie	Gestion des déchets	Prévenir la création de déchets provenant de véhicules hors d'usage et promouvoir la collecte, la réutilisation et le recyclage de leurs composants afin de préserver l'environnement

Tableau 5 : Les principales mesures environnementales de l'Union Européenne concernant l'automobile

Ce texte pourra avoir des conséquences réelles sur le marché automobile puisqu'à partir de fin 2004[28], l'homologation de tout véhicule à destination du marché européen sera conditionnée par le respect de l'ensemble des critères définis dans cette directive. En conséquence, tout constructeur ne répondant pas aux critères fixés par cette directive se verra exclu du marché européen.

Les dispositions suivantes ne seront appliquées que 18 mois après la date d'entrée en vigueur de la directive. Le projet contient principalement :

- des dispositions générales que les états membres de la Communauté doivent mettre en vigueur, concernant l'usage de substances dangereuses (interdiction d'utilisation à dater du 1er juillet 2003 - sauf cas d'exception mentionnés en annexe de la directive- des quatre métaux lourds suivants : Plomb, Mercure, Cadmium, Chrome VI), la conception des véhicules en vue de leur démontage, la mise en place de systèmes pour la collecte des VHU, une homologation rigoureuse des centres de traitement des VHU sur la base d'une certification environnementale obligatoire pour exercer, l'obligation pour les producteurs de publier des informations sur le taux de recyclage de leurs véhicules et de fournir des manuels de démontage...
- des cibles quantifiées pour le taux de réemploi, de recyclage et de valorisation des matériaux et des composants avec deux échéances, la première en 2006 et la deuxième en 2015 (Cf. Tableau 6 avec en parallèle les taux définis dans l'accord cadre de 1993).
- la reprise gratuite des VHU par les centres de traitement autorisés (même si le véhicule possède une valeur marchande nulle ou négative), à partir du 1er juillet 2002 (pour les véhicules mis sur le marché à partir de cette date et du 1er janvier 2007 pour tous les véhicules). Les coûts éventuels de la mise en

[27] **Directives :** elles lient les États membres quant aux résultats à atteindre, tout en laissant aux instances nationales la compétence quant à la forme et aux moyens à utiliser (source : site de la Communauté Européenne, www.europa.eu.int).

[28] Cf. 2000/53/CE, article 7, § 4.

œuvre de cette mesure devront être supportés en totalité ou pour une partie significative par les producteurs.

Accord Cadre (1993)		Directive Européenne (2000)		
2002	Véhicules en fin de vie : • valorisation à **85%** avec un plafond max. à 200 kg. Véhicules neufs mis sur le marché : • Valorisation à **90%.**	2006	Véhicules en fin de vie • taux de réemploi et de valorisation • taux de réemploi et de recyclage Véhicules neufs : • taux de réemploi et de valorisation • taux de réemploi et de recyclage	≥ **85%** ≥ **80%** ≥ **95%** ≥ **85%**
à terme	• Valorisation à **95%** de tous les véhicules.	2015	Pour tout type de véhicule : • taux de réemploi et de valorisation • taux de réemploi et de recyclage	≥ **95%** ≥ **85%**

Tableau 6 : Récapitulatif comparé des objectifs de l'accord-cadre et du projet de directive

- En **Allemagne**, le décret sur les véhicules en fin de vie impose aux constructeurs automobiles de reprendre gratuitement les véhicules (en fin de vie) vendus à partir du 1er avril 1998.

Concernant la phase d'utilisation des véhicules automobiles, on constate également que les règlements sont de plus en plus sévères et que les seuils d'émission de polluants autorisés ont été divisés par un facteur supérieur à 10 sur la dernière décennie. La connaissance des phénomènes de pollution atmosphérique ainsi que leurs conséquences en milieu urbain mais également à l'échelle de la planète font que cette tendance à la restriction va en s'accentuant. On peut donc prévoir sans trop se tromper que les seuils autorisés à l'avenir seront d'une part plus sévères de manière générale que ceux autorisés actuellement, mais également que des interdictions strictes d'émissions de certains polluants risquent d'être promulguées.

D'un point de vue plus global sur les produits, la Commission Européenne a rédigé en 2000 un « livre vert » sur la politique intégrée de produits [CEE 00]. Ce document s'inscrit parmi l'ensemble des réflexions qui ont fait suite à la conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement (Rio 1992) et concerne les modalités de mise en œuvre d'un développement équitable à l'échelle de la planète. S'engager dans un nouveau paradigme de croissance, améliorer la qualité de la vie par la création de richesse et la compétitivité des « produits verts », sont des actions qui ont été identifiées comme des moyens de mettre en œuvre les principes du développement durable. Le « livre vert » de la Commission Européenne propose une stratégie de renforcement et de focalisation des politiques environnementales « produits », en s'engageant concrètement dans la promotion des produits verts.

L'IPP (*Integrated Product Policy*) est construite sur les trois principes fondamentaux suivants [CHARTER et al. 01] :

- Respecter les orientations du marché,
- Impliquer l'ensemble des acteurs de la chaîne de consommation,
- Prendre en compte le cycle de vie complet des produits,

Ce livre contient des axes de travail se rapportant :

- au prix des produits (prise en compte au maximum des coûts environnementaux réels et application stricte du principe du pollueur-payeur) ;
- aux outils et objectifs favorisant une consommation « verte » (les marchés publics doivent montrer l'exemple en modifiant leurs appels d'offre, instauration d'un processus d'éducation mutuelle entre les consommateurs et les fabricants, entre l'offre et la demande, utilisation des éco-labels pour différencier les produits, etc) ;
- aux outils économiques de renforcement de l'activité de production des produits « verts » (les indicateurs boursiers entre autres) ;
- aux préconisations relatives à la conception des produits (optimisation du service rendu par le produit, préservation des ressources, réduction des déchets, réduction de la pollution, utilisation de matériaux renouvelables, anticipation du recyclage et de la réutilisation des produits, etc).
- à l'utilisation des systèmes de management environnementaux (plus orientés actuellement vers la phase de production).

Dans la partie concernant l'adaptation de l'offre et de la demande, la Commission met l'accent sur la nécessité de création d'information sur les caractéristiques environnementales des produits et de sa transmission tout au long de la chaîne d'intervenants, depuis les fabricants de composants jusqu'à l'utilisateur ou le consommateur final. Ces déclarations des caractéristiques produits doivent également être adaptées aux consommateurs afin qu'ils puissent aisément comparer les produits sur la base de ce nouveau critère. Cette volonté d'action de sensibilisation du grand public est très forte puisque la Commission notifie que la formation des générations futures devra passer par les structures familiales et être déléguée également dans les structure scolaires.

On voit ainsi que la tendance réglementaire, en Europe, se globalise et tend vers une imposition de déclaration environnementale pour tous les produits. Certes ce ne sont ici que des premières propositions, mais le ton est donné et cette tendance risque fort à l'avenir de s'accentuer.

1.2.2.1.3. La réglementation environnementale aux Etats-Unis

Pour protéger l'environnement, le gouvernement américain s'appuie sur des **lois fédérales** et des **règlements**. Ces lois aussi appelées « **acts** » sont votées par le Congrès américain et s'appliquent à l'ensemble des Etats-Unis. Pour la mise en application de ces lois, le Congrès autorise certaines agences gouvernementales à créer et à instaurer des règlements. Ces règlements sont l'application des textes de lois à des situations concrètes (par exemple elles fixent les niveaux d'émission de substances nocives des industries, les amendes qu'elles encourent en cas de non-respect, etc).

Pour cette recherche bibliographique, nous nous sommes limités aux lois (ou « acts ») instaurées par le gouvernement américain. Les réglementations environnementales concernant l'automobile sont issues principalement de trois lois :

- **Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)** : cette loi a pour objet de gérer « du berceau à la tombe » les déchets dangereux. Elle prévoit aussi une gestion des déchets non dangereux ;
- **Clean Air Act (CAA)** : cette loi réglemente les émissions atmosphériques des sources mobiles et stationnaires tels que les sites industriels ;
- **Clean Water Act (CWA)** : cette loi réglemente les rejets de substances chimiques et toxiques dans les eaux du territoire américain. Les règlements qui en sont issus fixent des taux d'émissions acceptables par type d'industrie.

	Loi ou Act	Objets des règlements relatifs à l'automobile
Production	CAA	Limiter les rejets atmosphériques générés par : - les opérations de peintures et de traitement de surface de véhicules, - les équipements fonctionnant à la vapeur (COV, dioxyde de soufre, NOx), - par les tours de refroidissement utilisant du liquide à base de chrome.
	CWA	Limiter les rejets de substances polluantes résultant : - des opérations de mise en forme des métaux, - des opérations de finition sur pièces métalliques et - des opérations de peinture et de traitement de surface de pièces métalliques.
	RCRA	Réduire les nuisances sur l'environnement des déchets (élimination ou traitement des déchets générés par la fabrication du véhicule tels que les huiles usagées, les pneumatiques...)
Utilisation	CAA	Réglementer la composition des carburants
	CAA	Limiter les émissions atmosphériques de tous les types de véhicules (les émissions réglementées sont les émissions de CO, HC, Nox, particules)

Tableau 7 : Les principales lois environnementales américaines concernant l'automobile

- A ce jour, nous n'avons trouvé aucune réglementation (loi fédérale) relative à la valorisation des VHU aux Etats-Unis. Cependant, « les trois grands » (GM, Ford et Chrysler, « the Big Three ») se sont regroupés pour travailler à l'augmentation de la recyclabilité de leurs véhicules au sein d'un partenariat doté de fonds importants : le *Vehicle Recycling Partnership*.

1.2.2.1.4. La réglementation au Japon

En 1993, le gouvernement japonais a voté une loi connue sous le nom de « basic environmental law » dans laquelle figure la politique générale de la protection de l'environnement et qui comporte plusieurs grands programmes comme la conservation des sols ou le recyclage des déchets.

Pour cette recherche bibliographique, nous nous sommes basés sur les différents grands thèmes abordés par la réglementation environnementale japonaise.

La réglementation aborde trois sujets concernant l'automobile :

- La pollution de l'eau,
- La pollution de l'air,
- La gestion des déchets.

	Thèmes	Mesures environnementales prises par le gouvernement japonais concernant directement ou indirectement l'automobile
Production	Pollution de l'air	Limiter les émissions de certaines substances dans l'air.
	Pollution de l'eau	Limiter les rejets de substances polluantes dans l'eau.
	Gestion des déchets	Réduire les nuisances des déchets sur l'environnement.
Utilisation	Pollution de l'air	Limiter les émissions atmosphériques des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers (CO, HC, Nox, particules)
		Réglementer la composition des carburants
	Gestion des déchets	Réduire les nuisances des déchets sur l'environnement (élimination ou traitement des déchets générés par l'entretien du véhicule tels que les huiles usagées, les pneumatiques...)

Tableau 8 : Les principales mesures environnementales du gouvernement japonais concernant l'automobile

En conclusion, le suivi de l'évolution de la réglementation environnementale applicable aux véhicules automobiles au niveau international, permet d'identifier deux grandes tendances pour l'avenir **:**

- **Elle est de plus en plus contraignante**. On constate de façon globale que les taux d'émissions de rejets polluants autorisés diminuent avec le temps et que les objectifs de valorisation des déchets augmentent. Pour illustrer ce propos, la figure 8 ci-après présente l'évolution des teneurs autorisées en substances polluantes dans les gaz d'échappement, par la réglementation européenne.

- **Elle élargit son champ d'action à l'ensemble des phases du cycle de vie de l'automobile**. Pour rappel, au début des années quatre-vingt, seules les phases de production et d'utilisation faisaient l'objet d'une réglementation. Dernièrement, la phase de « fin de vie » a fait l'objet d'un projet de réglementation et la phase de conception est directement visée par les questions de présence et de teneur en substances dangereuses.

Du fait du contexte sociétal de sensibilisation croissante au respect de l'environnement et de l'évolution des premières réglementations concernant l'industrie automobile, il semble raisonnable de penser que **la réglementation environnementale concernant les produits et leur fin de vie va évoluer vers plus de sévérité et plus d'exhaustivité**.

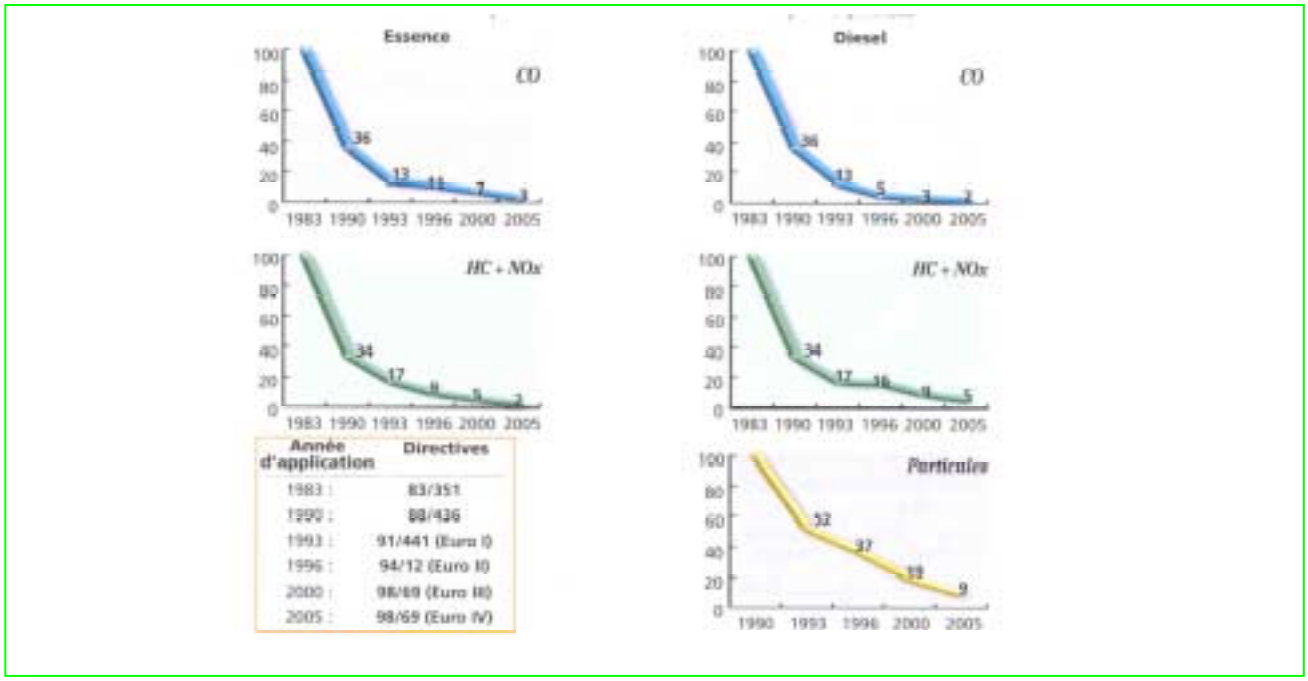


Figure 8 : Evolution de la réglementation sur les émissions en Europe (essence : base 100 en 83 pour CO et Nox, Diesel : base 100 en 90 pour les particules)

1.2.2.2. Les exigences du marché

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes exigences environnementales propres à la filière automobile, auxquelles sont soumises les entreprises. Nous décrirons dans un premier temps, la pluralité et l'évolution des positions des grands constructeurs d'automobiles, puis nous préciserons les positions des équipementiers concurrents. Dans un deuxième temps, nous verrons que ces exigences sont quelque peu nuancées par des demandes diffuses de la part des utilisateurs.

1.2.2.2.1. Les exigences des clients constructeurs

Les premières actions environnementales des constructeurs ont été des actions dites « end-of-pipe »[29] mises en place pour répondre à la réglementation. Elles correspondent à une « attitude générale de l'entreprise qui réagit aux contraintes de son entourage en adoptant une approche palliative » [MILLET 95]. En effet, l'entreprise qui prend en compte l'environnement sous la seule pression réglementaire, aura tendance spontanément à privilégier des actions de type « end of pipe ». Ceci est dû à la nature même des réglementations qui « fixent des seuils de concentration ou des prix aux rejets dans l'air, dans l'eau ou sous forme de déchets afin d'inciter à leur recyclage ou leur prévention »[30].

Mais progressivement, certains constructeurs ont mis en place des actions qui allaient au-delà des exigences légales et ont adopté une attitude plus volontariste. Ce changement d'attitude peut s'expliquer par

[29] Par action « end-of-pipe » nous entendons les actions réalisées après la définition d'un produit ou procédé afin de limiter la pollution engendrée par ce produit ou procédé (actions correctives sur un produit ou procédé existant).

[30] Cf. *op. cit.* p 41.

des préoccupations plus importantes des consommateurs[31] pour des produits moins polluants et plus respectueux de l'environnement, par l'apparition d'une réglementation de plus en plus contraignante ou par le fait que les véhicules automobiles étant clairement reconnus comme une source de pollution importante. Les constructeurs exploitent alors l'environnement comme argument commercial[32] en mettant en avant les améliorations apportées à leurs produits.

Le vote de la directive VHU au Parlement de Bruxelles a eu comme conséquence directe, l'adjonction de chapitres « environnement et recyclage » dans les cahiers des charges des constructeurs. Bien que ces chapitres soient récents et manquent encore parfois de précision (demandes majoritairement qualitatives), il apparaît clairement que suivant le niveau d'implication du constructeur, les aspects environnementaux deviennent progressivement un moyen supplémentaire de différenciation et de sélection des fournisseurs.

Aujourd'hui, les constructeurs doivent faire face à une réglementation environnementale de plus en plus contraignante. Chacun d'eux s'approprie cette nouvelle réglementation et modifie en conséquence (en fonction des valeurs ou des stratégies propres à chaque entreprise) sa politique environnementale. Il en résulte, particulièrement au niveau de l'Europe, une grande diversité de positionnements (quasiment proportionnelle au nombre de constructeurs – voir Tableau 9). Le panel des positions des constructeurs se trouve ainsi très étendu d'autant plus que sur les questions d'environnement viennent se greffer les logiques de positionnement concurrentiel, avec les acteurs qui veulent être considérés comme les plus actifs du domaine et ceux qui préfèrent attendre de voir l'évolution de ce domaine pour choisir par la suite la démarche qui leur paraît la mieux adaptée à leur entreprise.

Pour l'équipementier, cette diversité de points de vue crée un niveau de risque supplémentaire car il doit être capable d'intégrer à la fois l'évolution de la réglementation, ses propres objectifs de progrès ainsi que la pluralité des positions de ses clients dans un domaine en évolution permanente.

Les principaux domaines d'application des politiques environnementales des constructeurs d'automobiles sont:

❍ **La réduction des émissions dans les gaz d'échappement et l'allègement des véhicules :**

Comme nous avons pu le voir dans la partie précédente, les émissions atmosphériques des véhicules sont très réglementées. Les constructeurs ont donc recherché dans un premier temps des solutions « end of pipe » permettant de traiter les émissions en bout d'échappement comme le pot catalytique. Ils ont ensuite défini d'autres axes d'amélioration comme la réduction de la consommation de carburant, la réduction de la masse du véhicule, l'amélioration de l'aérodynamisme ou l'utilisation de carburant sans plomb.

Dans un second temps, les constructeurs ont lancé des programmes de recherche concernant des technologies alternatives aux motorisations essence et diesel. Parmi celles-ci, certaines sont maîtrisées comme le GPL et d'autres ne sont actuellement qu'au stade de recherche comme sur les piles à combustible. Cependant tous les constructeurs possèdent au moins un programme concernant une technologie alternative aux énergies fossiles.

---

[31] Les préoccupations peuvent varier suivant le pays d'appartenance et la sensibilité « écologique » des populations.

[32] Exemple de messages publicitaires utilisés par les constructeurs :

Peugeot met en avant l'utilisation d'un filtre à particule sur la 607 en présentant le véhicule dans un cadre bucolique,

Lancia présente son modèle « Lybra », comme étant capable de faire repousser les feuilles d'un arbuste,

Audi propose comme message pour A2 (structure en aluminium) les femmes, les enfants et la recyclabilité d'abord,

Renault avec Kangoo, propose des fonctionnalités ne faisant pas appel à des matériaux naturels (pas de bois, pas de cuir).

❍ **Des procédés de fabrication plus propres, associés à un management environnemental des sites de production :**

Au début des années quatre-vingts, les actions des constructeurs concernant la production ont surtout consisté en la mise en place de systèmes de traitement en fin de chaîne afin de réduire la pollution engendrée par leurs propres sites de production. Puis, les constructeurs se sont orientés vers de nouvelles technologies pour réduire la pollution générée par la production de leur produit comme l'utilisation de peinture hydrodiluable limitant l'utilisation de solvants ou le remplacement des fours à coke par des modèles électriques moins polluants.

Apparu au début des années quatre-vingt-dix, le management environnemental a été adopté par quasiment tous les constructeurs[33]. Il repose sur la mise en place d'un système de gestion de l'environnement (Système de Management Environnemental) dans l'entreprise visant à l'intégration de préoccupations environnementales à tous les niveaux de l'entreprise : l'objectif est l'amélioration des performances environnementales de l'entreprise [PERSONNE 98]. Certains constructeurs ont même développé leurs propres système de management comme Ford ou Volvo.

	FORD	PSA	RENAULT	VOLVO	VW
Actions développées par tous les constructeurs	• développement de carburants alternatifs (gaz naturel, diesel bio..). • recherches de motorisations alternatives (véhicules hybride électrique /essence, piles à combustible, etc). • restriction d'utilisation de certaines substances dangereuses. • certification ISO 14 001 des sites de production et de distribution. • utilisation de matière recyclée pour des pièces de série. • recueil de préconisations pour le recyclage. • réflexions sur la dématérialisation des produits[34].				
Actions spécifiques et/ou originales	• Mécénat pour la conservation de l'environnement (Fondation FORD). • Sensibilisation des utilisateurs de véhicules (*eco-driving practices*). • Prise de participation dans les réseaux de démolisseurs aux Etats-Unis. • Proposition d'un nouveau mode de consommation : forfait de renouvellement du véhicule tous les deux ans.	• Reconstitution d'un écosystème forestier (pour réaliser un puits de CO_2). • Usine interne de rénovation de pièces mécaniques pour échange standard. • Développement d'un filtre à particules pour les moteurs diesel.	• Développement d'outils spécifiques pour le démontage destructifs des VHU. • Optimisation de la consommation d'eau sur les sites de production, réutilisation des eaux de pluie.	• Publication de déclarations environnementales de produits. • Plan de formation de l'ensemble du personnel aux enjeux de l'environnement. • Exigences environnementales globales destinées à leurs chaînes de fournisseurs.	• Réalisation d'ACV sur les véhicules complets. • Commercialisation d'un véhicule à très faible consommation (Lupo 3L /100 km). • Centrale thermique sur site de production fonctionnant avec des résidus de broyage. • Développement de caisses de véhicules 100% en aluminium.

Tableau 9 : Actions environnementales communes et spécifiques des constructeurs automobiles

❍ **Le recyclage et les matériaux recyclés :**

Les constructeurs ont cherché dès le début des années quatre-vingts à utiliser des matériaux recyclés dans la fabrication des véhicules et à recycler leurs propres matériaux. Les études menées pendant cette période

[33] Se référer au site de suivi du nombre d'entreprises certifiées ISO 14 001 : www.oree.fr

[34] Recherche de la faisabilité de nouveaux modes de déplacement (flotte de véhicules en libre service), proposition concrète de Ford d'un forfait « véhicule neuf tous les deux ans », projet SMART (1ère version) proposant un concept de mobilité à « véhicule variable » (facilités commerciales intégrées à l'achat du véhicule pour l'avion, le train et la location de véhicules familiaux).

ont permis d'imaginer des filières de recyclage propres aux produits de l'automobile tels que les huiles usagées, les boucliers, les batteries, les vitrages.

❍ **Les groupements et partenariats :**

Certains constructeurs ont développé des programmes de recherche en commun avec d'autres constructeurs afin de regrouper leurs ressources et ainsi, obtenir de meilleurs résultats. Parmi ces partenariats on peut citer celui du PNGV : Partnership for a New Generation of Vehicle, regroupant les constructeurs américains, Chrysler, Ford et GM. Ce programme de recherche avait pour objectif de produire un prototype de véhicule ayant une faible consommation de carburant, générant peu d'émissions atmosphériques et utilisant des matériaux recyclés.

D'autres programmes concernent les recherches sur les nouveaux concepts de déplacement[35] qui extrapolent l'utilisation courante des véhicules, ainsi que des programmes de R&D sur les sources d'énergies alternatives pour les véhicules du futur. On peut citer par exemple le programme « Liselec » de PSA qui étudie la viabilité d'un réseau de véhicules électriques.

1.2.2.2.2. La pression de la concurrence

Comme nous avons pu le voir dans les paragraphes précédents, la réglementation environnementale automobile est de plus en plus sévère et complète. D'autre part, les constructeurs automobiles intègrent de plus en plus de considérations environnementales dans leurs activités et leurs produits. C'est pourquoi, pour suivre l'évolution de la réglementation et des constructeurs, les équipementiers veulent se doter d'une expertise environnementale. Cette nouvelle compétence qu'il leur faut créer, doit leur permettre à terme de se positionner dans ce contexte mouvant et de définir leurs objectifs propres d'amélioration[36].

Pour illustrer ce propos, le tableau ci-dessous présente un résumé de la politique environnementale de quelques équipementiers automobiles.

Cette énumération traduit une fois de plus, à la fois les orientations communes retenues par ces acteurs de la filière automobile (mise en place de systèmes de management environnementaux - devenue une nécessité de marché à l'image des systèmes qualité -, prise en compte du recyclage), mais également les spécificités de chacun (prise en compte du cycle de vie complet des produits, Analyse du Cycle de Vie, création d'une activité recyclage au sein de la société, travail sur l'allègement, etc).

---

[35] Renault et PSA en France ont tout deux lancé un programme d'utilisation en libre service de véhicules électriques. Ces expériences ont été réalisées dans le but d'évaluer la capacité des véhicules et dans l'idée du libre service, pour améliorer la mobilité urbaine.

[36] Ce sont d'ailleurs ces mêmes objectifs qui sont à l'origine de nos travaux de recherche chez FAURECIA.

Equipementier	Résumé de la politique environnementale
BOSCH	Management environnemental - Intégration de l'environnement en conception par l'analyse de cycle de vie Intégration du recyclage - Utilisation de technologies respectueuses de l'environnement
DANA	Intégration de l'environnement en conception de produit - Développement de matériaux légers et recyclables Recherche des meilleurs rendements énergétiques en production
DEGUSSA	Intégration de l'environnement en conception Considération du produit sur l'ensemble de son cycle de vie
DELPHI	Management environnemental (ISO 14001) Intégration de l'environnement en conception
HUTCHINSON	Management environnemental (ISO 14001)
JOHNSON CONTROLS INDUSTRY	Développement de nouveaux matériaux plus légers et recyclables Réduction des déchets générés par le produit sur tout son cycle de vie
LEAR	Réduction des pollutions générées par la production des produits
MECAPLAST	Réduction des pollutions générées sur l'ensemble du cycle de vie du produit Management environnemental (ISO 14001)
NOBEL	Intégration des risques environnementaux en conception
PLASTIC OMNIUM	Management environnemental (ISO 14001) Intégration de l'environnement en conception - Activité de recyclage - Allègement
SAI automotive AG	Développement de nouveaux matériaux plus légers et recyclables

Tableau 10 : Politique environnementale d'équipementiers automobiles

L'engagement environnemental de FAURECIA :

En tant qu'équipementier international, Faurecia est concerné par l'environnement. En effet comme nous le verrons par la suite, l'environnement est devenu un enjeu stratégique pour les équipementiers. Conscient de cet enjeu, le groupe a inclus dans les neuf points de sa charte d'excellence la considération suivante : « **Concevoir des produits et mettre en œuvre des méthodes de production qui respectent et protègent l'environnement**. ». Adoptée fin 1998, cette Charte proclame la vocation du Groupe, son ambition, son esprit d'entreprise, et précise les exigences qui en découlent pour son organisation et ses collaborateurs.

FAURECIA a donc adopté une attitude active et dynamique face aux considérations environnementales et travaille pour anticiper les contraintes futures en intégrant progressivement l'environnement dans ses différents métiers. Ainsi le groupe est plus à même de répondre aux exigences des constructeurs automobiles et de la réglementation.

1.2.2.2.3. Les demandes des utilisateurs

L'actualité nous rappelle quotidiennement que l'opinion publique est de plus en plus sensible à la protection de l'environnement au sens large et que les grandes catastrophes environnementales survenues récemment (pollutions maritime, atmosphérique dans les villes, sites Séveso ou classés à risque…) ont un pouvoir de mobilisation très important[37]. La pression des utilisateurs-consommateurs peut donc évoluer très rapidement en fonction de paramètres peu maîtrisés (car peu rationnels).

[37] Les récents naufrages de l'Erika, de l'Ievoli Sun ainsi que l'explosion de l'usine AZF à Toulouse ont bien montré la capacité des populations à se mobiliser et à exiger une sévérisation de la réglementation afin d'éviter que de tels accidents ne se reproduisent.

Même si aujourd'hui l'opinion publique en matière d'environnement pèse peu sur les grandes orientations du marché automobile, ce dernier n'est pas à l'abri d'un revirement de situation brutal en cas de crise, et le souci d'anticiper une telle évolution, motive les équipementiers à engager des actions prospectives dans ce sens.

1.2.3. Les enjeux environnementaux pour FAURECIA

Nous ne considérerons dans ce chapitre que les aspects environnement liés au produit (caractéristiques et fonctionnalités sur le cycle de vie complet), la prise en compte des aspects procédés de fabrication étant du ressort de la politique environnementale des sites (gérée à l'aide des référentiels de type ISO 14 001 ou Eco-Audit).

1.2.3.1. La politique interne de progrès

Ainsi, l'environnement est de plus en plus pris en compte par les constructeurs automobiles. Cette tendance influence de façon significative les relations entre les constructeurs et les équipementiers. En effet, l'accroissement des exigences des constructeurs se traduit par une augmentation des contraintes pour l'équipementier. Pour certains constructeurs, ces exigences proviennent directement de l'adaptation des différentes législations, pour d'autres elles proviennent non seulement de la réglementation, mais également d'une politique environnementale ferme, faisant partie intégrante des objectifs stratégiques de l'entreprise.

C'est pourquoi, il apparaît nécessaire pour un équipementier de mettre en place en interne une démarche environnementale qui lui permette d'atteindre trois objectifs :

1- intégrer durablement dans son processus de conception le domaine nouveau de l'environnement,
2- prendre en compte et répondre à la diversité des demandes de ses clients,
3- être en cohérence avec la ligne stratégique de l'entreprise.

La difficulté aujourd'hui réside dans l'évaluation pertinente de la réponse à fournir et dans la définition du positionnement de l'entreprise par rapport aux différentes approches possibles de l'environnement (depuis une approche minimaliste - au sens du strict respect de la réglementation - à une approche plus globale et volontaire - au sens de l'éco-conception avec des perspectives à long terme vers le développement durable).

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce document, le statut actuel de l'équipementier implique la prise en compte d'objectifs ambitieux dans quatre domaines différents : la réglementation, les demandes clients, la politique interne ainsi que l'innovation. En effet, de par la délégation d'expertise qui a eu lieu du constructeur vers l'équipementier, ce dernier se doit de posséder un plan de progrès (exigé également par les différentes certifications industrielles ou spécifiques au domaine de l'automobile : ISO 9000-2000, QS 9000, ISO TS 16 949, EAQF, etc).

1.2.3.2. Implications pour les produits et les processus de conception

L'intégration de l'environnement, pour FAURECIA, équipementier du siège d'automobile, correspond à deux types d'actions agissant sur les nombreux critères de conception. D'une part, il faut évaluer la nécessité d'une modification des critères existants (qui seront alors incrémentés d'un argument « environnement ») et d'autre part, créer les critères spécifiques de ce nouveau domaine. Cela se traduit par une volonté d'intervention sur l'ensemble des critères de conception relatifs à chaque phase du cycle de vie du produit. On prendra ainsi en compte, non seulement les matériaux (densité, toxicité, recyclabilité), mais aussi la diversité des composants et des familles de matières, la masse des produits (réduction des pollutions lors de l'utilisation, pour les produits automobiles), leur architecture (montabilité - démontabilité) ainsi que leur durabilité (utilisation courante et capacité à être réparés).

Pour les concepteurs - qui manipulent quotidiennement ces critères et doivent définir le meilleur équilibre entre eux - cela signifie que chaque pièce, chaque composant (les éléments de liaisons, les traitements de surface comme les lubrifiants) doit dorénavant faire l'objet de questions relatives à ses qualités environnementales. Afin d'éviter que la conception des sièges ne devienne un casse-tête inextricable, il faut que les concepteurs disposent d'outils d'aide à la conception. De nombreuses publications y font référence et nous retiendrons principalement deux catégories d'outils : les préconisations pour la conception (règles et orientations) ainsi que les indicateurs permettant d'évaluer les solutions retenues. Cependant, et c'est là un point important, l'utilisation de manière autonome de ces différentes ressources, impose au préalable que les concepteurs soient familiarisés avec un minimum de connaissances en environnement. KAÏLA souligne cet état de fait, en précisant que « les concepteurs sont les personnes les plus compétentes pour prendre des décisions en Design for Environment, quand ils disposent des supports et des informations nécessaires » [KAILA 98]. Les impacts interviennent donc à deux niveaux : au niveau des produits, par une modification de leurs caractéristiques et également au niveau des concepteurs, par une modification de leur travail du fait de la mise en place de nouvelles ressources.

Nous venons de voir comment les acteurs et le résultat de la conception pouvaient être concernés par l'intégration de l'environnement. La division R&D de FAURECIA Sièges d'automobile a adopté un processus de conception schématisé par l'enchaînement de quatre étapes principales : analyse du marché, prospection technologique, innovation produit, développement de base. Ces différentes étapes permettent à la fois de définir progressivement et méthodiquement le futur produit (en passant d'une idée, d'un concept, à des produits sur étagère) et également de bien le positionner par rapport au marché. Le passage d'une étape à la suivante est autorisé par un comité spécifique en fonction des investigations et des travaux réalisés.

Intégrer l'environnement signifie alors que pour chaque étape du processus de conception, les équipes techniques aussi bien que le comité d'évaluation aient les moyens, les ressources et les appuis nécessaires pour intervenir. Pour l'entreprise cela nécessite de posséder à la fois des outils méthodologiques compatibles avec ceux existant, des personnels qualifiés et également des budgets spécifiques. On voit ainsi que cette intégration, du fait de ses nombreux impacts (sur les hommes et les processus puis sur les produits), peut influencer également les modes de fonctionnement de l'entreprise (impacts sur l'organisation).

1.2.3.3. Les aspects économiques à court et moyen terme

Aujourd'hui, les acteurs de la filière automobile s'accordent pour estimer le nombre de véhicules partant à la casse chaque année à 1.8 millions pour la France et à environ 10 millions pour l'Europe. Malgré le manque de visibilité des futures filières de traitement des VHU, le coût minimum de traitement d'un véhicule – en respectant les objectifs fixés par la directive 2000/53/CE – est aujourd'hui compris dans une fourchette de 100 à 150 €. Du fait de l'application du principe du pollueur-payeur par le Parlement Européen, cette charge reviendra à terme en totalité ou au moins pour une part majoritaire, à la charge du constructeur. Quelles seront les clés de répartition de ces nouveaux coûts et qu'elle en sera la traduction pour les équipementiers, les réponses à ces questions ne sont pas encore connues. Il n'en reste pas moins que la probabilité pour l'équipementier de se voir attribuer une partie de ces nouveaux coûts reste forte (depuis une répartition forfaitaire jusqu'à la prise en charge intégrale des coûts de traitement de ses équipements). La production de FAURECIA pour l'activité « siège » se chiffre en dizaines de milliers d'unités par jour, ce qui représente potentiellement un coût supplémentaire de plusieurs millions d'euros par an[38] et justifie la nécessité d'intégrer ce nouveau domaine porteur d'enjeux importants pour l'avenir [A.G. 01], [SEITHUMER 01].

Au cours de ce chapitre, nous avons abordé successivement trois grands domaines liés à la question de l'intégration de l'environnement en entreprise : le domaine de l'environnement, celui de la société civile (pour la réglementation) et celui de l'industrie. Notre champ de recherche se situe en fait à l'intersection de ces trois grand domaines comme l'illustre la figure ci-dessous (Cf. Figure 11).

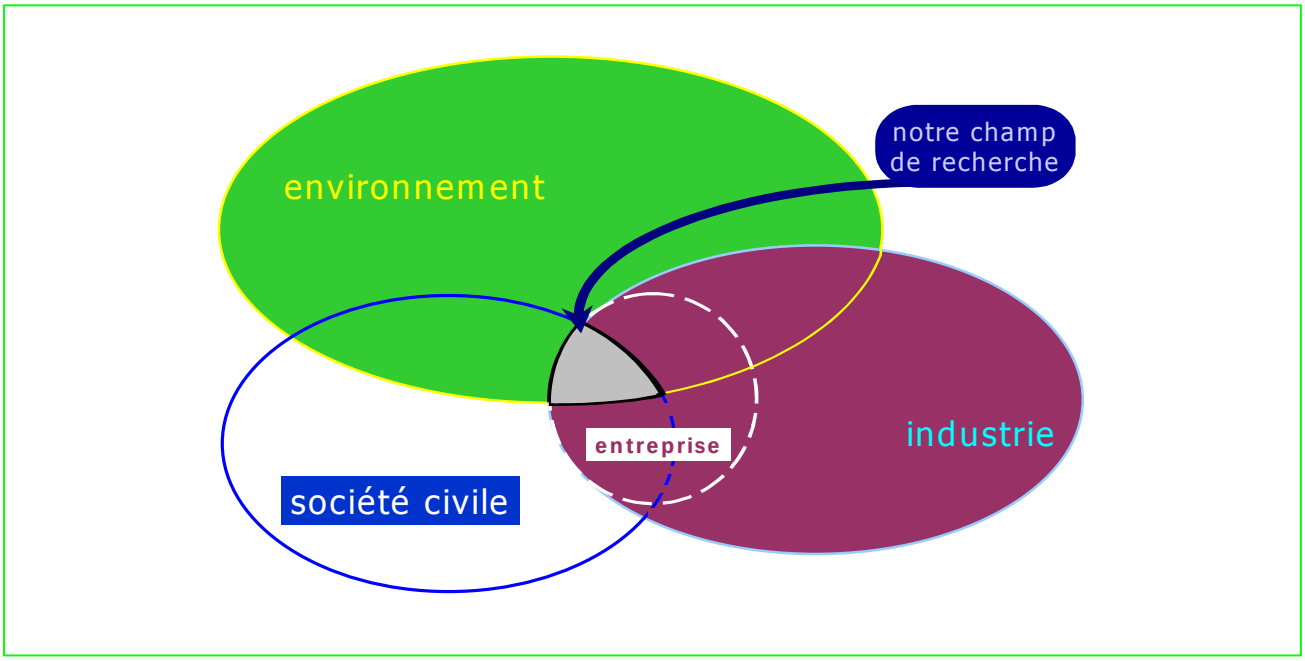


Tableau 11 : Positionnement du champ de recherche de nos travaux

[38] Au mois de mars 2001 deux constructeurs allemands ont fait d'importantes provisions en prévision du coût de traitement des VHU entraîné par l'application de la directive européenne relative aux VHU. BMW a provisionné 112 M€ et VW 710 M€.

2. PROBLEMATIQUE

L'intégration de l'environnement est une préoccupation récente, particulièrement importante dans les secteurs industriels concernés par une réglementation environnementale contraignante, et en perpétuelle évolution (secteur de l'emballage, des produits électriques et électroniques, de l'automobile).

En prenant en compte aussi bien les travaux de recherche que les expériences industrielles, il est possible aujourd'hui de recenser plusieurs centaines d'expériences basées sur l'utilisation de ressources de type méthode (ECRA, ACV, …) ou de type outils (logiciels de DfX[39], guides de conception, checklists, etc…).
Devant la multitude de ces outils et méthodes, et afin d'en faciliter le choix, des équipes de recherche proposent plusieurs classifications construites autour des thèmes suivants : évaluation, amélioration, conception, communication…[De CALUWE 97], [DEEDS 98], [BISTAGNINO et al. 99], [JANIN 00]. Bon nombre d'entre elles ont été développées soit par des laboratoires de recherche mais quelques-unes sont issues de travaux industriels (cas du logiciel EIME pour la filière électrique-électronique [DUBOTS 98]).
Parallèlement à cette tendance majoritaire concernant l'intégration de l'environnement, nous avons également constaté un courant de recherche se préoccupant plus des conditions d'intégration et du point de vue des acteurs de la conception que des outils. Ces travaux misent en effet plus sur la capacité des acteurs à intégrer de nouvelles connaissances relatives au domaine de l'environnement (la modification de leurs pratiques favorisant l'intégration de l'environnement) que sur la capacité des outils à être les vecteurs principaux de l'intégration.

Dans ce chapitre, nous aborderons successivement ces deux approches de l'intégration de l'environnement à partir des expériences issues de la bibliographie. Nous nous positionnerons par rapport à cette double vision ce qui nous amènera à poser notre problématique concernant les modalités de mise en œuvre de l'intégration de l'environnement.

2.1. Des ressources instrumentées comme base d'intégration de l'environnement

Développer des outils pour faciliter la résolution des problèmes que pose l'intégration de l'environnement est une démarche relativement spontanée dans l'industrie automobile. La littérature ainsi que les publications des grands constructeurs mondiaux est d'ailleurs très fournie sur ce sujet, chacun cherchant à la fois à montrer sa capacité de réaction face à un nouvel enjeu, mais surtout à résoudre, au plus vite et au moindre coût, les nouvelles contraintes générées par la prise en compte de l'environnement. Dans cette partie nous rappellerons dans un premier temps, les différentes expériences qui ont été menées chez les grands constructeurs européens ou mondiaux puis nous verrons que face à la diversité importante des outils associés

[39] DfX signifie Design For X, où le terme X correspond à des notions telles que le démontage, le recyclage, l'environnement, la séparation, etc …

à ces expériences, des classifications ont été créées afin d'en faciliter la compréhension (et également d'en faciliter le choix pour les personnes chargées de mettre en place une politique d'environnement produit).

2.1.1. Les expériences d'intégration à l'aide d'outils, dans l'industrie automobile

Dans ce chapitre nous présenterons successivement les réalisations des constructeurs français, européens puis américains et japonais en matière de ressources outillées visant à intégrer l'environnement dans la conception des produits. Ceci nous amènera à identifier les orientations communes à tous les constructeurs et également des réalisations plus prospectives.

2.1.1.1. Les constructeurs français

Les premiers textes réglementaires français ayant des impacts directs sur la fin de vie des produits, datent du début des années quatre-vingt-dix. Les constructeurs ont alors engagé des actions en matière de prise en compte du recyclage et de l'environnement. Il s'agissait à l'époque essentiellement de documents de travail internes aux sociétés (recommandations techniques à destination des concepteurs, préconisations vis-à-vis de leurs fournisseurs[40], etc). A cette époque également, des sites pilotes de traitement des véhicules ont été créés par chacun des constructeurs (Athis-Mons -91- pour Renault et Saint-Pierre de Chandieu -69- pour PSA) afin d'évaluer l'aptitude des véhicules au démontage et au retraitement dans le cadre de la réglementation qui se mettait en place.

A la même période, les premières analyses de cycle de vie sont menées par chacun des constructeurs, souvent pour comparer de nouveaux matériaux à l'acier (traditionnellement utilisé) ou encore pour comparer entre eux des solutions alternatives (aluminium, magnésium ou matériaux composites) [LEBORGNE 98].

Beaucoup des travaux qui ont été menés durant cette période portaient soit sur la phase ultime du cycle de vie des produits : la fin de vie des véhicules (avec des préoccupations concernant la démontabilité des véhicules et le développement de moyens industriels de traitement) soit sur des phases très en amont de la conception des produits (comparaison de matériaux par Analyses de cycle de vie : ACV). Il n'y eut finalement que peu de répercussions sur les produits et ces études se sont révélées être plus prospectives que déterminantes vis à vis de la conception.

Ceci correspondait aux premières phases exploratoires de la prise en compte du recyclage et de l'environnement dans les produits automobiles.

Plus récemment, les constructeurs ont travaillé sur des méthodes de conception avancées pour la valorisation des véhicules. Le but visé était de donner de réelles préconisations aux concepteurs (préconisations précises et exploitables par rapport à leurs activités quotidiennes) et par ce moyen, d'intégrer concrètement les

[40] Norme 00-10-060 pour Renault et B20-0200 pour PSA.

critères de recyclage dans la conception des produits[41]. Ceci a donné lieu à des travaux plus aboutis, notamment en France avec, chez PSA, la thèse de [COPPENS 99] et les travaux de [TONNELIER 01], et chez Renault, la thèse de [GAUCHERON 00].

Les travaux de COPPENS portaient sur la définition d'une méthode de conception en vue d'optimiser la valorisation des véhicules hors d'usage. Basés sur une analyse poussée des principes organisationnels de la conception chez PSA, ces travaux ont mis en évidence un trinôme essentiel à considérer dans l'optique de l'introduction du recyclage en conception : le trinôme « étape du processus / activité / acteur ». La méthode proposée s'articule autour d'outils informatisables adaptés à ce trinôme, et permettant d'améliorer l'aptitude à la valorisation d'une fonction automobile. Ces outils comprennent une base de règles de conception, ainsi que des outils qualitatifs et quantitatifs permettant de représenter, d'évaluer et d'aider à re-concevoir une fonction automobile [COPPENS et al. 98].

Ceux de TONNELIER (actuellement en cours chez PSA) sont complémentaires à ceux de COPPENS, dans le sens où ils portent sur une méthode de conception en vue d'optimiser globalement la valorisation du véhicule automobile. Il ne s'agit plus de traiter les fonctions du véhicule indépendamment les unes des autres, mais de définir les priorités de traitement des différentes fonctions les unes par rapport aux autres et de définir ainsi la cohérence globale de traitement du véhicule complet (sachant que le traitement du produit en fin de vie est totalement dépendant de l'architecture globale du véhicule). Cette approche exhaustive (évaluation des cas de figure par fonction puis pour le véhicule dans son ensemble), a permis d'identifier deux types d'outils indispensables à une analyse fiable des problèmes : le graphe de décomposition du produit (traduisant essentiellement les fonctions et matériaux du produit) ainsi que le graphe de liaison (traduisant les aspects liaison et accessibilité des composants par la mise en évidence des antériorités de démontage).
Dans ce cas également, des outils à destination des concepteurs sont en développement afin de faciliter la prise en compte des aspects valorisation dans les différentes étapes de conception par les différents acteurs (base de données, tables, méthodes de calcul de l'aptitude à la valorisation du véhicule).

Les travaux de GAUCHERON traitent également de l'intégration du recyclage chez Renault comme un nouveau paramètre de conception. Suite au constat que l'intégration de ce nouveau paramètre dans les projets en cours de développement n'était pas acquise, et conscient « que la première solution consistant à diffuser auprès des concepteurs des cahiers de préconisations, ne suffisait pas », GAUCHERON explique qu'il est nécessaire et judicieux d'identifier des synergies avec d'autres métiers de l'entreprise pour favoriser l'intégration du nouveau domaine. Ces synergies, par les appuis internes qu'elles révèlent, facilitent le passage du nouveau paramètre depuis son statut initial de contrainte à celui d'opportunité.
Le « modèle produit » proposé dans ses travaux est un outil à la fois descriptif et cognitif qui permet, en détectant les synergies potentielles avec d'autres métiers, de favoriser l'intégration du recyclage dans le processus de conception. D'autres travaux concernant l'intégration de l'environnement sont à mettre à l'actif de l'entreprise Renault ; nous y ferons référence dans la suite de ce document (voir Chapitre 2.2.1).

---

[41] Les modifications de certains composants (telles que la forme des réservoirs de fluides sous capot) pour faciliter le traitement en fin de vie (la vidange des réservoirs, par exemple) n'ont pas eu d'impact sur les méthodes et pratiques de conception.

Ces différents travaux, malgré les différences d'approche, mettent en évidence le caractère prépondérant des outils (méthodologiques ou non) dans les tentatives d'intégration d'un nouveau paramètre ou d'un nouveau domaine en conception.

2.1.1.2. Les autres constructeurs européens

Chez les autres constructeurs européens, on trouve de nombreux travaux aussi bien sur les aspects intégration du recyclage, intégration de l'environnement que sur l'évaluation environnementale des produits à l'aide des Analyses de Cycle de Vie (ACV ou LCA en anglais, pour Life Cycle Assessment). Dans le domaine de l'environnement, les pays nordiques ainsi que l'Allemagne font figure de leaders et nous allons voir à travers quelques exemples comment s'effectue la transposition de ces préoccupations dans l'industrie automobile.

En Allemagne, les préoccupations en matière de recyclage des véhicules ne sont pas récentes. La bibliographie illustre cette situation notamment chez Mercedes avec des articles traitant de la capacité des véhicules à intégrer des matériaux recyclés ainsi qu'à être recyclés en fin de vie [VON GUNTRAM et al. 90]. Ces articles du début des années quatre-vingt-dix ne font pas mention d'approche particulière ni d'outils spécifiques dans le sens où la démarche adoptée est motivée essentiellement par la réduction des volumes de déchets. Intégrer des notions telles que le recyclage se résume alors à intégrer des matières premières secondaires dans la fabrication des composants.

Chez Opel, plus récemment, des études pilotes ont été menées afin de faire émerger les scénarios les plus efficaces par rapport au traitement en fin de vie des véhicules. Ces études ont été démultipliées pour traiter les cas d'équipements spécifiques tels que les sièges d'automobiles par exemple [BRAUER et al. 98]. Par la mise en place d'un ensemble d'indicateurs (essentiellement basés sur la notion de capacité de démontage, du nombre de pièces récupérées et des temps associés à ces opérations) et d'une grille de comparaison de produits concurrents, les équipes du service recyclage de chez Opel proposent un classement des différents types de sièges existant. Cette approche permet ainsi de donner aux concepteurs des indications sur le recyclage des solutions envisagées. Le fait d'envisager plusieurs scénarios de fin de vie possibles ne restreint pas nécessairement les choix de conception mais au contraire ouvre des champs d'investigation nouveaux : les préconisations en conception ne seront pas les mêmes suivant que les composants sont broyés intégralement, extraits du véhicule pour être complètement désossés, ou si seules les matelassures font l'objet d'une récupération.

Pour respecter les objectifs des différentes réglementations (allemande et européenne notamment) BMW qui communique depuis longtemps déjà sur la capacité de ses véhicules à être recyclés, a élaboré de nombreux outils d'aide aux concepteurs, et récemment, un logiciel spécifique d'analyse de la démontabilité de ses véhicules a été développé [ZETTIER 00]. Cet outil permet, durant les phases de développement du véhicule, d'identifier le plus tôt possible les solutions optimales pour le recyclage. Ce logiciel prend en compte un ensemble de données techniques telles que la composition matière du composant, les types de liaisons utilisées, les temps et le niveau de démontage par rapport à l'architecture du composant. Il vient ainsi s'ajouter à un ensemble de ressources déjà disponibles, qui ont été développées en interne au cours des années par la marque allemande.

Volvo possède pour sa part une avance considérable en matière de qualité environnementale de ses produits : c'est aujourd'hui le seul constructeur à avoir publié des informations précises sur ses véhicules, en définissant des grilles d'évaluation ainsi que des objectifs spécifiques pour chaque nouveau véhicule (Déclarations de Produits Environnementaux) [VOLVO 99] et [VOLVO 00]. Ce résultat diffusé largement masque un impressionnant travail de sensibilisation de l'ensemble de son personnel et une culture volontariste en faveur de l'environnement déjà ancienne pour ce constructeur qui a toujours mis en avant sa préoccupation de l'environnement. Initié dès 1995, Volvo qui revendique « la connaissance pour tous » a donc mis en place un vaste programme de formation à l'environnement destiné à toutes les catégories de personnel présent au sein de cette société [VOLVO 98]. Ce programme comprend plusieurs sessions de formation allant d'une initiation générale à l'environnement jusqu'à des ateliers de réflexion, permettant d'identifier pour chaque type de métier représenté au sein de cette entreprise, les actions spécifiques à mettre en place pour atteindre les objectifs environnementaux définis par la direction. Ce ne sont plus uniquement les aspects « outils d'aide à la conception » qui font l'objet d'efforts mais également les aspects « formation du personnel ».

En Italie également, Fiat se préoccupe des aspects relatifs à l'intégration de l'environnement. Outre son projet FARE (Fiat Auto Recycling[42]), qui porte à la fois sur l'évaluation de la capacité des véhicules de la marque à être recyclés et également sur les conditions de traitement de ces véhicules (techniques de séparation, moyens industriels nécessaires), Fiat communique régulièrement sur ses projets en cours dans ce domaine. Lors de la dernière conférence du SAE (Society of Automotive Engineering, USA) sur le cycle de vie des produits notamment, Fiat relate une expérience menée en interne et relative à l'utilisation d'un outil (le « Life Cycle Costing ») comme moyen combiné d'analyse environnementale et économique [LAZZARI et al. 00]. Ce type d'outil, orienté vers l'évaluation des impacts économiques générés tout au long du cycle de vie d'un produit, intéresse de plus en plus les industriels, dans la mesure où il doit permettre à terme d'attribuer les justes coûts à chaque composant d'un produit. On devrait ainsi pouvoir limiter au strict minimum les coûts masqués et faire apparaître le coût réel d'un produit (ce qui, en terme de négociations, représente un avantage indéniable).

Remarque :

Outre le fait que l'ensemble des constructeurs européens travaille sur la question de l'intégration de l'environnement, on distingue une tendance assez nette sur la manière de traiter ce problème : les efforts sont axés sur la mise au point d'outils devant permettre, à terme, aux concepteurs de manipuler les données relatives à l'environnement de la même manière que les paramètres usuels de conception. Il transparaît de cette approche majoritaire, que les solutions envisagées devront prendre la forme d'outils d'aide à la conception.

Parmi cette tendance forte, Volvo se positionne de manière différente en mettant en avant le besoin important de diffusion des connaissances relatives à l'environnement ainsi que la nécessité d'impliquer non seulement les concepteurs mais l'ensemble du personnel de l'entreprise (Volvo s'appuie sur le principe que

[42] Voir sites http://www.fiat.com et http://www.ademe.fr/htdocs/actualite/manifestations/vehicules%20propres/fiat.htm

l'environnement est une préoccupation globale qui doit remporter l'adhésion de tous). Renault se rapproche de cette position, même si le niveau d'implication est moindre, avec son programme MCV (**M**anagement de l'environnement sur le **C**ycle de **V**ie – voir Chapitre 2.2.1.), qui comporte en plus d'une phase d'apprentissage d'outils spécifiques, une phase de formation du personnel interne ainsi que de l'ensemble des fournisseurs.
Ainsi, malgré une tendance majoritaire qui mise sur les outils pour intégrer l'environnement, une autre voie d'intégration semble émerger, plus orientée vers les aspects de sensibilisation et de formation du personnel. Nous reviendrons sur cette différence d'approche à la fin de ce chapitre.

2.1.1.3. Les constructeurs américains et japonais

Bien que la réglementation sur la question du traitement des véhicules hors d'usage ne soit pas aussi développée aux Etats-Unis qu'en Europe ou au Japon, les différents constructeurs ayant tous une part importante de leurs marchés à l'exportation, ont pris conscience des impacts potentiels de ces nouvelles réglementations sur leurs activités et travaillent donc avec intérêt sur ce sujet. De fréquents articles traitent des problèmes de recyclage et se font l'écho d'appels à concours pour imaginer de nouvelles solutions plus favorables à l'environnement [ELLER 99], [BOSWELL 99], [McAULEY 99]. MORAN a fait une intéressante synthèse des différentes réalisations menées aussi bien par les constructeurs que par les équipementiers, dans le domaine du recyclage ; il montre notamment que le recyclage n'est pas une fin en soi et que les études et les expériences menées dans ce domaine amènent souvent à des questionnements plus globaux notamment relatifs au cycle de vie complet des produits [MORAN 99]. Chaque constructeur possède sa propre approche du problème et nous verrons quelles sont les principales orientations de chacun des trois grands constructeurs américains. Cependant, et probablement du fait de l'absence de réglementation locale, la concurrence est moins importante Outre-Atlantique et un certain nombre de travaux ont été menés de concert par les trois géants de l'industrie automobile américaine (Ford, GM et Chrysler)[43]. Afin de bénéficier de moyens d'investigation particulièrement importants pour le recyclage, les trois principaux constructeurs américains Ford, GM et Chrysler (« The Big Three ») ont créé une structure commune : le VRP (Vehicle Recycling Partnership). Ce partenariat a permis de réaliser des études et a fait l'objet de travaux de recherche conjointement avec de grandes universités [ZAMUDIO-RAMIREZ 96] et de publications en collaboration avec des cabinets de consultants [COBAS-FLORES et al. 98].

GM s'est, dans un premier temps, intéressé aux aspects du recyclage en développant en partenariat avec l'université de Windsor et le MIT, un outil logiciel permettant d'évaluer les intérêts économiques du recyclage de véhicules [SPICER et al. 97]. Le management du cycle de vie est une préoccupation particulièrement importante du groupe GM, et pour cela, le constructeur conduit des recherches en partenariat avec des centres de recherches universitaires ainsi qu'avec l'Agence américaine de protection de l'environnement (Environment Protection Agency – EPA). Lors de la dernière conférence Life Cycle Conference 2000, le constructeur a communiqué l'avancement de ses travaux sur le développement d'un modèle de

---

[43] En ce qui concerne les sièges d'automobile « The Big Three » ont notamment participé aux réalisations suivantes :

- Modification des sièges avant afin de ne plus surmouler les matelassures sur la structure,
- Conception de nouvelles mousses de siège arrière pour faciliter leur démontage et leur recyclage en fin de vie.
- Amélioration de la recyclabilité des collections de sièges (programme en collaboration avec l'université de Windsor – Canada).

management de cycle de vie adapté au secteur automobile, en intégrant la notion de chaîne de fournisseurs [KINCAID 00]. Le but visé par ces travaux est de dépasser les notions de protection de l'environnement relatives aux sites et aux moyens de production, pour s'intéresser au cycle de vie complet du produit, c'est-à-dire à l'ensemble des acteurs qui interviennent lors des différentes phases de la vie des produits. Dans ce sens, la prise en compte de la chaîne de fournisseur devient une étape indispensable.

Ford pour sa part a adopté une démarche plus globale que ses concurrents, à la fois en intégrant le cycle de vie complet des produits et en s'impliquant, en plus de ses activités de constructeur, dans les réseaux de traitement des véhicules en fin de vie[44] : les déconstructeurs. Travaillant à la fois sur les analyses de cycle de vie des différents matériaux structurels pour l'automobile, sur la certification ISO 14 000 de ses sites, sur l'incorporation de matière recyclée dans la conception de ses nouveaux véhicules et sur le recyclage de ses véhicules en fin de vie, Ford a également mis en place un important programme de formation de son personnel relatif à la conception favorable à l'environnement (« design for environment process and training ») [DURANCEAU 98]. Ce programme vise à sensibiliser les ingénieurs chargés de la conception, du développement des produits et des moyens de production aux notions de conception favorable à l'environnement, puis de leur fournir une méthode de travail leur permettant de s'améliorer continuellement [LAWRENCE 98]. S'appuyant sur une volonté affichée de la marque de devenir une « entreprise citoyenne leader », ce programme doit permettre aux ingénieurs de mettre en pratique les orientations stratégiques définies par la direction générale. La communication faite dans le cadre de Life Cycle Conference 1998, détaille à la fois l'élaboration du programme de sensibilisation ainsi que le déploiement prévu dans et hors de l'entreprise. Dans ce cas, il apparaît clairement que le constructeur met l'accent sur la formation des personnes, pour préparer l'utilisation future des ressources spécifiques de ce domaine. En considérant que le management de l'environnement doit être basé sur les mêmes principes que le management des coûts ou de la qualité, il lui semble nécessaire de préciser et d'expliciter les enjeux de ce nouveau domaine, afin de limiter au maximum la résistance des acteurs de l'entreprise[45].

Tous les deux ans, la conférence internationale organisée par la SAE sur le thème du cycle de vie des produits (« Life Cycle Conference ») réunit un grand nombre de participants : constructeurs automobiles, instances de réglementation, laboratoires de recherche, consultants, etc. Ce type de manifestation traduit bien l'engouement de ces différents acteurs du secteur automobile pour la question de l'intégration de l'environnement. Si à chaque nouvelle édition, de nouvelles solutions et des exemples de réussite sont présentés, il n'en reste pas moins que dans de nombreuses communications, les difficultés de l'intégration de l'environnement sont mentionnées.

Nous n'avons pas abordé le cas des constructeurs japonais dans ce chapitre, car ces derniers communiquent actuellement principalement sur leurs investissements dans les moyens de traitement des véhicules (construction de sites industriels de traitement des véhicules hors d'usage, construction de centrales

---

[44] « Ford s'implique dans les secteurs de la démolition et du réemploi en rachetant plusieurs entreprises de démolition dont notamment une des plus importantes de Floride » Auto-Recyclage, n°26, décembre 1999.

[45] « Les bonnes raisons de résister au changement », F. de CONNINCK, Revue Française de Gestion, septembre 1998, p 162-168.

thermiques alimentées par les résidus de broyage automobiles [LEE 97]) et relativement peu sur leurs actions et leurs moyens mis en place pour modifier leurs méthodes de travail. Nous pensons cependant que les constructeurs japonais restent vigilants sur ces questions étant donné leur participation en 1998 au Life Cycle Conference (publications du JAMA –Japan Automobile Manufacturer Association- du MITI, de Toyota et de Daewoo portant essentiellement sur l'application de l'analyse de cycle de vie à des produits complexes tels que les véhicules complets).

De ce tour d'horizon des orientations choisies par les grands constructeurs mondiaux pour l'intégration de l'environnement, nous retenons deux idées majeures :

- Il n'existe pas de voie unique ou idéale pour la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits. Devant la diversité des approches proposées et le peu de retour d'expériences disponible actuellement[46], il reste difficile d'identifier actuellement les meilleures approches : il faudra attendre encore plusieurs années avant de pouvoir juger les effets réels sur les produits des orientations qui sont prises actuellement.
- Malgré la diversité des moyens mis en œuvre pour intégrer l'environnement, deux courants distincts émergent : d'une part une grande majorité des approches est orientée vers le développement et la mise en place d'outils et de moyens techniques permettant de faciliter la résolution des problèmes posés et, d'autre part, certains développements plus récents montrent que des approches non moins outillées mais plus proches des acteurs directs de la conception des produits pourraient apporter des résultats plus tangibles et durables. Nous pourrions résumer ce point de vue en simplifiant ces deux grandes catégories de la manière suivante : l'une, très outillée et misant principalement sur des moyens techniques et l'autre, plus orientée vers la formation des personnels et misant sur leurs connaissances pour résoudre ces nouveaux problèmes.

2.1.2. La grande diversité des ressources techniques pour l'environnement

Nous avons vu au chapitre précédent que tous les constructeurs de taille mondiale, quelle que soit leur approche choisie pour l'intégration de l'environnement, avaient recours à différents outils. Face à la diversité des ressources développées, il apparaît utile de disposer d'une typologie de ces outils afin d'identifier rapidement celui ou ceux les mieux adaptés aux besoins de chaque entreprise. A l'image de la diversité des approches pour intégrer l'environnement, nous avons trouvé dans la littérature différents classements de ces ressources [JACQUESON et al. 01_b]. Nous allons les présenter afin d'illustrer la diversité des points de vue qui existe également dans ce domaine.

La volonté de clarifier les apports de chacun des outils n'est pas nouvelle puisque déjà en 1994, BULLINGER présentait, au cours du 2ème Séminaire International sur l'ingénierie du cycle de vie, un

[46] Du fait principalement du caractère récent des préoccupations pour l'environnement au regard de la durée du cycle de vie des véhicules automobiles - estimée à environ 15 ans en moyenne.

classement des ressources pour la conception en vue du recyclage et de l'environnement [BULLINGER et al. 94] :

- La **littérature et les manifestations** (normes, lois, décrets, littérature spécialisée, publications, séminaires, congrès, etc).
- Les **moyens d'aide conventionnels** répartis en trois sous catégories :
  - Général (méthodes d'évaluation du recyclage, « handbooks », « check-lists » et préconisations, …).
  - Matériaux (tables de classifications des matières, matrices de compatibilité chimiques, identification par marquage, listes de substances indésirables ou interdites, …).
  - Désassemblage (graphes de liaison et de décomposition, tables de classement des fixations, …).

En 1996, SWEATMAN et SIMON proposaient une classification des outils de « Design for Environment » en deux grands groupes [SWEATMAN & SIMON 96] :

- les **outils d'analyse** basés sur la méthode de l'Analyse de Cycle de Vie [SETAC 93],
- les **outils d'amélioration** incluant ceux de la conception en vue du recyclage.

Cette année-là, déjà treize outils (s'appuyant directement sur la méthode de l'analyse de cycle de vie ou sur l'analyse de cycle de vie abrégée) avaient été recensés dans la catégorie « outils d'analyse » tandis que onze autres étaient recensés dans la catégorie « outils d'amélioration ».

Cette classification préfigurait les travaux d'un collectif d'universités et d'industriels anglais, menés par la Manchester Metropolitan University, qui ont abouti à la réalisation au sein du projet DEEDS (Design for Environment Decision Support) d'un navigateur pour les outils d'éco-conception, regroupant plus de 50 outils différents [DEEDS 98]. Cinq catégories d'outils ont ainsi été définies dans le cadre de ce projet :

- outils d'**analyse**
- outils de « **reporting** »
- outils de **hiérarchisation**
- outils d'**amélioration**
- outils **stratégiques**

En 1997, on trouve dans la littérature, de nouvelles propositions de classifications des outils.

De CALUWE[47] propose une classification en quatre groupes différents :

- outils **ACV / ICV** (Analyse et Inventaire de Cycle de Vie) traitant des produits et procédés existants.
- outils de type **DfX** (Design for X[48] - analyse et amélioration des produits et/ou des procédés).
- outils de **prévention** des déchets et de la pollution.
- outils d'**amélioration** (outils méthodologiques intervenant sur l'ensemble du processus de conception).

EHRENFELD, quant à lui, propose un espace de classification à trois dimensions des outils suivant leur caractéristiques en terme d'aide fournie (inventaire, amélioration), d'étape du cycle de vie (depuis l'extraction de matières premières jusqu'à la fin de vie) et enfin d'étape du processus de conception (depuis l'analyse du besoin jusqu'au développement – voir Figure 9) [EHRENFELD 97_2].

---

[47] Cf. *op. cit.* p 52.

[48] X peut être remplacé par les termes suivants : recycling, dismantling, recovery, environment, etc.

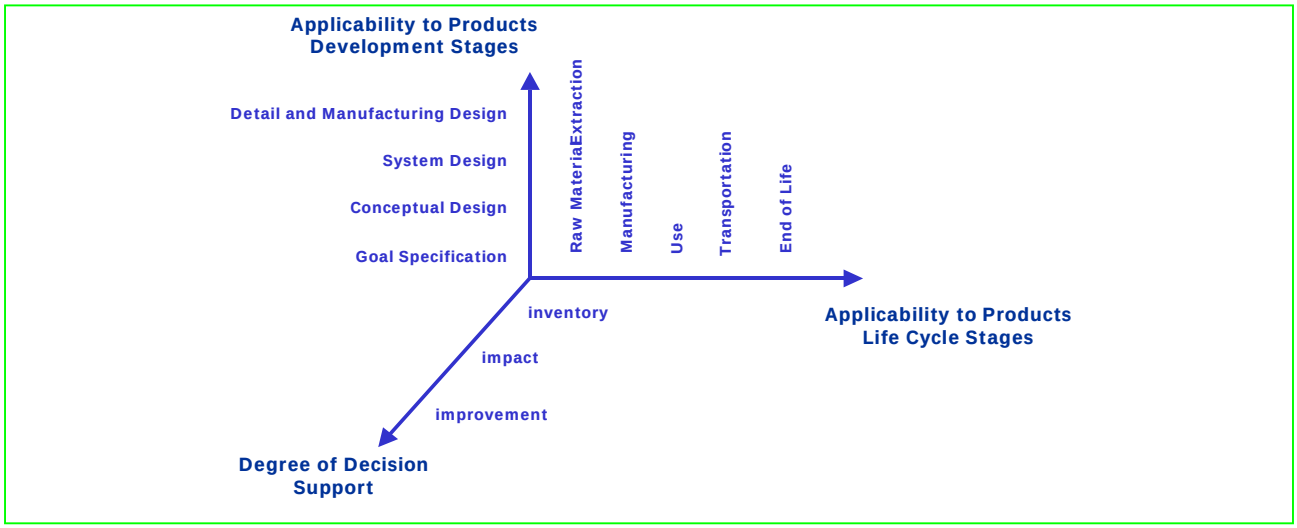


Figure 9: Système de classification des outils d'éco-conception (d'après [EHRENFELD 97])

COPPENS, dans ses travaux axés sur la fin de vie des véhicules automobiles, recense parmi les seuls outils d'aide à la valorisation, trois catégories distinctes depuis les indicateurs, les guides d'aide à la conception et les logiciels [COPPENS 99]. On trouve ainsi de nombreuses références proposant chacune une vision d'un ordonnancement possible des outils. Nous citerons également BISTAGNINO en Italie qui propose une catégorisation fine des moyens disponibles pour l'éco-conception [BISTAGNINO et al. 99] et plus récemment dans les publications de la Commission Européenne à propos de la Directive sur les véhicules hors d'usage, les instances réglementaires ont ressenti le besoin de proposer leur propre système de classement des outils disponibles [EC 00].

Plus récemment en France, JANIN identifie par rapport aux approches possibles de l'environnement (approches process, produit et système) deux grandes catégories d'outils [JANIN 00] :

- Catégorie 1 : les outils d'**évaluation** (basés sur la méthode ACV, outils qualitatifs ou quantitatifs).
- Catégorie 2 : les outils d'**amélioration**, de **sensibilisation**, **stratégiques** et de **communication**.

MILLET, propose, au delà des outils, une typologie des approches d'intégration mettant en avant une utilisation des outils par rapport à des entités de l'entreprise (experts en environnement, équipes de conception, ligne hiérarchique, …) et également par rapport à la manière dont l'entreprise considère l'environnement (la maturité de l'entreprise par rapport à ce nouveau domaine) [MILLET 01].

Le propos de ce chapitre était d'illustrer la diversité des points de vue qui existe dans ce domaine et de faire apparaître la difficulté, pour une personne non experte en environnement, d'identifier avec une marge d'erreur relativement faible, quels outils rattachés à quelles catégories doivent être utilisés lors du démarrage d'un projet d'intégration de l'environnement. En effet, toutes les catégories proposées sont, a priori, intéressantes à prendre en compte : depuis les premières étapes de travail qui consistent généralement en des phases d'évaluation jusqu'aux étapes de modification du produit et/ou des procédés, en passant par des phases de diffusion et de valorisation des actions réalisées.

Il apparaît finalement que le but visé par l'élaboration de typologies d'outils, à savoir clarifier la diversité importante des ressources disponibles, n'est pas vraiment atteint, puisque en terme de typologie il

existe également une diversité importante. Ainsi, la personne novice en matière d'environnement (au sens d'éco-conception) possède finalement un large panel de ressources, sans savoir comment déterminer rapidement les moyens les plus adaptés à ses besoins.

Le constat que nous dressons suite à cet inventaire est le suivant :

Aujourd'hui, de très nombreuses ressources sont disponibles et de nouveaux développements continuent d'être engagés [TONNELIER 01]. Pour faciliter le choix de ressources en adéquation avec un contexte donné, plusieurs équipes de recherche ont proposé des typologies des ressources. Or nous constatons que si une classification permet de donner une vision d'ensemble, le problème initial de l'identification pour une entreprise des ressources adaptées à ses besoins spécifiques, n'est finalement pas résolu.

Le grand nombre d'expériences industrielles nous semblait être une base particulièrement riche pour évaluer les différentes propositions (par la confrontation possible des objectifs affichés initialement avec les résultats réellement obtenus), or les publications s'attardent plus sur le contenu même des ressources et de leurs potentialités que sur les modifications réelles des produits. A ceci s'ajoute le fait que, pour les produits automobiles, l'évaluation des caractéristiques environnementales (en dehors des niveaux d'émissions à l'échappement) par des instances de contrôle ou par les utilisateurs est inexistante. On perçoit alors la difficulté de comparaison des différentes approches, sur la base de leurs résultats, tant les publications sont peu explicites sur les réels changements dans les pratiques de conception (les effets d'annonce sont vraisemblablement plus nombreux que les réalisations tangibles).

Nous avons pu constater qu'il est très délicat de définir des préconisations qui soient suffisamment précises pour être directement prises en compte par les concepteurs et suffisamment transversales pour pouvoir être adoptées par plusieurs acteurs de la filière automobile. Cette difficulté est principalement due au fait que le contexte de traitement réel des véhicules en fin de vie n'est toujours pas défini et qu'il n'existe pas d'expérience antérieure dans l'industrie, qui puisse servir de référence. D'autre part, nous avons pu constater que les acteurs principalement concernés par la prise en compte de l'environnement au sein des entreprises, les concepteurs, ont bien souvent une méconnaissance importante du domaine de l'environnement. Nous pensons de ce fait, que les propositions se basant sur l'utilisation « spontanée » par les concepteurs, des ressources (pour intégrer l'environnement) de type outils ou méthodes, sont peu réalistes.

Malgré cette tendance majoritaire, des acteurs du domaine de la recherche et de l'industrie ont pris conscience des limites des outils et ont cherché à en préciser les conditions d'utilisation optimale en prenant en compte notamment le point de vue de leurs utilisateurs. Nous allons aborder cette autre point de vue sur l'intégration dans le chapitre suivant.

2.2. Intégrer l'environnement en misant sur les connaissances des concepteurs

Après avoir vu dans le chapitre précédent l'intérêt porté aux outils d'intégration de l'environnement, nous allons présenter au cours de ce chapitre la deuxième grande tendance que nous avons identifiée dans ce domaine, et qui, sans rejeter les outils, se préoccupe des aspects liés à leurs utilisateurs et aux compétences à développer pour, à la fois, introduire ces nouveaux outils dans une entreprise, et favoriser leur utilisation à bon escient.

Parmi les différents travaux menés sur l'intégration de l'environnement, certains chercheurs abordent cette question par le biais du management des connaissances. Les éléments cruciaux que nous voyons dans cette nouvelle approche sont d'une part le respect de la complexité intrinsèque de l'environnement[49] et d'autre part la prise en compte de la perception des principaux acteurs de l'intégration : les concepteurs. KAÏLA souligne en effet que « les concepteurs sont les personnes les plus compétentes pour prendre des décisions en DfE, quand ils disposent des supports et des infos nécessaires »[50]. Il faut veiller en effet à ne pas inverser les rôles au sein de l'entreprise : la conception des produits revient aux concepteurs, dont les connaissances et les pratiques doivent évoluer notamment sous l'influence des différents expertises de l'entreprise (dont l'environnement doit faire partie à terme).

Nous verrons ainsi que notre intérêt pour l'intégration de l'environnement nous a amené à nous rapprocher du domaine des connaissances, en prenant notamment en compte les champs de recherche suivants :

- la création et la gestion des connaissances (résultant de l'apparition d'un nouveau domaine tel que l'environnement à la fois en tant qu'expertise d'un futur métier et en tant que connaissances propres aux acteurs de la conception),
- le caractère individuel et collectif de la connaissance (l'appropriation par les individus et l'émergence de connaissances partagées par des groupes de personnes),
- l'apprentissage de nouvelles connaissances et les motivations qui y sont liées,
- le pilotage des processus liés à l'apprentissage en milieu industriel.

En menant des investigations successivement dans ces quatre domaines, notre but sera de dégager les éléments fondamentaux pouvant contribuer à enrichir les réflexions sur l'intégration de l'environnement.

2.2.1. Apprentissage et formation, deux notions associées à l'intégration d'un nouveau domaine

En parallèle de la tendance majoritaire d'intégration de l'environnement (par le biais de ressources outillées), certains chercheurs font référence à des notions telles que la formation des acteurs de la

[49] L'environnement est un domaine particulièrement complexe, dont l'évaluation requiert des analyses multicritères sur l'ensemble du cycle de vie du produit. De ce fait, il n'est pas réaliste de le traduire à l'aide d'un paramètre unique de conception, réducteur par nature.

[50] Cf. *op. cit.* p 50.

conception, de création de connaissances et l'existence d'apprentissages croisés entre experts et équipes projet. La question qui est mise en avant par ces équipes, est orientée vers le domaine des connaissances (leur création, leur transmission et leur assimilation) et des personnes qui sont au cœur de ces processus d'apprentissage. Cela revient à se poser la question non seulement de « quoi intégrer ? » mais aussi et surtout de « comment intégrer ? ».

AGGERI et HATCHUEL, soulignent particulièrement cette vision de l'intégration, lorsqu'ils relatent leur expérience de construction et de diffusion d'une expertise recyclage dans la conception automobile, et mentionnent un ensemble de facteurs liés aux conditions d'intégration d'une nouvelle expertise dans une entreprise [AGGERI et al. 97]. Ils mettent en évidence, dans un premier temps, le paradoxe suivant : il y a une nécessité d'apprentissage de la part des concepteurs pour faire face à l'augmentation toujours croissante des contraintes à intégrer dans chaque nouveau projet, mais en même temps, il y a un manque de modèle d'intervention permettant d'assurer un apprentissage progressif des concepteurs. Ils précisent ensuite que si des outils d'aide à la conception (cahiers de préconisations par exemple) sont nécessaires, leur utilisation doit s'accompagner d'une intervention directe des experts auprès des concepteurs, ceci afin de créer les conditions d'existence d'apprentissages croisés entre experts, concepteurs et équipeS projet. HATCHUEL abonde dans ce sens lorsque, à propos de l'assimilation d'une prescription, il parle de deux réalités importantes, à savoir : « la création d'un nouveau savoir par l'opérateur et l'existence d'un double apprentissage » (apprentissage de l'opérateur mais également de l'émetteur de la prescription, en fonction du résultat obtenu lors de l'application de cette dernière) [HATCHUEL 96]. A terme, les interventions des experts doivent progressivement se réduire du fait d'une autonomie de plus en plus grande des concepteurs. Quand le nouveau domaine commence à se banaliser au sein de l'entreprise, on peut alors parler d'intégration réelle et réussie.

Parallèlement à ces travaux, BRAS (du Georgia Institute of Technology, aux Etats-Unis), en réalisant un inventaire des approches possibles pour intégrer les questions d'environnement dans la conception et la fabrication des produits, précise en conclusion de son article que toutes les approches qu'il a référencées ne seront efficaces que si elles sont précédées d'une sensibilisation et d'une formation des acteurs [BRAS 97]. Il dit clairement que la technique ne peut résoudre tous les problèmes et qu'en matière d'environnement, la question la plus importante est celle de la formation. Il s'appuie pour cela sur le constat qu'il est difficile d'intégrer un nouveau domaine quand les ingénieurs et les techniciens concernés ignorent même l'existence des réglementations en vigueur (dont le non-respect peut entraîner des poursuites judiciaires). L'enjeu majeur qu'il discerne dans la formation est finalement la dissémination des informations, le fait qu'elles soient accessibles à un très grand nombre plutôt qu'aux seuls experts.

L'entreprise Renault, après avoir travaillé sur les moyens industriels de traitement des véhicules hors d'usage[51] [SCIBERRAS et al. 98] et rédigé une norme sur la conception en vue du recyclage [RENAULT 94], a

[51] Site d'Athis-Mons (91) créé au début des années 90, partenariat entre Renault, PSA et CFF (Compagnie Française des Ferrailles) avec une capacité de traitement de 12 000 VHU/an en 1994, et site de Saint-Pierre de Chandieu (69) partenariat entre PSA, CFF et le cimentier Vicat avec une capacité prévue pour 1995 vde 150 000 VHU/an.

développé des outils spécifiques au traitement manuel[52] des VHU [RENAULT 98]. Par la suite, le constructeur a collaboré à la réalisation du logiciel IDIS (International Dismantling Information System – base de données permettant aux démolisseurs d'optimiser leurs opérations de démontage [IDIS 99]) et a développé un outil logiciel lui permettant d'identifier les pièces cibles à récupérer en fin de vie et de définir les temps de récupération autorisés (pour un véhicule en cours de développement) [BOURDIER 00]. En complément de toutes ces actions, Renault a initié depuis 1999 un grand programme appelé Management de l'environnement sur le Cycle de Vie (MCV) dont le but est de renseigner les aspects recyclage et contenu en substances dangereuses des produits [GANIER 00]. Une part très importante de ce programme revient à la formation des acteurs de la conception aussi bien en interne que chez leurs différents fournisseurs (plusieurs milliers au total). Ce programme comprend plusieurs journées de formation destinées aux fournisseurs les plus importants, qui ont à leur charge de former à leur tour leurs propres fournisseurs. Ces formations en cascade devant permettre à terme de toucher l'ensemble de la chaîne des fournisseurs. Cet exemple traduit le fait que malgré tous les moyens techniques déjà en place, le constructeur a ressenti le besoin de réaliser un effort supplémentaire en dégageant d'importants budgets pour mettre en place ces sessions de sensibilisation/formation.

GAUCHERON[53], dans ses travaux sur l'intégration du recyclage chez ce constructeur, rappelle quant à lui, la nécessité *« d'explicitation et de justification associée à l'introduction d'un nouveau paramètre de conception »* et émet l'hypothèse que lors de l'introduction d'un nouveau paramètre en conception, les savoirs et les organisations doivent évoluer de concert. Ces réflexions mettent en évidence que l'intégration envisagée sous l'angle des seuls outils n'est pas satisfaisante et qu'il faut l'envisager plus globalement en y intégrant une dimension organisationnelle (et donc en prenant en compte les acteurs des organisations dans leur diversité). GAUCHERON rappelle d'ailleurs ce caractère dual du recyclage, quand il le définit comme « une activité cognitive faite d'anticipation et d'assimilation a posteriori, lorsque la réalité vient confirmer ou infirmer les hypothèses émises, ce qui se traduit par un processus d'apprentissage en boucle constitué de trois étapes : Formalisation / Traduction / Appropriation ».

Lorsque l'on aborde les thèmes de l'apprentissage et de la formation, la question des connaissances, l'enjeu même de ces interventions, se pose inéluctablement. En 1996 déjà, des chercheurs de l'Université de Delft (aux Pays-Bas) de la section « Développement de Produits Environnementaux » notaient le besoin croissant de connaissances, dans les domaines de la gestion des déchets, de la production propre, des politiques environnementales et des systèmes de management environnementaux [Von BOEIJEN 96]. GAUCHERON [54], dans ses travaux, reprend cette idée en rappelant l'enjeu que représente la création de nouvelles connaissances par l'entreprise, pour pouvoir les mobiliser en temps voulu.

Le lien entre apprentissage et connaissances est précisé par FORAY, qui précise que « n'importe quelle activité de production ou d'usage d'un bien (ou d'un service) peut donner lieu à apprentissage et donc à production de connaissance » [FORAY 00]. Cette idée est d'autant plus intéressante qu'elle vient compléter

---

[52] Renault a notamment développé des outils pour le démontage destructif de certains composants des véhicules : « pied de biche » spécial pour arracher les pare-chocs, centrale de mise à feu des systèmes pyrotechniques, marteau à percussion « monocoup » pour la séparation rapide des pièces plastiques de l'intérieur véhicule et un découpeur de pare-brise collé. Source Auto-Recyclage n°17, *Les outils du démontage : Renault Projet recyclage*, mai-juin 1998.

[53] Cf.*op. cit.,* p 54.

[54] Cf.*op. cit.,* p 54.

les propos d'AGGERI, d'HATCHUEL et de KAÏLA sur la capacité des concepteurs à participer à la création de connaissances en matière d'environnement.

Ces différentes propositions, qui détaillent la dualité des processus d'apprentissage (en prenant en compte la vision de l'initiateur de l'apprentissage : le prescripteur, ainsi que la vision de celui qui apprend), ont motivé notre rapprochement avec le champ de recherche portant sur les connaissances et leur gestion et ont permis ainsi d'étoffer notre réflexion sur la question de l'intégration de l'environnement.

2.2.2. Gérer et créer des connaissances, deux approches complémentaires ?

En se rapprochant du champ de recherche des connaissances, nous avons pu constater que les publications sont extrêmement nombreuses et riches. 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]. A partir du champ très large de la gestion des connaissances, nous nous focaliserons rapidement sur la notion d'apprentissage (notion qui relie le domaine de l'intégration de l'environnement à celui des connaissances) en précisant les mécanismes et les caractéristiques de cette activité. Nous verrons ainsi que l'apprentissage correspond à un processus dynamique, que l'on peut piloter à défaut de le contrôler totalement.

Concernant le sens que nous attribuons aux connaissances, nous nous contenterons d'adopter le point de vue suivant, en distinguant deux types différents de connaissances :

- les connaissances théoriques qui représentent un potentiel à valoriser,
- et les connaissances mises en application, qui deviennent alors des compétences effectives.

Ce positionnement s'appuie notamment sur les travaux de GRUNDSTEIN, qui décrit l'existence de deux grandes catégories de connaissances dans l'entreprise, constituées des savoirs et des savoir-faire et de SIEMIENIUCH, qui préconise l'évolution des connaissances vers un niveau de sagesse décrite comme étant une « connaissance profonde basée sur l'expérience personnelle » [GRUNDSTEIN 98], [SIEMIENIUCH 99].

2.2.2.1. Gérer, capitaliser les connaissances

Une facette du domaine des connaissances, qui intéresse particulièrement les industriels et le monde de la recherche actuellement, est la question de la gestion, de la capitalisation des connaissances. GRUNDSTEIN, présente la problématique de la gestion des connaissances comme comprenant cinq facettes différentes (Cf. Figure 10). Pour lui, la gestion des connaissances consiste en une articulation harmonieuse de quatre formes d'actions qui consistent à repérer les connaissances puis à les préserver, à les valoriser et enfin à les actualiser.

Une fois ces actions maîtresses posées, il reste à déterminer le contenu même des actions à réaliser, c'est à dire quelle est précisément la « matière » qu'il faut capitaliser, de quelle manière et sous quelle forme

doit-elle être présentée, qui et dans quelles conditions peut être amené à les réutiliser (afin de pouvoir s'inscrire dans une logique de gestion)?

Dans un article paru dans la Revue Française de Gestion, MACK propose, en s'appuyant sur un modèle proposé par BOISOT[55], une description de l'évolution des connaissances dans les entreprises [MACK 95]. Selon lui, les connaissances évoluent de manière cyclique : elles naissent, se développent, atteignent un stade d'utilité maximale puis se banalisent et deviennent périmées. Au cours de cette évolution, les connaissances se transforment suivant deux dimensions : codification et diffusion (Cf. Figure 11).

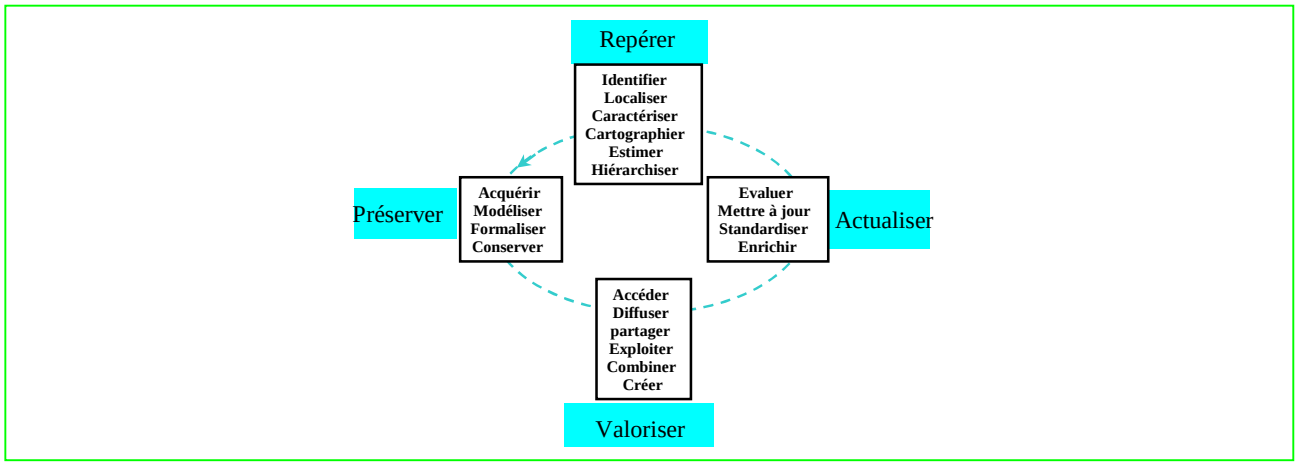


Figure 10 : Les différentes facettes de la gestion des connaissances (d'après [GRUNDSTEIN 98])

La transformation des connaissances, pour atteindre le stade d'utilité maximale (phase qui nous intéresse plus particulièrement), doit correspondre à une progression concomitante suivant les deux dimensions du référentiel, jusqu'à leurs niveaux maximum.

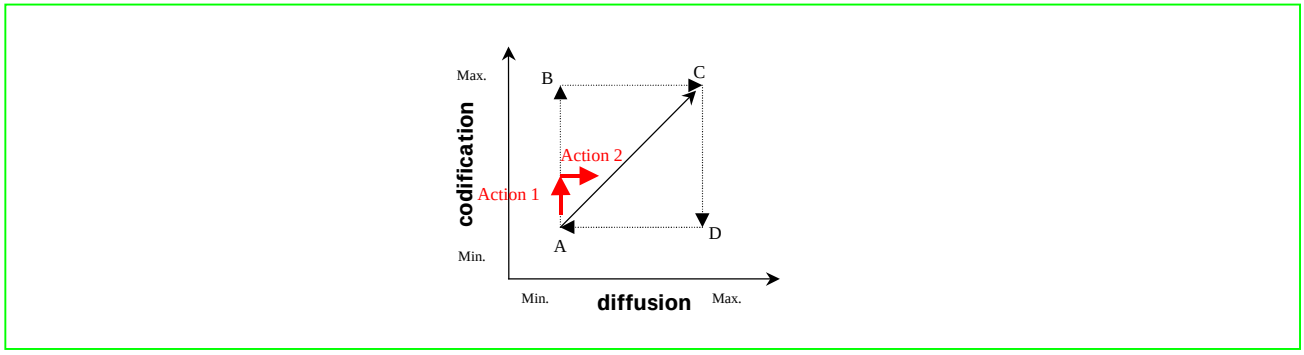


Figure 11 : Evolution des connaissances (d'après [MACK 95])

Nous voyons ainsi apparaître les difficultés majeures liées à la gestion des connaissances, difficultés qui se démultiplient lorsque l'on cherche à appliquer les modèles théoriques à des situations concrètes d'identification, de diffusion et d'appropriation (l'immatérialité des connaissances couplée à la complexité des

[55] BOISOT M. et MACK M., « Stratégie technologique et destruction créatrice », Revue Française de Gestion, n° 103, 1995.

phénomènes réels, font que le passage de la théorie à la pratique de la gestion des connaissances reste une activité extrêmement délicate).

2.2.2.2. Créer des connaissances

La gestion des connaissances est présentée comme la formalisation d'une partie des savoir-faire propres à une entreprise, un produit ou un procédé, pour les rendre accessibles et exploitables à un plus grand nombre d'acteurs que ceux qui en sont les détenteurs initiaux, ou plus abruptement comme « l'idée de capturer les connaissances générées par les individus et de les répandre auprès des autres au sein d'une organisation »[56]. Si la gestion des connaissances est un sujet de préoccupation actuel des entreprises, il n'en reste pas moins que ces connaissances, avant de pouvoir être gérées, doivent exister. Nous allons donc nous intéresser dans cette partie aux phénomènes relatifs à la création des connaissances.

Les travaux de NONAKA et TAKEUCHI, dans ce domaine, apportent un éclairage particulièrement intéressant, en proposant une représentation de la transformation des connaissances individuelles vers des connaissances collectives (partagées par les acteurs de l'entreprise) [NONAKA et TAKEUCHI 95]. Ils proposent comme représentation, un « cercle de création des connaissances », qui comprend quatre grandes étapes (Cf. Figure 12) :

- *Etape 1* appelée « *Socialization* », qui correspond à un partage de connaissances tacites[57] au sein d'une équipe de travail, nous associons cette étape à des échanges d'idées.
- *Etape 2* appelée « *Externalization* », qui correspond au passage des connaissances tacites vers des connaissances explicites, étape de formalisation, qui permet de présenter les connaissances sous une forme accessible à un plus grand nombre (diffusion).
- *Etape 3* appelée « *Combination* », qui correspond aux interactions des nouvelles connaissances avec celles déjà acquises, à la combinaison de connaissances explicites, nous associons cette étape à un mélange interactif de connaissances.
- *Etape 4* appelée « *Internalization* », qui correspond à l'appropriation individuelle des nouvelles connaissances comme moyens de travail, au passage des connaissances explicites vers des connaissances tacites, nous associons cette étape à la transposition des connaissances en savoir-faire.

---

[56] Définition de Business Week, Management Theory, p37, june 23 1997.

[57] La distinction entre connaissances tacites et connaissances explicites utilisées par NONAKA et dans de nombreuses autres publications a été faite par POLANYI, qui attribue un caractère incommunicable et intimement attaché à son détenteur aux connaissances tacites, et un caractère d'essence scientifique et échappant à son détenteur aux connaissances explicites [POLANYI 83].

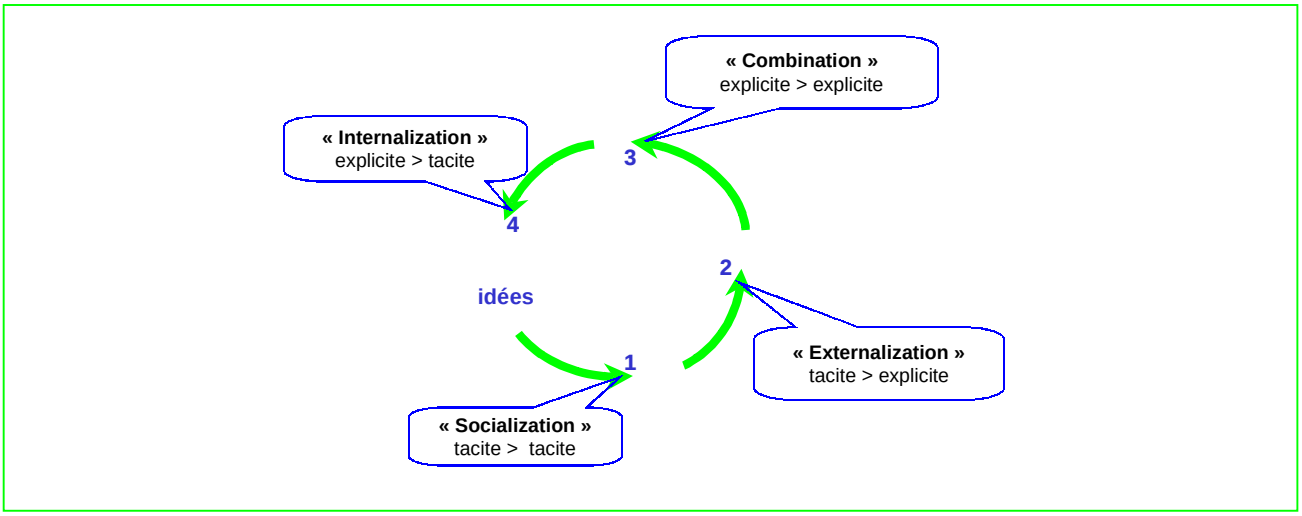


Figure 12 : Le cycle de création de connaissances (d'après [NONAKA et al. 95] et [SIEMIENIUCH 99])

Nous traduisons ce cycle de création des connaissances de la façon suivante :
partage d'idées ⇨ **émergence de connaissances** (formalisation et diffusion) ⇨ **apprentissage** (combinaison des nouvelles connaissances avec celles déjà acquises) ⇨ **appropriation**[58] (transformation des connaissances en savoir-faire) ⇨ **apparition de nouvelles idées**.

Takeuchi, dans un article sur les leçons à tirer du *knowledge management* au Japon, rappelle qu'il faut faire une distinction entre création et gestion de connaissances et que la force des entreprises doit se situer plus dans l'aspect création que dans la gestion [TAKEUCHI 98]. Sur ce point, NONAKA précise que les connaissances humaines se créent et se diffusent via les interactions sociales qui se produisent lors de la conversion des connaissances tacites en connaissances explicites et qu'il s'agit soit d'interactions entre individus, soit d'interactions entre individus et organisation. On voit ici apparaître le lien entre connaissances individuelles et connaissances collectives : l'organisation en tant que telle ne peut créer de connaissances mais ses modes de fonctionnement peuvent jouer, par contre, un rôle fondamental dans l'incitation aux échanges et dans la facilitation de la diffusion des connaissances individuelles [NONAKA 94].

Dans le but de favoriser la création de connaissances, NONAKA propose une méthode de management spécifique (*the middle-up-down management*), qui se situe à l'interface entre le top-down et le bottom-up management[59] [NONAKA 88]. Son argument principal est que les postes dits de la « hiérarchie intermédiaire » (postes jouant le rôle de relais entre les décisions stratégiques de la direction et la réalité « chaotique » des employés, qui correspondent typiquement aux postes de chef de projet), qui au quotidien doivent synthétiser à la fois le savoir tacite de la direction et celui des employés, ont un rôle particulièrement stratégique vis à vis de la transformation des connaissances.

---

[58] HATCHUEL précise que l'emploi de l'expression « appropriation » ne doit pas masquer le fait qu'il y a également production de savoir. [HATCHUEL 96]

[59] Notions traitées par MINTZBERG et al. in Cycles of Organizational Change, Strategic Management Journal, Vol. 13, 39-59, 1992.

Ces différentes références mettent en évidence que les concepteurs ne sont pas les seuls concernés par les questions d'apprentissage et que les questions de création de connaissance impliquent en définitive des changements plus profonds et certainement plus radicaux qu'il n'y parait de prime abord.
SCHON, à propos du concept d'apprentissage dans les organisations, dit que « l'impératif d'apprentissage » est directement lié à des contextes en mutation, au sein desquels, les organisations doivent s'adapter (l'auteur cite l'écologie, comme exemple) [SCHON 96]. Leur succès dépendra de leur capacité à voir les choses d'une façon nouvelle, à acquérir une compréhension neuve et à produire de nouveaux schémas de comportement (sur une base en évolution constante et par un processus qui engage l'organisation dans son ensemble).

CHARRUE, toujours à propos de l'apprentissage au sein des organisations, a montré tout l'intérêt qu'il y avait, à développer conjointement les savoirs et les modes de fonctionnements associés lors d'un projet de changement [CHARRUE et al. 94]. Cette prise de position sur les modifications des habitudes de travail (lors d'un changement dans l'entreprise), est complété par les travaux de LEFEBVRE et ALSENE, qui proposent des mesures stratégiques d'accompagnement pour optimiser la « gestion globale[60] » du changement technologique [ALSENE et al. 93]. Ces mesures consistent entre autres en :

- ⇨ l'information et la formation du personnel,
- ⇨ l'organisation du travail (description, partage et coordination des tâches),
- ⇨ la structuration des organisations (modifications des effectifs et des responsabilités),
- ⇨ l'acculturation du personnel (changement des traditions, des mentalités et des habitudes de travail).

Les publications en matière d'aspect collectif (ou organisationnel) des connaissances et des apprentissages ne manquent pas[61], sujet particulièrement sensible actuellement dans les entreprises ; notre propos étant plus centré sur l'apprentissage proprement dit.

Après avoir présenté les grands axes de la création de connaissances, nous allons maintenant préciser les mécanismes qui interviennent lors d'un apprentissage.

2.2.3. Mécanismes liés à l'apprentissage de connaissances

Définir l'apprentissage n'est pas chose facile tant les contextes d'utilisation de ce terme sont nombreux. En nous appuyant sur les domaines de recherche de la psychologie expérimentale, de la gestion des connaissances et du management du changement, nous allons dans ce chapitre préciser les caractéristiques ainsi que les mécanismes de l'apprentissage. Nous verrons ensuite quels liens peuvent être établis entre l'activité d'apprentissage et l'intégration d'un nouveau domaine dans un contexte industriel.

Dans le domaine de la psychologie expérimentale et de l'ergonomie cognitive, il est précisé qu'il y a apprentissage quand il y a modification de comportement et que cette modification a un caractère permanent.

---

[60] Par l'expression « gestion, ou approche globale », les auteurs prennent en compte non seulement les aspects économico-techniques, mais aussi et plus particulièrement, les aspects humains et organisationnels.

[61] Les nombreux articles publiés dans la Revue Française de Gestion en témoignent : CHARRUE et MIDDLER en 1994 : Apprentissage organisationnel et maîtrise des technologies nouvelles, INGHAM en 1994 : l'apprentissage organisationnel dans les organisations, etc.

Dans le domaine de l'enseignement, on distingue deux formes d'apprentissages : celle de type conditionnement, qui veut rationaliser les apprentissages en leur donnant un caractère exhaustif et systématique et celle de type développement cognitif, qui s'inscrit dans une démarche volontaire et qui mène à l'acquisition de stratégies et de schèmes cognitifs majeurs [CAZAMIAN et al. 96]. Il existe ainsi deux grandes tendances qui s'affrontent : entre apprentissages encadrés par des formateurs et apprentissages par l'action (le sujet étant directement immergé en situation de production – situation de « learning by doing ») [MEIRIEU 96].

Dans le domaine des connaissances, SVEIBY, en citant ROLF[62], donne une proposition de hiérarchie des apprentissages, basée sur la manière dont une règle est suivie :

- L'aptitude, le niveau le plus bas de l'apprentissage consiste à suivre la règle, avec un auto-contrôle possible par le sujet.
- Le savoir-faire, le niveau suivant, correspond au suivi d'une règle établie dans un contexte social indépendant de l'individu.
- La compétence ou l'expertise, le niveau d'apprentissage le plus élevé, correspond à la capacité (et l'autorisation) à remettre la règle en question [SVEIBY 97].

De ces différentes propositions, nous retenons qu'il existe un consensus sur l'existence de plusieurs types ou niveaux d'apprentissage. L'idée maîtresse que nous retiendrons, à défaut d'une définition stricte est que l'apprentissage correspond à une activité cognitive, qui permet à la personne de remettre en cause et de proposer une alternative à l'activité initialement proposée.

Dans ses travaux, ARGYRIS envisage, lui, l'apprentissage à différents niveaux : depuis l'individu jusqu'à l'organisation. Il propose notamment une représentation en double boucle (Cf. Figure 13) où il explique que la volonté de modification d'un acte, sans modification de ses valeurs directrices correspond à une action vouée à un échec immédiat ou à terme [ARGYRIS 96].

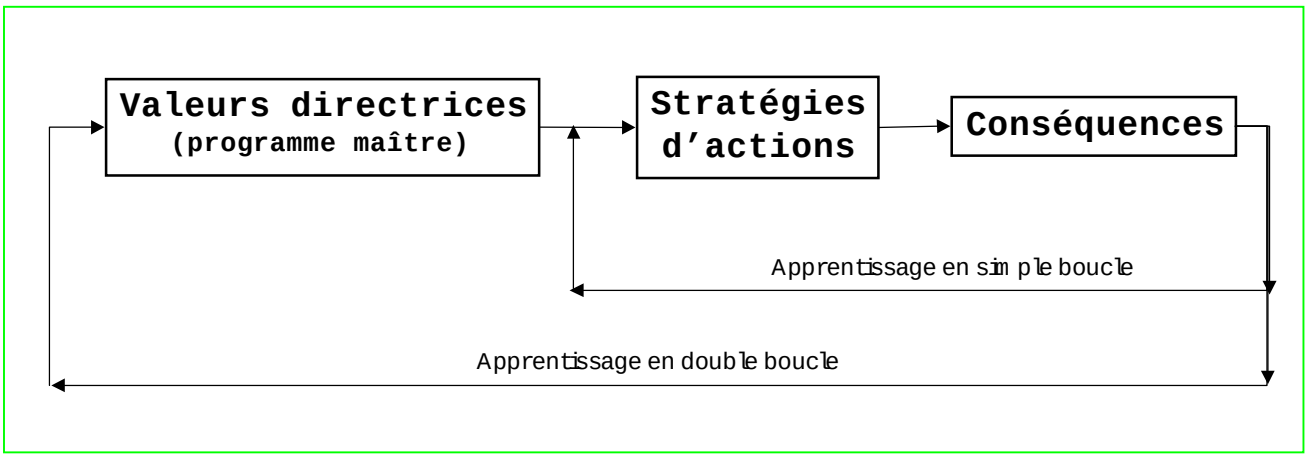


Figure 13 : Apprentissage en simple et en double boucle (d'après [ARGYRIS et al. 78])

[62] Bertil ROLF, *Profession, Tradition och Tyst Kunskap ?*, 1991.

Transposé dans un contexte de conception, l'apprentissage en double boucle signifie que non seulement les paramètres de conception doivent être changés (apprentissage en simple boucle) mais que la manière de concevoir également doit être revue.

HATCHUEL[63], par rapport aux situations de conception parle d'un double apprentissage se produisant à la fois au niveau de l'opérateur et au niveau du concepteur, en précisant que ces deux apprentissages ne sont pas indépendants l'un de l'autre mais interfèrent entre eux. Et c'est précisément dans ces conditions, qu'a lieu la création de connaissances nouvelles, comme la résultante des confrontations et des échanges de deux savoirs distincts engendrant un enrichissement mutuel.
Cette idée, que l'apprentissage se produit au cours d'échanges souvent informels et provient de la confrontation de points de vue dans des situations où le poids hiérarchique n'est pas mis en avant, est présente chez de nombreux chercheurs. KOENIG la traduit par un mot emprunté à la physiologie, en parlant de frayage cognitif ou relationnel, lorsqu'il y a réutilisation, dans un nouveau contexte, d'un schéma élaboré pour d'autres situations [KOENIG 94].

L'idée d'appropriation de connaissances pour une réutilisation individuelle est également mise en avant dans le domaine du génie industriel par CAILLAUD lorsqu'il compare la méthode d'enseignement par résolution de problèmes (méthode PBL Problem Based Learning) aux méthodes traditionnelles fonctionnant sur le mode déductif (Cf. schéma [CAILLAUD et al. 01]). On retrouve à travers ce nouvel exemple, la dualité des approches de l'apprentissage, entre une méthode à tendance « dirigiste » (la méthode traditionnelle) et une méthode moins systématique qui s'appuie préférentiellement sur la capacité d'analyse et d'adaptation des personnes (méthode PBL).

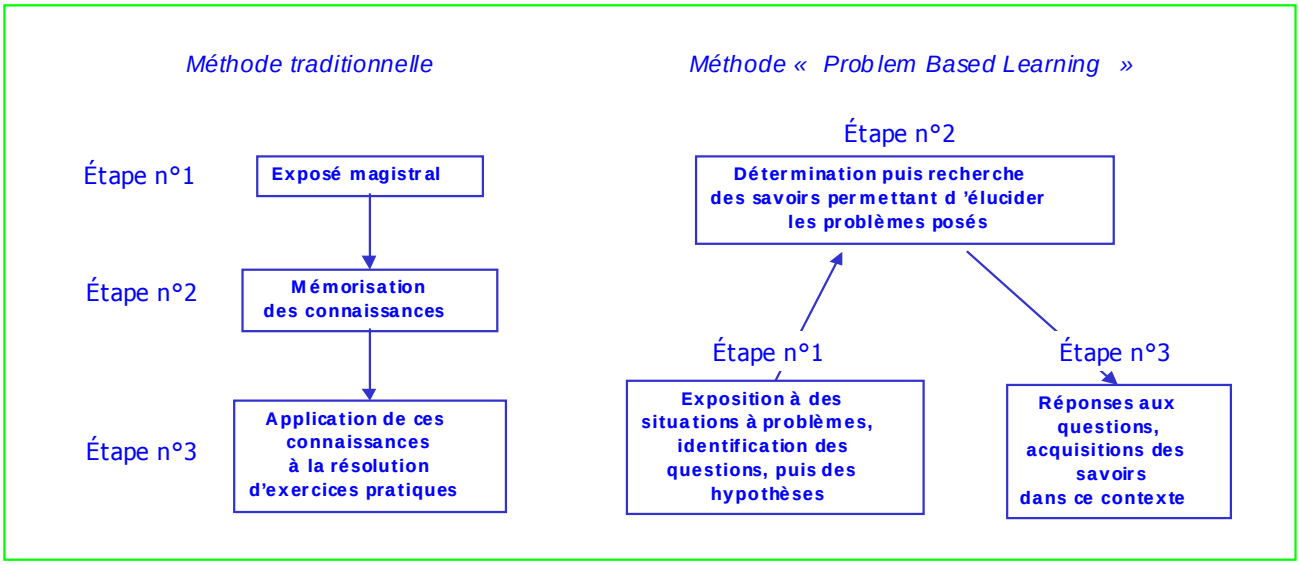


Figure 14 : Comparaison de deux méthodes d'enseignement (d'après [CAILLAUD 01])

En reprenant les principes de chacune de ces deux méthodes, nous pouvons tenter un parallèle avec le domaine de l'intégration de l'environnement :

[63] Cf. *op. cit.* p 64.

- La démarche adoptée par la méthode traditionnelle est proche de la mise à disposition de ressources, dans le sens où celui qui apprend doit emmagasiner un ensemble de connaissances et les restituer ensuite au cours du déroulement des projets. La difficulté est, pour le cas de l'environnement, un risque de faible adéquation entre la méthode proposée (les outils mis à disposition) et les problèmes réels à traiter par le concepteur. Cette inadéquation peut venir, soit d'un décalage technique entre les informations contenues dans les outils (trop nombreuses ou nécessitant une connaissance profonde de l'environnement) et les données manipulées par les concepteurs, soit d'un décalage temporel (évolution des connaissances et du contexte réglementaire par exemple entre le développement de l'outil, son apprentissage et son utilisation dans des projets).
- La démarche associée à la méthode par résolution de problème, même si elle parait moins certaine (du fait de l'incertitude initiale sur les moyens à mettre en œuvre pour résoudre le problème) permet dès le départ, de mettre les acteurs en situation d'appropriation de la complexité du problème traité et fait ensuite appel à leur capacité d'analyse et de proposition d'hypothèses de résolution. Ce type de démarche possède l'avantage de favoriser les situations de confrontation de points de vue.

Des travaux complémentaires ont été menés afin d'identifier les contextes favorables à l'émergence des situations d'apprentissage. Ainsi, INGHAM propose, dans le domaine des coopérations technologiques interentreprises (en recherche et développement), un classement des déterminants de l'apprentissage organisationnel entre déterminants comportementaux et déterminants structurels (Cf. Tableau 12 [INGHAM 00]).

Déterminants comportementaux	Déterminants structurels
Types de relation entre parties (agressivité, neutralité, acceptation mutuelle)	**Nature du savoir** (savoir tacite ou explicite, simple ou complexe)
Confiance (technique : reconnaissance mutuelle des savoirs)	**Expérience en R&D** (existence ou non d'un service de R&D en interne)
Motivation / Implication (aussi bien des individus, que de l'organisation)	**Distribution des tâches** (complémentarité ou concurrence dans l'exécution des tâches)

Tableau 12 : Les déterminants de l'apprentissage organisationnel (d'après [INGHAM 00])

Si tous ces déterminants ne sont pas directement transposables dans le domaine de l'environnement, les notions relevant du domaine comportemental sont particulièrement intéressantes par les conséquences (en terme d'organisation et de management) qu'elles induisent implicitement. On voit en effet que les questions centrales sont moins portées sur les ressources techniques, que sur l'instauration de relations entre les personnes, de contextes favorables aux échanges informels. Ces éléments viennent conforter l'idée des apprentissages croisés en mettant en exergue l'importance de la nature des relations qui doivent s'établir entre les différents acteurs (reconnaissance des savoirs propres, acceptation de l'échange et des remises en question, nécessité d'une implication non circonscrite aux seuls individus).

Dans le même but de caractérisation de l'apprentissage, BOURGEON, en travaillant sur les projets de développement de produits nouveaux dit que « la création d'un nouveau savoir ne s'opère pas en faisant abstraction des connaissances acquises. Les apprentissages sont les produits des capacités combinatoires de

l'entreprise ; l'émergence de nouvelles combinaisons des capacités de l'entreprise produit du savoir » [BOURGEON 01]. Il propose alors de caractériser ces apprentissages à l'aide de cinq dimensions principales, ou facteurs caractéristiques (Cf. Figure 16).

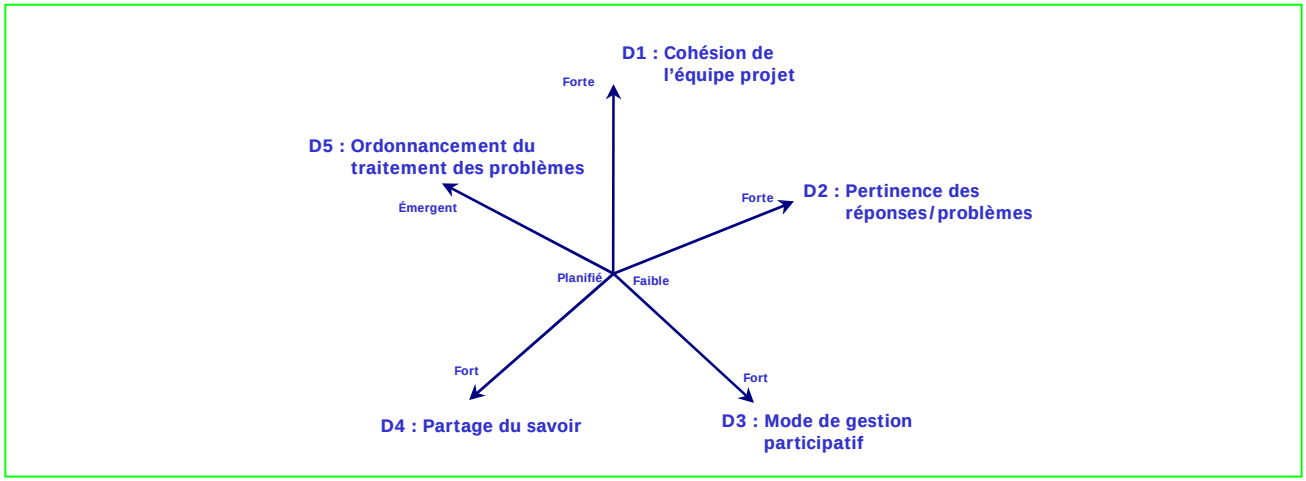


Figure 15 : Principales dimensions de l'apprentissage au cours des projets (d'après [BOURGEON 01])

Nous remarquons, une nouvelle fois, que les notions de partage du savoir et de management participatif, sont très nettement identifiées comme étant déterminantes dans la réalisation des apprentissages.

Parmi les déterminants de l'apprentissage, la motivation représente selon INGHAM[64], un moteur pour démarrer le processus d'apprentissage. Il explique que ce moteur fonctionne d'autant mieux que l'engagement des individus mais aussi celui de l'organisation est grand. Dans le domaine de l'ergonomie cognitive, la motivation est considérée comme le moyen de développement d'un apprentissage dans le sens où elle crée une attente chez le sujet et peut augmenter son niveau de vigilance ainsi que son seuil de charge mentale.

Cette idée de motivation[65] est récurrente dans les publications sur l'apprentissage, notamment avec KAÏLA[66] qui identifie la motivation comme une condition nécessaire à une contribution effective des personnes. Les moyens proposés par cette équipe pour motiver les acteurs du projet sont axés sur la bonne diffusion des informations, la formation du personnel et la participation (BOURGEON, dans sa définition des dimensions de l'apprentissage cite également plusieurs de ces moyens d'action). Dans les entreprises, le recours à des jeux de simulation est également un moyen de motivation des personnes[67], qui permet

---

[64] Cf. *op. cit.* p 73.

[65] La motivation est définie comme un ensemble de facteurs et de mécanismes qui, a un moment donné, « déclenchent l'activité du sujet, la dirigent vers certains buts, lui permettent de se prolonger si ces buts ne sont pas atteints, et l'arrêtent le moment venu » par REUCHLIN 1977, cité par [CAZAMIAN 96].

[66] Cf. *op. cit.* p 50.

[67] Utilisation de jeux de stratégie lors des sessions de formations chez Faurecia sur les aspects conception au sens large, chez PSA sur la gestion environnementale d'un site de production [PSA 99], et chez Plastic Omnium sur les aspects éco-conception, ce dernier jeux ayant été développé en partenariat entre le Fédération de la plasturgie et le laboratoire CGS de l'école des mines de Paris (F. AGGERI et C. ABRASSART en 2001).

d'introduire de nouvelles données ou de nouveaux outils et de créer des situations particulièrement favorables à la création et à l'acquisition de nouvelles connaissances (par l'instauration d'un contexte ludique et la suppression du stress des projets réels).

DEVISE, en travaillant sur l'évaluation de la performance collective dans l'industrie, rappelle que la motivation au travail est un processus complexe, qu'on ne peut réduire à quelques recettes simples [DEVISE 01]. Parmi les multiples stratégies qui permettent de gérer et de reconstruire en permanence la motivation des groupes, il identifie cependant quelques grandes constantes, dont le « leadership ». En s'appuyant sur de nombreux travaux il explique que le « leadership » a une influence considérable sur la motivation : par conséquent, la motivation du chef d'équipe, par l'exemple qu'il donne est particulièrement cruciale[68]. SHRIVASTAVA avançait le même type d'argument en disant que « le chef de projet doit chercher à garantir l'implication des acteurs du projet dans la réalisation d'un système participatif d'apprentissage » [SHRIVASTAVA 83]. Nous voyons là un lien intéressant avec les propos de NONAKA quand il présente le *middle-up-down management* au sein duquel les responsables d'équipes jouent le rôle prépondérant d'activateurs de la transformation des connaissances.

Un dernier point particulièrement intéressant est le caractère intrinsèquement lié à la durée de l'apprentissage. On ne peut, en effet, envisager une démarche d'apprentissage qui soit associée à la résolution de problèmes à court terme et il faut garder à l'esprit que l'engagement d'une telle démarche signifie s'orienter volontairement vers du long terme, également en matière de résultats. MEIRIEU[69] précise d'ailleurs cette idée quand il écrit que « 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 ».

Malgré les différents contextes évoqués dans ce chapitre, nous constatons que l'apprentissage a un caractère social équivoque (ce caractère social est révélé par les échanges et les nombreuses confrontations de points de vue qu'il engendre). Les différents auteurs s'accordent pour dire que ce caractère social est conditionné par l'existence d'une motivation profonde et explicite des acteurs et des initiateurs du projet. La motivation agit ainsi comme un seuil de déclenchement de l'activité d'apprentissage. Enfin, l'apprentissage est une activité qui s'inscrit nécessairement dans la durée et de ce fait, doit être considérée comme un investissement à long terme. Cette dernière remarque peut refroidir certaines ardeurs (managériales notamment), mais c'est pour nous un élément crucial qu'il est impératif de respecter, afin d'aborder la question de l'intégration de l'environnement de manière réaliste (cela permet également d'évaluer à leur juste valeur les propositions de solutions « clés en mains », qui nécessitent réellement des années de développement avant que les outils ne soient effectivement adaptés aux besoins de l'entreprise et de leurs utilisateurs).

Les différents travaux évoqués dans ce chapitre, rendent bien compte de la complexité et de la diversité des phénomènes qui peuvent se produire lorsque l'on souhaite introduire de nouvelles connaissances

---

[68] *On influe plus sur autrui par ce qu'on fait que par ce qu'on dit.* (BARNARD 1938, BALES 1950, SCHEIN 1985)

[69] Cf. *op. cit.* p 71.

au sein d'une activité industrielle. Ainsi, intégrer un nouveau domaine s'accompagne nécessairement de changements à tous les niveaux de l'entreprise et donc implicitement d'autant d'apprentissages (du fait de la perturbation d'un ensemble d'activités bien rodées, correspondant à des règles bien définies, à un savoir spécifique, ainsi qu'à des habitudes de fonctionnement). On perçoit alors l'importance de prendre en compte tous ces aspects liés à l'apprentissage (présentés dans ce chapitre) lorsqu'on s'intéresse aux questions d'intégration.

2.2.4. Piloter un processus

De part notre intérêt pour la notion d'apprentissage, nous avons recherché des éléments décrivant des situations de mise en œuvre, d'application concrète des principes et idées proposées[70]. CABIN, dans un article de *Sciences Humaines*, rappelle à propos de l'apprentissage comme moyen de changement, que ce dernier passe par l'expérience et « l'activité interprétative » permanente des acteurs ; le manager lorsqu'il veut instituer un projet de changement ne peut pas conduire ce processus mais tout au plus l'influencer [CABIN 01]. L'idée de stimuler un processus plutôt que d'imposer un changement brutal est également mentionnée par PERRIN qui propose, par rapport à l'apprentissage des concepteurs, de privilégier une forme de pilotage du processus de conception, afin de permettre la mise en place d'un environnement favorisant l'apprentissage [PERRIN 99].

Dans le domaine de l'ergonomie, GUERIN attribue aux structures de pilotage les deux grandes fonctions suivantes [GUERIN et al. 97] :

- ❍ une fonction d'**analyse** (qui va contribuer à la production de connaissances et à leur projection dans le futur),
- ❍ et une fonction de **suivi** et de **régulation**.

Dans le domaine du génie industriel, THEROUDE, complète cette vision du pilotage en la définissant par trois phases principales [THEROUDE et al. 01] :

- ❍ une phase d'**initiation** (construction du processus à mettre en œuvre pour réaliser l'objectif fixé),
- ❍ une phase de **conduite** (contrôle de l'exécution des activités par rapport au processus défini, actions de suivi et de correction),
- ❍ une phase d'**évaluation** (nécessitant la définition d'un système d'indicateurs de performance).

Ces différents éléments nous confortent dans la justesse de l'idée de pilotage pour caractériser la mise en application d'un contexte favorable à l'apprentissage. Nous retiendrons donc que le pilotage d'un processus se décompose en trois actions distinctes :

- ⇨ la définition d'un but et des moyens mis en œuvre pour l'atteindre,
- ⇨ la capacité d'évaluation,

---

[70] POLANYI précise « *Knowledge is an activity which would be better described as a process of knowing* », il privilégie ainsi l'idée de processus d'apprentissage à celles de savoir ou de connaissances [POLANYI 83].

⇨ la capacité de recadrage en cas de dérive par rapport au but initialement fixé.

Nous avons constaté, à travers les différentes publications de ce champ de recherche sur les connaissances et leur management, que création et gestion sont deux étapes distinctes mais néanmoins complémentaires du point de vue du cycle de vie des connaissances au sein des entreprises.

Dans le domaine de l'environnement (domaine scientifique particulièrement jeune), où nous manquons encore de connaissances[71], les efforts doivent être portés prioritairement vers la création de connaissances. Il y a en effet, une nécessité de développer au sein des entreprises, une connaissance experte des produits, qui permettra, à terme, d'une part de rendre l'application des décisions réglementaires moins problématique, et d'autre part d'accroître la capacité des entreprises à évaluer et améliorer elles-mêmes la qualité environnementale de leurs produits.

Nous voyons maintenant, de façon plus précise, que l'apprentissage ne se limite pas uniquement aux acteurs les plus directement concernés par le changement (les concepteurs dans notre cas), mais concerne l'organisation dans son ensemble. Les nombreux échanges, particulièrement importants dans un processus d'apprentissage et renforcés par la motivation des instigateurs et des acteurs du changement, ne sont en effet pas circonscrits au domaine de la conception, mais ont lieu entre des personnes issues des différents secteurs de l'organisation (concepteurs, experts, encadrement, opérateurs, acheteurs, commerciaux, qualiticiens etc…).

L'apprentissage de nouvelles connaissances étant une des clés du changement, il est donc crucial de favoriser cette activité lorsqu'on souhaite intégrer un nouveau domaine, au sein d'une structure d'entreprise. Dans le domaine de l'environnement, cette phase d'apprentissage intègre une étape préliminaire de création de connaissances (du fait du manque de données universelles et de données adaptées à chaque contexte industriel), et la création d'un contexte favorable à l'émergence de situations d'apprentissage passe alors par le pilotage d'un processus de création de connaissances.

2.3. Trois autres cas d'intégration d'un nouveau domaine

Toujours dans le but d'enrichir notre réflexion sur l'intégration de l'environnement en entreprise, nous avons mené nos investigations dans d'autres situations d'intégration en milieu industriel. Ainsi, dans un premier temps nous nous sommes intéressés à l'intégration de l'environnement au sein du secteur industriel des produits électriques et électroniques, puis à l'intégration de la qualité dans les entreprises et enfin à l'intégration de l'ergonomie. Ces investigations nous amèneront à identifier de nouvelles conditions de mise en œuvre de l'intégration, complétant ainsi notre analyse de la situation dans l'industrie automobile.

---

[71] « Deux problématiques centrales en matière d'environnement sont : l'incertitude sur les connaissances scientifiques notamment en matière d'analyse des interactions entre actions humaines et environnement naturel, et l'irréversibilité relative de certaines évolutions naturelles souvent dues à l'intervention de l'homme » BOUNI *op. cit.* p 25

2.3.1. Intégration de l'environnement dans le secteur des produits électriques / électroniques

L'industrie des produits électroniques et informatiques est particulièrement concernée par l'environnement autant pour des questions de pollution (particulièrement lors de la production, mais également lors de la fin de vie des produits) que pour des questions « historiques » (ce secteur est particulièrement visé par la réglementation[72] de par les produits très toxiques utilisés sur les lignes de fabrication des composants). De ce fait, le nombre des travaux réalisés dans cette industrie sur l'intégration de l'environnement est important. En nous appuyant sur plusieurs cas concrets, nous proposerons une vision synthétique des différentes approches élaborées dans ce secteur industriel.

2.3.1.1. Intégration de l'environnement basée sur des logiciels

Dès 1995, des partenariats entre des entreprises du domaine des télécommunications et des universités[73] sont mis en place pour trouver des solutions à la question de l'intégration dans le processus de développement de produits. Ces travaux s'orientent rapidement vers le développement et l'utilisation de logiciels spécifiques, déplaçant ainsi la question de l'intégration de l'environnement vers des questions de fonctionnalités d'outils [POYNER et al. 95], [POYNER et al. 96]. Ces réflexions portent sur l'adéquation des ressources ainsi fournies avec les différentes étapes du processus de conception, les données relatives à l'environnement étant délivrées directement aux concepteurs sous forme de préconisations et de messages d'alerte au cours de l'évolution de la conception du produit. La vision de l'intégration proposée dans le cas présent (et représentative de nombreux travaux) est illustrée avec justesse par l'expression suivante de Poyner : « a computer based ecodesign model ».

En parallèle, d'autres équipes se penchent sur la question de la prise en compte des coûts associés à l'intégration de l'environnement dans la conception des produits. Bien que ce type d'approche soit rarement motivé par une volonté d'amélioration de la compatibilité environnementale des produits (mais plutôt par une logique de réduction globale des coûts), cela reste une préoccupation industrielle forte d'autant plus difficile à cerner que les incertitudes sont nombreuses dans le domaine de l'environnement. Ainsi le projet TOPROCO (pour Total PROduct life-cycle COst estimation[74]) a été initié pour développer une méthodologie et des outils permettant de prendre en compte les coûts dès la conception (sur l'ensemble du cycle de vie du produit et particulièrement en prévision du traitement des produits en fin de vie) [ENGELBORGHS 96], [BULLINGER et al. 96]. L'hypothèse des initiateurs de ce projet est qu'en développant une méthode de travail et un outil

---

[72] Après le secteur de l'emballage (particulièrement les emballages plastiques), le secteur de l'électronique arrive en deuxième position (proche du secteur de l'automobile) comme cible des législateurs européens. Actuellement, trois projets de directive européenne concernent les produits électriques et électroniques : un projet –dont l'entrée en vigueur est prévue en 2003- concerne les déchets des produits électriques et électroniques (qui place les fabricants comme responsables de la collecte et du traitement des produits en fin de vie), un projet sur la limitation de l'utilisation de certaines substances dans les produits, et un dernier projet visant à limiter les impacts globaux des équipements électriques et électroniques sur l'environnement. voir site de FIEEC : www.fieec.fr

[73] Dans le cas présent il s'agissait de l'entreprise Nortel et de la Manchester Metropolitan University en Angleterre.

[74] Projet de Recherche Européen Brite Euram n° 7314.

spécifique, ils pourront créer un lien entre le savoir-faire des recycleurs et celui des concepteurs en interne. On voit à travers cet exemple, que la priorité est donnée aux ressources techniques en se basant sur l'hypothèse que les solutions logicielles vont permettre de s'affranchir rapidement et de façon satisfaisante des nouvelles contraintes environnementales.

D'autres partenariats, plus axés sur le recyclage des produits en fin de vie, ont débouché sur des propositions de méthode d'évaluation et d'intégration. ISHII notamment, dans ses travaux avec Hewlett-Packard et Lucent Technology, parle de méthodologie d'évaluation d'un point de vue du recyclage [ISHII 97]. Il base son approche sur une utilisation combinée d'arbres de décomposition du produits et de tables de recyclabilité (classement des produits en fonction de leur démontabilité et de l'aptitude de leurs composants à être réutilisés).

De très nombreux sites internet[75] témoignent de la forte activité en matière de prise en compte de l'environnement dans l'industrie des produits électriques et électroniques (on y trouve notamment un grand nombre d'informations générales sur les réductions d'impacts et les risques environnementaux, des bonnes pratiques en DfE, des propositions de stratégies environnementales, etc). Il est ainsi possible et très facile d'avoir accès à un grand nombre de préconisations concernant l'ensemble du cycle de vie des produits.

En France, un grand programme de développement a été initié par plusieurs industriels de la FIEEC (Fédération des Industries Electriques Electroniques et de Communication[76]) dans le but de définir une méthode d'aide à la décision pour la conception de produits ayant un moindre impact sur l'environnement. Cette méthode baptisée EIME (Evaluation de l'IMpact sur l'Environnement) « a été conçue pour s'adresser à un large éventail de produits complexes, pour être utilisable par des non-spécialistes, et pour s'intégrer dans les procédures existantes de conception des produits. Elle a été définie pour être simple, souple, rapide, informative et complète » [DUBOTS 98]. Conçu pour être utilisable sans formation particulière à l'environnement (d'après Dubots), cet outil s'appuie principalement sur une base de données à caractère environnemental (données d'Analyses de Cycles de Vie) ainsi que sur un système d'alerte automatique de l'utilisateur en temps réel. Les résultats correspondent à un ensemble d'indicateurs d'impacts (proches de ceux utilisés dans l'analyse de cycle de vie) présentés sous la forme d'un graphe radar multicritère.

Malgré les développements importants et les opportunités d'utilisations en situation réelle, les résultats escomptés ne semblent pas avoir été obtenus à ce jour[77] [MEYER 98], [GUEZEL 00]. Pour l'avoir testé, nous voyons plusieurs explications possibles aux difficultés d'utilisation de cet outil.

La première raison que nous voyons est la présentation des résultats sous la forme d'un ensemble d'indicateurs environnementaux « bruts » c'est-à-dire absolument obscurs pour le concepteur, de formation

---

[75] Voir les sites suivants : www.mcc.com/projects/env/roadmap/roadmap.displays.html, www.environment.philips.com, www.epa.gov, www.temic.de, www.ifc.org, www.cfsd.org.uk, www.agf.gov.bc.ca, www.un.org, pour des listes de pratiques et des préconisations en DfE, des propositions de stratégies environnementales, des matrices de classification des besoins prioritaires etc.

[76] Schneider Electrics, Alcatel-Alsthom, Legrand, Thomson Multimédia et IBM ont cofinancé ce programme (également soutenu par L'ADEME), qui reste à ce jour le plus grand projet réalisé de par le monde (en terme d'investissement notamment).

[77] En ce qui concerne le logiciel EIME, qui a nécessité plusieurs années de développement et plusieurs MF d'investissement (Usine Nouvelle, n°2640, p38-41), une recherche sur Internet (en date du mois d'octobre 2001 et utilisant trois moteurs de recherche différents) n'a pas permis d'identifier d'utilisation récente de cet outil, même chez les industriels partenaires du projet. La seule information récente a été trouvée sur le site de l'Ademe et consiste en un appel à proposition, ce qui laisse supposer que le développement de l'outil n'est pas achevé à ce jour. www.ademe.fr/htdocs/actualite/appels/appeco1f.htm

technique (à titre d'exemple, la création d'ozone photochimique, la contribution aux pluies acides ou à la toxicité de l'eau sont des critères assez peu couramment manipulés par des concepteurs). Si l'on ne peut reprocher à ce type d'indicateurs leur rigueur scientifique, le moins que l'on puisse dire est qu'ils sont très loin des critères pris en compte quotidiennement par les concepteurs (dont la fonction est de réaliser les meilleurs compromis entre l'augmentation des fonctionnalités des produits, leur allègement, leur fiabilité, leur aptitude à être assemblé, etc). De ce fait, considérer que cet outil est destiné à des non-spécialistes nous semble être particulièrement optimiste. Il y a, à notre sens, un important travail de traduction des résultats à effectuer avant qu'ils puissent être manipulés par des concepteurs, et cette traduction ne peut être réalisée que par une personne spécialiste du domaine.

Une deuxième raison possible de la non-utilisation de cet outil est le temps lié à son utilisation (nous ne prenons pas en compte ici le temps de formation nécessaire pour être autonome). En effet, une des interfaces principales du logiciel permet à l'utilisateur de représenter le produit sous forme d'arborescence (concrètement à partie d'une nomenclature il faut reconstruire composant par composant et lien par lien l'architecture complète du produit). Cette étape exige de la durée et surtout paraît redondante avec les représentations disponibles sur les stations de travail CAO. A chaque ajout d'un lien ou d'un composant, le logiciel est susceptible d'adresser des messages d'alerte ou des interdictions à l'utilisateur. Pour un produit comportant de nombreuses pièces et composants, ces messages générés automatiquement sont rapidement fastidieux et l'utilisateur finit par être saturé d'informations.

Enfin, une troisième cause possible du peu d'enthousiasme engendré par cet outil est que certaines données cruciales font défaut : le contexte réglementaire est orienté actuellement de manière significative vers la fin de vie des produits, le concepteur s'attend donc à y trouver les informations essentielles de ce domaine. Or il se trouve que ces éléments font défaut, principalement par le fait que les filières de fin de vie des produits sont en construction et qu'il existe pas ou très peu de données génériques pour les produits de ce secteur industriel. Ainsi, excepté l'analyse environnementale et les possibilités de représentation schématiques du produit, cet outil ne peut constituer une aide directe pour les concepteurs et représente finalement un investissement en temps et en matériel disproportionné par rapport aux résultats qu'il permet d'atteindre.

Ainsi, pour le secteur des produits électriques et électroniques, nous constatons que des efforts particulièrement importants ont été engagés dans des approches de l'intégration de l'environnement basées sur des outils (logiciels principalement) dont les concepts sont très proches de ceux développés pour l'industrie automobile.

2.3.1.2. Démarche d'intégration de l'environnement basée sur la formation du personnel

Dans ce même secteur, d'autres expériences d'intégration ont été menées et permettent d'entrevoir des perspectives moins « techniciennes » que celles, majoritaires, présentées dans le chapitre précédent. Le premier cas que nous aborderons est celui d'une grande entreprise du secteur des télécommunications qui propose une démarche d'intégration du *Design for Environment* dans la conception de produits. Puis nous

analyserons les propositions d'un centre technique de l'industrie des semi-conducteurs (la SEMATECH) concernant les conditions d'implantations réussies d'un programme de *Design for Environment Safety and Health*.

Chez Nokia, l'intégration de l'environnement s'appuie fortement sur la politique environnementale de l'entreprise. Signataire d'une charte sur le Développement Durable dès le début des années quatre-vingt dix, la direction a souhaité former une équipe de pilotage dont le rôle est de promouvoir et de concrétiser la politique environnementale de l'entreprise. En privilégiant les aspects stratégiques et organisationnels, cette équipe a travaillé en deux temps : dans un premier temps en réfléchissant sur la méthode à utiliser pour intégrer ce nouveau domaine, et dans un deuxième temps en construisant et diffusant des préconisations adaptées aux métiers de l'entreprise. De leur point de vue, les concepteurs sont les personnes les plus compétentes pour prendre les décisions en DfE, s'ils disposent des informations nécessaires. Comme les problèmes environnementaux sont souvent globaux, leur résolution fait appel à de nombreux autres métiers de l'entreprise (depuis les acheteurs, jusqu'au commerciaux en passant par les experts matériaux, etc.). Le succès d'une action réussie en DfE dépend alors de la capacité de l'entreprise à identifier puis à favoriser les synergies entre les métiers qui vont permettre de favoriser l'intégration. Cela signifie pour KAÏLA[78] qu'il faut pouvoir intervenir aux différents points influents du processus de conception. Le meilleur moyen d'intervention qu'il a identifié étant la formation du personnel, il a mis en place un double système qui comprend :

- des ateliers de formation (où les acteurs d'un projet de DfE sont amenés à réfléchir sur des problèmes d'étude réels et proposer des solutions, qui font ensuite l'objet de critiques de la part des experts).
- un forum de discussion électronique (où les différents acteurs sont invités à poser les questions critiques pour leur projet ou à soumettre une solution à la critique des différents experts, le principal avantage de ce deuxième élément étant qu'il correspond à un temps de travail masqué, puisque chacun intervient suivant ses disponibilités).

L'équipe de pilotage de cette expérience a placé en tête de liste de ses préoccupations, la motivation et la participation des équipes projet, et ont en conséquence favorisé la formation du personnel, qui est considérée dans cette entreprise comme un critère fondateur de la motivation.
Dans cette expérience, la question des ressources à mettre à disposition des acteurs n'a pas été éludée mais a été jugée de second ordre et de ce fait a été prévue de n'être traitée qu'après l'étape cruciale de formation des acteurs.

La deuxième expérience issue du domaine de l'industrie des produits électroniques est celle de la SEMATECH (centre technique de recherche dans le domaine de semi-conducteurs) qui, après avoir réalisé de nombreuses interventions chez les industriels de son réseau, a proposé un guide pour l'intégration combinée des aspects environnement, hygiène et sécurité. Ce guide regroupe des propositions concernant d'une part les conditions nécessaires à l'implantation d'un tel programme et d'autre part les étapes de mise en place du programme [O'HARA P. et al. 95].

---

[78] Cf. op. cit. p 50.

Parmi les conditions nécessaires à l'implantation réussie d'un tel programme, quatre points principaux ont été identifiés :

- Posséder une infrastructure adaptée (aussi bien en moyens humains, en moyens matériels, qu'en ressources d'information).
- Faire connaître le programme à l'ensemble des niveaux hiérarchiques (en précisant bien le contexte et les enjeux de chacun des nouveaux domaines).
- Stimuler les synergies entre les expertises de développement produit / procédés et les expertises environnement sécurité et hygiène (notamment en sensibilisant et en formant les acteurs de chacune des spécialités).
- Etablir des méthodes de mesure de succès.

En ce qui concerne la mise en place d'un tel programme, les auteurs préconisent après avoir défini les objectifs et les acteurs concernés, d'initier le programme par une expérience pilote (équipe réduite travaillant sur un ou deux projets) puis en fonction des résultats, de généraliser les pratiques à toute l'entreprise.

Si la SEMATECH mise beaucoup sur les aspects organisationnels pour favoriser l'intégration de ces nouveaux domaines, les aspects tels que la formation du personnel, les échanges entres concepteurs et experts sont néanmoins soulignés.

En conclusion de ce chapitre, nous dégageons deux grandes tendances concernant l'intégration de l'environnement dans le secteur des produits électriques et électroniques. La tendance majoritaire, à l'image du secteur automobile, regroupe les approches plutôt techniciennes, qui s'appuient essentiellement sur des ressources matérielles pour résoudre les problèmes liés à l'environnement. En opposition, la deuxième tendance, correspond à une vision de l'intégration qui se préoccupe plus des acteurs de l'entreprise et de leurs attentes et besoins face à un nouveau domaine, et mise sur leurs capacités à s'approprier de nouvelles connaissances. Les aspects sensibilisation et formation du personnel sont ainsi largement privilégiés par rapport au développement d'outils spécifiques. La deuxième approche étant plus récente et moins fréquemment utilisée, il est difficile actuellement de la comparer avec les approches outillées. Pour autant, il est intéressant de remarquer que l'on retrouve les deux mêmes grandes orientations dans ce secteur que dans le secteur de l'automobile.

2.3.2. Intégration de la qualité dans les entreprises

En nous appuyant sur la littérature, nous allons présenter les grandes approches qui ont été utilisées en matière d'intégration de la qualité (domaine considéré aujourd'hui comme bien intégré dans l'entreprise). Notons ici que dans les publications récentes traitant d'intégration d'un nouveau domaine dans l'entreprise, la qualité n'est plus l'unique domaine visé mais est de plus en plus associée à des domaines complémentaires tels que la sécurité, l'hygiène et l'environnement[79], les approches proposées étant de ce fait plus globales que les premières approches qui ne concernaient initialement que la qualité.

[79] ISO 9000 (version 2OOO) et projet de norme ISO 18 000.

Malgré certaines différences de fond (notamment sur les facteurs à l'origine de l'intégration ou sur le plan économique[80]), il existe des analogies importantes entre les approches Qualité, Sécurité et Environnement. CHERY note ainsi que toutes ces approches s'inscrivent dans un même but de prévention des risques et d'amélioration continue, et de ce fait, qu'il y a un intérêt certain à amorcer une démarche QSE (Qualité, Sécurité et Environnement) en s'appuyant sur l'expérience accumulée pour la qualité [CHERY 99]. On trouve ainsi de nombreux cas de figure d'approches combinées qui s'appuient sur le passé de l'entreprise en matière de qualité, particulièrement dans le secteur de la chimie et de la pétrochimie où les risques humains et environnementaux sont très contrôlés [SOLVAY 01].

Toujours dans une optique d'intégration combinée, CHARETTE parle d'une « nécessité d'intégration » de la QSE dans une optique de développement stratégique des entreprises. Il propose une démarche qui s'appuie à la fois sur la modélisation systémique[81] et sur la notion d'apprentissage (avec l'idée qu'un partage des connaissances favorise l'intégration en s'affranchissant des barrières hiérarchiques traditionnelles). Il fait apparaître à la fois la nécessité d'existence de structures d'apprentissage (aussi bien individuelles, collectives qu'organisationnelles) et la nécessité d'un processus de pilotage des activités. Il précise que l'intégration se réalise à partir des structures d'apprentissage, à condition que ces dernières soient intégrées dans un projet global d'entreprise (possédant des cibles aussi bien en terme de produit qu'en terme d'organisation et de comportement des personnes) [CHARRETTE et al. 99]. La notion de globalité de l'intégration prend ici tout son sens, en considérant aussi bien les produits, les personnes que l'organisation et la politique de l'entreprise. Dans son ouvrage sur l'implantation et la gestion de la qualité totale, BEROUILLON propose une démarche d'intégration où il précise que les décisions stratégiques découlant de la politique générale de l'entreprise doivent être traduites suivant trois directions (chaque direction de travail devant faire l'objet d'une sensibilisation du personnel, de communications régulières et détaillées et d'implication des acteurs dans les résultats) [BEROUILLON et al. 88] :

- ⇨ Le changement de culture de l'entreprise.
- ⇨ Des investissements à court terme (moyens d'actions essentiellement).
- ⇨ Des actions sur le long terme (visant à transformer l'entreprise en profondeur).

En plaçant l'adhésion du personnel en deuxième position juste après l'implication de la direction dans les priorités vitales d'un projet d'intégration, il met clairement en avant, le rôle de la formation et de l'évolution nécessaire des connaissances des acteurs concernés. BEROUILLON propose d'ailleurs d'initier cette phase de préparation, avant même d'appliquer le modèle d'amélioration continue de DEMING[82] (Plan, Do, Check, Act), d'une part en pratiquant une communication en cascade, aussi bien des enjeux que des

---

[80] La qualité est devenue un des critères d'évaluation des projets et des produits suite à des demandes des consommateurs et à la pression de la concurrence, tandis que l'intégration de l'environnement résulte d'une réponse aux contraintes réglementaires. D'autre part, si aujourd'hui les coûts associés à la qualité des produits (et donc les coûts de non qualité) sont mis à jour régulièrement, les coûts relatifs à l'environnement sont souvent masqués et difficiles à évaluer – aussi bien à cause du manque d'habitude et de moyens mais également à cause du déficit de connaissances relatives de ce domaine.

[81] Au sens de J-L LEMOIGNE, La théorie du Système Général, Théorie de la modélisation, PUF, 1977.

[82] DEMING W.E., Qualité, la révolution du management, Ed. Economica, ISBN 2-7178-1515-5, juin 1988.

résultats, et d'autre part en formant le personnel au nouveau domaine (généralités liées au contexte et également formation aux outils spécifiques). D'autres dispositions viennent compléter cette amorce, en préconisant aux différents responsables hiérarchiques d'encourager l'esprit d'initiative, l'autonomie et la créativité (ceci pouvant être mis en pratique dans un premier temps par le lancement d'un programme officiel, par exemple).

En cherchant à mettre en évidence la complémentarité des visions de l'approche qualité (visions qui dépendent du mode de représentation des organisations), MARONNAT-GEFFROY rappelle que les pratiques en matières d'intégration de la qualité totale dans les entreprises montrent que le champ d'investigation s'est étendu au fil du temps depuis le produit, en passant par la fonction de production pour toucher aujourd'hui l'organisation entière [MARONNAT-GEFFROY 99]. En prolongeant cette réflexion dans le domaine de l'environnement, il nous semble possible de construire un parallèle : ainsi après avoir eu des conséquences directes sur les produits (les premières contraintes en matière d'environnement pour les produits se sont traduites par la prise en compte du recyclage, avec l'apparition de préconisations sur l'architecture des produits, des matrices d'évaluation de la compatibilité chimique des matières plastiques, des seuils pour les mélanges de matière, etc), les préoccupations en matière d'environnement se sont portées sur les sites de production avec la montée en puissance des plans de certification ISO 14 001. Actuellement, et de façon émergente, les efforts s'orientent plus vers l'éco-conception, qui en intégrant les démarches antérieures, veut prendre en compte de matière globale et unique l'ensemble du cycle de vie des produits. Cette approche implique la mobilisation d'un grand nombre de secteurs de l'entreprise, bien au delà des secteurs liés à la conception ou aux sites de production, puisque les achats, la R&D, la fabrication, le commerce sont alors directement concernés et, on le voit, le champ d'application s'étend à toute l'entreprise.

L'intérêt que nous avons porté à l'intégration de la qualité a été motivé, initialement, par le fait que ce domaine était relativement ancien pour l'entreprise. En effet, et dans la grande majorité des cas, même si des progrès sont toujours possibles, l'existence d'un service qualité et des activités qui y sont rattachées est quelque chose d'acquis à tous les niveaux dans l'entreprise.
Après plusieurs années de mise en pratique, il nous semble aujourd'hui que les orientations prises dans le domaine de la qualité s'orientent vers une prise en compte accrue des aspects sensibilisation et formation ainsi que vers une application à l'ensemble des services de l'entreprise.

2.3.3. Intégration de l'ergonomie en conception de produit

Afin d'élargir notre champ d'investigation, nous avons également cherché à savoir comment se réalisait l'intégration d'un domaine moins connu que la qualité et dont le caractère émergent le rapproche du domaine de l'environnement. De ce fait, nous nous sommes intéressés à l'intégration de l'ergonomie dans l'entreprise. Bien évidemment, notre recherche ne relevant pas directement du domaine de l'ergonomie notre investigation ne se veut pas exhaustive, nous avons cependant été conseillé pour cette partie par les ergonomes de FAURECIA. Nous avons cherché, parmi les nombreuses publications de ce domaine, à identifier d'une part les difficultés récurrentes et d'autre part les préconisations liées à son intégration.

L'ergonomie, outre son caractère émergent, est d'autant plus intéressante, qu'elle possède, à l'image de l'environnement, une dualité intrinsèque dans sa déclinaison dans l'industrie :

- ⇨ l'ergonomie des conditions de travail (relative essentiellement à l'adaptation des postes de travail aux opérateurs – production, bureautique, etc.),
- ⇨ l'ergonomie de produit (relative à la conception des produits et à leur utilisation future probable).

Nous comparons cette dualité à celle de l'environnement qui se décline entre :

- ⇨ les approches « sites de production » (les systèmes de management environnementaux de type ISO 14 000 ou Eco-Audit),
- ⇨ et les approches « produits » (l'éco-conception).

La première remarque que nous avons relevée concernant l'intégration de l'ergonomie correspond à la nécessité forte (identifiée par les ergonomes) de mettre en place des modes de coopération avec les autres acteurs de la conception (que ce soient les concepteurs directement, les opérateurs ou encore les responsables de projet). BELLEMARE, LEGUAY et JACKSON font état de cette nécessité en expliquant à la fois la nécessité pour l'ergonome de « coller » au processus de conception ainsi qu'aux décisions des concepteurs afin de pouvoir intervenir à temps, d'être capable de proposer un mode de coopération satisfaisant pour l'ensemble des intervenants du projet et d'apporter des réponses « intelligibles » pour les acteurs de la conception [BELLEMARE 91], [LEGUAY 96], [JACKSON 98]. Ils mettent ainsi en évidence l'importance pour l'ergonome de savoir instaurer un contexte d'échanges avec les autres acteurs du projet, aussi bien pour comprendre, en tant que nouvel acteur, les méthodes de travail et les données manipulées par l'équipe projet, que pour adapter les données issues d'une analyse ergonomique et les mettre à disposition sous une forme compréhensible par tous.

Parmi les ressources identifiées pour parvenir à instaurer ce contexte d'échanges croisés (l'intégration se réalisant alors par les compétences spécifiques apportées par les ergonomes au cours des différentes phases du processus de conception), les ergonomes ont identifié trois grandes catégories GUERIN[83], [LICHTENBERGER 99] :

- ⇨ L'existence d'un corps de connaissances (expertise métier).
- ⇨ L'existence d'outils et de méthodes de travail.
- ⇨ La volonté de mettre en pratique ces savoirs.

L'intégration se traduit par la compétence reconnue dans l'action, selon LICHTENBERGER. Il y a donc une nécessité pour les ergonomes d'avoir recours à ces trois catégories de ressources pour à la fois produire des résultats exploitables dans l'immédiat tout en agissant sur le long terme. Les éléments les plus visibles de ces ressources restent encore aujourd'hui les différentes préconisations établies à destination des acteurs de l'équipe de conception. Elles sont en effet un moyen majeur d'intervention, notamment par le fait qu'elles permettent de traduire les résultats de la recherche vers la pratique et que leur formalisation rend possible l'accessibilité des données issues de l'ergonomie à des personnes extérieures à ce domaine. Cependant, et c'est là un point important souligné dans les publications, il ne faut pas se contenter de ce seul moyen

[83] Cf. *op. cit.* p 76.

d'intervention (notamment par le fait que son influence sur le processus de conception reste modeste et également parce qu'il existe une difficulté de généralisation des préconisations – qui sont souvent déterminées par rapport à un contexte spécifique, non transposable automatiquement) [SHAHNAWAZ 91], [BARIL-GINGRAS 99].

Enfin, une difficulté importante notamment soulignée par GUERIN et JACKSON, par rapport à l'intégration de l'ergonomie, est la relation au temps aussi bien lors de la comparaison des délais nécessaires aux études ergonomiques (en regard des délais de développement des produits), mais également dans la projection dans le futur où les préconisations restent basées sur des hypothèses, ces dernières n'étant vérifiables que lorsque les utilisateurs utilisent réellement le produit. Ainsi les ergonomes en viennent à proposer que pour que leurs actions soient durables, il leur faut agir non seulement sur les résultats des compromis résultant des choix de conception, mais également sur les processus de production de ces compromis [GUERIN 96], [DANIELLOU 95], [JACKSON 98]. Pour cela, il leur faut identifier le plus précisément possible les espaces d'intervention pertinents pour leur fonction et donner ainsi la possibilité aux autres acteurs de s'approprier une partie des connaissances nouvelles importées. Le but visé étant qu'une partie du travail réalisé par les ergonomes s'automatise au sein de l'équipe de conception et acquiert ainsi une légitimité qui résiste au temps.

Des différents éléments mis en avant par les ergonomes vis à vis de l'intégration de leur discipline en conception de produit, il nous semble que les points suivants sont particulièrement intéressants à retenir et qu'ils pourront être utiles pour enrichir nos propositions. Afin de réaliser au mieux l'intégration de l'ergonomie, qui se traduit pas l'acquisition d'une reconnaissance durable du nouveau domaine dans l'entreprise, il y a une nécessité de disposer d'un ensemble de connaissances et de ressources constituant le référentiel du métier d'ergonome. Une fois ces bases acquises, le passage à l'action doit tenir compte avec beaucoup d'attention du contexte d'intervention, à savoir : identifier les instants privilégiés d'action, rendre compatibles (intelligibles) les résultats spécifiques du nouveau domaine avec ceux manipulés habituellement par les concepteurs et permettre de fournir des réponses dans les délais du projet tout en entraînant les acteurs de la conception dans un processus d'appropriation de ces nouvelles connaissances sur le long terme. On voit ainsi que les moyens d'intervention ne doivent pas se réduire à d'uniques préconisations, mais que ces dernières doivent faire partie d'une démarche plus globale impliquant l'appropriation des nouvelles connaissances et des nouveaux outils par les acteurs de la conception.

2.4. Les aspects managériaux de l'intégration d'un nouveau domaine

Intégrer un nouveau domaine dans une organisation telle qu'une grande entreprise implique, en plus des aspects techniques, de s'interroger sur le mode de management à déployer pour gérer ce changement de manière optimale. Dans le domaine du changement organisationnel, la littérature est riche de propositions, et nous allons voir, par leur intermédiaire quelles sont les orientations managériales associées à l'intégration d'un nouveau domaine.

FOULARD, dans un ouvrage sur la modélisation en entreprise, montre que l'instauration d'un changement au sein d'une entreprise, nécessite d'agir à différents niveaux. En plus des actions à mener sur l'organisation, il insiste sur la nécessité d'agir simultanément sur les procédés de fabrication, sur les méthodes de travail et enfin sur les individus acteurs au cœur de l'entreprise (Cf. Figure 16) [FOULARD 94]. En effet, s'il est reconnu que la modification de l'organisation interne d'une société participe à celle du cadre de référence de ses acteurs et représente ainsi un moyen efficace pour signifier une rupture, un changement de cap dans les pratiques, cela reste insuffisant pour ancrer le changement dans le quotidien de l'entreprise [PROBST 92].

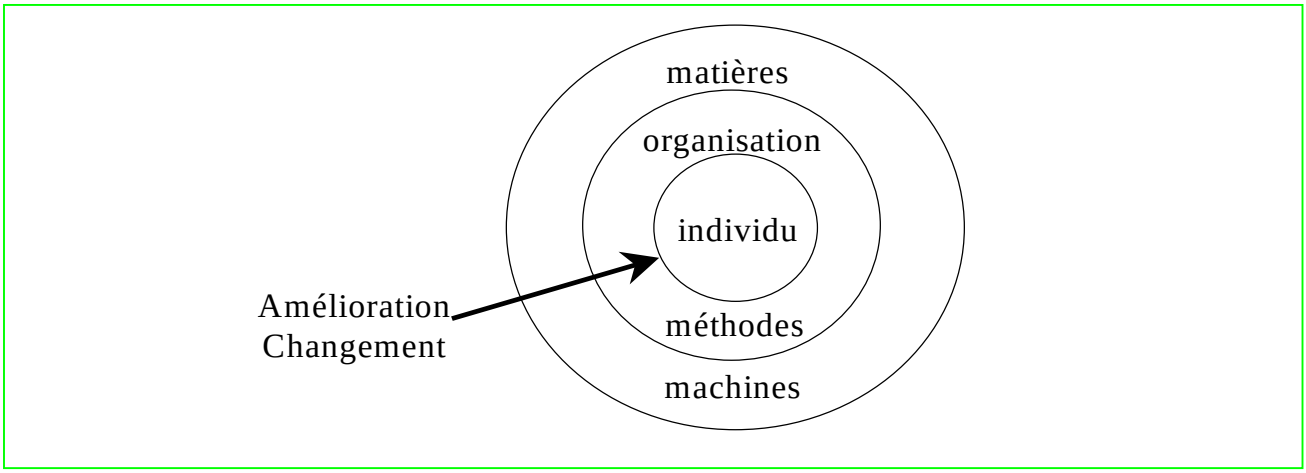


Figure 16 : Niveaux d'intervention pour instaurer un changement dans une entreprise
(d'après [FOULARD 94])

Pour instaurer un tel changement, plusieurs possibilités se présentent aux managers d'une entreprise : les approches Top-Down, les approches Bottom-Up et les approches intermédiaires. Nous allons regarder du point de vue de l'intégration de l'environnement quels sont les avantages et inconvénients de ces différentes approches managériales.

2.4.1. Les approches Top-Down

Ce type d'approche se caractérise par la déclinaison en action, à travers les différentes structures fonctionnelles et hiérarchiques de l'entreprise, d'une stratégie définie par la direction de l'entreprise. Ces approches sont issues d'une volonté hiérarchique forte et correspondent à l'identification d'enjeux cruciaux pour la pérennité de l'entreprise.

Dans le cas de l'environnement, nous avons pu constater qu'actuellement les entreprises qui pratiquent ce type d'approches sont peu nombreuses et leurs motivations pour travailler dans ce sens relèvent soit d'une responsabilité environnementale profonde (c'est le cas de certaines entreprises des pays du Nord de l'Europe) soit d'une culture globale Hygiène Sécurité Environnement directement liée au secteur d'activité (cas de l'industrie pharmaceutique notamment).

L'avantage majeur de ce type d'approche réside dans l'implication forte de la hiérarchie (à l'origine de la démarche) et se traduit donc par la mobilisation des moyens adaptés (techniques, humains et financiers) et par la mise en place d'un suivi actif des actions.

Du fait des difficultés relatives à la prise en compte de l'environnement au sein des entreprises du secteur automobile (de par le manque de connaissances, la complexité et l'évolution permanente du contexte réglementaire et de son interprétation), ce type d'approche ne nous semble pas répondre de manière pertinente au problème posé et nous paraît plus adapté à la mise en place d'un changement relevant d'un domaine plus mature (pour lequel les connaissances préexistent et peuvent en conséquence être rapidement traduites en actions concrètes).

2.4.2. Les approches Bottom-Up

Ces approches sont construites sur un modèle opposé au précédent, c'est à dire que la stratégie globale est construite à partir des différents savoir-faire de l'entreprise. L'avantage essentiel de ce type d'approche du management est son aspect concret, de terrain, dont les effets peuvent être mesurés rapidement à des échelles locales. En contrepartie, la difficulté est de construire une démarche globale, cohérente au niveau de l'entreprise, à partir des différents savoir-faire, c'est-à-dire, réussir à identifier parmi la diversité de ses savoir-faire, les éléments cruciaux sur lesquels l'entreprise pourra s'appuyer à court terme et également élaborer une vision stratégique pour le long terme. Par rapport au domaine de l'environnement, cette approche du management nous semble particulièrement intéressante par le fait qu'elle s'appuie sur les connaissances propres de l'entreprise, sur la maîtrise d'un certain nombre de critères de conception. Du point de vue de l'acceptation de la démarche par les acteurs de l'entreprise, une telle approche remporte d'autant plus facilement l'adhésion du personnel que leur activité quotidienne est prise en compte, et donc implicitement valorisée, dans l'élaboration d'une stratégie plus globale.

La critique que l'on peut faire de ce type d'approche est paradoxalement son caractère très concret, pragmatique, qui permet d'être opérationnel sur le court terme mais qui peut limiter la capacité de l'entreprise à construire une stratégie viable sur le long terme.

2.4.3. Les approches intermédiaires

Les deux approches précédentes proposent des solutions de management unidirectionnelles, qui comportent les atouts et les inconvénients que nous avons pu identifier et ne sont donc que partiellement satisfaisantes. En s'inspirant de ces deux types d'approches, MINTZBERG dans un article sur les cycles de changement dans les organisations, présente deux formes majeures du changement dans les organisations : les formes déductives et inductives, qui s'appliquent elles aussi aux différents niveaux de l'entreprise (Cf. Figure 17).

MINTZBERG insiste sur le fait que les changements importants sont simultanément inductifs et déductifs. Il rompt ainsi avec les visions mono-dimensionnelles précédentes et suggère un déroulement itératif, plus que linéaire, des processus à mettre en œuvre pour réaliser un changement pérenne. Cette vision du management est partagée par NONAKA, qui à partir du domaine du management des connaissances, propose de s'appuyer sur une forme de management intermédiaire qu'il nomme « *middle-up-down management* » qui permet ainsi de conjuguer au mieux les approches inductives et les approches

déductives [NONAKA 88]. Il précise en effet que les acteurs de la hiérarchie intermédiaire des entreprises occupent une position idéalement située à l'interface entre la hiérarchie dirigeante et les équipes opérationnelles et que ces personnes ont, de fait, une capacité importante de traduction et de communication des informations montantes aussi bien que descendantes.

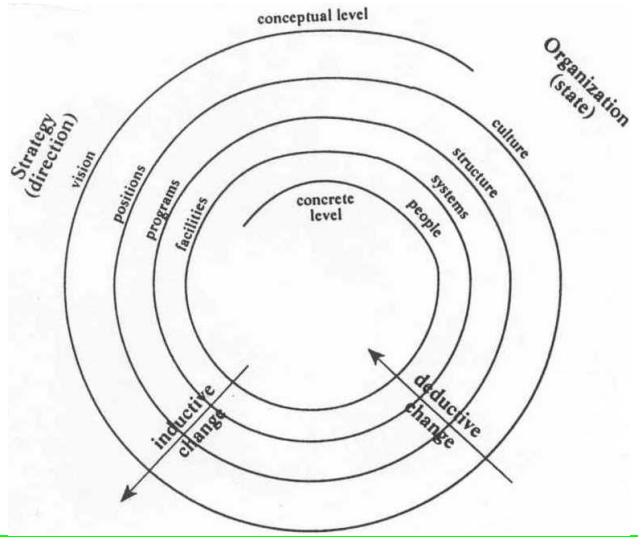


Figure 17 : Les différents niveaux de changement organisationnel (d'après [MINTZBERG 92])

Cette vision du management est une voie particulièrement intéressante pour l'intégration de l'environnement, à la fois parce qu'elle est moins « radicale » que les approches *Top-Down* ou *Bottom-Up*, mais surtout parce qu'elle réussit à combiner leurs avantages.

En conclusion de ce chapitre, nous voyons qu'il n'existe pas de modèle prédéfini de management et qu'en conséquence, l'entreprise qui souhaite intégrer l'environnement doit se poser la question de l'approche la mieux adaptée à son mode de fonctionnement, aux moyens à mettre en œuvre afin de pouvoir agir concrètement sur les différents niveaux de l'entreprise, et également à la cohérence entre le type de management choisi et les moyens humains, techniques et financiers dont elle pourra disposer.

Par rapport à l'intégration de l'environnement, la vision donnée par l'approche « *middle-up-down management* » nous semble aujourd'hui le modèle le mieux adapté du fait de l'importance équitable donnée à la vision stratégique et aux actions concrètes. Il n'en reste pas moins que chaque entreprise doit s'approprier ce modèle et l'adapter à sa culture, à sa structure, à ses méthodes de travail et à son personnel.

Conclusion de la problématique

Nous avons vu à travers les différentes parties de ce chapitre, que la question de l'intégration de l'environnement en entreprise nécessitait de prendre en compte des aspects relevant des outils et méthodes de travail, de la création et de l'apprentissage de connaissances ainsi que du management des organisations. En effet, chacun de ces trois domaines essentiels apporte une vision spécifique de la question de l'intégration et nous pensons que seule une approche prenant en compte l'ensemble de ces domaines peut aujourd'hui fournir une réponse adaptée aux entreprises.

KAÏLA[84] précise que la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits comporte deux pôles essentiels nécessitant d'importants investissements de la part des entreprises (investissements financiers certes, mais également en temps et en hommes), d'une part pour modifier les pratiques managériales, et d'autre part pour créer des connaissances. Il donne en plus, et contrairement à la majorité des approches, une vision du problème novatrice en mettant en avant le rôle crucial des connaissances et donc le fait que les actions directes auprès des acteurs de l'entreprise restent primordiales, comparées au développement des nouvelles ressources outillées (ces dernières restent nécessaires, mais ne doivent pas intervenir de façon hégémonique). Les liens existant entre le domaine des connaissances et celui du changement dans les organisations sont soulignés dans la littérature et notamment par CABIN[85], pour qui l'apprentissage de connaissances est une condition nécessaire du changement dans les entreprises.

Ces visions de l'intégration et des phénomènes de création et d'apprentissage de connaissances sont, de notre point de vue, particulièrement pertinentes par le fait que leur prise en compte simultanée permet de porter un regard nouveau et plus global sur ces questions[86]. Dans le but d'intégrer l'environnement en entreprise, il nous apparaît donc nécessaire, aujourd'hui, de nous préoccuper de l'ensemble de ces aspects (outils et méthodes de travail, adaptation du management, création et apprentissage de connaissances environnementales) [JACQUESON et al. 01_a]. Si pour les domaines du management des organisations et de l'utilisation de ressources outillées, les expériences pratiques ne manquent pas (aussi bien pour l'environnement que pour d'autres disciplines telles que l'ergonomie), pour le domaine des connaissances et plus spécifiquement de l'activité de créations de connaissances, les modèles proposés ne sont pas directement opérationnels (voir le modèle de MACK p 64).

La question qui se pose alors pour un industriel, est de savoir comment, en l'absence de cadre de référence et d'outil spécifique, conduire concrètement l'intégration du domaine de l'environnement, en

---

[84] *op. cit p* 50.

[85] *op. cit p* 76.

[86] Cette nécessité de considérer l'intégration de façon globale par rapport à l'entreprise, renforce le constat que nous avions fait à la suite des premiers mois de notre intervention chez FAURECIA.

s'appuyant sur un processus de création de connaissances et en tenant compte de la pluralité des champs d'action concernés[87]?

Dans la suite de ce document, nous nous attacherons à apporter une réponse à cette question, en définissant les conditions d'actions relatives à la création et à l'apprentissage de connaissances utiles pour l'entreprise, dans le but d'intégrer l'environnement.

En nous appuyant sur la proposition d'ARGYRIS, nous schématisons notre problématique de l'intégration de l'environnement basée sur un processus dynamique de création et d'apprentissage de connaissances de la manière suivante (Cf. Figure 18) :

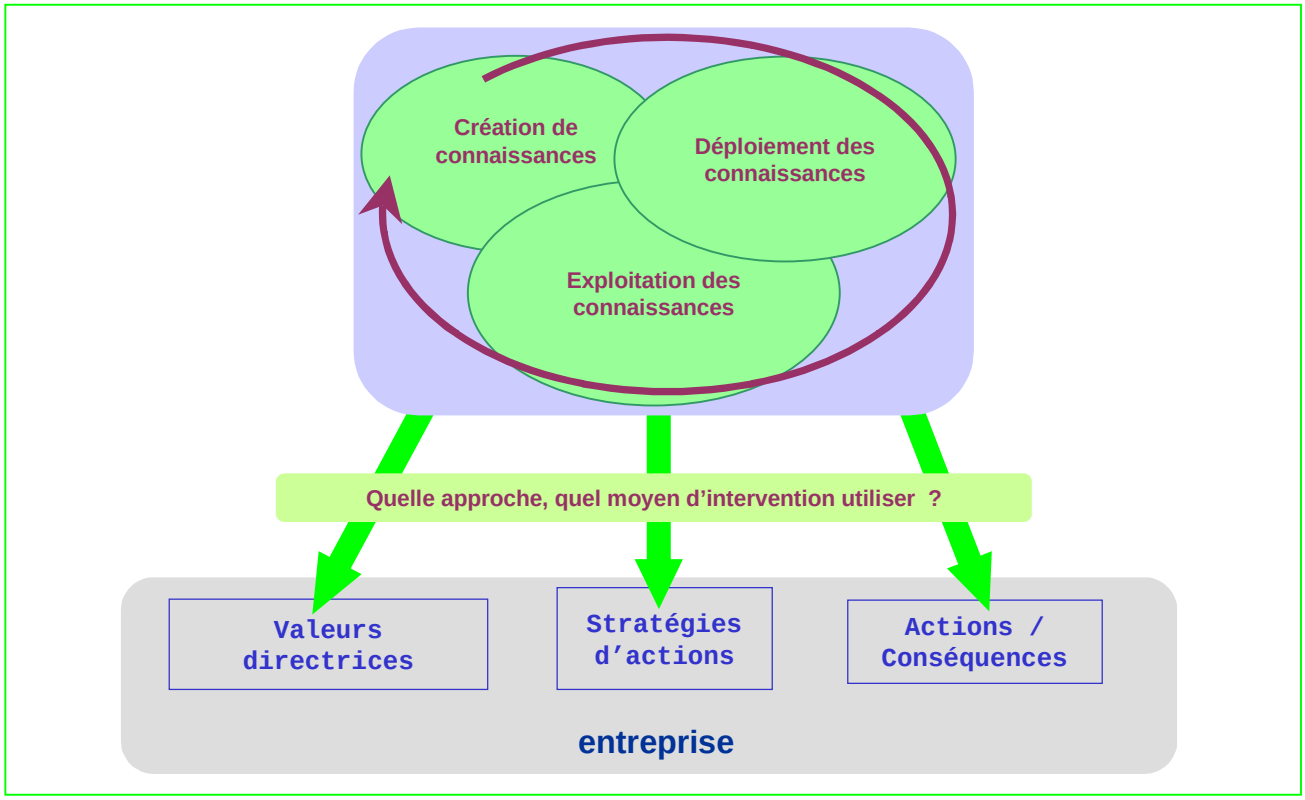


Figure 18 : Niveaux d'influence du processus de création sur l'entreprise

[87] Pour le cas spécifique de l'environnement, il faudra tenir compte du fait que ce domaine évolue et se complète à chaque nouvelle expérience et que les connaissances qui y sont associées sont en constante évolution.

3. HYPOTHESES ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans ce chapitre, nous présenterons les hypothèses posées pour répondre au manque de moyen d'intervention global mis en évidence dans la problématique. L'hypothèse principale porte sur la nécessité pour l'entreprise de disposer d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales, et sera déclinée en deux hypothèses spécifiques portant sur les fonctionnalités de cet outil. Nous exposerons ensuite le protocole expérimental mis en œuvre pour tester ces hypothèses et statuer sur leur justesse.

3.1. Formulation des hypothèses

Nous avons vu au cours du chapitre précédent que l'apprentissage de connaissances se trouve au cœur de la question de l'intégration pérenne d'un nouveau domaine dans l'entreprise. Concernant les aspects environnement liés aux produits (l'éco-conception) et l'industrie automobile, la principale difficulté vient du fait que les connaissances dont les entreprises auraient besoin, n'existent quasiment pas actuellement (du fait d'une part de la spécificité des problèmes posés pour chaque produit et d'autre part d'un manque de connaissances fondamentales dans le domaine de l'environnement). Ainsi, la première étape d'une démarche d'intégration doit consister en la création de nouvelles connaissances pertinentes au regard des activités et des problèmes quotidiens de l'entreprise [JACQUESON et al. 01].

La création de connaissances n'est pas une activité qui puisse être inscrite dans une structure classique de gestion de projet (avec un planning et des délais, des objectifs de résultat, etc …), principalement par le fait que la matière en jeu n'est pas un bien matériel et que l'on évolue dans un domaine pour lequel il est difficile d'anticiper les résultats. On comprend alors la nécessité pour les personnes en charge d'une telle activité au sein d'une entreprise, de disposer d'une structure leur permettant d'influencer cette activité.

Notre hypothèse principale pour répondre à cette carence est que l'entreprise qui s'engage dans une démarche d'intégration de l'environnement en privilégiant l'accroissement de connaissances de son personnel (par rapport à l'utilisation de ressources outillées), doit être en mesure de piloter son propre processus de création de connaissances. Nous rejoignons ainsi en partie le point de vue de PERRIN[88], qui rappelle dans son ouvrage sur le pilotage et l'évaluation des processus de conception, que l'accroissement de l'apprentissage des concepteurs est un critère particulièrement difficile à mesurer et qu'il faut plutôt privilégier la mise en place d'un contexte favorisant les apprentissages.

[88] Cf. *op. cit.* p 76.

En reprenant la définition de GUERIN[89], piloter un processus signifie être capable à la fois de le suivre, de l'analyser et enfin de le réguler. Nous nous appuierons sur cette définition pour construire un outil de pilotage qui devra remplir les fonctions de suivi, d'analyse et de régulation du processus de création de connaissances, chaque fonction étant assurée par une partie spécifique de l'outil.

Dans cette partie, nous détaillerons successivement nos deux hypothèses de résolution, qui s'appuient sur l'hypothèse principale de pilotage du processus de création de connaissances. Ainsi dans un premier temps, nous poserons une hypothèse relative aux fonctions de suivi et d'analyse de l'outil de pilotage, puis dans un deuxième temps nous poserons une hypothèse relative à la régulation du pilotage.

3.1.1. Première hypothèse sur le suivi et l'analyse du processus de création de connaissances

Pour répondre à la première composante d'une action de pilotage (le suivi d'un processus en l'occurrence), nous posons une première hypothèse : un référentiel de caractérisation des connaissances dans l'entreprise permet une transcription graphique du processus de création de connaissances. Afin de tester cette hypothèse, nous avons construit un référentiel adapté à notre besoin, en nous inspirant principalement du champ de recherche sur les connaissances, mais également de recherches relatives à l'intégration du recyclage dans la conception des produits automobiles.

Nous avons présenté, à propos de la gestion des connaissances, le modèle de MACK (Cf. chapitre 2.2.2.), qui nous intéresse d'un double point de vue :

- son système d'axes de caractérisation des connaissances (codification et diffusion)
- le cheminement préconisé des connaissances au sein de ce référentiel (évolution progressive et équilibrée suivant chacune des deux dimensions), leur permettant d'atteindre un stade d'utilité maximum pour l'entreprise.

MACK souligne à l'aide de cette modélisation, que des connaissances nouvelles nécessitent un ensemble de transformations et d'évolutions progressives au sein de la structure de l'entreprise avant de pouvoir être réellement exploitables. Si son modèle permet d'amorcer une réflexion nouvelle dans le domaine de l'environnement, notamment par les deux dimensions utilisées pour caractériser les connaissances, il nous semble cependant que dans un contexte industriel, il manque une dimension qui permette de caractériser la « valeur » relative que l'entreprise attribue à ces nouvelles connaissances. Il y a en effet une nécessité de positionnement des nouvelles connaissances par rapport à celles qui sont habituellement manipulées au jour le jour (appartenant à des domaines tels que la qualité, les coûts, les délais, l'allègement, etc).

GAUCHERON, au cours de ces travaux, a souligné cet aspect relatif d'un nouveau domaine dans l'entreprise, quand il propose une classification des critères de conception (Cf. Figure 19). Il retrace à l'aide d'un schéma unidirectionnel les grandes étapes de perception d'un nouveau domaine par les acteurs de l'entreprise et explique que son intégration ne peut être considérée efficacement tant que l'état

[89] Cf. *op. cit.* 76.

« fondamental » n'a pas été atteint. Cette schématisation, établie à propos du recyclage et de son intégration en conception, nous paraît adaptée au cas de l'environnement ; c'est pourquoi nous avons choisi de le combiner au modèle de MACK afin de disposer d'un cadre d'évaluation des connaissances qui prenne en compte leurs aspects les plus fondamentaux : formalisation[90], diffusion et valorisation.

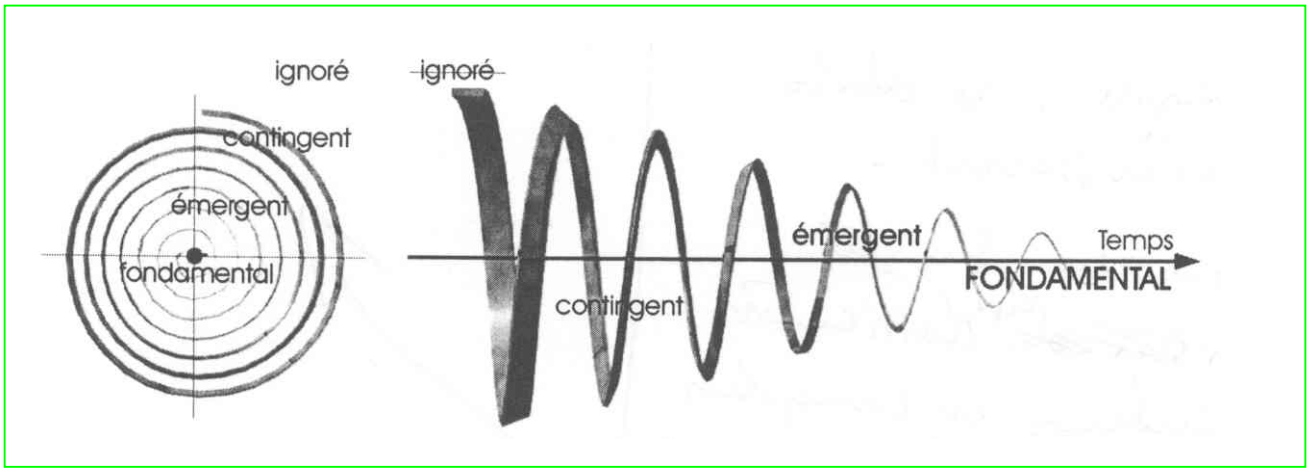


Figure 19 : Evolution des classes de paramètres (d'après [GAUCHERON 00])

Nous disposons ainsi d'un système à trois dimensions qui constitue notre modèle de niveau 1 que nous destinons au suivi du processus de création de connaissances (Cf. Figure 20).

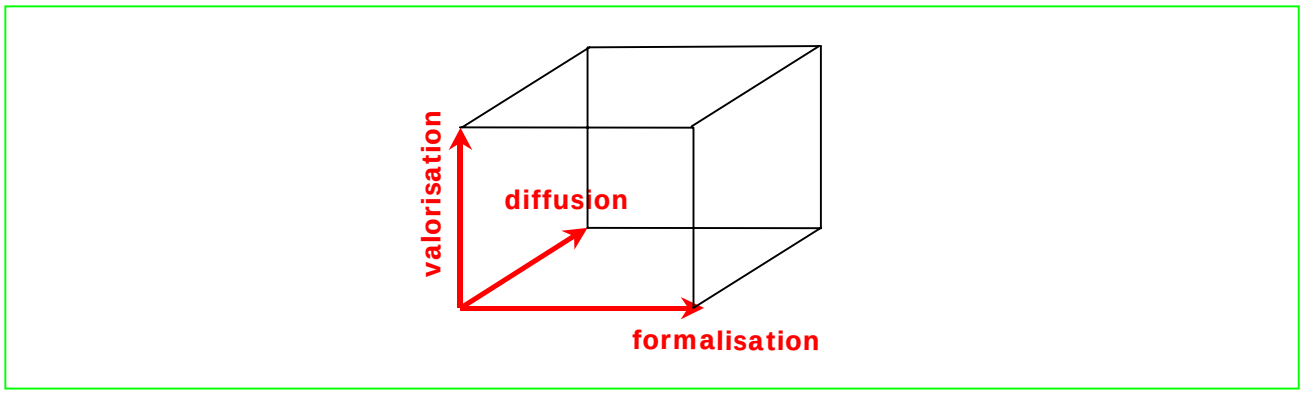


Figure 20 : Référentiel d'évaluation du processus de création de connaissances (modèle n°1)

La fonction d'analyse du processus de création de connaissances (la deuxième fonctionnalité de l'outil de pilotage), suppose la possibilité d'émettre un jugement par rapport à l'évolution suivie. Il ne suffit pas en effet d'être capable de suivre l'évolution du processus si son auteur n'est pas en mesure de porter dessus un jugement. Afin d'assurer cette deuxième fonctionnalité de l'outil, nous proposons de compléter le référentiel en lui adjoignant une stratégie de progression préférentielle (à l'intérieur de l'espace délimité par les trois axes) permettant d'atteindre l'état d'utilité maximale des connaissances dans des conditions optimales.

Au sein d'un espace à trois dimensions, il existe un nombre infini de cheminements possibles (Cf. Figure 21). Si l'on souhaite pouvoir réaliser l'analyse d'un processus, il devient nécessaire de posséder une référence

[90] Au terme « Codification » proposé par MACK, nous préférerons dans la suite de ce document, le terme « Formalisation ».

à laquelle se comparer, en d'autres termes, de déterminer une stratégie de progression idéale (être capable à tout moment de pouvoir se positionner par rapport à une progression de référence et d'évaluer ainsi l'écart entre la situation préconisée et la réalité, correspond à une fonction d'analyse).

Notre première hypothèse pose que la fonction de suivi de l'outil de pilotage sera réalisée par un référentiel à trois dimensions dont les axes seront gradués[91] pour en augmenter la précision, et la fonction d'analyse sera réalisée par le couplage de ce référentiel avec une stratégie de progression de référence.

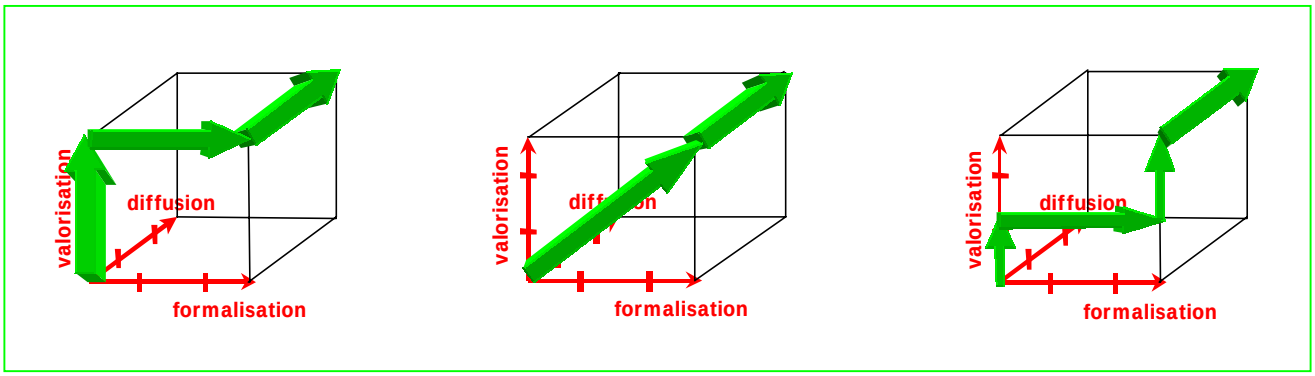


Figure 21 : Propositions de stratégies de progression au sein du référentiel

3.1.2. Deuxième hypothèse sur la régulation du processus de création de connaissances

Notre deuxième hypothèse porte sur la fonction de régulation que doit posséder l'outil de pilotage. Cette caractéristique supplémentaire doit permettre, suite à la détection d'une situation anormale ou d'un écart trop important par rapport à la stratégie de progression de référence, de réorienter le processus vers la direction initialement souhaitée.

L'hypothèse que nous formulons pour cette troisième fonctionnalité de l'outil, est qu'une typologie d'actions permet de remplir ce rôle, en fournissant pour chaque dimension, un ensemble d'exemples d'actions et de réalisations concrètes (dont l'influence sur la création de nouvelles connaissances à été validé), qui peuvent soit être directement réutilisées soit servir de source de réflexion face à une situation de blocage. Pour cette hypothèse, nous proposons de construire une typologie d'actions (déterminer et organiser les éléments permettant de remplir cette fonction de relance ou de réorientation du processus).

[91] A l'image de la graduation proposée par GAUCHERON pour la dimension « Valorisation »

3.2. Protocole expérimental

Pour mettre à l'épreuve nos différentes hypothèses relatives aux propriétés d'un outil de pilotage ainsi qu'à son utilisation, nous avons mis en œuvre un programme d'actions et d'expérimentations précisé ci-dessous.

Nous prenons comme point de départ, le référentiel à trois dimensions (modèle n°1 – Cf. Figure 21). Les numéros attribués à chaque action de notre programme permettent de les resituer sur le schéma de synthèse (Cf. Figure 22).

Première action ❶ : Recherche d'une segmentation des échelles pour chacune des trois dimensions du modèle n°1.

A l'image de la proposition de GAUCHERON (et par opposition à celles utilisées pour le modèle de MACK), nous pensons que des échelles graduées permettent d'augmenter la précision du référentiel pour évaluer l'évolution des connaissances au sein de l'entreprise.

Afin de déterminer[92] les échelles les plus pertinentes pour notre modèle, nous procéderons en deux étapes :

- ❍ dans un premier temps, nous mettrons en œuvre une série d'actions spécifiques visant à favoriser l'évolution des connaissances suivant chacune des trois dimensions.
- ❍ dans un deuxième temps, nous confronterons les résultats de ces actions avec les propositions de segmentations de la littérature et nous rechercherons de manière empirique les propositions les plus en adéquation avec nos impératifs : c'est-à-dire les propositions ayant la double capacité de transcrire fidèlement les évolutions observées et d'être compréhensibles par les acteurs de l'entreprise.

Le référentiel doté de ses échelles graduées correspond au modèle n° 2.

Deuxième action ❷ : Définition d'une stratégie de progression de référence.

Pour compléter le modèle 2 et le faire évoluer du stade d'outil de suivi à celui d'outil d'analyse, nous proposerons et discuterons différentes stratégies possibles de progression au sein du référentiel. En nous appuyant sur des arguments bibliographiques ainsi que sur nos propres observations en milieu industriel, nous verrons comment déterminer une stratégie préférentielle par rapport au domaine de l'environnement.

Troisième action ❸ : Evaluation de la cohérence du modèle n°2 (évaluation simultanée des trois dimensions) et de la stratégie de progression de référence.

Afin de déterminer si l'utilisation couplée du référentiel et de la stratégie de progression permet d'analyser le déroulement d'un projet, nous l'utiliserons en tant qu'outil de simulation (utilisation a posteriori) pour transcrire l'enchaînement des actions de deux projets. Nous évaluerons dans un premier temps, l'activité recyclage de la cellule environnement R&D de FAURECIA, puis dans un deuxième temps, un projet prospectif sur les apports de la méthode d'Analyse de Cycle de Vie dans la conception des sièges.

---

[92] Remarque : Il ne s'agit pas d'expérimentations au sens strict du terme, mais plutôt d'évaluations qualitatives destinées à préciser nos propositions à l'aide des données de la littérature (les actions que nous avons engagées l'ont été avec un objectif volontairement prospectif).

Cette double évaluation constituera notre première expérimentation.

Quatrième action ❹: Proposition d'une typologie d'actions.

En nous inspirant de l'ensemble des actions menées au cours de nos travaux ainsi que d'exemples issus de la littérature, nous proposerons une première typologie d'actions, destinée à remplir la troisième fonctionnalité d'un outil de pilotage : capacité de régulation du processus décrit.

Cinquième action ❺ : Evaluation de l'outil de pilotage complet.

L'outil de pilotage ainsi constitué (comprenant le référentiel gradué, la stratégie d'action et la typologie d'actions) sera évalué en conditions réelles au cours d'un projet de mise en place d'un système de management des substances dangereuses dans les produits. Cette dernière évaluation correspondra à notre deuxième expérimentation, et nous permettra de juger d'une part, de la capacité de régulation de la typologie d'actions proposée et d'autre part, de la pertinence de notre hypothèse sur le rôle de l'outil de pilotage pour faciliter l'intégration de l'environnement.

Les différentes étapes de ce protocole expérimental sont schématisées sur la figure suivante (Cf. Figure 22).

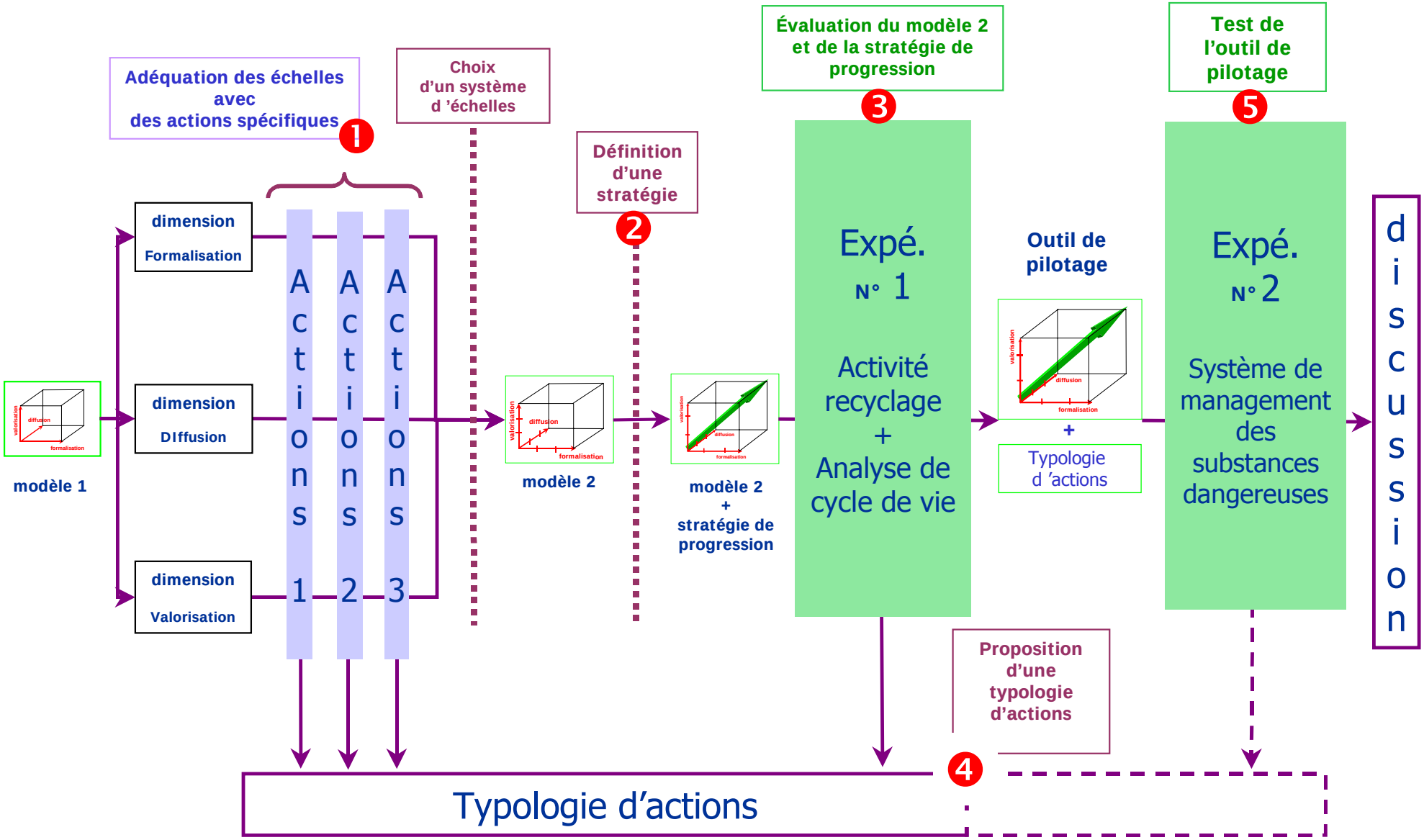


Figure 22 : Schéma de synthèse du protocole expérimental

4. EXPERIMENTATIONS

Dans ce chapitre, destiné à tester nos hypothèses, nous allons dans un premier temps préciser la construction de la structure de notre outil en définissant les axes et leurs graduations respectives par confrontation des données issues d'un programme d'actions (réalisées en contexte industriel) aux éléments de la littérature. Nous aboutirons à une première version d'outil, mise en œuvre au sein de deux projets menés en R&D, qui nous permettra de tester plus particulièrement les fonctions de suivi et d'analyse (ceci constituera notre première expérimentation). Les résultats de cette première utilisation de l'outil aboutiront à la proposition d'une deuxième version, que nous compléterons avec notre proposition de typologie d'actions. L'outil ainsi constitué sera testé dans des conditions réelles d'utilisation, au sein d'un programme de management des substances dangereuses, implanté dans un programme de développement d'un nouveau siège (ce sera notre deuxième expérimentation). Les résultats obtenus nous permettront alors de statuer sur la pertinence de notre proposition d'outil de pilotage.

4.1. Définition des échelles du référentiel

Dans le chapitre consacré à nos hypothèses, nous avons posé comme premier modèle d'évaluation des connaissances, un référentiel à trois dimensions construit à partir d'éléments provenant des domaines de la gestion des connaissances et de l'environnement. Afin de pouvoir réaliser une évaluation aussi précise que possible des différentes situations de création de connaissances, nous avons transformé les échelles « continues » et sans graduation de chacune des dimensions du référentiel en dimensions graduées ; le but d'une telle opération devant nous permettre d'avoir un outil plus précis donc plus pertinent pour évaluer les actions engagées.

Nous verrons ci-après en détail successivement la construction des trois échelles relatives aux trois dimensions du référentiel. Ce qui nous amènera à proposer une version affinée du référentiel.

4.1.1. Construction d'une échelle pour la dimension «Formalisation»

Afin de dresser un état des lieux des travaux effectués dans le domaine de la formalisation, de la typologie des connaissances, nous avons effectué une première recherche bibliographique, ce qui nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de propositions de classification (Cf. Figures 23 à 26). Après avoir précisé leur contenu respectif, nous verrons comment nous avons procédé pour construire notre propre échelle.

La première proposition est issue des travaux de NONAKA[93] qui présentent les différents modes de création des connaissances. Il détaille dans cette représentation la double alternance des connaissances depuis leur état tacite vers un état explicite ainsi que leur passage d'une nature individuelle à une nature collective. Il met ainsi en évidence quatre modes principaux de création de connaissances : la socialisation (les connaissances tacites individuelles évoluent vers des connaissances tacites collectives), l'externalisation (les connaissances tacites collectives évoluent vers des connaissances explicites individuelles), la combinaison (les connaissances explicites individuelles évoluent vers des connaissances explicites collectives) et l'internalisation (les connaissances explicites collectives évoluent vers des connaissances tacites individuelles - Cf. Figure 23).

		vers	
		tacite	explicite
de	tacite	SOCIALISATION	EXTERNALISATION
	explicite	INTERNALISATION	COMBINAISON

Figure 23 : Les quatre modes de création de connaissances (d'après [NONAKA 94])

Mack quant à lui, représente les connaissances comme une chaîne de différentes ressources composée de quatre maillons (Cf. Figure 24) :

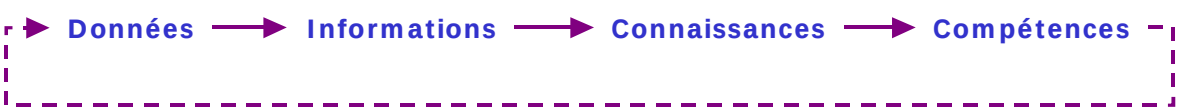


Figure 24 : Chaîne des connaissances (d'après [MACK 95])

Le premier élément est constitué par les « données » qu'il définit comme des éléments qui révèlent l'existence des choses par le canal de nos organes de perception (aidés d'instruments d'observation si nécessaire). Le deuxième élément, les informations, naît de la juxtaposition de données de natures différentes et fait apparaître un « signal ». L'élément suivant, les connaissances, est atteint par accumulation et organisation des informations en différentes rubriques, dans nos têtes ainsi que dans différents moyens de stockage (bases de données, livres, etc), la structuration des connaissances permettant dans certains cas d'en accroître l'utilité. Enfin, le dernier élément est constitué par les compétences, c'est-à-dire des activités complexes, au sein desquelles, les connaissances servent de matière à une amélioration permanente. Et cet enchaînement boucle sur lui-même par le fait que les compétences font émerger de nouvelles données et ainsi de suite.

[93] Cf. *op. cit.* p 68.

Une troisième proposition de classification a été faite par Siemieniuch, elle comprend également quatre stades différents que l'auteur définit à l'aide d'analogies avec le domaine de la géographie et des cartes (Cf. Figure 25).

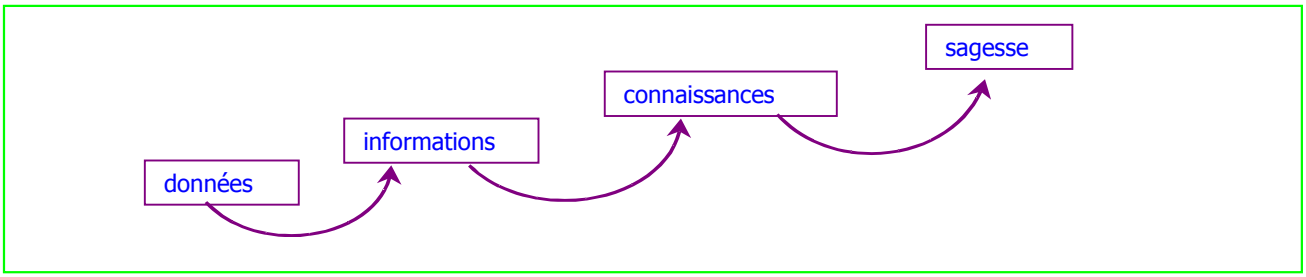


Figure 25 : Classification des connaissances (d'après [SIEMIENIUCH 99])

Le premier niveau de sa classification correspond aux données, qu'il qualifie de « valeurs obtenues à partir de tout type de capteur » (les humains en faisant partie) et qu'il compare dans le domaine géographique aux notions de distances, d'angles et de caractéristiques du relief. Le deuxième niveau de cette classification, appelé « les informations » correspond à une synthèse de données (leur équivalent géographique étant la traduction des différentes données sur une carte). Le troisième niveau est celui qui correspond aux connaissances, que SIEMIENIUCH traduit par l'ensemble des significations que peut prendre la carte, ainsi que les différentes manières de l'utiliser. Enfin, le dernier niveau, nommé « sagesse » correspond à une connaissance profonde basée sur une importante expérience personnelle, que l'auteur compare dans le domaine géographique à la connaissance des limites d'exploitation d'une carte (à partir de quel moment l'utilisation de la carte n'a plus de sens, parce qu'elle n'est plus assez précise par exemple).

Ce troisième exemple de classification des connaissances, illustre bien la diversité des interprétations qui existent derrière les termes utilisés. En effet, les quatre niveaux proposés par SIEMIENIUCH sont très proches de ceux proposés par MACK et l'on distingue pourtant dans les définitions qui leur sont associées, les différences que les auteurs ont voulu faire apparaître.

Le dernier exemple de classification que nous avons trouvé dans la littérature, comprend trois types principaux de connaissances (Cf. Figure 26).

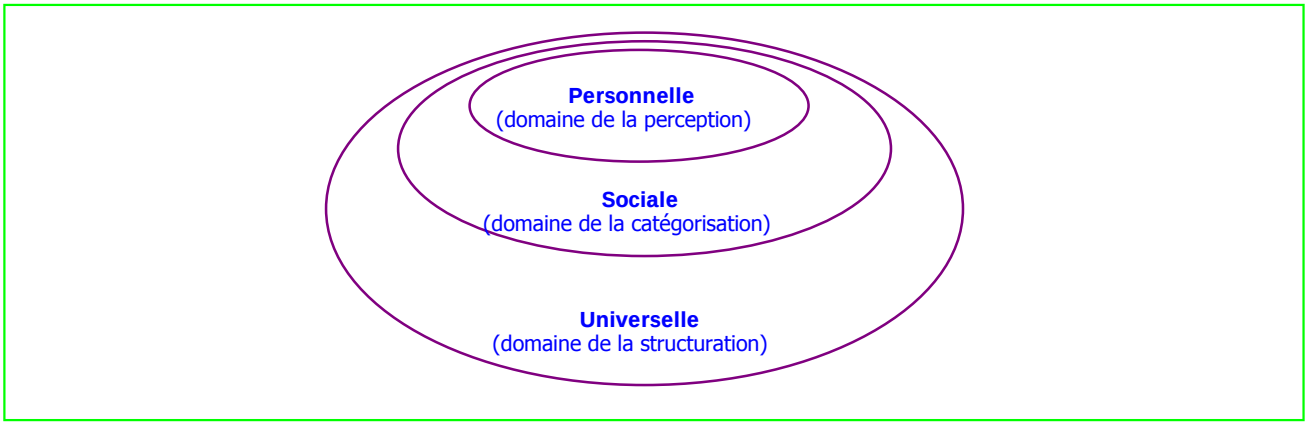


Figure 26 : Typologie des connaissances (d'après [JORNA 01])

Ce chercheur hollandais identifie trois types principaux de connaissances qu'il décrit de la façon suivante : le premier type qui correspond à des connaissances tacites relève du domaine de la perception, et est intimement lié à chaque personne (avec sa capacité propre d'analyser une situation). Le deuxième type, correspond aux connaissances qui peuvent être codées, traduites par des signes, que l'on peut concrétiser par des représentations en deux dimensions. Ce type de connaissances nécessite une communication pour exister en même temps qu'il facilite la communication, et permet de donner une dimension sociale aux connaissances. Enfin, le troisième type que JORNA appelle « theoretical knowledge », correspond à une représentation plus abstraite des connaissances et plus universelle à la fois. Après être passées par les domaines de la perception et de la catégorisation, les connaissances possèdent alors des qualités structurelles et leur communication en est d'autant facilitée (décontextualisées, les connaissances prennent alors un statut de vérité partagée, proche des connaissances scientifiques).

A partir de ces différentes classifications, nous avons cherché à définir l'échelle la mieux adaptée aux actions que nous avons menées au sein de notre entreprise, c'est à dire qui prennent en compte à la fois le domaine de l'environnement ainsi que le contexte industriel d'un équipementier automobile de taille internationale.

Pour cela, nous avons procédé de manière empirique, nous avons initié et mené à terme un ensemble d'actions visant chacune à formaliser de nouvelles connaissances. Une fois ces actions réalisées, nous avons analysé leurs résultats en nous servant des différentes propositions de segmentation (issues de la littérature) comme grille de lecture et en privilégiant les deux critères suivants :

- La capacité de transcription de l'évolution des connaissances dans l'entreprise,
- La facilité de compréhension pour les acteurs de l'entreprise (qui ne sont pas experts du domaine de l'environnement ou de celui de la gestion des connaissances).

Enfin, nous avons retenu les éléments les plus pertinents permettant de constituer une segmentation appropriée de la dimension *« Formalisation »*. Le tableau 13 présente l'ensemble des actions qui ont été menées dans ce but ainsi que les premières constatations que nous avons pu faire quant à leur apport.

Ces différentes actions permettent de préciser les formes que peuvent prendre les connaissances relatives à l'environnement dans l'entreprise depuis leur première mise en forme jusqu'à un état beaucoup plus abouti (telles qu'une procédure ou une norme). En confrontant ces premières constatations aux propositions de la littérature, nous avons identifié trois formes permettant de décrire d'une manière pertinente, les principaux types de formalisation (voir Figure 27). Aux deux premiers niveaux de cette échelle (les aspects connaissances personnelles et connaissances codées, que nous avions relevés à la suite de notre série d'actions), nous en avons ajouté un troisième inspiré par les réflexions de JORNA, qui décrit un stade ultime des connaissances à savoir un état qualifié d'universel.

Action	Intention	Acteurs		Impact sur la formalisation des connaissances
		Initiateurs et intervenants	Utilisateurs	
Rédaction de notes d'information internes Réalisation de supports de présentation	Présenter à la hiérarchie la synthèse des données les plus représentatives (sous forme de signal d'alerte).	Cellule « environnement produit ».	Destinataires spécifiés (la hiérarchie en général).	Première mise en forme d'informations relatives au domaine de l'environnement (première existence collective de ces connaissances au niveau de l'entreprise).
Rédaction d'articles dans la revue interne de l'entreprise	Présenter les enjeux de la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits (en tant que domaine nouveau)	Cellule « environnement produit » et service communication interne.	Ensemble du personnel de l'entreprise.	Schématisation des connaissances de base en environnement dans un but de vulgarisation.
Construction d'un guide de conception pour le recyclage	Donner aux concepteurs un outil d'aide à la décision possédant des critères qualitatifs et quantitatifs.	Cellule « environnement produit », responsable du Bureau d'Etude et concepteurs experts.	Concepteurs et responsable du Bureau d'Etudes R&D.	Evolution du statut des connaissances depuis un état qualitatif (informations) vers un état quantitatif (préconisations).
Définition d'une « check-list environnement » pour le suivi des projets	Systématiser le respect des critères environnementaux, en fournissant aux responsables de projet un support facilement manipulable.	Cellule « environnement produit » et service qualité	Chef de service et responsables de projets en R&D.	Standardisation des documents relatifs à l'environnement (même traitement que les autres domaines pris en compte en conception).
Création d'une procédure qualité visant à contrôler l'utilisation de substances dangereuses dans les produits.	Officialiser l'existence d'un nouveau paramètre à prendre en compte dans la conception des produits.	Cellule « environnement produit », service qualité et service achats.	Bureaux d'Etudes en R&D et en phase de développement.	Formalisme le plus abouti dans l'entreprise, qui entraîne une prise en compte effective du sujet traité.

Tableau 13 : Récapitulatif des actions menées visant à faire évoluer la formalisation des connaissances

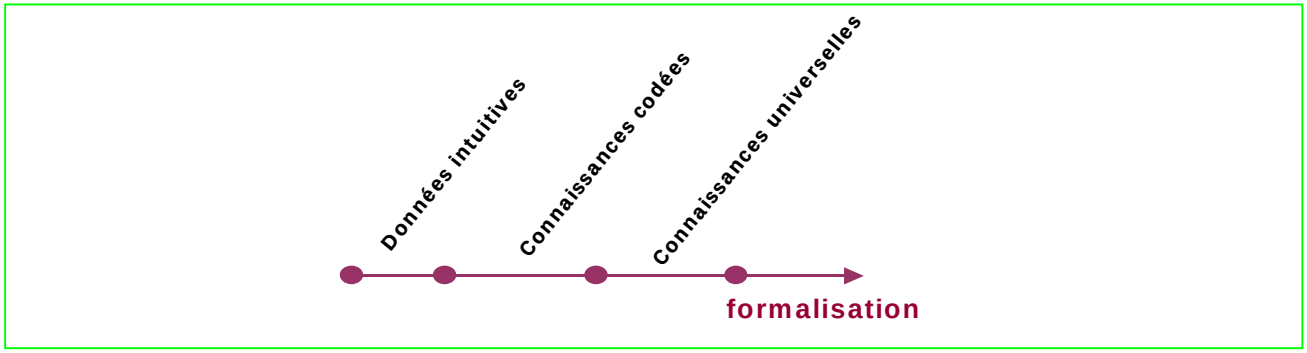


Figure 27 : Echelle retenue pour la dimension *« Formalisation »*

Le premier niveau attribué à la formalisation des connaissances, que nous avons appelé **données intuitives**, correspond à l'existence d'un « certain » savoir au sein de l'entreprise, mal identifié en tant que tel mais dont le détenteur est, lui, identifié. Les connaissances à ce niveau restent propres à une personne ou à un nombre restreint de personnes identifiées comme précurseurs du domaine et correspondent à une vision personnelle d'expert.

Le niveau suivant (les **connaissances codées**), correspond à une formalisation en deux dimensions des connaissances. Ce niveau représente la formalisation de connaissances spécifiques à l'entreprise, la transcription de pratiques en éléments qui peuvent être diffusés, transmis. De par ce nouvel état, elles peuvent alors être discutées, confrontées à d'autres connaissances et ainsi commencer à être prises en compte dans les activité usuelles de l'entreprise.

Le dernier état de la classification proposée, que nous avons nommé **connaissances universelles**, correspond à un état de formalisation des connaissances utilisé dans mais également en dehors de l'entreprise. Il s'agit alors de connaissances ayant des bases scientifiques et une valeur qui s'apparente à une réalité universelle (cela correspond par exemple à l'identification de la toxicité des métaux lourds et en conséquence au consensus international sur leur minimisation dans les véhicules automobiles).

Le choix de ces différentes graduations pour la dimension « Formalisation » a tenu compte du fait que nous voulions traduire l'évolution des connaissances depuis leur état strictement personnel (qui relève de la conviction profonde de celui qui en prend conscience pour la première fois) jusqu'à leur état admis et partagé « universellement » (au sens d'une reconnaissance internationale qui s'appuie sur des principes scientifiques validés à l'unanimité). D'autre part, nous avons également recherché une différenciation claire des termes de l'échelle, pour en faciliter la compréhension par les futurs utilisateurs du référentiel. Ainsi, la proposition d'échelle formulée par JORNA nous a semblé plus proche de nos préoccupations que les autres propositions mettant en jeu des nuances d'évolution des connaissances beaucoup plus fine que notre niveau d'intervention.

La grande difficulté du domaine de l'environnement, vient du fait qu'il existe relativement peu de connaissances relevant de la catégorie *« universelle »* (comparé à d'autres domaines tels que la prise en compte des coûts, des contraintes mécaniques pour lesquels non seulement le bagage de connaissances est actuellement plus important mais en plus lorsque ces dernières viennent à manquer, il est de plus en plus possible de s'en affranchir en partie par le recours à des simulations). C'est pourquoi nous défendons l'idée que l'intégration de l'environnement doit passer par la création de connaissances, afin de réduire la part

d'incertitude aujourd'hui inhérente à la majorité des décisions prises dans le domaine de l'éco-conception des véhicules automobiles et de leurs composants.

La segmentation que nous proposons pour cette dimension doit être considérée comme une progression par paliers, comme un moyen d'identifier des états suffisamment différents des connaissances et ne doit pas être interprétée comme une continuité dont les segments sont équivalents. La distance séparant deux états sur notre échelle n'a pas de signification propre en terme de mesure, elle permet cependant de présenter de façon claire les différents états identifiés comme significatifs.

4.1.2. Construction d'une échelle pour la dimension « Diffusion »

Pour la dimension « Diffusion », nous avons cherché dans la littérature à déterminer au sein de l'entreprise, quels étaient les secteurs cibles de diffusion des informations relatives aux aspects « environnement produit ». Issues de documents techniques des constructeurs (normes et rapports environnementaux) ou de publications, les propositions que nous avons identifiées présentent une grande diversité de secteurs de diffusion (Cf. Tableau 14). Cependant, seul le service des achats fait l'objet d'une diffusion systématique des informations tandis que les autres services mentionnés sont impliqués en fonction des modes de fonctionnement de chaque entreprise.

Afin de nous positionner par rapport à ces éléments et de déterminer l'échelle la mieux adaptée à notre contexte, nous avons procédé suivant la même méthode que pour la dimension « Formalisation » : un ensemble d'actions concrètes ayant pour but de diffuser les connaissances au sein de la structure de l'entreprise a été mis en œuvre. Au regard des résultats obtenus à la suite de cette campagne, nous avons pu identifier les services qui, au sein de FAURECIA, étaient prioritairement concernés par ces nouvelles informations.

	Matériaux	Etudes	R&D	Industrialisation	Communication	Qualité	Achats	Commerce	Marketing	Recyclage	Fournisseurs
[BMW 97]	X				X		X				
[JOHNSON 97]						X	X	X			
[DUBOTS 98]			X				X		X		
[PSA 99]		X		X			X				X
[RENAULT 00]		X					X			X	X

Tableau 14 : Les différentes propositions de diffusion des connaissances en environnement[94]

[94] Cette situation illustre la diversité des approches d'intégration de l'environnement, où chaque entreprise se forge sa propre méthode d'intervention, adaptée à son organisation, à sa vision spécifique de l'environnement ainsi qu'à ses modes de fonctionnement internes.

Action	Intention	Cibles	Impact constaté en terme de diffusion des connaissances
Création d'un réseau de correspondants pour les aspects environnement produit.	Identifier pour chaque centre technique de la division siège (France, Allemagne, USA et Japon) un interlocuteur spécialisé sur l'environnement et relayant les informations.	Une ou deux personnes techniques dans chacun des bureaux d'études, sensibilisées aux questions relatives à l'environnement.	Outre les personnes cibles, leur hiérarchie a du être sensibilisée aux questions d'environnement, afin de dégager le temps nécessaire à cette nouvelle activité.
Mise en œuvre d'un plan de formation des concepteurs R&D aux aspects environnement et réglementation.	Sensibiliser puis former les concepteurs les plus en amont de la conception - aux enjeux de l'environnement - aux premières préconisations à prendre en compte en conception.	L'ensemble du personnel du bureau d'études de la R&D (dessinateurs, projeteurs, ingénieurs produits, responsables de projets, chef du BE, chef du service des études avancées).	Pas d'élargissement du périmètre de diffusion par rapport aux personnes ciblées.
Création d'une base de données « environnement – recyclage » en parallèle de l'analyse des produits concurrents (Voir en annexe).	Capitaliser l'ensemble des solutions favorables ou défavorables identifiées sur les produits de la concurrence, Diffuser ces informations largement via le réseau intranet de l'entreprise.	Personnels techniques dont l'activité est liée à la conception ou au développement des produits.	En plus du personnel cible, des demandes ont été formulées par les commerciaux, le service analyse concurrence, le marketing.
Sessions de sensibilisation et de formation aux restrictions d'usage des substances dangereuses.	Initier progressivement le renseignement systématique des substances dangereuses contenues dans les produits, définir des alternatives pour les composants les plus critiques de ce point de vue.	Personnels des bureaux d'études, responsables de projets, qualiticiens et acheteurs	Sensibilisation au delà des personnes ciblées, d'experts métiers (mécanismes, structures et matelassures), de la hiérarchie des centres de développement clients ainsi que des fournisseurs.
Formation des équipes R&D et Développement aux préconisations recyclage.	Présentation et familiarisation du personnel avec les premières préconisations pour anticiper les traitements en fin de vie.	Personnels des bureaux d'études R&D et développement, plus les acheteurs de pièces plastiques et de composants chimiques.	Elargissement du périmètre de diffusion à certains fournisseurs.

Tableau 15 : Récapitulatif des actions menées visant à faire évoluer la diffusion de connaissances

De l'ensemble de ces actions, nous retenons les éléments suivants :

- La diffusion des connaissances en environnement concerne des publics très différents au sein de l'entreprise, depuis les personnels techniques œuvrant au niveau de la conception des produits (dessinateurs, architectes), jusqu'aux services « support » tels que les achats ou la qualité en passant pas les différents niveaux d'encadrement.
- D'autre part, s'il est nécessaire d'avoir un minimum de soutien hiérarchique pour s'assurer d'une bonne diffusion de ces nouvelles connaissances, les premières actions peuvent être initiées en collaboration directe avec les personnels techniques et faire l'objet d'une diffusion élargie ultérieure.
- Enfin, le service des achats nous semble être le point central d'articulation entre les services techniques de l'entreprise et les fonctions administratives, commerciales et de gestion d'une part et entre la structure de l'entreprise et le reste de la filière industrielle d'autre part.

Par rapport aux secteurs de diffusion identifiés dans la littérature, nous proposons un regroupement en trois niveaux prenant en compte de manière spécifique, les aspects conception (au sens mécanicien du terme), les aspects décision et enfin les aspects réalisation industrielle (regroupant l'ensemble des services et des acteurs internes et externes intervenants lors de la réalisation du produit - Cf. Figure 28).

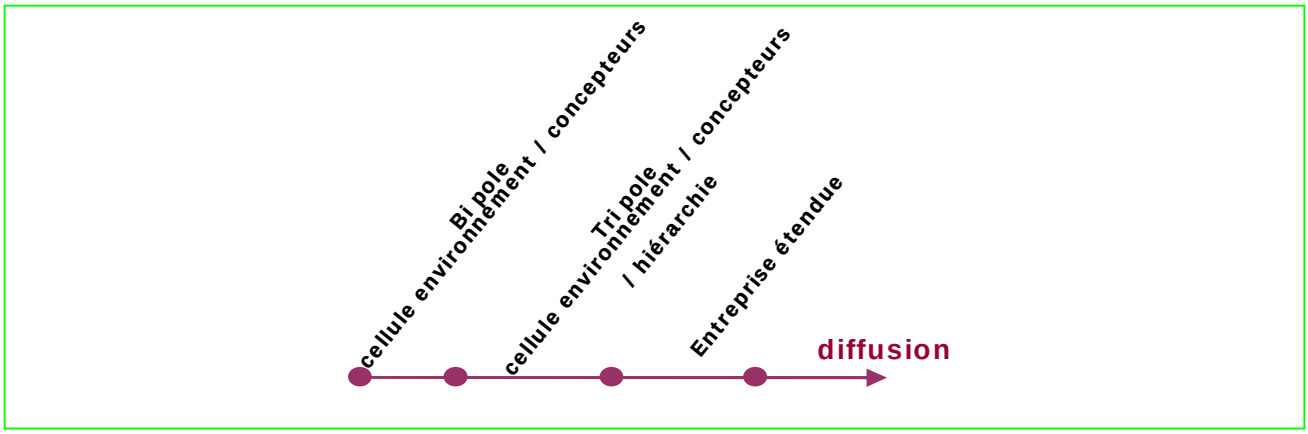


Figure 28 : Echelle retenue pour la dimension « *Diffusion* »

La première zone de diffusion que nous avons identifiée est constituée par deux pôles de l'entreprise : la cellule environnement (qui correspond aux personnes en charge des questions d'éco-conception, d'environnement appliqué aux produits) et les concepteurs (sous cette appellation, nous regroupons les différents acteurs des bureaux d'études, depuis les architectes jusqu'aux dessinateurs). C'est en fait une double diffusion des connaissances qui se met en place entre les acteurs de ces deux entités de l'entreprise : les connaissances issues du domaine de l'environnement sont dans un premier temps soumises à l'expertise des concepteurs. Puis, de par les discussions, les explications et les négociations qui découlent de cette confrontation[95], les premières connaissances doivent être en partie adaptées, afin de devenir exploitables par les concepteurs (il ne s'agit pas ici de transformer radicalement les connaissances du domaine de

[95] Rappelons ici que concevoir des produits *pour* l'environnement relève quelque peu du non-sens, car les produits sont (et c'est leur finalité), conçus pour remplir un certain nombre de fonctions. Le respect de l'environnement doit permettre d'orienter certains choix de conception, mais ne doit pas supplanter les critères de fonctionnalité.

l'environnement mais bien par ce qui s'apparente à une traduction, de favoriser des échanges mutuels et les influences possibles entre les connaissances liées à la conception et celles liées à l'environnement). Le but de ces échanges étant soit de faire apparaître les critères ou les étapes clés d'intervention pour les experts environnement, soit de faire naître des synergies entre les deux domaines. Le résultat attendu de ces échanges est finalement, en plus de l'instauration d'un langage commun, une modification bilatérale des acquis antérieurs des deux parties et ainsi la création de nouvelles connaissances mutuelles.

La deuxième zone de diffusion que nous avons choisie pour notre échelle, inclut les niveaux hiérarchiques ayant une influence directe sur les concepteurs, tels que nous les avons définis au paragraphe précédent. Malgré les échanges fructueux qui résultent de la confrontation des critères environnementaux à ceux « classiques » de la conception, nous avons constaté qu'une volonté hiérarchique ferme était nécessaire pour assurer la prise en compte systématique des nouvelles connaissances environnementales. 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. Il convient donc une fois que la cellule environnement dispose d'éléments exploitables par les concepteurs, qu'elle les diffuse et les explique afin que les différents responsables hiérarchiques prennent conscience à la fois des enjeux se rapportant à ce nouveau domaine et également des éléments d'intervention disponibles et opérationnels au sein de l'entreprise.

Le dernier niveau de notre échelle, correspond à une zone de diffusion beaucoup plus large que les précédentes car elle intègre non seulement de nombreux secteurs de l'entreprise mais considère également les acteurs extérieurs à l'entreprise. Dans cette zone nous incluons les services tels que les achats, la qualité, le commerce et la communication, les fournisseurs ainsi que l'ensemble des services support participant de manière ponctuelle à l'intégration de l'environnement dans l'entreprise (Cf. Figure 29). Si nous adhérons au consensus relatif à l'importance des services achats comme secteur de l'entreprise devant participer à la diffusion des connaissances en environnement, il ne nous semble pas naturel de considérer exclusivement ces services. En effet, la diffusion des connaissances au sein des deux premières zones correspond, à notre sens, à une manière de travailler relativement expérimentale, les connaissances sont alors comme un prototype qui subit un ensemble d'évolutions avant d'arriver à un état suffisamment abouti qui permet son transfert vers les autres services de l'entreprise en vue de son industrialisation.

Ainsi la troisième zone de diffusion correspond pour nous à un périmètre qui nécessite une méthode d'intervention spécifique. Elle doit, en effet, s'adapter à la diversité des acteurs visés, qu'ils soient acheteurs internes, fournisseurs, qualiticiens ou commerciaux, et tenir compte du fait que qu'ils n'ont pas les mêmes besoins de connaissances que les concepteurs. Il nous semble en effet important que les concepteurs aient une vision globale des conséquences environnementales possibles de chacune des décisions prises au cours du processus de conception tandis que cette nécessité est moins fondamentale pour les autres fonctions de l'entreprise.

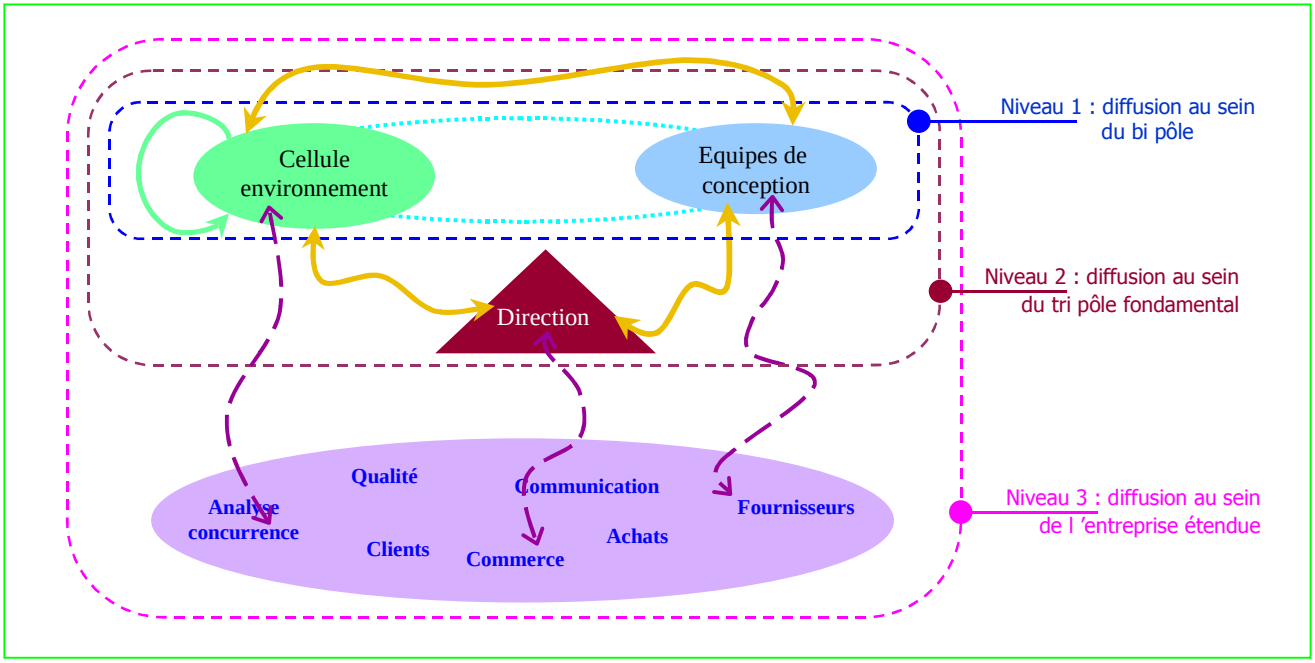


Figure 29 : Les différentes niveau de diffusion des connaissances en matière d'environnement

Il faut cependant noter que si les besoins les plus importants, en terme d'accès aux connaissances environnementales, concernent les concepteurs, la diffusion de ces connaissances vers les acteurs de la troisième zone nécessite une importante préparation ainsi qu'une sensibilisation accrue afin que chaque type d'acteur puisse être en mesure de percevoir les enjeux de ce nouveau domaine par rapport à son activité propre[96].

4.1.3. Construction d'une échelle pour la dimension « Valorisation »

Concernant la troisième dimension du référentiel, la dimension « Valorisation », nous avons procédé suivant la même méthode que pour les deux dimensions précédentes, c'est-à-dire qu'après avoir réalisé un certain nombre d'actions visant à valoriser les connaissances du domaine de l'environnement, nous avons confronté nos observations à la vision de GAUCHERON[97], ce qui nous a permis finalement de nous réapproprier en partie son modèle et de l'adapter à notre situation. En effet, pour ce troisième axe de notre référentiel, la littérature n'était pas aussi fournie que pour les deux autres et nous n'avons pas répertorié de proposition alternative à celle de GAUCHERON.

GAUHERON présente les quatre critères de sa classification de la manière suivante :

Le critère **fondamental** est un critère que personne au sein de l'entreprise ne penserait remettre en question, il est déjà bien intégré dans les logiques d'actions et l'entreprise y consacre les moyens nécessaires

[96] L'appropriation d'un nouveau domaine par les différents acteurs hiérarchiques et fonctionnels de l'entreprise participe, de façon significative, à son intégration.

[97] *op. cit.* p 54.

tant sur le plan financier que sur le plan humain (les coûts, la qualité, les délais, le design sont des critères fondamentaux).

A l'opposé de la classification se trouve le critère **ignoré**, il a été déclaré non pertinent, trop coûteux à intégrer, trop précurseur par rapport à la logique de développement ou en contradiction avec les axes stratégiques de l'entreprise.

Entre ces deux états on trouve le critère **émergent**, qui n'est pas encore pris en compte dans le mode de fonctionnement de l'entreprise mais qui est en passe de devenir un critère fondamental. Il est légitimé par un engagement fort de la hiérarchie et est relié à un des objectifs stratégiques de l'entreprise (la qualité, au milieu des années quatre-vingts, correspondait à ce critère).

Enfin, le critère **contingent**, relève à la fois de l'état ignoré et de l'état émergent. Il n'a pas de légitimité forte, c'est une sorte de critère « mou », qui est victime d'une dissonance entre les propos du comité de direction et les moyens alloués pour l'intégrer.

GAUCHERON précise que lorsqu'un critère est identifié par l'entreprise comme prioritaire, il doit évoluer rapidement de l'état ignoré vers l'état fondamental.

Nous avons regroupé dans le tableau ci-dessous, les premières actions que nous avons menées dans le but de valoriser les connaissances en environnement.

Des trois dimensions du référentiel, l'axe « Valorisation » est le plus délicat à évaluer, car il est de façon générale plus conséquent que les deux autres, aussi bien sur le plan des investissements financiers que sur celui des réalisations techniques. De ce fait, les réalisations sont forcément limitées en nombre et les temps de décisions allongés.

Des actions qui ont été réalisées nous retenons les éléments suivants, issus des différentes remarques et questions faites lors des présentations intermédiaires et finales de chaque action :

- De façon générale, tout nouveau critère (et particulièrement dans le domaine de l'environnement) est perçu a priori comme une contrainte supplémentaire. Face à un domaine très peu maîtrisé par le personnel (les équipes de conception notamment) la réaction instinctive est la méfiance face à des difficultés supplémentaires potentielles.
- Des actions concrètes sur les produits, réalisées non pas par la cellule environnement seule, mais en collaboration avec des concepteurs confirmés et sensibilisés à l'environnement (comme ce fut le cas lors de l'étude pilote) permettent de dépasser la réaction relativement spontanée de suspicion et de démontrer la faisabilité ainsi que l'intérêt qu'on peut tirer de ces nouveaux critères de conception.
- Engager des actions de plus grande envergure, c'est à dire au delà du périmètre de l'entreprise et sur plusieurs années, peut permettre de mieux faire percevoir les opportunités du domaine de l'environnement (particulièrement au sein de la hiérarchie de l'entreprise) et donc de souligner l'intérêt, pour l'entreprise, de s'y investir.

Action	Intention	Participants	Eléments de valorisation observés
Réalisation d'une étude pilote (en R&D) prenant en compte un nouveau critère de conception : démontabilité du composant pour faciliter le recyclage en fin de vie[98].	Evaluer la capacité d'une préconisation recyclage à apporter des éléments d'innovation.	- Une personne de la cellule environnement - Un ingénieur produit - Le responsable du service	La solution tenant compte du critère de démontabilité : - nécessite moins de pièces qu'une solution standard (économie de deux vis). - permet des gains de temps au montage. - autorise un accès aux fixations dans toutes les configurations possibles de traitement fin de vie.
Participation à un programme de recherche multi-partenaires dans le but de développer une méthode de travail et des outils communs à un ensemble d'équipementiers de l'automobile.	Créer une référence, un premier standard, exploitable par une majorité d'acteurs de la filière automobile afin de limiter la diversité des réponses à fournir aux clients (le groupe de travail comprend des fabricants de matières premières, des *compounders* et des transformateurs de plastiques, ainsi que des constructeurs pour certains aspects spécifiques)	-Cellule environnement. -Chef de service études avancées R&D. -Directeur R&D. -Responsable informatique R&D.	-Chaque entreprise possède un panel d'outils reconnus dans la profession, pour un investissement de départ relativement faible. -Prise en compte des doléances de chaque entreprise dans la méthode de travail retenue (l'intégration des spécificités de chaque entreprise entraîne une bonne adéquation des outils développés avec les structures et fonctionnements de chacun). - L'entreprise est à l'origine d'un nouveau standard.
Réalisation de composants prototypes (appui-tête) utilisant une part importante de matière recyclée (85% en masse pour la mousse).	Fabriquer des composants dont les qualités environnementales ont été sensiblement améliorées et dans des conditions réalistes de développement de projet (contraintes temporelles et financières).	-Cellule environnement. -Directeur études avancées R&D. -Fournisseur (mouleur de PU agglo) -Experts métiers R&D mousse -Responsable production usine mousse -Chiffreur soft.	-Intérêt important pour les pièces, une fois qu'elles ont été réalisées. -Evolution de points de vue, chez des personnes réfutant a priori ce type de réalisation -Crédibilisation du prototype par les résultats du chiffrage - Sensibilisation du directeur R&D à l'utilisation de matière recyclée (innovations potentielles).

Tableau 16 : Actions menées visant à faire évoluer la Valorisation des connaissances

[98] L'étude portait sur la réalisation d'une assise de siège conducteur en alliage léger. Le projet étant toujours d'actualité, pour des raisons de confidentialité aucun plan ne pourra être montré.

Précisons également que les résultats découlant de ces actions ont servi d'exemples d'illustration lors de différentes sessions de sensibilisation. Ainsi, au delà des personnes directement impliquées dans leur réalisation, un large éventail du personnel, aussi bien aux niveaux techniques que hiérarchiques, a pu bénéficier de leurs apports. La présentation de situations concrètes issues d'expériences menées au sein même de l'entreprise permet par ailleurs au personnel de mieux percevoir les interactions de l'environnement avec ses activités professionnelles et cela participe ainsi à la modification de la perception de l'environnement.

A partir de ces différentes remarques et des arguments initiaux de GAUCHERON, nous avons construit l'échelle suivante, qui contient trois niveaux de progression différents (Cf. Figure 30).

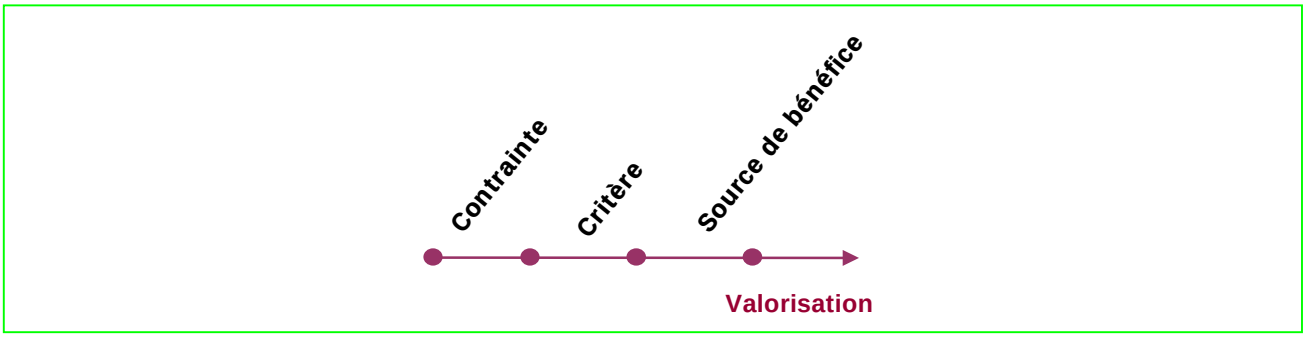


Figure 30 : Echelle retenue pour la dimension "*Valorisation*"

Nous avons appelé cette dernière dimension « valorisation » et non pas « statut » comme l'avait fait GAUCHERON, pour mieux traduire l'idée de valeur relative du domaine par rapport aux autres priorités de l'entreprise.

Au premier niveau de l'échelle relative à la valorisation des connaissances, nous avons placé l'état de contrainte[99]. C'est en effet, dans la majorité des cas, la façon dont est perçu tout nouveau critère de conception, du fait d'une part des modifications des pratiques mais également de l'augmentation de la charge de travail individuelle que sa prise en compte implique.

Le deuxième niveau de cette dimension correspond à un état du domaine, considéré comme commun, usuel, à l'image des nombreux autres critères à prendre en compte dans la conception des produits (qualité, masse, coûts, etc). Ce niveau correspond à une prise en compte acceptée et incontournable.

Enfin, le dernier niveau, où les connaissances représentent une valeur réelle pour l'entreprise et dont les conséquences sont mesurables, correspond à la transformation (orchestrée par l'entreprise) des contraintes, en nouvel axe de développement. Le nouveau critère devient alors un moyen de différenciation, de création de valeur ajoutée.

[99] La notion d'état « ignoré » mentionnée dans l'échelle de GAUCHERON, ne nous a pas paru nécessaire d'être mentionnée sur l'échelle bien qu'elle corresponde à l'état « zéro », état initial de tout projet.

On peut également expliquer cette segmentation par une analogie avec les investissement qu'une entreprise concède à un nouvel axe de travail (l'environnement dans notre cas) :

- à l'état de contrainte, l'environnement coûte à l'entreprise (les connaissances n'existent pas, ou existent peu et à chaque nouvelle demande - d'un client ou liée à une évolution de la réglementation – l'entreprise doit engager des ressources pour compenser le déficit de connaissances),
- à l'état de critère, une structure de suivi de l'évolution du domaine a été mise en place, il existe un budget de fonctionnement associé (début du lobbying et des actions d'anticipation),
- le dernier stade, celui de la valeur, traduit le fait que l'entreprise a trouvé le moyen de rentabiliser ce nouveau domaine et donc y investit des ressources conséquentes pour continuer de développer cette nouvelle source de profit (l'environnement, dans ce cas devient alors un outil d'influence des orientations stratégiques de l'entreprise).

Conclusions sur la définition des échelles du référentiel

En confrontant nos propres observations en milieu industriel aux éléments de la littérature, nous avons pu construire des échelles segmentées pour chacune des trois dimensions du référentiel initial. Nous obtenons ainsi un référentiel affiné (modèle 2, Cf. Figure 31) qui doit nous permettre d'analyser précisément la progression des nouvelles connaissances au sein de l'entreprise. Afin d'évaluer cette capacité ainsi que la pertinence conjuguée des trois dimensions et de leurs segmentations, nous allons tester ce deuxième modèle dans des situations concrètes de création de connaissances dans le domaine de l'environnement.

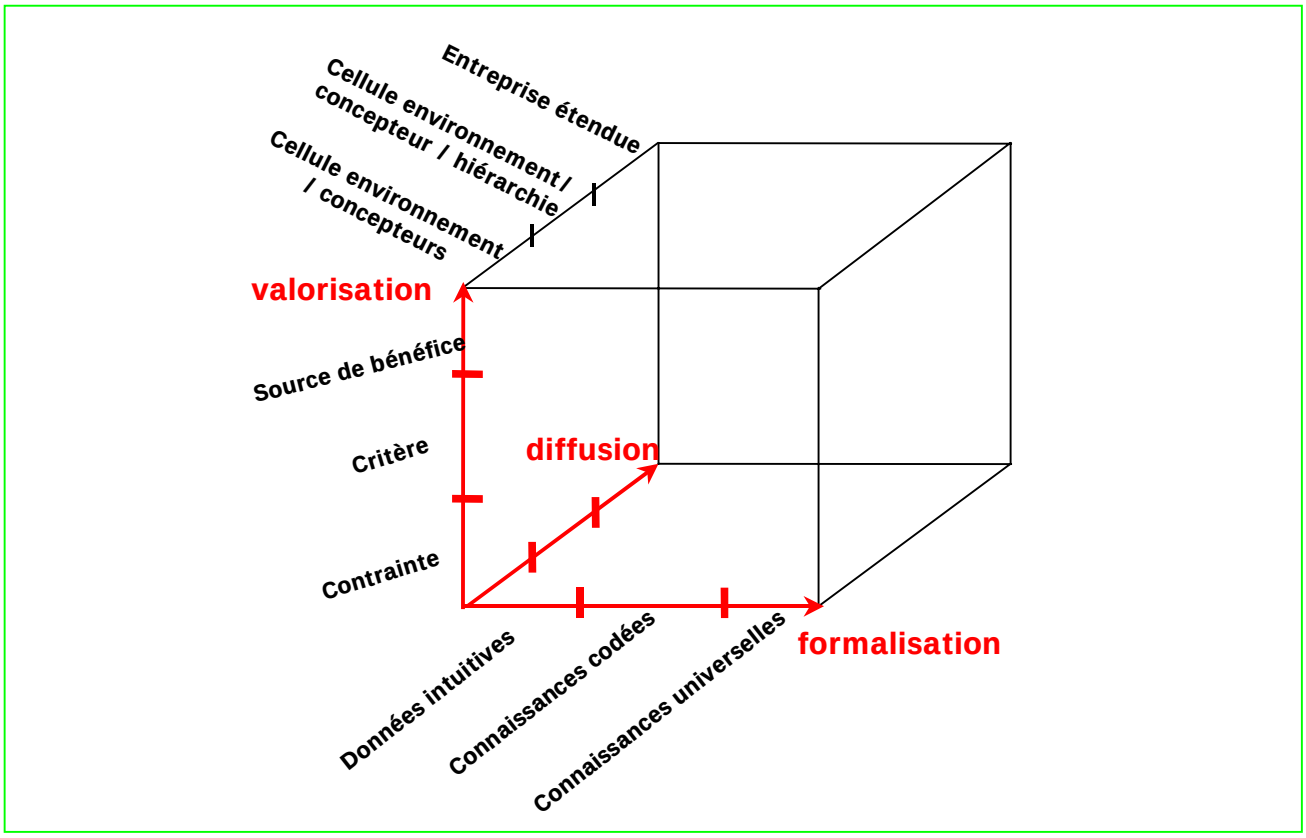


Figure 31 : Référentiel complété avec ses dimensions segmentées (modèle 2)

4.2. Première expérimentation : évaluation du référentiel comme outil d'analyse

Dans cette partie, après avoir expliqué notre choix de stratégie de progression au sein du référentiel, nous montrerons, à l'aide de deux cas concrets comment le référentiel avec ses dimensions graduées et la stratégie de progression préconisée permettent de suivre et d'analyser le déroulement de projets visant à créer de nouvelles connaissances en environnement au sein du département R&D de l'entreprise FAURECIA. En utilisant le référentiel et la stratégie préconisée comme moyen d'analyse, nous retracerons dans un premier temps l'ensemble de nos activités engagées dans le but de prendre en compte les critères de recyclage dans la conception des sièges d'automobiles, puis, dans un deuxième temps, nous aborderons le projet d'Analyses de Cycle de Vie que nous avons mené durant l'année 2000 et qui nous a permis d'une part de nous familiariser avec cette méthode environnementale et d'obtenir nos premiers résultats dans ce domaine pour les sièges d'automobile, et d'autre part de nous apporter des indications environnementales concrètes permettant d'orienter les choix en conception.

4.2.1. Choix d'une stratégie de progression au sein du référentiel

Nous avons vu dans le chapitre concernant nos hypothèses, qu'un outil de pilotage doit permettre de suivre et d'analyser un processus. Le référentiel que nous venons de détailler doit servir au suivi proprement dit des processus en autorisant une retranscription de la progression des connaissances tandis que la fonction d'analyse est réalisée par l'utilisation couplée du référentiel et d'une stratégie de progression. A tout moment, la personne qui utilise le système {référentiel + stratégie} peut positionner les actions par rapport à la voie de progression préconisée et ainsi savoir si l'orientation réelle correspond à celle souhaitée.

A priori, au sein d'un espace à trois dimensions, il existe une multitude de possibilités de progression. Face à cette diversité potentielle et à la nécessité de définir une stratégie adaptée à notre démarche nous avons recherché dans la littérature des éléments permettant d'orienter notre décision.

Dans ses travaux, MACK explique que le cheminement des connaissances (dans un repère à deux dimensions) s'effectue petit à petit, suivant une dimension puis l'autre, par évolutions successives. Le stade d'utilité maximale des connaissances résulte donc d'un enchaînement d'évolutions équilibrées entre ses deux axes de caractérisation. Cette vision de l'évolution des connaissances nous semble tout à fait intéressante car elle traduit bien l'idée que la création de nouvelles connaissances n'est pas un phénomène instantané, mais résulte d'un processus itératif d'échanges entre les individus d'une structure et de formalisation progressive. Au fur et à mesure que la formalisation de ces connaissances s'affine, le nombre de personnes impliquées dans leur processus d'évolution est de plus en plus important et ainsi, lorsque les connaissances atteignent leur stade d'utilité maximale pour l'entreprise, elles ont déjà été manipulées par de nombreuses personnes. L'hypothèse que les connaissances doivent évoluer jusqu'à l'extrémité d'un axe avant de passer au suivant est ainsi définitivement écartée par son manque de représentativité (des connaissances nouvelles ne pouvant en

effet être créées ex nihilo par une personne isolée, qui les formalise définitivement avant d'initier leur diffusion dans la structure d'entreprise).

En tenant compte des évolutions apportées au modèle de MACK et en nous appuyant sur nos activités quotidiennes chez FAURECIA nous nous sommes réapproprié cette idée d'évolution équilibrée et nous en avons fait notre stratégie privilégiée de progression au sein du référentiel à trois dimensions. En effet, les premières étapes de l'évolution des connaissances doivent nécessairement passer par une phase de formalisation avant de pouvoir être valorisées, mais dès que le processus est initié, il n'y a pas de priorité d'une dimension sur les autres et la progression s'effectue suivant le contexte interne de l'entreprise et les prises de décisions des responsables de projets.

Ainsi la stratégie de progression que nous préconisons, correspond à une ligne directrice partant de l'origine de notre référentiel et rejoignant le point le plus éloigné (Cf. Figure 32), qui traduit une évolution équilibrée et concomitante entre les trois dimensions.

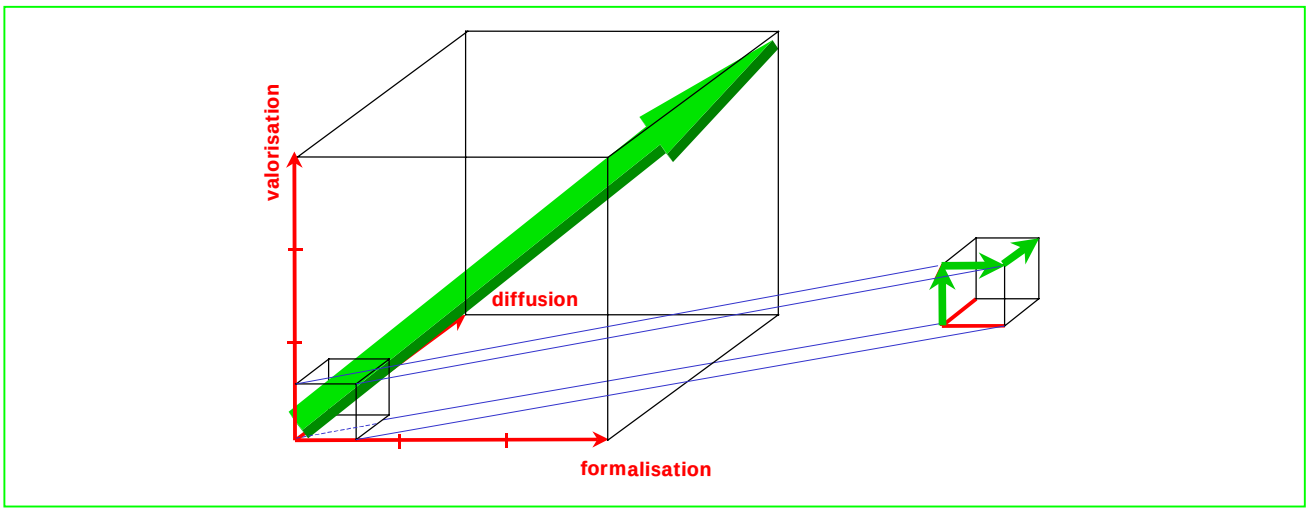


Figure 32 : Stratégie de progression préconisée au sein du référentiel

Pour des questions de commodité de représentation, la stratégie préconisée prend la forme d'une ligne continue sur notre schéma. Il faut cependant bien garder à l'esprit qu'il s'agit là d'une représentation lissée d'une succession de courtes progressions mono-dimensionnelles (l'idéal étant que chaque période représentée par trois segments successifs intègre les trois dimensions).

Ayant construit un référentiel d'évaluation et choisi une stratégie de progression adaptée, nous allons maintenant les mettre à l'épreuve dans deux situations réelles et ainsi tester leur pertinence.

4.2.2. Première évaluation : analyse de l'activité recyclage de la division sièges d'automobile de FAURECIA

Les préoccupations de l'entreprise FAURECIA, en ce qui concerne la recyclabilité de ses produits en fin de vie ont été à l'origine de notre intervention (initiée fin 1998). Le recyclage a été en effet le premier thème

émergent du domaine de l'environnement, face auquel l'entreprise s'est trouvée confrontée à un déficit de connaissances. Afin de remédier à ce manque et de développer un savoir-faire propre à l'activité, nous avons engagé une série d'actions durant ces trois années de recherche, qui visaient, dans un premier temps, à faciliter la compréhension du domaine du recyclage (au niveau des équipes de conception mais également au niveau de services tels que les achats ou la qualité, sans négliger la hiérarchie et la direction générale) et à déterminer des préconisations exploitables pour ces différents secteurs dans un deuxième temps.

Nous allons dans cette partie utiliser le référentiel avec la stratégie de progression associée comme moyen de simulation de l'activité recyclage (utilisation a posteriori). Nous cherchons en effet à évaluer la capacité du référentiel à décrire les différentes actions réalisées, c'est-à-dire à apprécier sa capacité à retranscrire étape par étape, la progression des connaissances relatives à un nouveau domaine au sein de l'entreprise (dans notre cas cela correspond à l'ensemble des étapes depuis l'initiation des premières études recyclage, sous l'impulsion de la cellule environnement jusqu'à l'autonomie relative des services tels que les achats ou les études – début de la « banalisation » des connaissances de façon étendue dans l'entreprise). Pour cela, nous avons dressé un récapitulatif des principales étapes de l'évolution du recyclage que nous avons cherché à replacer dans notre référentiel.

- **Première étape :** *Réalisation d'une synthèse sur le contexte du recyclage et de l'industrie automobile.*
  En 1998, l'entreprise n'a aucune expertise dans le domaine du recyclage, les deux seules antériorités dans ce domaine ont été : en 1995 des expériences de démontage destructif de sièges faisant suite à la demande expresse d'un constructeur[100] et fin 1997, une note d'information rédigée par le service « veille réglementaire » et spécifiant l'existence de travaux préparatoires relatifs à une directive sur la fin de vie des véhicules automobiles. Afin d'avoir une vision précise du contexte du recyclage, des investigations ont été lancées dans les domaines de la réglementation (française, européenne et internationale), de l'industrie automobile (constructeurs et équipementiers), des industries déjà concernées par la question du recyclage (emballage, produits électriques et électroniques), ainsi que dans la filière industrielle du traitement des déchets (notamment les Véhicules Hors d'Usage). Ces démarches ont nécessité la prise de contacts avec de nombreuses personnes et/ou institutions extérieures à l'entreprise ainsi que la mise en place d'une activité de veille afin de suivre l'évolution de chaque domaine (et d'en déduire les conséquences probables pour les véhicules automobiles).

- **Deuxième étape :** *Organisation de réunions d'information sur les enjeux du recyclage.*
  Les informations collectées sur le contexte du recyclage ont mis en évidence les différents secteurs de l'entreprise potentiellement concernés à savoir les services de la R&D (architecture globale des sièges, mousses et garnissage). Etant donnés les délais d'application à moyen terme (la première échéance est prévue pour l'année 2003) et l'aspect qualitatif des premières contraintes (taux de valorisation minimum

[100] Cette demande imposait en fait, une vitesse seuil de démontage des composants du garnissage avec le renseignement des taux de séparation atteints. Deux stagiaires sur une période de six mois ont réalisé les différents essais et mesures, les résultats obtenus étant en dessous des seuils critiques imposés par le constructeur, aucune modification des produits n'a été nécessaire et il n'y a pas eu de conséquence particulière pour l'entreprise suite à cette demande.

imposé pour les véhicules, sans qu'ait été définie une méthode validée de mesure), nous nous sommes volontairement restreint au périmètre de la R&D dans un premier temps ; en effet, une diffusion plus large auprès des centres de développement aurait nécessité un niveau plus précis d'informations, directement transférables dans les préconisations de conception. Ainsi, les premières informations dont nous disposions ont été diffusées auprès des responsables de différents services en R&D. A la suite de cette première présentation et des conséquences à moyen terme notamment de la réglementation en matière de recyclage, il a été décidé de renouveler annuellement la présentation aux chefs de services de la R&D et de sensibiliser le personnel impliqué dans la conception des sièges.

- **Troisième étape :** *Sessions de sensibilisation du personnel des Etudes Avancées en R&D.*
  Cette session a regroupé la trentaine de personnes du service en deux groupes (d'une part le directeur du service, le responsable du Bureau d'Etudes, les chefs de projets et les ingénieurs produits, et d'autre part, les dessinateurs et projeteurs). D'une durée de deux heures, cette présentation a consisté dans un premier temps à présenter le domaine du recyclage automobile, ainsi que les conséquences prévues et probables de ce nouveau domaine en conception (rappels réglementaires, position des différents clients et de la concurrence, solutions existantes). Puis, de manière moins formelle, une discussion a été engagée avec les concepteurs sur la perception qu'ils avaient de ce nouveau domaine ainsi que sur des points précis (tels que le recours possible au démontage destructif pour la séparation des composants en fin de vie, la question de l'accessibilité aux éléments de fixation lorsque le siège est dans l'habitacle, etc) leur permettant de mieux cerner les enjeux et les objectifs des futures préconisations. La fréquence de ces sessions est fixée à deux par an afin de maintenir un état de vigilance du personnel sur ce domaine et de diffuser systématiquement les évolutions de la réglementation ainsi que les réalisations innovantes.

- **Quatrième étape :** *Intervention sur le thème du recyclage lors de la journée annuelle R&D.*
  Les centres de développement de la division siège sont implantés dans quatre zones géographiques différentes, correspondant aux zones d'activité les plus importantes de FAURECIA (France, Allemagne, USA et Japon). Afin d'assurer une bonne diffusion des innovations développées en R&D ainsi que des éléments critiques issus de la veille technologique, un grand « meeting » annuel est organisé afin de présenter à l'ensemble du personnel d'encadrement des différents centres, les avancées de la R&D. A cette occasion, nous sommes intervenus sur le thème du recyclage et avons présenté à l'ensemble des participants (120 personnes environ) les enjeux du recyclage (et notamment les réglementations différentes en fonction des zones géographiques) ainsi que les premières préconisations pour la conception. Cela nous a permis de nous faire connaître des différents sites, de prendre connaissance des demandes spécifiques à chaque pays et d'identifier des correspondants pour chaque zone.

- **Cinquième étape :** *Etudes spécifiques recyclage en partenariat avec des constructeurs.*
  Etant donné le champ des possibilités d'interprétation de la réglementation en cours d'élaboration, nous avons décidé d'engager des démarches auprès de quatre grands constructeurs (correspondant aux zones d'activité de FAURECIA les plus représentatives). Le but de ces collaborations était de préciser les intentions des constructeurs en confrontant nos propres connaissances en matière de fin de vie des

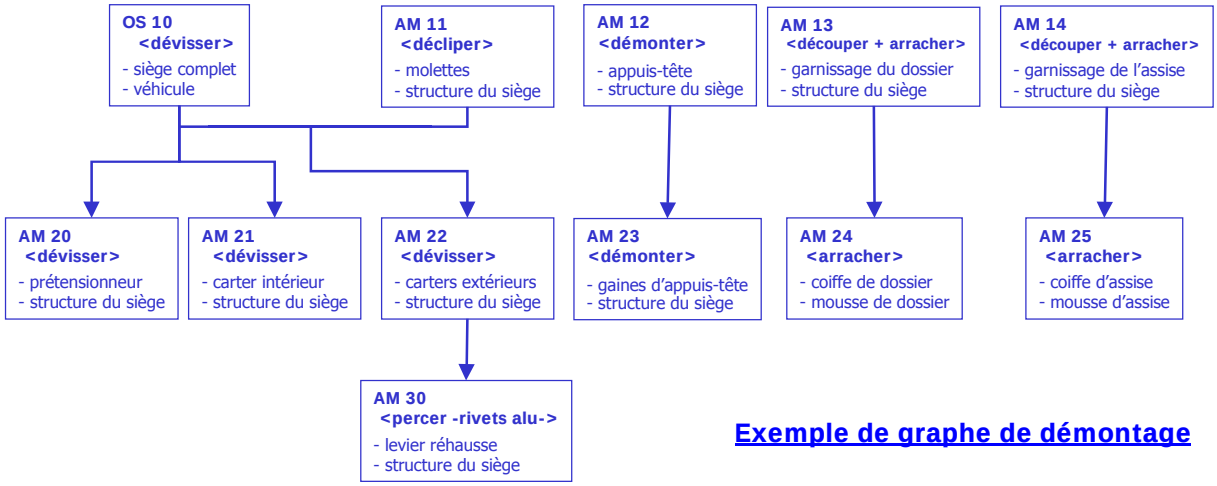
sièges aux leurs concernant le véhicule dans sa globalité. Ces actions se sont déroulées sur six mois, et n'ont concrètement abouti que pour une seule zone géographique (la France). Avant de revenir plus en détail sur cette collaboration, nous allons préciser les raisons qui nous semblent être à l'origine de la non adhésion des autres constructeurs.

Visiblement le contact pris avec le constructeur américain n'a pas abouti du fait que la réglementation actuelle contraignante en matière de recyclage concerne uniquement le périmètre géographique de la Communauté Européenne. Les exportations de véhicules américains vers l'Europe représentant une part infime de la production locale, le constructeur a considéré notre requête comme excessive et n'a pas souhaité s'investir dans une étude comparée des scénarios de recyclage en fin de vie. Pour l'Allemagne et le Japon, les constructeurs avaient mené des investigations sur le traitement du véhicule dans sa globalité sans considérer les sièges de manière spécifique. Nos propositions ont reçu un accueil plutôt favorable de leur part, mais l'idée d'une collaboration immédiate leur a semblé prématurée (les constructeurs préférant lancer une étude après avoir acquis leurs propres connaissances).

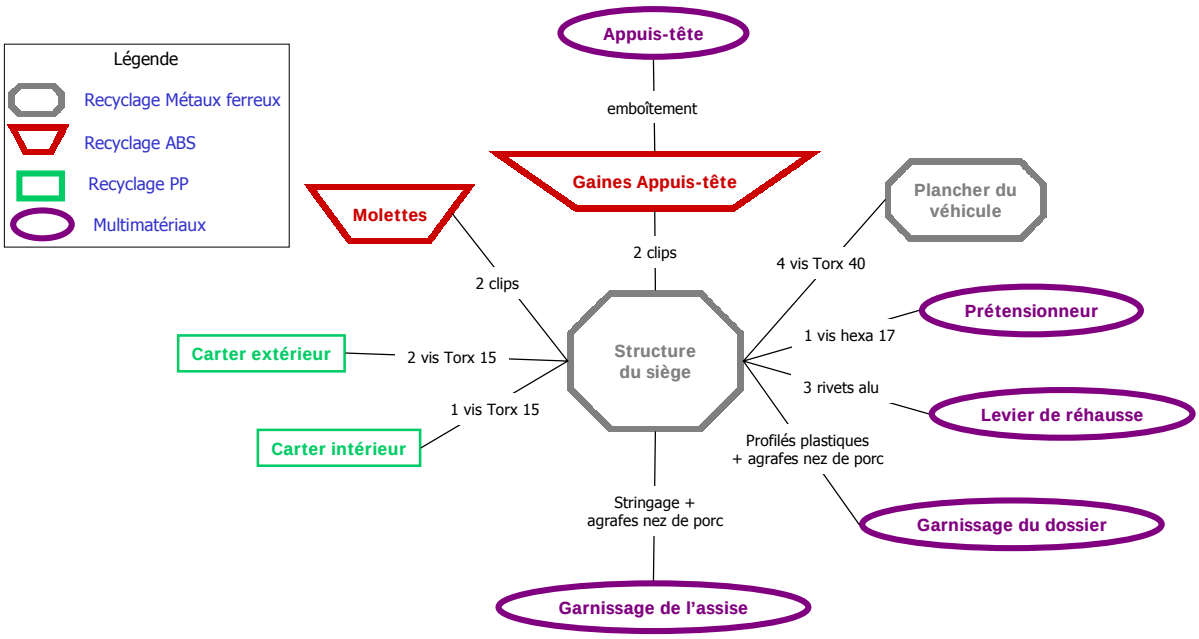
Avec le constructeur français, nous avons pu engager une étude portant sur les conditions de traitement des sièges en fin de vie. Cette étude a consisté en l'analyse précise de cinq types de sièges (deux du constructeurs et trois de la concurrence) suivant une méthode proposée par le constructeur et des outils co-développés. Pour chaque type de siège nous avons dressé : un graphe de liaison et un graphe de décomposition (permettant de décrire l'architecture du produit et de mettre en évidence l'ensemble des composants à traiter lors du démontage en fin de vie), ainsi que des estimations des taux de valorisation et du coût de traitement associé. A l'aide de ces indicateurs nous avons pu comparer les différentes solutions de fin de vie et déterminer ainsi les scénarios permettant d'atteindre, soit les meilleurs rendements de démontage, soit les coûts de traitement les plus faibles.

Liste des véhicules du panel d'analyse :

1. Référence Citroen Xsara (sièges à structure en acier).
2. Renault Mégane (berline – concurrente Xsara).
3. Mercedes Classe A (sièges à structure hybride : acier, aluminium, magnésium, matériaux composites).
4. Alfa Roméo 156 (sièges à structure en magnésium).
5. Citroen Xm (sièges à réglages motorisés).



Exemple de graphe de démontage



Exemple de graphe de liaison

Figure 33 : Exemples de graphes de décomposition et graphe de liaison pour un siège d'automobile

scénario Classe A avec nouvelles clés de valorisation

prise en compte des fractions non valorisées pour les différents matériaux

Bilan masse matière du siège (kg)	kg	F/kg	FF
MF	7,22	0,3	**2,166**
MNF	3,55	6,5	**23,075**
PP - P/E	0,04	0,5	0,02
PU	3,31	0,75	**2,4825**
EPDM	0	0,5	0
PES	1,55	-0,8	**-1,24**
ABS	2,22	2,18	4,8396
PA6 GF 30	1,33	-0,8	-1,064
autres plast.	0	-0,8	0
	19,22		30,28

(78% des bénef.)

M.O. : 90 F/h

métaux 56% (kg) :	10,77
non-métaux 44% (kg) :	8,45

structure		recy. MF	6,82
		recy. MNF	3,55
Appui-tête	0,71	recy. MF	0,4
		recy. PP	0,04
		recy. PU	0,09
		val. énerg. PES	0,18
Molette		recy. ABS	0,03
Baquet	3,65	val. (PA6 GF30)	1,33
		recy. MF	0,13
		recy. PU	1,62
		val. PES	0,57
Douilles AT		recy. ABS	0,04
Carter int.		recy. ABS	
Poignée réhausse		recy. ABS	
Carter ext.		recy. ABS	1,11
Coque dossier		recy. ABS	0,93
Dossier		recy. PU	1,6
		val. PES	0,8

Opération	masses (kg)	Libellé	Temps (s)	tps cumulé (s)	tps critique (s)	poids relatif %	valeur FF
		changement d'outil	5				2
OS 10		extraction siège	45	50			23,10
AM	0,71	extraction appui-tête	2	2	2,727	3,7	-0,128
		changement d'outil	5				
AM	0,03	extraction molette	4	9	2,7	0,2	0,07
		changement d'outil	5				
AM	3,65	démontage baquet	30	35	75,7	19,0	-0,27
		changement d'outil	5				
AM	0,04	extraire les douilles d'AT	30	35	3,6	0,2	0,09
		changement d'outil	5				
AM	0,2	Démontage poignée réhausse	10	11	18,2	1,0	0,44
AM	0,59	Extraction du carter int.	15	17	53,6	3,1	1,29
AM	0,5	Extraction du carter ext.	15	17	45,5	2,6	1,09
		changement d'outil	5				
AM	0,93	Démontage coque dossier	20	25	18,6	4,8	0,47
		changement d'outil	5				
AM	2,4	Dégarnissage dossier (2.4 kg)	70	72,5	48,5	12,5	0,56
AM		Dégarnissage assise (2.2 kg)	50	52,5	49,1		-0,27
	10,20	poids structure				53,07	
	19,25		326	326	318,2		28,43

	seuils de rentabilité matière (en kg/min)	(kg/s)	Tmin = 3" d'où, **Masse mini =** (g)
MF	5	0,083	250
MNF	0,23	0,0038	11,5
ABS	0,7	0,011	33
P/E	3	0,05	150
PP	3	0,05	150
PU	2	0,033	99
composite	3	0,05	150

remarque : nombre et poids des pièces en ABS importants

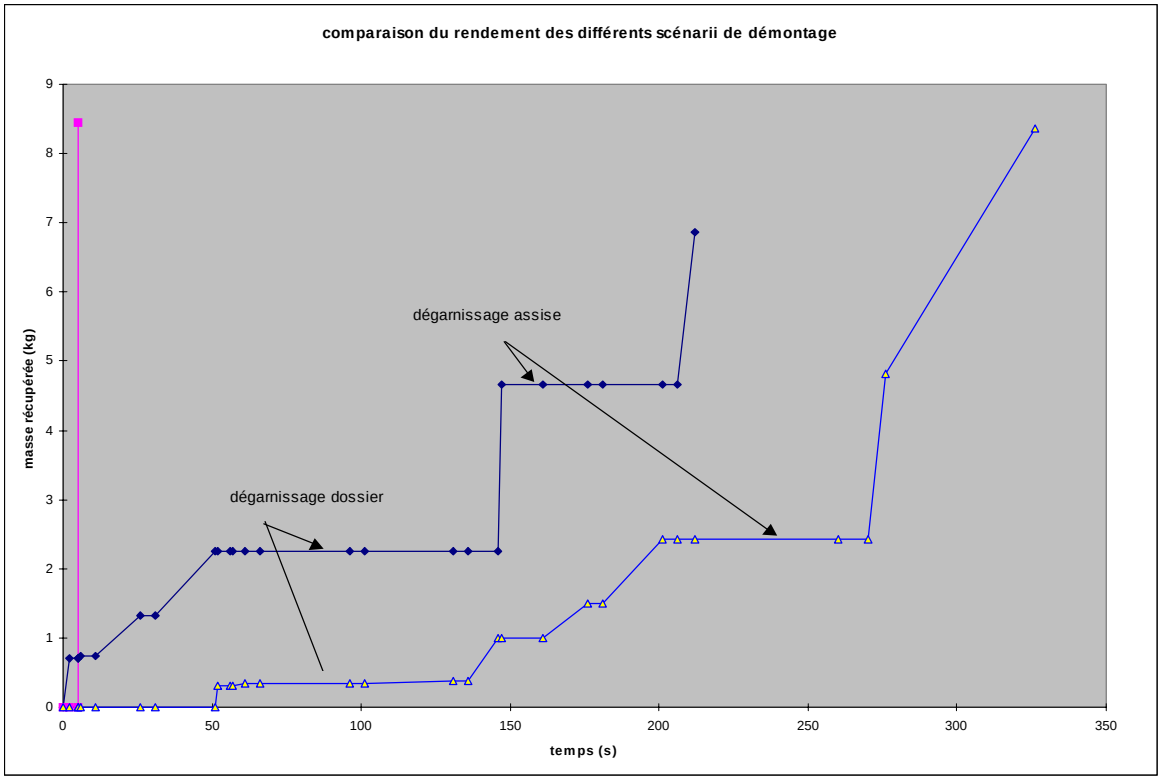


Figure 34 : Comparaison des rendements de démontage pour un siège donné

- **Sixième étape :** *Réalisation d'un guide de conception pour le recyclage.*

  Les différents échanges avec les personnes de la R&D ainsi que la collaboration avec le constructeur, ont permis de constituer un ensemble de connaissances propres au domaine du recyclage. Afin de favoriser l'accès à ces nouvelles connaissances, il a été décidé de les regrouper au sein d'un guide de conception. Ce document présente dans un premier temps la synthèse de la situation réglementaire ainsi que la

position des principaux constructeurs et des équipementiers concurrents. Dans une deuxième partie, les premières préconisations pour la conception sont présentées, illustrées de photos avec des cas d'exemples et de contre-exemples, classées en fonction du type d'architecture de siège et des critères pris en compte pour le recyclage (accessibilité, démontabilité, compatibilité des matières, etc.) ainsi qu'un ensemble d'ordre de grandeur caractérisant le traitement des sièges en fin de vie (temps de démontage, méthode d'évaluation des coûts, prix des matières premières secondaires, etc.). Ce document de cinquante pages regroupe plus de 40 préconisations. Présenté à l'ensemble du service, le guide a été ensuite mis à la disposition du personnel des études avancées en libre utilisation suivant les besoins de chacun.

Introduction

I. Le contexte du recyclage dans l'automobile I - 1
I.1. La législation et les normes relatives à la valorisation. I - 3
I.2. Les Véhicules Hors d'Usage (VHU).
• composition I - 4
• traitement actuel I - 5
• traitement futur I - 6
I.3. Les stratégies de valorisation des constructeurs. I - 7

II. Le cas du siège II - 1

II.1. Composition d'un siège. II - 1
II.2. Composants du siège critiques pour la valorisation. II - 2
II.3. Scénarios de valorisation des sièges. II - 3
II.4 Les évolutions prévisibles du siège. II - 4

III. Les préconisations en conception III - 1
• généralités III - 2, 3

III.1. Préconisations concernant les matériaux.
• l'aluminium III - 4
• le magnésium III - 4
• le cuivre III - 5
• le PVC III - 6
• les mousses PU III - 7
III.2. Préconisations concernant les fonctions et leurs assemblages.
• fixation structure/plancher III - 8
• entretoises glissières/plancher III - 9
• réhausse III - 10
• articulation dossier III - 11
• prétensionneurs
• airbags latéraux III - 14
• ceinture de sécurité III - 15
• motorisations
• faisceaux de câbles III - 18
• garnissage III - 19
• carters plastiques
• appui-tête III - 22
• manettes et molettes plastiques III - 23

IV. Catalogue des temps de démontage. IV - 1, 2

V. Outils d'évaluation de la valorisation. V - 1

V.1. Evaluation de la valorisabilité d'un siège V - 1
V.2. Evaluation du temps de démontage V - 1
V.3. Evaluation du coût du traitement d'un siège V - 1
V.4. Calcul du coût horaire de démontage V - 2
V.5. Ordres de grandeur des prix de revente des matériaux du siège V - 2

• Glossaire
• Index
• Références bibliographiques
• Table des illustrations
• Annexes

Contenu du guide :

- 15 pages de synthèse sur le contexte.
- 25 pages de préconisations.
- Outils d'évaluation de l'aptitude à la valorisation.

Figure 35 : Détails du guide de conception pour le recyclage

- **Septième étape :** *Création d'une base de données « analyse concurrence recyclage ».*

Le service marketing procède chaque mois à l'analyse des sièges d'un véhicule mis récemment sur le marché. Différents experts sont conviés pour analyser l'architecture et les différentes solutions retenues pour la conception du produit et établir une fiche d'analyse, archivée par la suite dans une base de données (experts métal pour les armatures, les mécanismes, chimistes pour les matelassures, responsables process pour le techniques de fabrication, etc). A cette base de données, nous avons intégré un volet recyclage dans lequel sont répertoriés pour chaque produit les éléments positifs et

négatifs du point de vue du recyclage, qui concernent à la fois les matériaux utilisés, l'architecture du siège et les techniques de garnissage (Cf. exemple de fiche d'analyse dans les annexes). Lors de la création de l'intranet du groupe la base de données a été transférée afin d'en rendre le contenu le plus accessible possible[101]. Cette base continue d'être alimentée tous les mois et contient actuellement les fiches d'analyse de 35 véhicules, accessibles de manière permanente.

Fiche de renseignement environnement / recyclage
- sièges en analyse concurrence -

Véhicule : date :

Eléments positifs	Eléments négatifs
- compatibilité chimique des plastiques utilisés. - peinture partielle de la structure. - bonne séparabilité coiffe / matelassure (liaison par collage).	- le garnissage des appuis-tête contient du tissu enduit PVC. - carters latéraux impossibles à démonter. - utilisation d'élément bichromatés.

36 collections de sièges référencées dans la base

Figure 36 : Exemple de fiche de la base de donnée analyse concurrence

- **Huitième étape :** *Réalisation d'un outil de suivi de projet pour le recyclage.*

  Afin de systématiser la prise en compte des critères de recyclage dans la conception des produits, nous avons créé un outil de suivi de projet spécifique, construit sur le modèle de l'outil standard existant utilisé en R&D. Le volet recyclage comprend pour chacun des quatre jalons principaux du plan de développement de projet, un questionnaire qu'il faut valider intégralement afin d'obtenir l'autorisation de passer à la phase suivante. Chaque questionnaire regroupe une dizaine de questions qui, une fois renseignées permettent au chef de projet d'être assuré que les aspects critiques du domaine du recyclage ont été correctement investigués et qu'il n'y a ainsi pas de risque de découvrir un critère rédhibitoire lors des phases ultérieures de développement.

  Après avoir été validé par le service qualité, le volet recyclage a été intégré à la procédure définissant le mode de suivi des projets R&D. Une note interne a fait part à l'ensemble des chefs de projet de son entrée en application, le volet recyclage est donc depuis cette date (juin 1999) utilisé systématiquement (il est appliqué sur neuf projets en cours, avec un taux de renouvellement de deux à trois par an[102]).

---

[101] Trois mois après la mise en ligne de la base de données analyse concurrence, nous avons réalisé une enquête via la messagerie électronique afin d'évaluer le nombre d'utilisateurs de la rubrique recyclage. Un questionnaire a ainsi été adressé aux 70 personnes correspondant à la liste de distribution du service marketing pour les analyses concurrence. Le taux de réponse à ce questionnaire étant inférieur à 5% (nous avons reçu en tout trois réponses) nous n'avons pas pu évaluer correctement par ce moyen l'utilisation de la rubrique recyclage. Cependant après 9 mois d'utilisation nous avons eu un nombre significatif de demandes de complément d'information sur les aspects recyclage (15 personnes, rattachées à des services aussi différents que le commerce, le marketing, la R&D ou les centres de développement client).

[102] Pour des raisons de confidentialité nous ne pouvons présenter le document en question (mode de suivi de projet en quatre étapes avec les questionnaires correspondant).

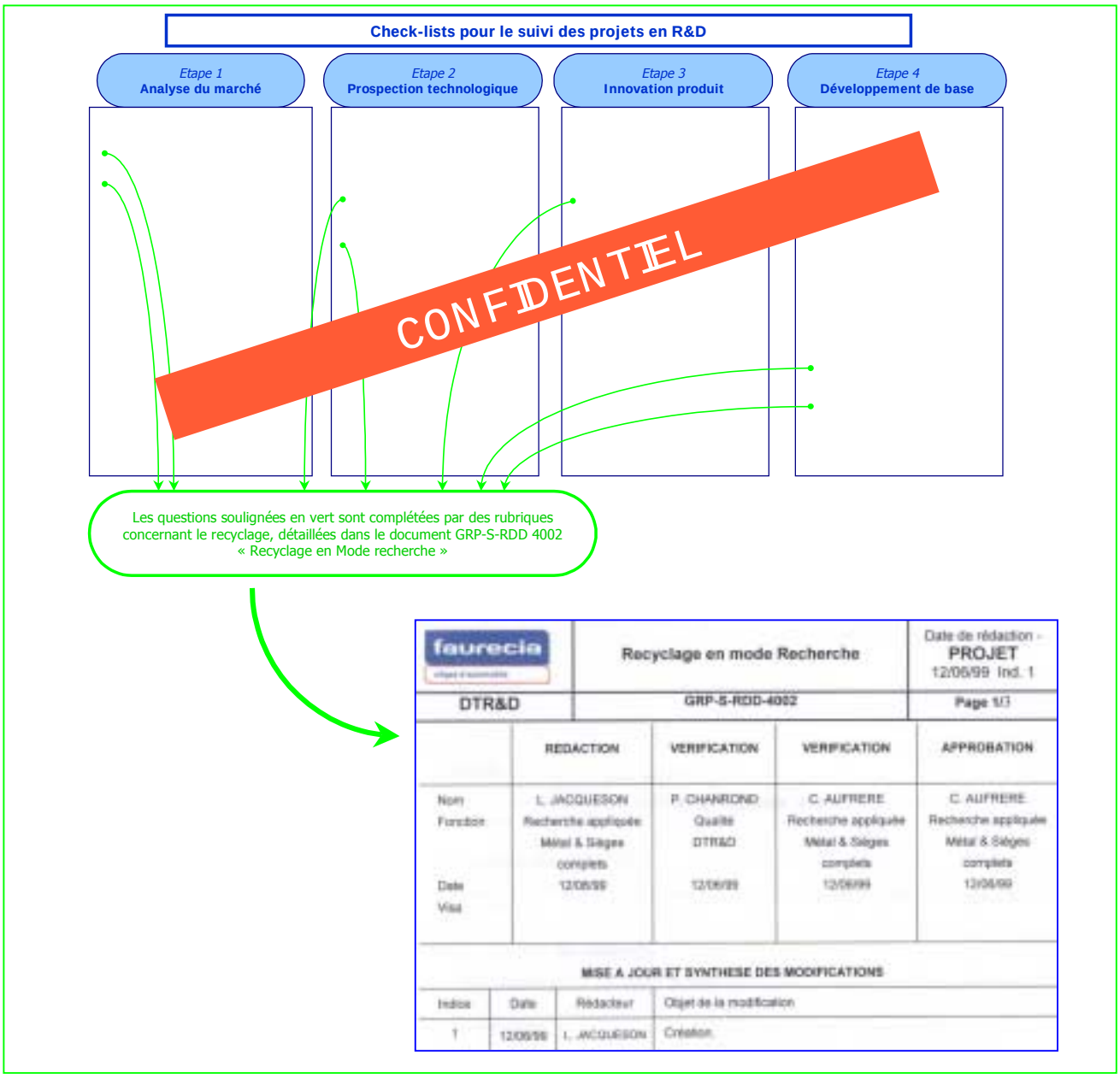


Figure 37 : L'outil de suivi de projet avec le document qualité de référence (Recyclage en Mode Recherche)

- **Neuvième étape :** *Lancement d'une étude pilote et d'un prototype en R&D.*

  A la suite des différentes sessions de formation et de la mise en place d'outils spécifiques au domaine du recyclage, de nombreuses questions se sont posées quant à l'interprétation ou la mise en œuvre des préconisations. Ces questions émanaient principalement des équipes[103] de conception R&D et nous avons pu constater, que malgré les précautions et les validations mises en œuvre lors de la rédaction des préconisations, il était bien souvent nécessaire d'avoir des discussions complémentaires directement avec les équipes de conception (pour s'assurer de la faisabilité des préconisations d'un point de vue architecture produit[104]). Afin de préciser ces préconisations et d'illustrer leur mise en pratique, nous avons

[103] Composition type d'une équipe projet : un chef de projet, un ingénieur produit, plusieurs projeteurs et dessinateurs ainsi que des experts, en fonction des problèmes à résoudre (garnissage, procédés de fabrication, chiffrage, etc).

[104] De tels échanges (très souvent informels) ont été facilités par notre implantation au sein du Bureau d'Etudes du services des Etudes Avancées et donc par la proximité physique de la cellule environnement et des équipes de conception.

proposé au directeur des Etudes Avancées d'engager deux projets concrets sur le thème spécifique du recyclage.

Le premier projet a porté sur l'étude CAO d'une nouvelle structure de siège intégrant un composant volumineux en alliage léger (~ 800 gr). Afin de favoriser au maximum la valorisation de ce composant en fin de vie, il était nécessaire de le récupérer intégralement et de manière sélective[105]. Ainsi nous avons préconisé comme critère de recyclage en conception, que la solution choisie autorise un démontage simple en fin de vie[106] de la pièce en alliage léger. Après plusieurs itérations, une solution proposée permettait de satisfaire à la fois le cahier des charges technique (en matière de tenue mécanique, de volume fonctionnel et de compatibilité avec le garnissage) mais également les critères recyclage. D'après les remarques de l'ingénieur produit responsable de cette étude, les critères de recyclage ont orienté significativement les décisions lors de la conception et ont permis d'aboutir à des solutions nouvelles innovantes, ré-exploitables pour d'autres projets futurs (la réduction du nombre de fixations et leur accessibilité améliorée permettant des gains de temps lors de l'étape de montage[107]).

Le deuxième projet a consisté à réaliser des prototypes intégrant une teneur élevée en matière recyclée (Cf. Figure 38). L'enjeu initial était double : d'une part déterminer les caractéristiques de tels composants et d'évaluer ainsi la faisabilité de la substitution de la matière vierge par de la matière recyclée, et d'autre part, rechercher une nouvelle voie de valorisation de la mousse polyuréthane (voie que FAURECIA pourrait réutiliser en interne au niveau des usines de fabrication de matelassures en mousse). Ainsi nous avons procédé en deux étapes. Dans un premier temps, nous avons réalisé des essais de fabrication de matière (récupération de matelassures issues des usines FAURECIA, préparation – broyage, tri éventuel, calibrage) en collaboration avec une entreprise spécialisée dans la fabrication de mousses agglomérées. Puis dans un deuxième temps, nous avons lancé la réalisation de plusieurs pièces de mousse pour appui-tête (pièces prototypes moulées) en jouant sur la composition de la matière et sur sa densité. Les résultats obtenus ont été de deux ordres :

- Quantitativement, ces premiers prototypes ont permis de valider la mousse agglomérée comme matériau alternatif : les avantages étant la réduction d'utilisation de matière vierge, les gains en temps et en énergie lors de la fabrication – 10% gagné sur le temps et sur les coûts d'un cycle,
- Qualitativement, l'existence physique de pièces et leur caractérisation a permis à de nombreux concepteurs (souvent parmi les plus expérimentés dans la société) de pouvoir se rendre compte de la faisabilité et des gains associés à la matière recyclée et ainsi de faire évoluer le point de vue général selon lesquels « la matière recyclée n'est pas une matière noble » et « qu'elle ne peut être utilisée dans les produits de la société ».

---

[105] Le but visé par la récupération sélective, est la création d'un gisement contenant 100% d'un même alliage normalisé, ce qui permet une valorisation en boucle fermée, sans aucune dégradation des propriétés mécaniques du matériau et avec une valeur économique optimale.

[106] La simplicité du démontage étant caractérisée dans ce cas là, par un nombre de vis limité (3 unités maximum) et leur accessibilité (le composant devant pouvoir être démonté lorsque le siège est implanté dans le véhicule).

[107] Pour des raisons de confidentialité, nous ne pouvons fournir d'illustration du composant final.

A travers ces deux projets et au delà des apports en terme de faisabilité technique et d'innovation, nous avons constaté que l'existence de produits ou de réalisations tangibles avait engendré un changement de point de vue significatif du personnel face à la notion du recyclage. La notion de recyclage est passée d'un état conceptuel (associé à la réglementation, à des contraintes supplémentaires, aux préconisations) à un état réel, par l'existence physique d'objets, comme autant de moyen de confrontation des connaissances de chaque spécialité (conception mécanique, garnissage, recyclage).

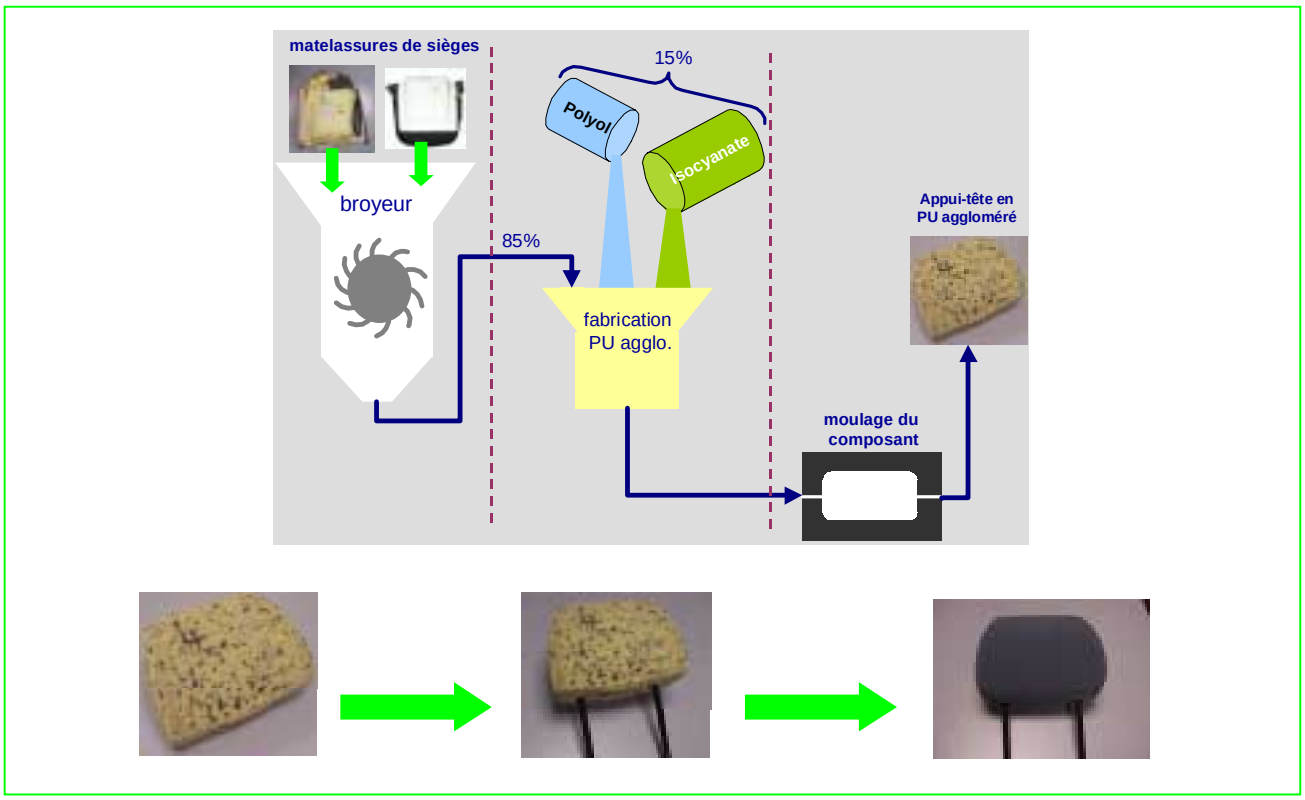


Figure 38 : Appui-tête prototype avec mousse agglomérée (contenant ~ 85% de matière recyclée)

- **Dixième étape :** *Création d'une procédure « groupe » sur l'utilisation des substances réglementées.*

  A la suite du vote positif de la directive européenne relative aux VHU, certaines substances identifiées comme dangereuses, sont dorénavant soumises à un contrôle systématique minimum qui peut se transformer en des restrictions d'utilisation et pour les substances les plus dangereuses, à une interdiction d'utilisation. Face à cette situation, en tant qu'équipementier, FAURECIA se doit, pour tout produit sortant de ses lignes de production, de renseigner la présence et les cas éventuels d'utilisation de ces substances. Ceci nécessite de réaliser pour chacun des produits un inventaire détaillé intégrant non seulement les pièces réalisées ou transformées par FAURECIA mais également tous les composants achetés chez des fournisseurs extérieurs. En complément des enquêtes à mener en interne, il s'agit également de mettre en place toute une chaîne de traçabilité remontant jusqu'aux transformateurs, prestataires de traitement de surface, fabricants de matières premières, etc.

  Afin de standardiser les pratiques, une procédure de référence a été élaborée concernant les renseignements à fournir systématiquement lors de l'utilisation d'un produit entrant dans la fabrication des sièges d'automobile. Pour ce faire, nous avons constitué un groupe de travail regroupant des

personnes des services qualité, sécurité, « environnement site » et achats et de plus nous nous sommes fortement inspirés des pratiques du service sécurité (particulièrement pour la mise au point d'une fiche environnement produit, pendant environnemental de la fiche de sécurité – FDS). Validée par la Direction Qualité, cette nouvelle procédure a constitué un élément de poids lors des négociations internes avec le service achat, le rôle crucial de filtrage des fournisseurs par apport aux cahiers des charges imposé leur revenant.

faurecia Direction Qualité Groupe FAU-P-PH-3005

Version : 01 Page : 1/6

INTRODUCTION ET UTILISATION DE PREPARATIONS ET SUBSTANCES REGLEMENTEES

Date d'application : **un mois après la date de diffusion**

Rédaction (nom et fonction)	Vérification (nom et fonction)	Approbation (nom et fonction)
Daniel HERREN DQG/Assurance Qualité et groupe de travail	**Michel JEANGUENIN** DQG/Assurance Qualité	**Daniel HAUGER** Direction Qualité Groupe
Visa :	Visa : **PROCÉDURE VÉRIFIÉE**	Visa : **PROCÉDURE APPROUVÉE**
Date : **09/11/2000**	Date : **09/11/2000**	Date : **10/11/2000**

Version	Date	Rédacteur	Objet de la modification/Annule et remplace
01	17.08.2000	D. Herren avec D.Faucon (DQG/En) L.Jacqueson (Sièg.) M.Mougey (Echap.) V.Prevost (Sièges) H.Renard (IVBA) M.Renauld (Sièges) P.Risterucci (DRH)	Création de la procédure Faurecia avec annulation de la norme ECIA référence P-H.30.05.

Document confidentiel

Figure 39 : Procédure sur l'utilisation de substances dangereuses

- **Onzième étape :** *Réalisation d'un siège démonstrateur (produit vitrine) pour le Salon de l'Automobile de Paris.*

  Lors de la préparation du Salon, le comité d'organisation du groupe a annoncé que la présentation des savoir-faire de l'entreprise s'articulerait autour de quatre thèmes principaux : la sécurité, le confort, le design et l'environnement. A partir de cette orientation générale, nous avons convaincu le comité organisateur de la pertinence de réaliser un produit démonstrateur permettant d'illustrer le thème environnement de l'activité siège[108]. Un démonstrateur permet, en effet, de présenter sur une même structure, l'ensemble des solutions et composants développés par l'entreprise, pour favoriser la recyclabilité du produit (Cf. Figure 40). Une fois l'idée acceptée par la hiérarchie, la cellule environnement a rédigé le cahier des charges du démonstrateur à destination du bureau d'études. La réalisation du

[108] Jusqu'à présent, les thèmes de l'environnement et du recyclage étaient traités par des présentations graphiques présentant les connaissances et les concepts développés par l'entreprise, mais sans qu'aucun produit n'ait été développé réellement.

démonstrateur a été prise en charge par les *services prototype* de l'entreprise et en dernier lieu, le service communication a réalisé les supports d'accompagnement du produit en prévision de son implantation sur le stand du Salon. En définitive, la présentation de l'ensemble {produit + argumentaire} a été validée par le comité d'organisation et a reçu l'autorisation de la hiérarchie pour être implantée sur le stand.

Caractéristiques du démonstrateur

- Utilisation de matière recyclée : l'appui-tête contient 85% de mousse recyclée.
- Suppression des métaux lourds (critère réglementaire), notamment dans la peinture cataphorèse.
- Suppression des composants contenant du chlore (Tissu Enduit PVC et isolants électriques).
- Démontabilité :
  - liaison coiffe/matelassure facilement séparable (collage ou auto-agrippant permettant un pelage sans effort).
  - liaison structure/plancher permettant une extraction rapide des sièges (temps d 'extraction manuelle < 5 s – adaptable sur tout type de véhicule : berline et monospace).
- Matelassures recyclables : aucun insert rigide dans les matelassures.

Figure 40 : Le siège démonstrateur et ses principales caractéristiques

Afin d'évaluer la capacité du référentiel à retranscrire l'enchaînement des différentes actions que nous venons de présenter, nous avons regroupé dans le tableau 17 leurs principales caractéristiques ainsi que les correspondances avec les échelles des trois dimensions du référentiel.

Pour prendre en compte la variabilité d'interprétation des actions, nous avons fait tester notre référentiel par trois personnes[109]. Nous avons commencé par détailler le contenu du tableau de synthèse puis nous leur avons expliqué l'utilisation du référentiel avec ses échelles graduées. Dans un dernier temps, nous avons demandé à chaque « personne test » de replacer les différentes actions à l'intérieur du référentiel.
Nous avons ainsi réellement constaté une variabilité d'interprétation, que nous avons choisi d'exprimer de la manière suivante : pour chaque action, nous donnerons les valeurs minimales et maximales qui ont été attribuées (Cf. les deux dernières colonnes du tableau 17). Pour l'ensemble des actions relatives à l'activité recyclage, nous avons ainsi obtenu deux trajectoires différentes, les valeurs minimales ont été regroupées dans la colonne « min. » et les valeurs maximales, dans la colonne « max. ».

Pour la codification des actions, nous avons utilisé les éléments suivants :

- **F** pour la dimension *Formalisation*, **D** pour la dimension *Diffusion* et **V** pour la dimension *Valorisation*.
- Chaque axe comporte trois divisions que nous avons numérotées de 1 à 3 (exemple : F1, F2, F3).
- Les qualificatifs min., méd. ou max. associés à des coordonnées du repère correspondent à des subdivisions proposées par les personnes qui ont testé l'outil (exemple : D 2 méd., correspond à une valeur médiane du deuxième segment de la dimension *Diffusion*).

[109] Ces trois personnes (ingénieurs concepteurs en R&D) ont été choisies comme pouvant potentiellement être amenées à utiliser le référentiel, du fait à la fois de leur statut et de leurs connaissances du domaine de l'environnement.

Action	Apport	Durée	Nombre et fonction des participants	Codification	n°	Progression min.	Progression max.	n°
Synthèse sur le contexte du recyclage.	Première trace écrite dans l'entreprise.	3 mois	Cellule environnement (Cell. Envir^{nt})	Formalisation	1	F1	F1	1
Réunions d'information sur les enjeux du recyclage.	Mise en évidence des risques courus en cas de négligence.	2h00, période annuelle	Cellule environnement, directeurs des équipes R&D (6 directeurs)	Diffusion auprès de la hiérarchie	2	D2 min.*	D2	2
Sessions de sensibilisation du personnel des Etudes Avancées R&D.	Première intervention officielle vis-à-vis du personnel.	2h00, périodicité bi-annuelle	Cellule environnement, personnel des Etudes Avancées (30 personnes, cadres et techniciens).	Diffusion auprès des équipes de conception.	3	D1	D1 + V1	3 4
Interventions lors de la journée annuelle R&D.	Officialisation des activités de la cellule environnement.	20', périodicité annuelle	150 participants (depuis les équipes de conception jusqu'aux membres de la direction générale)	Diffusion élargie aux secteurs techniques de l'entreprise.	4	D3 min.*	D3	5
Etudes en partenariat avec des constructeurs.	Acquisition de nouvelles connaissances.	6 mois	Cell. Envir^{nt}, 1 directeur R&D, 1 commercial, 1 technicien garnisseur, 4 personnes chez le client.	Diffusion à l'intérieur de l'entreprise et vers les clients.	5	D3 méd. *	D3	6
Réalisation d'un guide de conception pour le recyclage.	Outil d'aide à la décision en conception.	9 mois	Cell. Envir^{nt}, 1 directeur Etude Avancées, personnel des Etudes Avancées (30 personnes).	Formalisation des premières préconisations.	6	F2	F2	7
Création d'une base de données recyclage.	Capitalisation et mise en ligne d'informations.	2 mois, mise à jour mensuelle	Cell. Envir^{nt}, 1 informaticien R&D, 2 personnes du service marketing, 3 ingénieurs R&D.	Diffusion au sein de toute l'entreprise.	7	D3 min.*	D3	8
Réalisation d'un outil de suivi de projet.	Outil méthodologique spécifique au recyclage.	4 mois	Cell. Envir^{nt}, 1 directeur R&D, 1 directeur de service, 1 qualiticien R&D, 1 ingénieur produit.	Valorisation du recyclage par l'instauration d'une prise en compte systématique.	8	F2	F2 + V1	9 10
Réalisation d'une étude pilote et d'un prototype[110] (R&D).	Concrétisation des préconisations.	3 mois pour chacun des deux projets	Cell. Envir^{nt}, 1 directeur de service, 1 ingénieur produit et 2 projeteurs, 1 acheteur, 1 fournisseur, 1 chimiste, 1 technicien garnissage.	Valorisation du fait des investissements et de l'anticipation des projets.	9	V2	F3 min. + V2	11 12
Création d'une procédure sur les substances dangereuses.	Prise en compte obligatoire d'un nouvel aspect du recyclage.	6 mois	Cell. Envir^{nt}, 1 responsable environnement, 2 qualiticiens, 1 acheteur, 1 responsable sécurité.	Formalisation à usage interne ayant des conséquences pour les fournisseurs.	10	D2 max. *	D3 min.*	13
Réalisation d'un démonstrateur pour le salon de Paris.	Communication officielle d'un nouveau savoir-faire.	7 mois	Cell. Envir^{nt}, 3 directeurs (R&D + 2 de service), 1 ingénieur, 1 projeteur, 1 prototypiste, 1 responsable communication, 2 techniciens garnissage.	Valorisation (nouvel axe de positionnement de l'entreprise) et diffusion maximum.	11 12	D3 + V3 min.*	D3 + V3	14 15

Tableau 17 : Synthèse des actions de l'activité *Recyclage* et codification par rapport aux dimensions du référentiel

[110] PERRIN rappelle que la diffusion des prototypes a été identifiée comme un moyen de renforcement des apprentissages car « ils aident à créer un langage commun qui renforce l'équipe projet » [PERRIN 99].

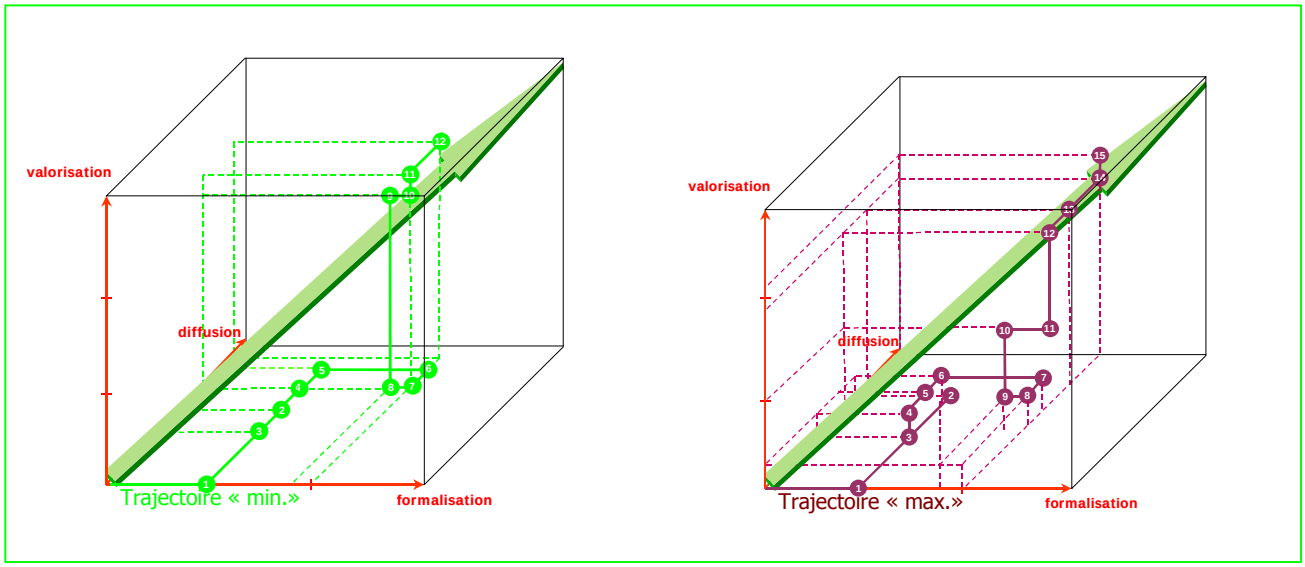


Figure 41 : Les deux trajectoires « min.» et « max.» relatives aux actions de l'activité recyclage

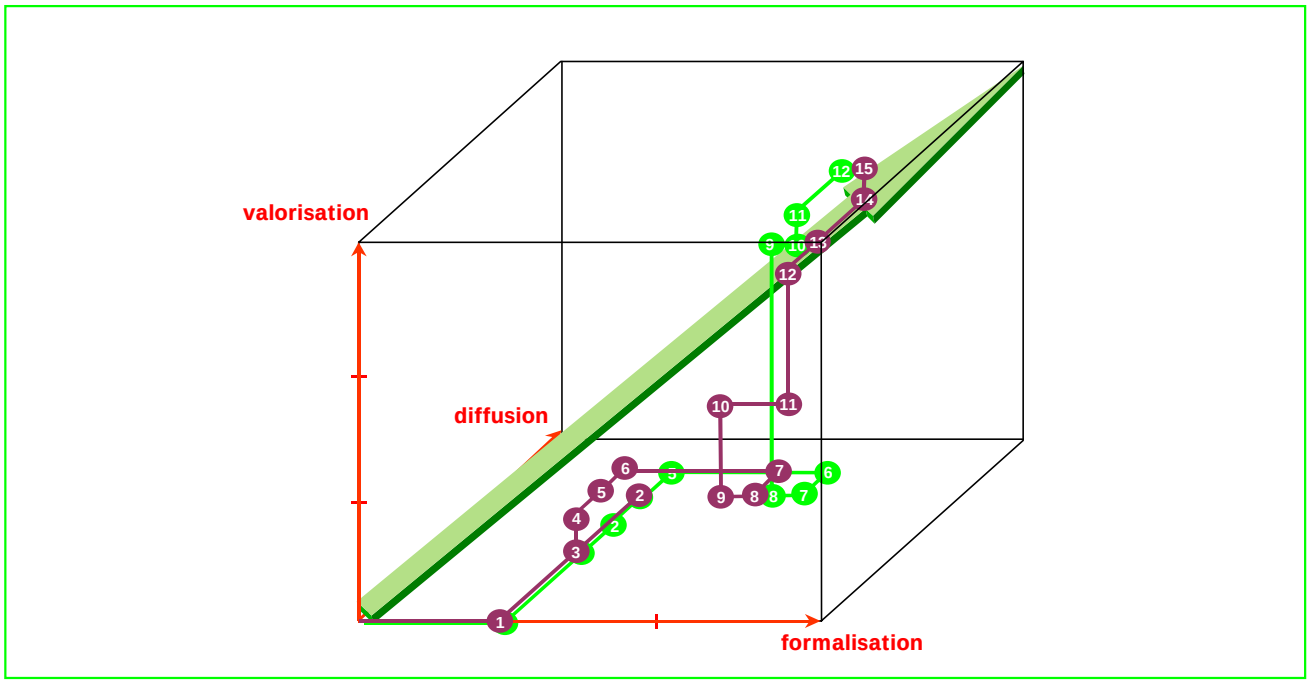


Figure 42 : Comparaison des deux trajectoires « min. » et « max. » et positionnement relatif par rapport à la trajectoire de référence

* Les indications « min. », « méd. » et « max. » correspondent à des segmentations secondaires des échelles proposées par les personnes qui ont testé le référentiel :

- Pour la dimension *Diffusion*, le deuxième niveau correspond à une diffusion uniquement à destination de la hiérarchie ; le 3ème niveau a été divisé lorsque la diffusion des connaissances ne concernait que l'entreprise seule, l'entreprise et ses clients ou ses fournisseurs et enfin l'entreprise étendue.
- Pour la dimension *Formalisation*, l'argument donné pour la division du troisième niveau était le suivant : le contenu de la procédure intègre des éléments validés scientifiquement (les effets des substances dangereuses entre autres) mais contient aussi des données propres au savoir-faire de l'entreprise.

• Et, pour la dimension *Valorisation*, le troisième niveau a été divisé pour exprimer le fait que la valorisation sur un salon concerne principalement l'image de l'entreprise à travers ses « produits phares », et que cette image doit être traduite par la suite pour l'ensemble des produits série.

• Sur les graphiques, on constate que parfois les niveaux supérieurs des dimensions sont atteints directement sans que des actions correspondant aux niveaux inférieurs n'aient été réalisées (par exemple, l'action N°2 mène la dimension diffusion du niveau zéro au niveau 2, puis la troisième action revient au niveau 1). Il s'agit là d'une progression dépendante du contexte de l'action, qui ne peut faire le cas d'une généralisation.

• Nous avons également constaté qu'il était difficile de s'affranchir d'un certain ordre dans l'enchaînement des actions, particulièrement au démarrage d'un projet : ainsi il est plus aisé de réaliser une action de valorisation, lorsque qu'auparavant, il y a eu des actions de formalisation et de diffusion. Et d'autre part, il apparaît risqué, voire impossible, d'initier un projet par une action de valorisation sans avoir auparavant formalisé un minimum de nouvelles connaissances.

• Remarque : nous avons tenu compte des subdivisions sans les intégrer définitivement dans les échelles, car d'une part elles n'ont pas un caractère aussi générique que les graduations initiales et d'autre part elles posent des questions de priorités d'apparition qui ne peuvent être systématisées (c'est le cas du segment D3 pour lequel les actions concernent soit l'entreprise et ses clients soit l'entreprise et ses fournisseurs, sans qu'un ordre de progression systématique puisse être établi). Il serait ainsi plus judicieux de représenter chaque axe, non pas comme une dimension dont les graduations sont équidistantes mais plus comme un enchaînement de trois zones d'évolution (Cf. Figure 43).

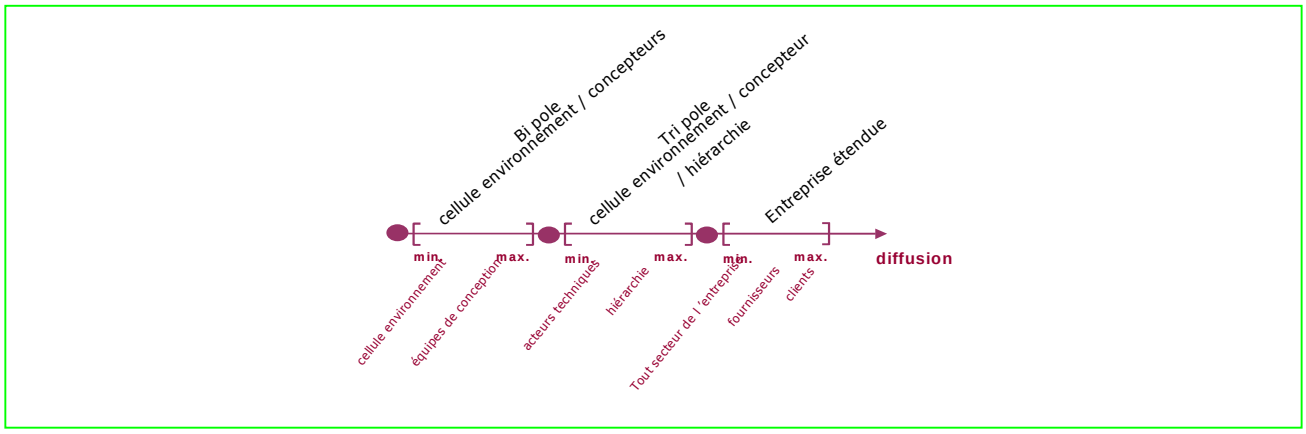


Figure 43 : Proposition d'une segmentation affinée pour les axes du référentiel (cas de la dimension *Diffusion*)

La représentation des trajectoires associées aux interprétations minimale et maximale nous permet de formuler les remarques suivantes :

• Malgré les différences d'interprétation relevées, toutes les actions répertoriées dans le tableau ont pu être retranscrites au sein du référentiel. Ceci nous permet de valider le fait que le référentiel permet d'effectuer un suivi du processus de création de connaissances, dans la mesure où chaque type d'action peut y être représenté de manière sélective.

• Il existe une réelle variabilité d'interprétation liée à la personne qui utilise l'outil comme en témoignent les deux trajectoires de la figure 42. Nous avons cependant pu constater que cette variabilité, particulièrement visible à une échelle micro (c'est-à-dire au niveau des segments unitaires de progression), a une influence faible si l'on considère la progression à une échelle macro (c'est-à-dire la trajectoire constituée par l'ensemble

des segments). En effet, si l'on compare les trajectoires « min. » et « max. », pour chaque dimension, les niveaux atteints sont très proches et leurs progressions relatives par rapport à la trajectoire de référence sont également très voisines l'une de l'autre. Les différences qui sont apparues entre les interprétations « min. » et « max. » sont dues, dans la majorité des cas, au fait qu'une action a été décomposée en deux segments (version « max. ») : le premier relève de la dimension dominante de l'action, et il est complété par le second, moins important, qui apporte la contribution d'une deuxième dimension.

• Lorsque l'on analyse les trajectoires nous constatons que, de manière générale, l'équilibre local entre les trois dimensions a été peu respecté, notamment par le fait que les actions de diffusion ont été nombreuses et consécutives et que la valorisation des connaissances aurait dû intervenir plus tôt dans le processus. Ainsi, le point d'aboutissement des trajectoires ne correspond au niveau maximum que d'une seule dimension : la dimension *Diffusion*, tandis que pour les deux autres dimensions l'entreprise est parvenue au seuil du dernier niveau, ce qui tend à montrer que l'intégration n'est pas totale.

Le résultat est représentatif de la réalité car bien qu'il soit connu de tous, on ne peut dire aujourd'hui que le recyclage soit un domaine complètement intégré dans l'entreprise.

Deux éléments permettent de comprendre l'intégration partielle et non homogène de l'environnement dans l'entreprise. D'une part, les actions de valorisation sont peu fréquentes : la hiérarchie ne perçoit pas facilement l'intérêt de réaliser des actions à caractère « symbolique » qui auraient un pouvoir mobilisateur fort (telles que l'annonce officielle d'un nouveau chantier interne s'accompagnant d'investissements conséquents et de personnel dédié à cette nouvelle activité). Et d'autre part, il existe peu de connaissances[111] qui entrent dans la catégorie « connaissances universelles » : les filières de traitement ne sont pas définies de façon précise actuellement, ce qui laisse aux différents intervenants du secteur automobile, une marge d'interprétation et ne favorise pas les consensus interprofessionnels.

Il reste donc des progrès à accomplir et des actions à engager pour finaliser ce processus de création de connaissances et atteindre ainsi une situation particulièrement favorable à une intégration pérenne du recyclage. L'intérêt du référentiel est qu'il met en évidence les domaines d'action prioritaire et permet, suite à un plan d'action, d'évaluer la progression réalisée.

Cette première évaluation nous permet d'affirmer que le référentiel avec ses dimensions graduées et la stratégie de progression préconisée, autorisent un suivi et une analyse du processus de création de connaissances (processus associé dans le cas présent à l'activité recyclage) par les faits suivants :

- l'ensemble des actions sont transposables individuellement au sein du référentiel (aptitude au suivi d'un processus),

[111] Chaque entreprise est à même de définir des directions de travail privilégiées, qui sont cependant difficilement transposables en dehors des limites de l'entreprise : deux entreprises concurrentes pourront ainsi adopter des démarches différentes sans qu'aucune « autorité » dans le domaine ne puisse établir laquelle des deux démarches est la plus favorable en terme de recyclage. L'illustration de ce cas de figure se retrouve typiquement dans l'industrie automobile avec une partie des constructeurs qui considèrent que le traitement des véhicules en fin de vie sera réalisé entièrement automatiquement et ne nécessite que peu de modification des produits, et les autres qui estiment qu'une période de transition importante aura lieu avant le traitement tout automatique, et que de ce fait il est incontournable de modifier à court terme les produits afin de faciliter les deux options de traitement (semi-manuel et sélectif, et tout automatisé). Les positions prises en la matière relèvent aujourd'hui plus du domaine de la stratégie de chaque entreprise, que du domaine d'un savoir scientifique (au sens d'une validation environnementale de chacune des deux options de traitement).

- la comparaison d'une trajectoire donnée (résultant de l'ensemble des actions d'un projet) avec la trajectoire de référence permet de critiquer l'enchaînement des actions, particulièrement du point de vue de l'homogénéité entre les trois dimensions du référentiel. Il est ainsi possible à tout moment d'un projet d'évaluer l'état de progression et d'en déduire le plan d'actions nécessaire pour se rapprocher au plus près de la trajectoire préconisée.

Au démarrage de l'activité Recyclage, du fait du contexte industriel particulièrement flou concernant le traitement des VHU, nous avions recensé l'ensemble des questions qui se posaient par rapport aux différentes possibilités de traitement des sièges en fin de vie (Cf. tableau synoptique, Annexe 1). Les actions réalisées dans le cadre de l'activité Recyclage de FAURECIA ont permis d'apporter des réponses à un certain nombre de ces questions et ont ainsi participé à créer de nouvelles connaissances pour l'entreprise. Le tableau ci-dessous donne des exemples de connaissance créées.

Réalisation	Connaissances créées
Etude en partenariat avec un constructeur	**Démontabilité :** • Identification du scénario donnant le meilleur compromis entre coûts de traitement et rendement de recyclage, parmi les 10 scénarios potentiels initiaux. • Classification des solutions techniques d'ancrage des sièges (solution la plus favorable : ancrages rapides, solution la moins favorable : 4 vis). • Classification des systèmes de garnissage (le plus favorable : le collage, le moins favorable : garnissage traditionnel).
Base de données - analyse concurrence	**Recyclabilité des mousses :** • Identification d'une solution de remplacement des inserts métalliques traditionnels par de petits boudins en PU dense.
Composant prototype	**Matériaux :** • Utilisation de matière recyclée dans les produits. • Création d'un débouché pour les déchets de production et de fin de vie. • Identification d'une solution de recyclage pour le garnissage In-Situ (non recyclable jusqu'alors).
Guide de conception	**Préconisations pour la conception,** exemples : • ne pas utiliser de rappels traversant, liés à la structure du siège. • Eviter de peindre les structures cachées par le garnissage. • Pour les pièces plastiques de masse > 800 gr, prévoir des fixations par clip et supprimer les vis (pour faciliter le démontage).

Tableau 18 : Exemples de connaissances créées par les actions menées en faveur du recyclage

Ces résultats, relatifs à notre première hypothèse, vont être complétés par une deuxième évaluation du référentiel appliqué dans le cadre d'un projet abordant un sujet complémentaire au recyclage :l'Analyse de Cycle de Vie (ACV).

4.2.3. Deuxième évaluation du référentiel sur un projet d'Analyse de Cycle de Vie

Le recyclage est le domaine de l'environnement qui le premier a fait l'objet d'une réglementation et donc s'est traduit par des contraintes du point de vue de l'industrie. Bien que ce sujet reste particulièrement d'actualité, d'autres préoccupations alimentent les réflexions sur la diminution des impacts environnementaux des produits ou plus globalement sur l'amélioration de la qualité environnementale des produits. En effet, si

l'élimination des produits en fin de vie pose aujourd'hui un problème particulièrement épineux à résoudre, il n'en reste pas moins que les autres phases du cycle de vie des produits ont également une influence sur l'environnement.

Afin d'évaluer globalement l'ensemble des impacts qu'un produit peut générer sur son cycle de vie complet, une méthode d'analyse a été développée : il s'agit de l'analyse de cycle de vie (ACV ou LCA en anglais pour Life Cycle Assessment). Cette méthode permet entre autres, en donnant une vision globale des impacts du produit, de s'assurer qu'une solution alternative produisant moins d'impact lors d'une phase du cycle de vie, n'entraîne pas simultanément une augmentation significative des impacts sur les autres phases (ce phénomène est appelé transfert d'impact).

Etant donné le contexte réglementaire de plus en plus contraignant (à la fois en terme d'exigence des demandes mais également en terme d'élargissement de leur champ d'influence), ainsi que les différentes études prospectives réalisées dans ce domaine par les constructeurs d'automobiles, nous avons décidé de réaliser une première série d'analyses de nos produits.

Ce projet va servir de cadre à une deuxième évaluation de notre référentiel en tant qu'outil d'analyse d'un processus de création de connaissances en entreprise. Nous allons dans cette partie utiliser le référentiel avec la stratégie de progression préconisée, comme moyen de simulation appliqué au projet d'analyses de cycle de vie des sièges, en retranscrivant chacune des actions qui ont été engagées.

- **Première étape :** Synthèse sur l'utilisation des ACV dans l'industrie automobile
  Afin d'avoir une vision précise de l'utilisation de cet outil, nous avons réalisé un document de synthèse bibliographique sur le sujet, comprenant trois grandes parties : l'utilisation des ACV chez les constructeurs d'automobiles, leur utilisation chez les équipementiers et leur utilisation au sein du secteur des produits électriques et électroniques (secteur proche de l'automobile en matière de réglementation environnementale).

- **Deuxième étape :** *Organisation de réunions de sensibilisation de la hiérarchie sur l'intérêt des ACV.*
  Sur la base des données de notre synthèse bibliographique et d'éléments plus informels (contacts avec les constructeurs, discussions lors de colloques, tendances des pays nord-européens, etc) nous avons organisé une première réunion d'information au niveau hiérarchique R&D, dans le double but de présenter cette nouvelle méthode d'analyse et d'en expliquer les intérêts (méthode nouvelle, par rapport aux méthodes connues dans l'entreprise). Il s'agissait par cette première information, d'une part de faire découvrir un nouveau moyen d'investigation en matière d'environnement (le seul possédant réellement une reconnaissance internationale) et d'autre part, de préparer la hiérarchie à s'engager à terme dans cette nouvelle voie afin d'acquérir une expérience propre dans ce domaine. En plus d'une meilleure connaissance de nos produits, une première expérience d'utilisation de cet outil permettrait à FAURECIA d'anticiper d'éventuelles demandes de ses clients.

- **Troisième étape :** *Construction d'un projet d'ACV appliquée aux sièges d'automobile.*
  La réalisation d'une analyse de cycle de vie nécessite un investissement en temps particulièrement important (de l'ordre d'une année) et la recherche de plusieurs centaines de données concernant les matériaux et procédés de fabrication utilisés pour la construction du produit. Afin de définir le programme

de travail le plus pertinent pour les sièges, nous avons effectué une enquête auprès des six directeurs de la division R&D sur les principaux axes d'évolution des produits (par rapport aux tendances du marché mais également par rapport aux axes spécifiques de développement de FAURECIA). A partir de l'ensemble des solutions ainsi identifiées et des possibilités de l'outil ACV (adéquation du contenu des bases de données « matières » et « procédés » avec les matières et procédés utilisés pour la fabrication des produits, accessibilité des données de fabrication – composants fabriqués par FAURECIA ou sous-traités, etc.), nous avons sélectionné un panel de sept produits et composants à analyser (Cf. Tableau 19). De plus, nous avons constitué un dossier projet contenant un planning prévisionnel, les objectifs de l'étude, les investissements, les ressources ainsi que les partenaires nécessaires.

Produit ou Composant à analyser	Caractéristiques
Siège de référence (complet garni)	Structure de référence : structure à flasques en acier. Garnissage de référence : garnissage traditionnel en mousse de polyuréthane et tissu polyester.
Variante de siège complet garni n°1	Siège à structure acier et garnissage traditionnel dont les réglages principaux sont motorisés (5 réglages électriques).
Variante de siège complet garni n°2	Siège à structure acier spécifique permettant l'adaptation d'un garnissage sans mousse.
Variante de structure n°1	Structure en aluminium.
Variante de structure n°2	Structure en magnésium
Variante de structure n°3	Structure hybride intégrant de l'aluminium, du magnésium, des matériaux composites et de l'acier.
Variante de garnissage	Garnissage avec matelassure 100% polyester.

Tableau 19 : Panel de produits et composants du projet d'analyses de cycle de vie

- **Quatrième étape :** *Démarrage du projet d'analyse de cycle de vie.*

  Une fois le projet élaboré, la dernière difficulté à lever restait l'autorisation de lancement, c'est-à-dire l'obtention des fonds et des moyens nécessaires à sa réalisation. Afin de faciliter cette étape cruciale, nous avons recherché des sources de financement extérieures, qui présentent le double avantage d'alléger l'investissement propre de l'entreprise et également de crédibiliser le projet par l'engagement de fonds institutionnels (cet aspect est particulièrement important lorsqu'il s'agit de domaines émergents par rapport aux activités de l'entreprise).

  Notre dossier correspondait précisément à un appel à projet lancé par l'ADEME[112], et nous avons ainsi pu bénéficier d'une subvention (de près de 15 k€). A la suite à cette décision, le dossier du projet a été présenté à la direction de la R&D, qui a décidé rapidement du lancement du projet et de l'octroi du complément de financement.

- **Cinquième étape :** *Sensibilisation des personnes attachées au projet ACV.*

  Pour réaliser l'inventaire de cycle de vie le plus précis possible, nous avons constitué une équipe projet regroupant des spécialistes des différentes fonctions du siège et de leur fabrication. Ainsi l'équipe a été

[112] ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

constituée autour du consultant en environnement, pour la partie métal : d'une personne maîtrisant les procédés de fabrication, d'un architecte et d'un projeteur (pour la connaissance du produit), pour la partie mousse : d'un chimiste (pour les formulations), d'un ingénieur de production (caractéristiques des cycles de production et des différents composants des matelassures) et enfin du directeur des Etudes Avancées en R&D (maître d'ouvrage du projet) et d'un membre de la cellule environnement. Afin que le travail du consultant soit facilité et que les différentes personnes de l'équipe puissent apporter une contribution active à l'étude, nous avons organisé des sessions de formation sur la signification de l'environnement en milieu industriel, sur les principes des méthodes d'analyse environnementale, et enfin sur la pratique de l'Analyse de Cycle de Vie. Ces sessions se sont déroulées avant le démarrage de l'inventaire de telle sorte que les membres de l'équipe projet aient eu le temps de se familiariser avec ce nouveau type d'analyse et puissent renseigner de manière pertinente les questions de l'inventaire.

- **Sixième étape :** *Réalisation des Analyses de Cycle de Vie*[113].
  Une fois les formations effectuées, l'équipe projet a débuté ses travaux concernant les inventaires de cycle de vie de l'ensemble des produits du projet d'analyse (la phase d'inventaire, qui consiste en la collecte de toutes les données relatives à la consommation de matières premières et d'énergie ainsi qu'à l'ensemble des rejets, est de loin l'étape la plus longue à réaliser ; pour notre projet elle a duré six mois). Cette étape représente une infinité de contacts pris avec différents services au sein de l'entreprise (sites de production pour les consommations matières et énergétiques, services achats pour toutes les pièces non fabriquées par FAURECIA, service chiffrage pour l'analyse des produits concurrents, etc.) pour collecter plusieurs centaines de données relatives aux composants et aux procédés de fabrication des sièges de notre étude. Durant les six mois de cet inventaire, d'une part l'équipe projet est intervenue au sein des différents services de l'entreprise en expliquant à chaque nouvelle demande, le contexte et les enjeux de ce type d'analyse. D'autre part, la pratique de cette méthode, a transformé le domaine de l'environnement en une réalité quotidienne pour de nombreux secteurs de l'entreprise.

- **Septième étape :** *Rédaction d'un rapport de synthèse des résultats d'analyse de cycle de vie.*
  Une fois les inventaires réalisés, nous avons procédé à l'évaluation des impacts puis à leur interprétation. Cette dernière opération est décisive dans la formulation de préconisations pour les concepteurs, puisque c'est elle qui fait le lien entre les données d'ACV (données de niveau expert) et les orientations en conception (données de niveau concepteur). Nous avons alors compilé au sein d'un même document : les résultats d'analyse du siège de référence et des six variantes (en précisant les impacts pour les quatre phases du cycle de vie retenues et en faisant apparaître les impacts relatifs aux matériaux et procédés mis en œuvre), un cahier de préconisations et une proposition de démarche permettant aux concepteurs d'utiliser plus facilement les résultats des ACV. Ce rapport était également destiné à l'ADEME, comme attestation de réalisation du projet, pour que cet organisme puisse ré-exploiter ces résultats et les comparer aux différents réalisations faisant partie du même programme de subvention.

---

[113] Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Simapro 4.0 développé par Pré Consultant et de la méthode d'évaluation Eco-Indicator 95.

- **Huitième étape :** *Diffusion des principaux résultats dans l'entreprise.*

  Sur la base de notre rapport de synthèse, nous avons dans un premier temps présenté les résultats et conclusions aux personnes de l'équipe projet. Puis afin de faire bénéficier les concepteurs de ces nouveaux apports, trois sessions d'information ont été organisées au sein de la division Recherche et Développement, au cours desquelles nous avons explicité en détail les nouvelles préconisations. Ainsi, le projet dans son ensemble (avec les enjeux liés à l'environnement, le principe de la méthode ACV et les résultats découlant de cette étude) a été présenté à trois groupes de dix personnes, comprenant des concepteurs, des responsables de projet ainsi que des directeurs de services. Le but de cette intervention était non pas la prise en compte immédiate des premiers résultats obtenus, mais plutôt la sensibilisation des participants, aux possibilités offertes par une nouvelle méthode, permettant d'apporter une aide à la décision en conception par la comparaison des produits ou solutions suivant des critères environnementaux.

- **Neuvième étape :** *Publication des résultats à l'extérieur de l'entreprise.*

  Cette dernière étape constitue l'aboutissement de ce projet d'analyses, avec l'exploitation par une structure extérieure à l'entreprise des résultats obtenus. Le contrat passé avec l'ADEME, stipulait en effet qu'elle pouvait exploiter les résultats obtenus et en publier les éléments qu'elle jugerait opportuns. Cette agence, qui dépend de plusieurs ministères, a en effet une activité de publication importante[114]. Pour FAURECIA cela représente à la fois une caution de sérieux apportée à cette étude mais également une mise en valeur de ses actions dans le domaine de l'environnement.

Dans le but d'évaluer la capacité du référentiel à retranscrire l'enchaînement des actions de ce projet, nous avons regroupé dans le tableau 20 leurs principales caractéristiques ainsi que leur codification par rapport aux trois échelles des axes du référentiel (Cf. Tableau 20).

L'expérience menée dans le cadre de la première évaluation (observation de l'influence de l'utilisateur du référentiel sur la nature de la traduction à l'aide du référentiel, application à l'activité recyclage de FAURECIA), a montré que malgré la relative diversité d'interprétation à l'échelle locale des segments, la transcription globale des actions était invariante suivant les utilisateurs. De ce fait, nous avons décidé de ne pas renouveler cette expérience et nous avons réalisé une seule traduction des actions en segments du référentiel.

[114] L'ADEME dépend des ministères suivants : le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, le Ministère de l'Industrie et le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, Cf. www.ademe.fr.

Action	Apport	Durée	Nombre et fonction des participants	Codification		n°
Synthèse sur l'utilisation de l'ACV.	Définition d'un état des lieux de référence pour l'entreprise.	2 mois	Cellule environnement	Formalisation d'informations relatives à un nouveau domaine pour l'entreprise.	F1 + F2	1 2
Sensibilisation de la hiérarchie à la méthode ACV.	Mise en évidence d'un risque concurrentiel (du fait d'un défaut de connaissances de l'entreprise).	2h00	Directeur R&D, 6 directeurs de service en R&D, cellule environnement.	Diffusion auprès de la hiérarchie de la R&D.	D2 min.	3
Construction d'un projet d'ACV pour les sièges d'auto.	Proposition permettant de combler la manque de connaissances de l'entreprise.	1 mois	Cellule environnement, directeur des Etudes Avancées en R&D, entreprise de prestation en environnement.	Formalisation d'un plan d'action.	F2	4
Subvention et démarrage du projet d'analyses.	Engagement de l'entreprise dans un projet à moyen terme et crédibilisation du projet par l'apport un investissement extérieur.	1 mois	Directeur R&D, directeur des Etudes Avancées en R&D, cellule environnement, entreprise de prestation en environnement.	Valorisation de l'environnement par le financement de l'étude par l'acceptation par la hiérarchie d'y consacrer du temps et du personnel.	V1	5
Sensibilisation de l'équipe projet.	Familiarisation des personnes avec le domaine de l'environnement ainsi qu'avec la méthode ACV.	2 sessions de 2h30	Prestataire consultant en environnement, directeur des Etudes Avancées en R&D, cellule environnement, 3 personnes pour le métal (architecte, projeteur et procédés de fabrication), 2 personnes pour le garnissage (chimiste, production).	Diffusion au sein d'une équipe restreinte de personnel technique concepteur ou proche de la conception.	D2 max.	6
Réalisation des analyses.	Utilisation au quotidien par l'équipe projet de la méthode et diffusion au sien de l'entreprise de pratiques liées à l'environnement.	6 mois	Equipe projet (voir ci-dessus), cellule environnement, prestataire en environnement, et l'ensemble des intervenants ponctuels de l'entreprise : responsable d'îlots de production, acheteurs, fournisseurs, etc.	Utilisation de la méthode au quotidien par l'équipe projet et diffusion de l'intérêt pour l'environnement auprès de plusieurs dizaines de personnes de l'entreprise .	V2 + D3 min.	7 8
Rapport de synthèse sur les résultats des analyses.	Interprétation des résultats obtenus, rédaction des conclusions et préconisations.	2 mois	Cellule environnement et prestataire extérieur en environnement.	Formalisation de préconisations en conception et sur l'utilisation de la méthode ACV.	F2	9
Communication des résultats en interne.	Combler les défauts de connaissances identifiés au début de l'étude.	2 x 2h00	Cellule environnement, hiérarchie R&D (6 directeurs), personnel des Etudes Avancées (25 personnes) et ingénieurs R&D garnissage.	Diffusion auprès de personnel technique, de la hiérarchie et des concepteurs R&D.	D3 min.	10
Publication des résultats par un organisme extérieur.	Reconnaissance des travaux réalisés, par un organisme extérieur à l'entreprise.	Résultats valables plusieurs années	En interne : vers la hiérarchie en R&D ainsi qu'en développement pour diffusion à leurs équipes. A l'extérieur : résultats accessibles aux fournisseurs et clients.	Diffusion à l'extérieur de l'entreprise (diffusion non contrôlée) et valorisation par l'officialisation et la publication des travaux engagés pour l'environnement.	D3 + V 3 min.	11 12

Tableau 20 : Synthèse des actions pour le projet ACV et codification par rapport aux dimensions du référentiel

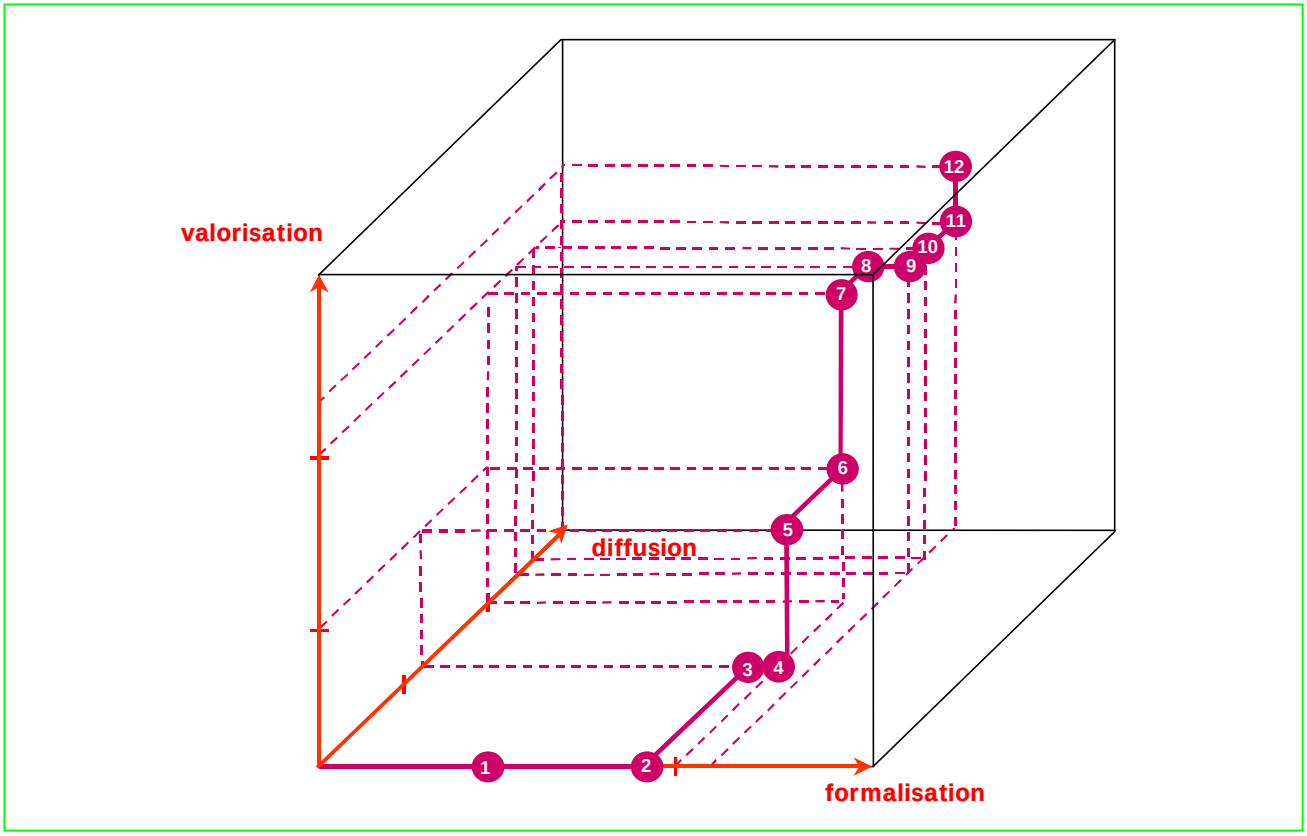


Figure 44 : Traduction des actions liées au projet Analyse de Cycle de Vie

Pour ce projet d'Analyses de Cycle de Vie, le référentiel, utilisé comme moyen de transcription a permis de retracer l'enchaînement des actions réalisées et de caractériser la situation atteinte à la fin du projet. Nous pouvons constater que dans ce cas de figure également, l'équilibre entre les trois dimensions n'a pas été respecté et globalement les actions de *Diffusion* et de *Formalisation* des connaissances sont privilégiées, au détriment de celles relevant de la dimension *Valorisation*. La trajectoire suivie n'a pas permis d'atteindre le niveau maximal du référentiel et finalement seule la dimension *Diffusion* a été exploitée à son maximum. Pour l'entreprise, cela signifie qu'il faudrait poursuivre le travail engagé, avec la préoccupation d'une meilleure valorisation des connaissances acquises lors de ce projet (en systématisant l'utilisation de cet outil d'analyse dans les phases de développement, notamment pour les solutions innovantes impliquant de nouveaux matériaux ou procédés de fabrication).

Pour la poursuite des actions, il faut être particulièrement attentif aux objectifs visés : soit l'entreprise décide de s'engager définitivement dans l'utilisation de l'outil (elle se place alors en position d'expertise) soit elle s'adapte au contexte du secteur et à la demande du marché (et s'en tient à une utilisation plus ponctuelle[115]). L'orientation choisie ayant une forte influence sur la planification des actions, la décision doit être prise par rapport à une stratégie de développement à moyen terme.

En ce qui concerne la dimension *Formalisation*, il est difficile aujourd'hui d'identifier des actions correspondant au segment « connaissances universelles », étant donné que les résultats intègrent

[115] En 2000, lorsque l'étude a été réalisée, la demande des constructeurs français était faible voir inexistante concernant la comparaison environnementale des produits. Actuellement -début 2002- les constructeurs allemands relancent des demandes d'évaluation de solutions concurrentes pour les sièges, et utilisent l'ACV comme outil de comparaison

nécessairement des simplifications et que la méthode d'évaluation utilisée (*Eco-Indicator 95*) est basée sur des hypothèses[116] et non sur des certitudes partagées par la communauté scientifique.
Nous avons également dû dans ce cas, subdiviser certaines graduations afin de préciser des états intermédiaires par rapport aux segments originaux des dimensions, ce qui nous a amené à affiner les échelles initiales (Cf. Figure 45).

A l'origine de la réalisation de ce projet sur les ACV, nous voulions évaluer la capacité de cette méthode d'analyse, à fournir une aide à la décision en conception. Plus particulièrement, il s'agissait pour nous de déterminer si l'environnement, dans des projets réels, pouvait permettre d'arbitrer des choix entre deux solutions peu différentes, techniquement et économiquement. Les éléments ci-dessous présentent plusieurs exemples de connaissances créées par la réalisation de ces analyses de cycle de vie :

- Par rapport à l'ensemble du cycle de vie du siège, la phase d'utilisation (la plus impactante) représente près de 75% de la totalité des impacts tandis que la phase de fin de vie (sur laquelle la réglementation se focalise actuellement) n'en représente pas plus de 3%. La priorité d'un point de vue environnement doit donc être donnée à l'allègement (la réduction de masse du véhicule permet de réduire sa consommation et donc de diminuer les rejets dans l'atmosphère).
- La comparaison entre les structures en aluminium et celles en magnésium n'a pas permis de les différencier nettement (le gain de masse du magnésium étant compensé par une augmentation importante des impacts lors des phases d'extraction des matières premières et de fabrication).
- Les armatures « hybrides » (Cf. Tableau 19), permettent une réduction d'impact relativement faible (par rapport aux armatures standard en acier), particulièrement en regard des augmentations de coûts des matériaux et des procédés de fabrication. Elles ne représentent donc pas une alternative intéressante (Cf. Annexe 2 pour les tableaux de résultats d'ACV).
- Malgré leur meilleure recyclabilité, les matelassures en PES restent plus impactantes que celles en PU (du fait de leur léger surpoids).

La réalisation de cette étude a permis à l'entreprise (par l'intermédiaire de l'équipe projet et de la cellule environnement) d'acquérir une nouvelle compétence par rapport à l'utilisation d'un outil d'aide à la décision en environnement. Lors du démarrage de l'étude, l'utilisation systématique d'outils environnementaux n'était pas d'actualité. La sévérisation actuelle de la réglementation ainsi que le regain de demandes sur les aspects environnementaux des produits font aujourd'hui de ce nouvel outil, une aide précieuse pour FAURECIA dans la définition à long terme d'une stratégie de développement produit/process.

Cette deuxième utilisation du référentiel confirme nos premiers résultats sur le fait que l'outil permet d'une part d'effectuer la transcription fidèle des actions d'un projet et de réaliser le suivi du processus de création de connaissances correspondant et d'autre part d'effectuer une analyse de ce processus, lorsqu'il est utilisé en complément d'une trajectoire de référence.

---

[116] La méthode Eco-Indicator 95 est une méthode multicritère, qui associe à chaque matériau ou procédé une valeur en point (la contribution d'un matériau ou procédé en terme d'impact sur l'environnement, est notée par rapport à 11 phénomènes environnementaux différents). Ceci étant dit, toutes les méthodes d'évaluation utilisées en ACV s'appuient sur des hypothèses et il n'existe pas de méthode « absolue » à ce jour.

Conclusion de la première expérimentation

Ces deux premières évaluations, nous permettent de tirer des enseignements sur l'utilisation du référentiel. Le référentiel proposé permet de positionner avec une objectivité suffisante les différentes actions de la réalisation d'un projet. Nous constatons que certaines étapes sont plus délicates à codifier que d'autres, mais cela nous semble être une difficulté intrinsèque à l'outil. En effet, afin de posséder un moyen d'analyse reproductible, il est indispensable que les échelles de chaque dimension puissent à la fois être les plus précises possible tout en conservant un caractère générique leur permettant de prendre en compte la diversité des situations d'un projet à l'autre (Cf. Figure 45). Il est possible de spécifier davantage les échelles des dimensions, mais une telle transformation ne peut être faite que par rapport à un projet et un contexte bien précis. Le risque non négligeable, dans un tel contexte, est alors de diminuer l'adaptabilité de l'outil vis-à-vis de situations diversifiées et donc de réduire significativement son rôle de référentiel (nous avons illustré son utilisation sur des projets bien différents tels que le recyclage et les analyses de cycle de vie, mais ces deux exemples ne sont pas pour autant restrictifs).

La principale difficulté de l'utilisation de cette outil est liée à l'étape de transcription des actions en unités du référentiel. Nous avons en effet constaté que, dans les faits, les actions relevant des dimensions *Formalisation*, *Diffusion* ou *Valorisation* n'étaient pas aussi indépendantes que pouvaient laisser paraître les trois axes de notre référentiel. Ainsi, bien souvent, engager une action de formalisation induit la mise en œuvre d'une action de diffusion (formaliser des connaissances n'a que peu de sens si ce n'est à terme pour les diffuser et les réutiliser) et les actions qui relèvent de la valorisation des connaissances ne peuvent être bénéfiques que si elles s'appuient sur des connaissances déjà formalisées et connues d'une partie du personnel.

Il paraît alors particulièrement important de respecter l'enchaînement des séquences de progression suivant : ❶ formaliser les connaissances, ❷ les diffuser, ❸ les valoriser, puis relancer le cycle. Cette préconisation est pour nous d'autant plus importante que de nombreuses situations réelles illustrent le risque associé à un traitement inégal et quasiment indépendant des trois descripteurs des connaissances utilisés dans notre référentiel.

Pour illustrer ces propos, nous prendrons l'exemple de la réalisation d'une norme par les deux constructeurs français sur la conception en vue du recyclage. Peu de temps après le vote d'une loi française sur les conditions de mise en décharge des déchets, Renault et PSA, ayant perçu les conséquences à venir de ce texte sur leurs produits, ont réalisé une norme visant à définir une nouvelle méthode de travail permettant de prendre en compte dès la conception des produits, leur recyclage en fin de vie. Cette norme avait donc pour vocation d'instituer l'intégration du recyclage dans la conception des produits.

Elaborée en 1994 et très largement diffusée par la suite chez les principaux fournisseurs de PSA et Renault, cette norme n'a pas eu l'impact majeur souhaité par ses rédacteurs. En 2001, lors de la mise en place d'un projet pilote respectant la nouvelle réglementation européenne, nous avons pu constater que la norme sur le recyclage n'avait jamais été réellement prise en compte dans les projets de développement et était parfois même encore ignorée des équipes-projet du constructeur.

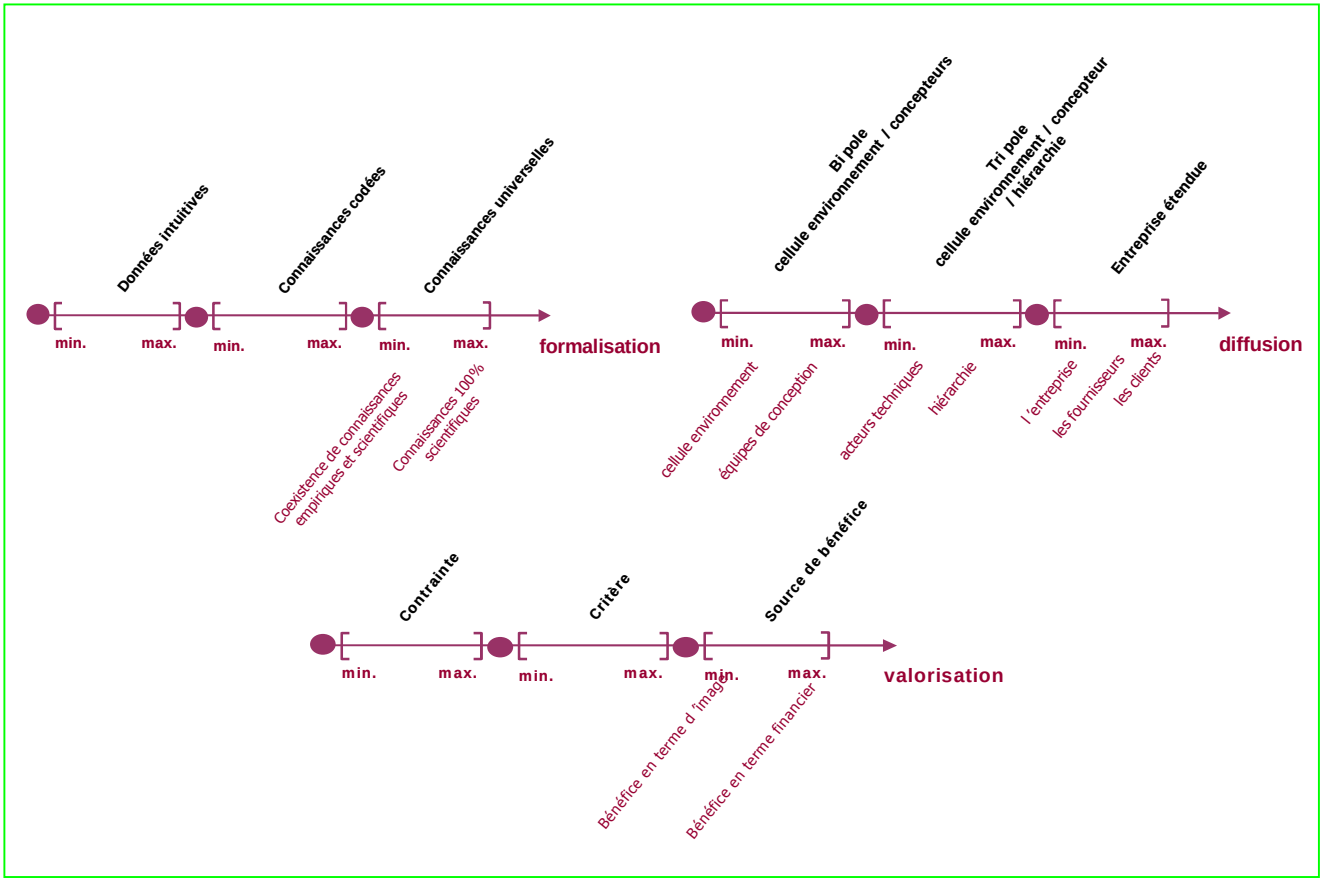


Figure 45 : Echelles affinées pour le référentiel

En retraçant la genèse de cette norme à l'aide de notre outil, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre d'éléments :

- le traitement des trois dimensions a été inégal (la dimension *Formalisation* atteint son niveau médian, la dimension *Diffusion,* elle, atteint son maximum tandis que la dimension *Valorisation* a été pour le moins négligée puisqu'elle ne dépasse pas le premier niveau).
- les dimensions ont été considérées de manière sérielle (chaque dimension est considérée indépendamment des deux autres et il n'y a pas d'itération), il n'y a donc pas eu d'évolution concomitante, et de ce fait le chemin parcouru est resté très éloigné de la progression préconisée.

Bien que nous n'ayons pas connaissance de tous les détails de la mise en œuvre de cette norme, on ne peut considérer que ce document ait rempli ses fonctions (du fait principalement de sa non utilisation par les concepteurs aussi bien chez les constructeurs que chez les équipementiers). Cette situation est donc finalement dommageable, car non seulement la norme n'aura pas favorisé l'intégration du recyclage, mais en plus le résultat atteint discrédite les efforts importants qui ont dû être réalisés pour parvenir à un tel niveau de diffusion ou de formalisation.

Un autre point nous parait important d'être souligné par rapport aux deux cas d'utilisation (décrits précédemment), il s'agit de l'équilibre entre les trois dimensions au cours de l'évolution d'un projet. Il apparaît que les dimensions *Formalisation* et *Diffusion* font plus facilement l'objet de réalisations que la dimension *Valorisation*. Ceci est pour nous peu surprenant du fait des engagements importants que représentent les actions de « valorisation », cependant, il est important que la personne responsable du déroulement d'un

projet en environnement soit particulièrement attentive aux opportunités de valorisation des efforts réalisés (opportunités qu'il faut parfois savoir créer). Théoriquement, toute action planifiée doit pouvoir engendrer une action dans le domaine de la *Valorisation.* Le fait d'identifier une action qui pose des difficultés quant à sa valorisation future, doit permettre au responsable du projet, soit de remettre en question son plan d'action (une action qui ne peut être « valorisée » a peu de chance de favoriser le processus d'intégration) soit de hiérarchiser les différentes actions en identifiant les réalisations prioritaires des réalisations complémentaires voire accessoires.

Enfin, si la structure actuelle permet de réaliser une analyse dynamique et globale de l'évolution d'un projet (à la fois par l'homogénéité de l'ensemble des actions réalisées et également par le positionnement relatif par rapport à la stratégie préférentielle), il manque encore la fonction de régulation, pour en faire un outil de pilotage complet. Afin de combler cette lacune, nous proposons dans le chapitre suivant une première typologie d'action élaborée à partir d'exemples issus de la littérature et de notre propre expérience ; typologie que nous mettrons en œuvre au cours d'une expérimentation.

4.3. Deuxième expérimentation : utilisation de l'outil de pilotage

Dans cette partie, nous définirons dans un premier temps en quoi consiste la fonction de régulation de notre outil de pilotage, à savoir une typologie d'actions permettant de relancer le processus en cas de dérive excessive par rapport à la stratégie de progression préconisée ou en cas de blocage. Nous détaillerons dans un deuxième temps, un cas d'utilisation de l'outil de pilotage complété (référentiel, stratégie de progression et typologie d'actions), constitué par la construction et la mise en place d'un système de gestion des substances dangereuses lors du développement des produits (ce qui constituera notre deuxième expérimentation).

4.3.1. Construction de la typologie d'actions

Nous avons vu dans le chapitre précédent, que si l'outil permettait de réaliser correctement les fonctions de suivi et d'analyse d'un processus, la fonction de régulation faisait cependant défaut. Afin de remédier à ce manque, nous proposons comme moyen de régulation, une typologie d'actions, construite en fonction des trois dimensions de notre référentiel et qui puisse fournir à son utilisateur, des propositions concrètes d'actions de relance déjà expérimentées ainsi que des exemples issus de la littérature et permettant d'enrichir les réflexions sur la recherche de moyens d'intervention lorsque le processus d'intervention est dans une impasse.

Pour construire cette typologie d'actions nous nous sommes inspiré de l'ensemble des actions que nous avons mis en œuvre chez FAURECIA (celles qui nous ont permis de définir les trois échelles du référentiel ainsi que celles correspondant aux deux projets de notre première expérimentation - activité recyclage et ACV), ainsi que d'éléments issus de la littérature (Cf. Figure 25 – schéma de synthèse du

protocole expérimental). Nous obtenons ainsi un ensemble de propositions, que nous avons classées en trois groupes (suivant les dimensions auxquelles ils se rapportent), dont l'utilisation couplée à celle du référentiel et de la stratégie de progression doit permettre de réaliser la dernière fonction de l'outil de pilotage : la régulation du processus.

Formalisation	***Diffusion***	***Valorisation***
• Rédiger annuellement un dossier de synthèse sur la réglementation. • Faire une synthèse régulière de l'évolution des positions des constructeurs en matière d'environnement. • Rédiger une revue de presse mensuelle. • Tenir à jour un recueil de produits et de solutions favorables à l'environnement (prototypes, concepts, organisations). • Faire un état des lieux de l'organisation de la filière VHU. • Rédiger une synthèse sur l'actualité des salons professionnels et colloques internationaux. • Faire un rapport sur l'évolution des campagnes publicitaires des constructeurs d'automobiles. • Publier des notes d'information sur l'organisation du financement de la filière de traitement des VHU dans les pays européens. • Rédiger des rapports de veille technologique sur les nouveaux risques environnementaux dans l'automobile (COV, odeurs, …). • Rédiger des articles dans la revue de l'entreprise. • Concevoir des pages web spécifiques au recyclage et à l'environnement. • Réaliser des affiches d'information pour les panneaux de communication internes. • Publier des articles dans les revues techniques internationales. • Créer des guides de conception favorable à l'environnement. • Définir des « Checklist» environnementales pour le suivi des projets. • Recenser les exemples de l'industrie automobile sur la recyclabilité des matériaux. • Préconiser l'utilisation de matières plastiques compatibles. • Rédiger des rapports d'analyses sur les	• Créer un réseau de correspondants environnement (au moins 1 personne par site). • Mettre en place des sessions de sensibilisation des concepteurs aux enjeux du recyclage. • Intervenir dans les congrès internationaux sur le recyclage. • Participer au plan de certification des sites (ISO 14 001). • Sensibiliser les services achats et qualité aux nouvelles contraintes environnementales. • Mettre en ligne une base de données des solutions favorables au recyclage pour les sièges. • Former le personnel des équipes de développement à l'utilisation des préconisations recyclage. • Intervenir lors des grands meetings internes (R&D, revue de projet, prévisions à long terme). • Créer un réseau de partenaires (avec des équipementiers produisant des fonctions complémentaires) pour bénéficier des différents retours d'expérience. • Créer une rubrique « Environnement » dans l'intranet et la mettre à jour régulièrement. • Organiser une information systématique des jeunes embauchés sur la signification du recyclage et les enjeux financiers associés. • Organiser des journées techniques de présentation des matériaux et procédés permettant de contourner les contraintes réglementaires. • Publier au sein des bureaux d'études les listes des 10 substances les plus fréquemment interdites. • Diffuser largement (mailing) les matières à ne plus utiliser (comme le PVC).	• Initier des études pilotes sur la démontabilité des composants. • Lancer des études prospectives sur un produit mono-matière. • Mettre en évidence des synergies entre le domaine du recyclage et des domaines techniques (valorisation des prototypes pour alimenter un magasin de pièces détachées). • Participer à un programme de recherche multi-partenaires regroupant l'ensemble des acteurs de la filière industrielle (fabricants de matière, équipementiers, constructeurs, recycleurs). • Fabriquer des composants prototypes en matière première secondaire. • Définir des solutions de recyclage en boucle fermées pour les produits de l'entreprise. • Etudier un système de garnissage facilitant la recyclabilité des mousses. • Réaliser un produit vitrine pour le show-room de l'entreprise. • Obtenir des subventions et des financements pour les projets innovants. • Participer aux groupes de pression pour faire valoir ses intérêts auprès de la réglementation • Définir une stratégie environnementale ambitieuse et concrète. • Utiliser des jeux de simulation pour sensibiliser le personnel aux questions d'environnement. • Former les concepteurs aux outils d'aide en matière d'environnement. • Intégrer dans les règles de conception des critères d'accessibilité pour le démontage des composants. • Réaliser une analyse systématique des produits concurrents. • Recherche de synergies avec des services internes ou externes (services après-vente, industrialisation, design,

matières et composants utilisés dans la fabrication des sièges. • Spécifier la structure d'une base de données sur les listes de substances dangereuses des différents constructeurs. • Définir une procédure qualité relative à l'utilisation de substances dangereuses.	• Intégrer l'environnement dans la charte de l'entreprise. • Publier et diffuser chaque année un rapport environnemental.	HSE, etc.).

Tableau 21 : Typologie d'actions de relance du processus

Ayant ainsi complété la typologie d'actions, nous allons tester notre outil de pilotage intégralement, en le mettant en œuvre dans des conditions réelles d'utilisation dès le démarrage d'un projet initié par la cellule environnement.

4.3.2. Test de l'outil de pilotage en conditions réelles sur un programme de gestion des substances dangereuses

Afin de mettre à l'épreuve l'ensemble de nos propositions concernant l'outil de pilotage, nous avons cherché à les utiliser dès le démarrage d'un nouveau projet. La nécessité pour FAURECIA de se doter d'un système de gestion des substances dangereuses[117], nous a fourni une occasion particulièrement adaptée pour tester notre outil en conditions réelles. Après avoir précisé le contexte de la mise en œuvre de ce projet, nous détaillerons l'utilisation que nous avons faite de l'outil de pilotage puis, à partir des résultats obtenus, nous discuterons de la pertinence de cet outil.

Du fait de l'augmentation des contraintes réglementaires, nous avons vu que certains constructeurs d'automobiles s'investissaient de plus en plus concrètement dans la prise en compte de l'environnement. Nous avons ainsi reçu de la part d'un constructeur français, une demande expresse concernant la réalisation d'inventaires détaillés (masse/matière et contenu en substances dangereuses) des produits vendus par FAURECIA. Cette demande n'ayant pas d'antériorité, nous avons initié une réflexion sur l'organisation à mettre en place et sur le travail à réaliser afin de répondre à cette demande spécifique et également d'anticiper les demandes similaires émanant des autres clients de l'entreprise[118] (jusqu'à présent, les demandes étaient ponctuelles et concernaient uniquement le recyclage des produits).
La cellule environnement a été désignée, par sa hiérarchie, acteur principal de ce projet (projet MCV, pour Management de l'environnement sur le Cycle de Vie) ; nous avons alors décidé d'utiliser l'outil de pilotage pour la mise en place de cette nouvelle activité. Il s'agit d'une demande concrète d'un client (avec des délais et les enjeux commerciaux qui garantissent une implication forte de l'équipe projet) et en même temps d'un

[117] Ce système doit permettre en interne de gérer de façon standardisée l'ensemble des demandes à caractère environnemental – réglementaires ou spécifiques à des clients. Le système sera développé dans un premier temps sur un programme pilote pour ensuite être étendu à l'ensemble des programmes de développement de produits.

[118] Ce type de demande est dorénavant inéluctable car il correspond à une déclinaison directe des exigences de la directive VHU, qui sera transposée en droit national le 18 avril 2002.

projet pilote pour le constructeur, s'appliquant à un seul programme[119] de développement dans un premier temps et devant être ensuite étendu à moyen terme à l'ensemble des programmes (avec donc des possibilités d'évolution ultérieure).

A la différence de nos autres réalisations menées au sein de la division Recherche et Développement, ce projet concerne la division « Etudes », au sein de laquelle les équipes projet sont notamment plus importantes (on passe d'une dizaine de personnes en R&D, dessinateurs compris à plus de cinquante personnes en Etudes, sans les dessinateurs[120]), les projets peuvent être soumis à d'importantes variations dans les choix de conception du fait de l'évolution concomitante de la structure et des équipements du futur véhicule.

La requête concerne un bilan des différents matériaux utilisés ainsi que le renseignement sur l'utilisation de substances identifiées comme dangereuses par la réglementation. Il s'agit donc de dresser un inventaire très précis de la composition des sièges en détaillant pour chaque pièce ou composant, la matière de la structure (le nom et la nuance d'alliage pour les métaux, le type de plastique ainsi que les éventuels renforts ou charges) mais également les différents traitements de surface (peinture, traitement anticorrosion), les composants multi-matériaux (tels que les composants électriques comprenant le dispositif principal, son câble d'alimentation et la nature de l'isolant utilisé, la connectique, les fixations, etc), les lubrifiants (essentiellement dans les mécanismes –articulations de dossier, glissières, réhausses). Au total cela correspond à près de 200 pièces (pour un siège conducteur) qui, pour certaines, font intervenir jusqu'à quatre fournisseurs principaux différents. Ainsi, dresser de tels inventaires est aujourd'hui une tâche particulièrement ardue à la fois par le nombre et la difficulté des enquêtes à réaliser (en interne et auprès des différents fournisseurs - sachant que pour certains constructeurs la liste de substances interdites compte plusieurs centaines de références) et également par le fait que ces inventaires n'existaient pas jusqu'à présent et que ce travail de décomposition matière / substance n'avait donc jamais été réalisé à ce niveau de détail.

Première étape : Synthèse sur les restrictions d'utilisation des substances dangereuses.

A la suite du premier contact avec le constructeur et de la désignation de la cellule environnement comme acteur principal du projet, nous avons décidé de notre première action à mettre en place en nous appuyant sur nos expériences précédentes et sur les éléments de la typologie d'actions. Nous avons alors réalisé une synthèse sur les enjeux internes et externes découlant de la demande du constructeur. Ces informations étaient destinées aux responsables de programme, afin de les sensibiliser aux conséquences de la nouvelle requête (notamment en terme de charge de travail) et de les informer du déploiement chez tous les clients de FAURECIA de ce type de demande dans un avenir proche. Cette synthèse a fait l'objet d'une présentation officielle en présence de nombreux responsables opérationnels (études, achats, qualité, production, R&D, industrialisation).

---

[119] Le terme programme (ou programme de développement client) employé ici, désigne l'activité de développement des sièges pour un véhicule donné et correspond à une commande signée avec un constructeur d'automobiles.

[120] Au niveau des « Etudes », l'équipe est composée de plusieurs responsables de développement et de plusieurs acheteurs affectés aux sièges avant ou aux sièges arrières d'un véhicule spécifique (berline, coupé, cabriolet, monospace, break, etc), de responsables d'industrialisation des différents types de composants (structure métal, mécanismes, matelassures, coiffes et garnissage en juste à temps), de commerciaux, de qualiticiens, de contrôleurs de gestion de logisticiens et de personnel administratif.

Nous avons transcrit cette première étape par rapport à notre référentiel comme la somme d'une action de formalisation des connaissances et d'une action de diffusion de cet état des lieux aux différents directeurs et responsables de programme (se reporter au tableau de synthèse pour la transcription de chaque étape Tableau 22).

Deuxième étape : Création d'une ligne budgétaire spécifique « substances »

Arrivés au point ❷ (et en nous référant à la stratégie de progression préconisée), pour suivre une progression équilibrée, il nous fallait alors agir dans le domaine de la valorisation (et non pas étendre directement les actions de formalisation et diffusion à l'ensemble du personnel de l'entreprise). La typologie d'actions dans la catégorie *Valorisation*, nous proposait un grand nombre d'actions possibles (Cf Tableau 21) et l'une d'elle nous a paru particulièrement adaptée pour avancer dans le sens de la stratégie de référence : la réalisation d'une étude pilote. Le fait de considérer ce projet comme pilote pour l'entreprise (et non plus uniquement dédié à un seul client), permettait de lui donner du poids et de proposer un mode de fonctionnement où l'équipe programme pilotait elle-même la nouvelle activité, contrairement à un fonctionnement plus classique, où la R&D aurait été utilisée comme prestataire, apportant un renfort ponctuel aux activités de l'équipe programme. D'autre part, cela permettait également, de prendre en compte dès son démarrage la diversité des situations futures d'application (en intégrant alors les spécificités des autres divisions clients).

Notre idée étant de considérer cette nouvelle requête non pas comme une exigence spécifique mais comme une activité concrètement intégrée (au même titre que l'ensemble des autres critères du cahier des charges), nous avons identifié un interlocuteur, qui joue le rôle d'interface avec la cellule environnement, cette « nomination » permettait de souligner l'implication de cette nouvelle activité environnement au sein de l'équipe de conception. Cette proposition a fait l'objet de négociations avec le directeur du programme et a abouti à la création d'une ligne budgétaire spécifique, ainsi qu'à des directives encourageant chaque membre de l'équipe-projet à contribuer à la réalisation des inventaires.

A ce stade, la trajectoire a été incrémentée du segment correspondant à une action de V*alorisation* (Cf. Figure 46).

Troisième étape : Sensibilisation de l'équipe projet à la question des substances dangereuses.

Une fois les grandes lignes du projet approuvées par les responsables hiérarchiques, nous avons commencé à sensibiliser les acteurs de l'équipe projet afin de les familiariser avec le domaine de l'environnement et avec le contexte spécifique du projet MCV. Pour cela, nous avons procédé à des sessions de sensibilisation des acteurs-clé de l'équipe-projet : qualiticiens, architecte, acheteurs, responsable du Bureau d'Etudes, responsable du développement du garnissage (huit personnes au total). Puis nous nous sommes attachés à mettre en évidence les difficultés de cette nouvelle requête : les champs à renseigner ne correspondent pas à des domaines maîtrisés ; la vision traditionnelle du produit doit évoluer pour prendre en compte tous les matériaux utilisés notamment les traitements de surface ; l'exhaustivité de l'inventaire implique des investigations particulièrement longues et complexes.

Les thèmes traités lors de ces sessions reprenaient ceux de la présentation initiale en s'attardant particulièrement sur les premiers composants critiques identifiés et donnant des exemples d'expériences similaires réalisées chez d'autres équipementiers. Cette deuxième étape de diffusion est représentée sur la figure 46 ci-dessous.

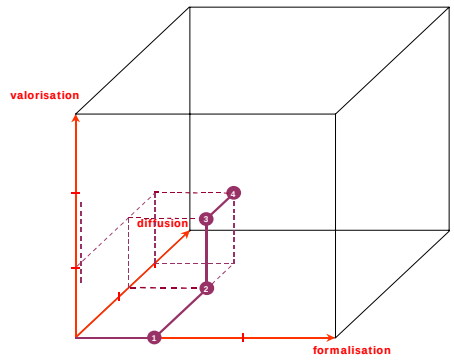


Figure 46 : Représentation des premières actions du projet MCV

Quatrième étape : Recrutement d'une personne pour la réalisation des inventaires.

A ce stade (❹), nous avions deux possibilités d'action : soit travailler pour valoriser ce nouveau projet, soit poursuivre la formalisation des connaissances relatives au recyclage et aux substances dangereuses. Pour conserver notre progression équilibrée, nous avons choisi d'agir par rapport à la dimension *Valorisation*. Nous avons alors utilisé la typologie d'actions pour y chercher des voies de solution. En reprenant la définition de l'échelle *Valorisation*, la logique de progression nous indique qu'il faut agir pour ancrer ce nouveau domaine dans les pratiques quotidiennes et mettre en place les moyens de le rendre incontournable. Devant l'importance des investigations à mener (précisées au cours des discussions entre les experts environnement et les experts matériaux ou composants pendant les sessions de formations) et la nécessité de rendre l'équipe programme réellement actrice de cette nouvelle activité, nous avons proposé de recruter une personne pour s'occuper spécifiquement des inventaires. Après négociation avec le directeur du programme il a été décidé de recruter une personne possédant des compétences en chimie et en environnement, pour une première durée de cinq mois. Ce recrutement a été l'occasion pour nous de présenter cette nouvelle activité du domaine de l'environnement au service des ressources humaines et de définir en commun le profil de la personne recherchée.

Cinquième étape : Présentation de la nouvelle fonction « Pilote substances ».

Lors de l'arrivée de cette nouvelle personne au sein de l'équipe, le directeur du programme pilote a rédigé une note interne afin de présenter le nouvel arrivant et de rappeler sa fonction ainsi que les enjeux et délais associés à son activité. Cette note a ainsi été adressée à l'ensemble des acteurs de son équipe ainsi qu'à plusieurs services connexes (tels que le service des achats, pour tous les produits standards utilisés au sein du groupe FAURECIA : produits chimiques, peinture, visserie etc, les responsables des futures unités de production métal et mousses). L'ensemble du personnel du programme ainsi que les personnes des autres services amenées à travailler sur la question des substances a ainsi été informé officiellement du démarrage de la nouvelle activité à caractère environnemental, du recrutement d'une personne ainsi que du

budget prévisionnel et des délais associés pour la réalisation de cette tâche spécifique. Nous avons traduit cette étape par une double action de formalisation et de diffusion au sein de notre référentiel (Cf. Figure 47).

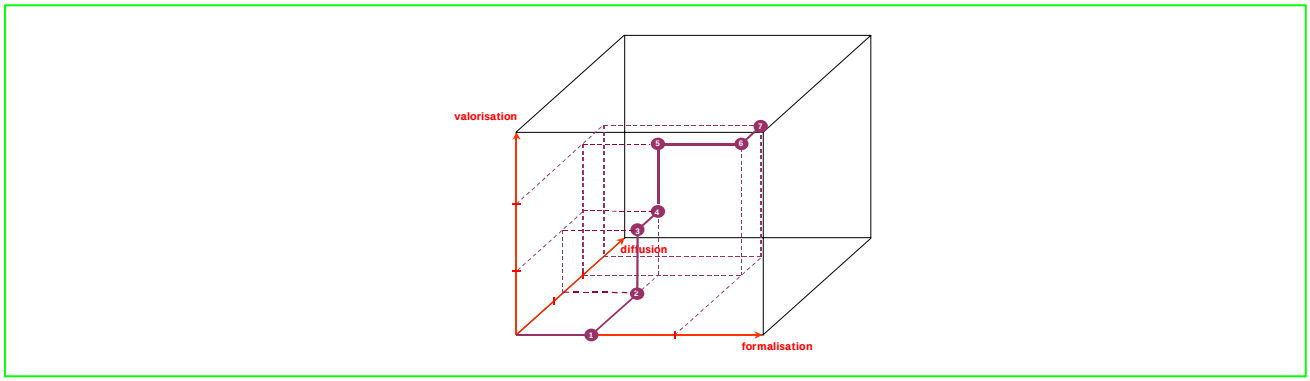


Figure 47 : Représentation des quatre premières actions du projet MCV

Sixième étape : Réalisation des inventaires.

Avec l'aide de notre nouvelle recrue, nous avons alors pu réellement commencer à réaliser les inventaires, en enquêtant auprès des concepteurs, des acheteurs, des « pilotes process[121] », des responsables de production, des qualiticiens (plus spécifiquement des personnes en charge de l'assurance qualité fournisseur), etc. Ces différents entretiens, outre le fait qu'ils ont permis de récolter les données d'inventaire sur la composition des centaines de pièces d'une collection de sièges[122], ont été l'occasion d'expliquer très précisément à chaque interlocuteur le but de ces nouvelles enquêtes ainsi que la contribution de chacun pour parvenir à renseigner la totalité des composants du siège. Ils ont également permis à la cellule environnement d'appréhender avec plus de justesse les interlocuteurs et les jalons cruciaux de ces inventaires et surtout de concrétiser la notion d'environnement (jusqu'à présent considérée comme une contrainte un peu virtuelle plus ou moins éloignée des activités quotidiennes d'un programme de développement). Ainsi, au fur et à mesure de l'avancement de ces inventaires, le nombre des acteurs concrètement impliqués et sensibilisés a pu augmenter constamment. Ces deux actions supplémentaires sont représentées sur la figure 48.

Septième étape : Diffusion des résultats intermédiaires.

Après avoir transcrit les deux dernières actions dans le référentiel, nous avons pu constater qu'un léger déséquilibre apparaissait entre la trajectoire du projet et celle de référence (par le fait que la dimension *Formalisation* n'avait pas été exploitée au cours des quatre dernières actions). En nous reportant à la typologie d'actions, nous avons recherché laquelle pouvait nous permettre de corriger ce début de dérive, et ainsi de rééquilibrer l'évolution du projet.

---

[121] Les « pilotes process » sont les personnes chargées de mettre en place les moyens d'industrialisation des solutions techniques retenues, ils participent également à la définition de certaines pièces en confrontant leur point de vue (axé sur la faisabilité industrielle) à celui des concepteurs.

[122] Une collection de siège correspond à un jeu complet de sièges pour un véhicule donné (sièges avant : conducteur et passager et sièges arrière : banquette 1/1, sièges 1/3-2/3, sièges latéraux et centraux pour les monospaces).

Les enquêtes étaient bien avancées (70% des composants ayant été renseignés) nous avons alors décidé de rédiger un premier rapport d'étude, présentant un état de progression intermédiaire à destination du constructeur et du personnel de l'équipe projet. Les buts visés par ce premier rapport étaient : de clarifier les points critiques avec le constructeur (négociation de nouvelles modifications ou de dérogations, remplacement des composants critiques, etc) et de mettre en évidence en interne les travaux à engager à moyen terme pour éliminer les substances dangereuse détectées (ce fut le cas notamment de quinze éléments de fixation dont le traitement anticorrosion devait être modifié).

Ces premiers résultats ont ainsi été présentés au cours de plusieurs réunions d'information en interne et ont fait l'objet d'une réunion spécifique avec les « interlocuteurs environnement » du constructeur.

Nous avons donc classé cet ensemble d'actions complémentaires comme relevant pour l'essentiel de la dimension *Formalisation* mais comportant également une composante *Diffusion* (Cf. Figure 48).

Huitième étape : Elargissement du champ d'application des inventaires aux fournisseurs.

Pour finaliser les inventaires, nous avons ensuite poursuivi les enquêtes, principalement auprès de nos fournisseurs (qui correspondaient aux composants non renseignés des inventaires). Cette étape complémentaire a consisté à identifier des interlocuteurs « substance » chez chaque fournisseur, à leur transmettre les tableaux d'enquêtes et à réaliser des formations sur les caractéristiques et les enjeux de ces nouvelles demandes. Parallèlement, et dans le but de structurer la réalisation des inventaires, nous avons proposé une première version d'un mode de fonctionnement destiné à rendre les équipes programmes autonomes et à éviter la multiplication des sessions de formation.

Ces deux actions relèvent d'une part de la dimension *Diffusion* (pour la sensibilisation des nos fournisseurs) et complètent la dimension *Valorisation* en instaurant une continuité dans le suivi des inventaires (Cf. Figure 48).

Nous avons regroupé au sein du tableau 22 les principales caractéristiques des différentes actions de ce projet et précisé les codifications de chacune d'elles afin de les replacer dans le référentiel.

Action	Apport	Durée	Nombre et fonction des participants	Codification		n°
Synthèse sur les restrictions d'utilisation des substances dangereuses dans l'automobile.	Identification des substances communes à l'ensemble des constructeurs ainsi que des listes spécifiques.	1 mois	Cellule environnement, directeur Etudes Avancées, responsables de programmes (9 personnes).	Les connaissances de la cellule environnement sont formalisées et diffusées à des responsables hiérarchiques.	F1 + D2 min.	1 2
Création d'une ligne budgétaire spécifique à la question des « substances ».	Reconnaissance de la nouvelle activité « substances » et de ses besoins spécifiques au sein des services non techniques (la comptabilité).	1 semaine	Cellule environnement, responsable et assistants du programme (3 personnes), secrétariat du programme (2 personnes), service comptabilité (3 personnes).	Prise en compte de manière officielle de la nouvelle activité, qui représente un nouveau poste de dépense pour l'entreprise.	V1	3
Sensibilisation de l'équipe projet au problème des substances dangereuses.	Montrer aux personnes de l'équipe projet, les interactions entre le domaine de la conception et celui de l'environnement.	3 x 2h	Cellule environnement + 8 personnes : architecte, qualiticiens, acheteurs, responsables du BE, des procédés de fabrication armatures et garnissage.	Diffusion des informations au niveau d'une équipe de conception « classique ».	D2	4
Recrutement d'un personne supplémentaire pour la réalisation des inventaires.	Prise de conscience par l'encadrement de l'augmentation et de la spécificité de la charge de travail.	2 mois	Cellule environnement, directeur des Etudes Avancées, responsable programme, service des ressources humaines (2 personnes).	Les besoins de l'activité « substances » justifient l'activité à plein temps d'une personne supplémentaire.	V2	5
Présentation de la nouvelle fonction « Pilote substances »	Explication de l'activité du « pilote substances » au sein de l'équipe-projet et rappel des rôles de chaque membre de l'équipe par rapport à la nouvelle activité.	---	Cellule environnement + équipe projet+ responsable du programme (en tant que destinataires actifs) Responsables process, achat, qualité, industrialisation, architectes 40 personnes au total.	Définition et formalisation de la nouvelle fonction et diffusion de ces informations dans les différents secteurs de l'entreprise.	F2 + D3 min.	6 7
Réalisation des inventaires.	Concrétisation de la nouvelle activité, par des interactions quotidiennes avec les fonctions habituelles de l'équipe-projet.	8 mois	« Pilote substances », cellule environnement, équipe projet, responsables d'unités de production, qualiticiens, experts matériaux et procédés.	Large diffusion des demandes au sein des différents secteurs de l'entreprise.	D3 min.	8
Diffusion des résultats intermédiaires, en interne et au constructeur.	Identification des composants critiques (contenant des substances dangereuses) et évaluation des coûts associés à leur remplacement.	2 x 2h00	« Pilote substances », cellule environnement, équipe projet, responsable programme, un commercial et l'équipe environnement du client (3 personnes).	Une partie des données collectées est issue de mesures et d'analyses validées par des laboratoires indépendants (on est proche des données « universelles »), leur diffusion concerne l'entreprise ainsi que son client.	F2 max. + D3 méd.	9 10
Elargissement du champ d'action aux fournisseurs	Augmentation du périmètre des composants investigués, formation des fournisseurs au problème des substances et à leur gestion.	4 mois	« Pilote substances », cellule environnement, acheteurs, fournisseurs.	Les informations sont diffusées de façon homogène depuis les clients jusqu'aux fournisseurs. L'entreprise investit et forme ses partenaires pour faciliter les inventaires à long terme.	D3 max. + V2 max.	11 12

Tableau 22 : Synthèse des actions du projet MCV et codification par rapport aux échelles du référentiel

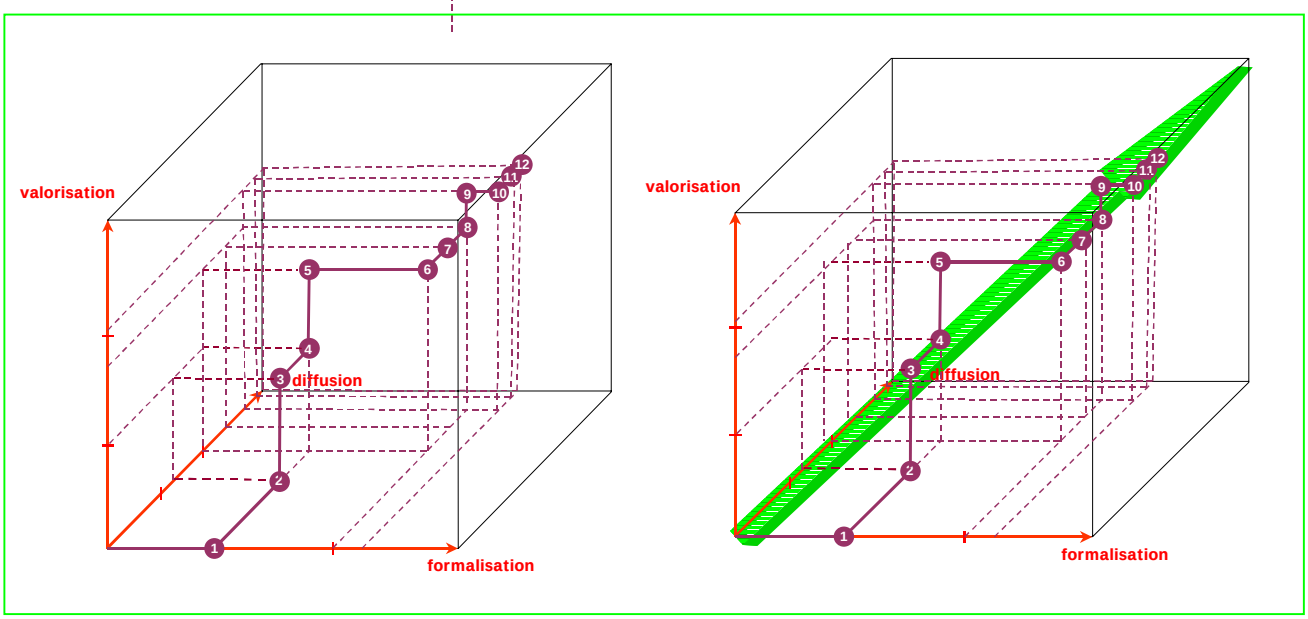


Figure 48 : Représentation du projet MCV et comparaison avec la trajectoire de référence

Cette deuxième expérimentation mettant en jeu l'outil de pilotage complet nous permet de tirer des conclusions par rapport à son utilisation et d'émettre également un certain nombre de remarques.

L'utilisation de l'outil de pilotage (composé du référentiel, de la trajectoire préférentielle et de la typologie d'actions) dans un contexte réel de gestion de projet, nous permet tout d'abord de confirmer son aptitude à influencer et à orienter un processus de création de connaissances et donc de remplir sa fonction de pilotage.

Dans ce projet, nous voulions particulièrement tester la typologie d'actions (les deux autres fonctions du référentiel ayant été déjà mises à l'épreuve au cours de la première expérimentation), et nous avons pu constater que l'idée d'une typologie d'actions pour relancer le processus de création de connaissances était un élément pertinent non seulement par le fait qu'il permet de fournir des propositions d'actions alimentant ainsi la réflexion du chef de projet en cas de dérive de trajectoire de progression, mais qu'il est également un moyen de capitalisation des différentes expériences réalisées au sein de l'entreprise. Dans son état actuel, la typologie d'actions nécessite encore d'être enrichie pour remplir pleinement son rôle.

Sous une forme simple, cette typologie d'actions représente un vivier de solutions potentielles, qu'il sera nécessaire d'alimenter mais qui représente d'ores et déjà une aide précieuse (comme nous avons pu le constater au cours de cette expérimentation). Les différents projets dont elle est issue traitent de sujets bien spécifiques et différents les uns des autres, mais sont loin d'être exhaustifs par rapport au domaine de l'environnement. De ce fait, la typologie d'actions, dans son état actuel, ne peut être adaptée à tous les contextes. Il faut plus la considérer comme un outil d'aide à la réflexion et un moyen de recherche de nouvelles actions que comme une réserve de solutions prêtes à l'emploi.

Le contexte du projet MCV est différent des autres projets réalisés par la cellule environnement, par le fait qu'il découle en partie de la demande d'un constructeur. Dans ce cadre, l'objectif de FAURECIA était, d'une part, de fournir une réponse précise au client et d'autre part de considérer ce projet en tant qu'expérience pilote, dont les résultats devront servir par la suite à étendre la réalisation des inventaires à

l'ensemble des programmes. Au départ, nous avions une connaissance très imprécise de la présence ou non de substances dangereuses dans nos produits (leur localisation, leur teneur), et peu d'orientations pour mettre en place le mode de fonctionnement permettant de mener des investigations dans les produits
La réalisation des premiers inventaires a permis de mettre en évidence un ensemble d'éléments nouveaux par rapport à la connaissance du produit siège :

- Identification de 16 références (60 pièces pour une collection de siège) contenant du Chrome VI (élément réglementé strictement par la directive VHU 2000/53/CE, à partir de juillet 2003), pour lesquelles il faudra négocier la substitution ou la modification du cahier des charges, avec le client (Cf. Annexe 3).
- L'analyse chimique des mousses PU par un laboratoire indépendant a permis d'identifier un composant interdit par la réglementation (ce qui a entraîné un changement de référence par le fournisseur).
- Détection de métaux lourds dans deux références de matière plastique (à supprimer d'ici juillet 2003).
- Identification des acteurs clés pour le déploiement futur de l'activité : acheteurs, (« matière » et « programme »), qualiticiens, chimistes (expertise produits organiques).

Par rapport à notre première expérimentation, nous confirmons également la nécessité de spécifier les correspondances des niveaux intermédiaires pour chacune des trois dimensions, afin de faire état de chaque étape de progression. Il reste cependant délicat de figer ces niveaux intermédiaires (nous avons pu voir en effet, que suivant le contexte de déroulement d'une action, certains niveaux intermédiaires - particulièrement pour la dimension *Diffusion* - pouvaient être pris en compte dans un ordre non constant) et de ce fait nous conservons volontairement notre échelle à trois niveaux de progression en laissant libre l'utilisateur de recourir aux niveaux intermédiaires.

Dans ce projet, nous avons constaté également la difficulté de codifier les actions par rapport aux graduations du référentiel. En effet, chaque action engagée se réfère très souvent à non pas une seule, mais plusieurs dimensions et il faut alors veiller à identifier les caractéristiques essentielles et à considérer avec moins d'importance les contributions accessoires.

Un point particulièrement positif de cette expérimentation par rapport à nos premières évaluations, a été la construction d'une trajectoire homogène entre les trois dimensions. Ceci a été rendu possible grâce à une attention particulière portée à l'équilibre du traitement des dimensions lors des prises de décisions du projet, mais également grâce à l'existence de la typologie d'actions. Bien que ce projet ne soit pas achevé à ce jour, nous avons remarqué chez les participants une réactivité et une appropriation du sujet plus importante que dans les projets antérieurs.

Il est particulièrement difficile de comparer l'impact de la stratégie suivie pour ce projet à celle de notre première expérimentation, du fait des contextes radicalement différents. Cependant, le projet MCV, particulièrement important tant par le nombre de personnes concernées que par sa durée de mise en œuvre, nous a permis de constater l'adhésion du personnel de l'équipe projet, ainsi qu'un début de fonctionnement en mode autonome de l'équipe programme. En effet, au fur et à mesure du développement du produit (de la définition précise des composants, des types d'assemblage ainsi que des finitions) le travail de la cellule environnement a été facilité par l'identification par les personnes du programme des composants contenant potentiellement des substances dangereuses.

Ceci nous conforte dans la position qu'axer la démarche d'intégration en privilégiant la création et l'acquisition de nouvelles connaissances par les acteurs de la conception (pris au sens large) permet d'obtenir un réel changement de perception de la part du personnel, des problèmes liés à l'environnement. En possédant les éléments pour comprendre et interpréter les demandes et les enjeux associés aux nouvelles requêtes environnementales, et en étant sensibilisé, le personnel « proche de la conception » atteint une certaine maîtrise du domaine de l'environnement et devient ainsi capable d'agir de façon autonome par rapport à son niveau de décision.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les expérimentations que nous avons réalisées ont permis dans un premier temps d'élaborer la structure d'un outil de pilotage et, dans un deuxième temps, lors de son utilisation au cours de projets spécifiques, de l'évaluer par rapport au processus de création de connaissances. Nous avons ainsi pu mettre nos hypothèses de départ à l'épreuve et porter un jugement critique sur la capacité de cet outil à influencer l'intégration de l'environnement dans l'entreprise.
Dans cette dernière partie, nous préciseront les conclusions auxquelles nous avons abouti à la suite de ces expérimentations ; nous montrerons également comment l'outil proposé permet de traduire l'évolution du domaine de l'environnement au niveau des projets, mais également au niveau de l'entreprise. Dans une deuxième partie, nous proposerons un ensemble de voies possibles permettant d'affiner l'outil de pilotage et d'en élargir le champ d'utilisation.

Conclusions

L'approche proposée s'inscrit résolument dans un processus à long terme, où l'intégration de l'environnement résulte d'un processus volontaire et maîtrisé de création de nouvelles connaissances. Cette évolution des connaissances se produit dans des situations particulières où les échanges entre les experts en environnement et les acteurs de l'entreprise sont possibles (ces situations sont décrites par AGGERI[123], comme des situations d'apprentissages croisés, où chacun des acteurs modifie ses connaissances propres, par interaction avec celles d'un domaine complémentaire).

Par rapport aux approches que nous avons décrites dans l'exposé de la problématique, nous nous situons en amont des questions de choix et d'utilisation de ressources. La question de l'intégration est donc posée ici sous l'angle des connaissances et des interactions humaines à leur origine (création, apprentissage et diffusion de connaissances, échanges fructueux entre les acteurs, intelligibilité des données, etc.) plutôt qu'en terme d'acquisition ou de manipulation de ressources techniques. Le recours à des outils spécifiques pour traiter des problèmes environnementaux est nécessaire à terme (on conçoit mal, en effet, qu'on ne puisse pas pouvoir stocker les données fondamentales de ce domaine, ni recourir à des outils pour faciliter l'exécution des tâches courantes), mais aujourd'hui, l'environnement étant un domaine particulièrement jeune et encore flou pour la majorité du personnel, il faut commencer par introduire cette notion dans l'entreprise avant de vouloir la manipuler comme un paramètre usuel.

Pour cela, sensibiliser individuellement chaque acteur est bien sûr indispensable, puisque c'est l'occasion d'expliciter la signification de l'environnement - notion polysémique - et également d'exposer les enjeux industriels et stratégiques qui y sont liés. Par ailleurs, et c'est là un élément majeur de l'intégration

[123] Cf. *op. cit.* p 64.

d'un nouveau domaine, il faut veiller à déterminer pour les différents métiers d'une entreprise, quelles sont les interactions connues (et celles qui sont probables) de l'environnement avec les tâches quotidiennes des acteurs. C'est en effet en proposant des solutions compréhensibles par les personnes (quel que soit leur métier) et en adéquation avec leurs activités que l'on pourra petit à petit, mais en profondeur, modifier les pratiques et donc intégrer l'environnement.

Notre proposition s'inscrit dans un contexte où l'environnement ne peut être considéré comme un paramètre de conception habituel du fait, d'une part de la difficulté de définition de cette notion, et d'autre part, du manque de connaissances techniques associées à son utilisation dans l'industrie. Ainsi, à défaut de posséder un corpus de connaissances validées empiriquement ou scientifiquement, l'entreprise qui veut agir aujourd'hui dans ce domaine, se doit de créer ses propres connaissances, ses propres références.

Notre problématique portait sur les moyens d'intervention à mettre en œuvre pour intégrer l'environnement en s'appuyant sur un processus de création de connaissances. Nous avions en effet identifié un manque important entre les propositions théoriques issues du champ des connaissances et leur mise en application. Pour répondre à cette situation, nous avons proposé d'utiliser un outil de pilotage du processus de création de connaissances doté de fonctions de suivi, d'analyse et de régulation. Après une première phase de construction, nous avons mis cet outil à l'épreuve lors d'expérimentations (qui ont permis de tester ses différentes composantes par une utilisation au sein de projets concrets).

Dans un premier temps, nous avons utilisé le référentiel comme moyen de transcription du déroulement de deux projets, ce qui nous a permis d'aboutir à une validation de notre première hypothèse concernant les capacités de suivi et d'analyse de l'outil. Dans un deuxième temps, après avoir constitué une première typologie d'actions, nous avons testé l'outil dans son ensemble, au fur et à mesure de l'évolution d'un projet. Nous avons ainsi pu valider l'utilité de la fonction de régulation mais également la nécessité d'enrichir cette typologie afin de la rendre plus pertinente encore et d'élargir son champ d'application aux nombreuses disciplines du domaine de l'environnement.

Au sein du référentiel, chaque segment de progression traduit une action impliquant des personnes de la cellule environnement et d'autres acteurs des différents services de l'entreprise, et représente une situation d'apprentissage de connaissances. L'enchaînement des actions correspond alors à une suite d'apprentissages qui permettent de passer progressivement d'un état initial où les connaissances sont inexistantes et où l'entreprise n'a aucune expérience du domaine considéré, vers l'état final (état pour lequel l'intégration est accomplie), où l'entreprise est parvenue à faire du domaine en question, un axe de développement de son activité.

Pour la dimension « *Formalisation* », le niveau ultime n'a, au cours des expérimentations, jamais été complètement atteint. Tel que nous avons défini ce dernier niveau sur l'échelle du référentiel, cette situation n'a rien de surprenant aujourd'hui, puisqu'il n'existe que peu de données théoriques totalement validées (c'est particulièrement le cas pour le recyclage et pour la méthode ACV, malgré ses bases scientifiques). Il faut tenir compte de cette limite et considérer le niveau ultime de cette dimension, comme un niveau fluctuant en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques du domaine de l'environnement. Le niveau ultime de cette dimension ne pourra être atteint, dans l'état actuel des choses, que par un accroissement cumulé des connaissances empiriques et des connaissances scientifiques, accroissement qui doit être assumé équitablement par les entreprise et le monde de la recherche.

Pour la dimension « *Diffusion* », les trois projets décrits dans ce document ont montré qu'il était possible d'atteindre le niveau le plus favorable à l'intégration. Il n'y a donc pas de difficulté majeure associée à cette dimension, mais il faut veiller cependant à ne pas la négliger pour autant, et fournir des efforts constants d'adaptation des connaissances en fonction des interlocuteurs visés.

Pour la dimension « *Valorisation* », nous avons pu constater que le dernier niveau, est particulièrement difficile à atteindre, car les sources de profit d'une entreprise sont en général bien connues. En identifier de nouvelles nécessite de prendre le temps d'analyser avec rigueur et méthode la situation afin de s'intéresser à toutes les possibilités permettant de transformer en opportunité les éléments nouveaux qui, de prime abord, ressemblent souvent à des contraintes supplémentaires. Malgré la difficulté de cette tâche, elle doit rester l'objectif principal à atteindre pour permettre d'intégrer l'environnement de façon pérenne dans l'entreprise.

Une autre propriété particulièrement intéressante de cet outil est, qu'en plus de sa capacité à transcrire l'évolution des connaissances au niveau des projets (niveau micro pour l'entreprise), il permet de suivre l'évolution du domaine de l'environnement au sein de l'entreprise. L'évolution des connaissances pour chaque projet nous a amené à élargir systématiquement notre champ d'investigation, et à prendre en compte des domaines ayant un impact de plus en plus important sur les produits et sur l'entreprise. Ainsi, notre intervention initialement motivée par des interrogations sur la recyclabilité des produits en fin de vie, a évolué progressivement (et suite à nos premières investigations), pour s'orienter vers le cycle de vie complet des produits (études ACV). Nous avons par la suite commencé à concrétiser cette prise en compte du cycle de vie en initiant dans l'entreprise et au niveau de la filière des fournisseurs de FAURECIA, le suivi et le contrôle des substances dangereuses dans les produits. Les connaissances créées permettent ainsi d'appréhender le domaine de l'environnement avec un plus de précision à chaque nouveau projet.

L'outil permet de mettre en évidence non seulement une évolution des connaissances au niveau micro mais également à un niveau plus global (niveau macro) correspondant à l'organisation même de l'entreprise. Les activités de création et d'apprentissage de connaissances permettent en définitive de favoriser l'intégration de la notion d'environnement de deux manières différentes : non seulement en faisant évoluer les connaissances et les pratiques des équipes projets, mais également en modifiant l'organisation de l'entreprise par une légitimation progressive des acteurs en environnement produit. On assiste dans cette évolution à la construction pas à pas du métier « environnement produit ».

A ce jour, nous avons mené des investigations dans trois sous-domaines de l'environnement (recyclage des produits en fin de vie, analyses de cycle de vie, et contenu en substances dangereuses). Fort de ces premières expériences, nous pouvons affirmer que l'entreprise a très nettement évolué sur ces sujets (d'autant plus qu'aucune activité régulière n'existait en la matière chez FAURECIA avant notre intervention). Aujourd'hui, au vu des résultats obtenus, les travaux complémentaires doivent s'orienter à court terme vers une intégration des aspects « éco-conception » pour s'engager petit à petit vers une vision de l'environnement à la fois plus globale et plus stratégique respectant les principes du Développement Durable. Malgré cet infléchissement des visions de l'environnement (qui convergent inéluctablement, à notre sens, vers la notion de Développement Durable), il nous semble important de préciser un risque intrinsèque à l'intégration multi-facette de la notion d'environnement : La prise en compte progressive des différents domaines constitutifs de l'environnement (qui s'inscrit nécessairement dans le long terme) ne doit pas

masquer le fait que l'intégration d'un domaine donné (le recyclage en fin de vie, par exemple) a une durée de vie relativement faible (de l'ordre de l'année) et que seule une action continue (et non pas événementielle) peut en assurer la validité.

Ainsi d'un point de vue industriel, ces travaux ont permis d'une part d'être à l'origine de la création de connaissances environnementales contextualisées par rapport à l'entreprise et à ses produits, et également de montrer que l'outil proposé permettait le pilotage réel du processus de création de connaissances par le suivi (assuré par le référentiel avec ses axes gradués), l'analyse (assurée par la stratégie de progression préconisées couplée au référentiel) et la régulation de ce processus (assurée par la typologie d'actions). D'autre part, il apparaît que l'utilisation de cet outil favorise l'intégration de l'environnement en indiquant la direction à suivre pour continuer l'intégration des autres sous-domaines de l'environnement pertinents par rapport aux activités de l'entreprise.

Du point de vue de la recherche, et dans l'optique d'une réutilisation de l'outil pour d'autres domaines (tels que l'ergonomie, la sécurité, la fiabilité, ...) il sera nécessaire de prendre quelques précautions. Notre situation privilégiée au sein des Etudes Avancées en Recherche et Développement (constituée d'un Bureau d'Etudes et d'une équipe d'ingénieurs produits) a indubitablement influencé notre point de vue et notre vision des problèmes tout au long de ces travaux. De ce fait, un certain nombre de résultats doivent être contextualisés afin de rester pertinents lors d'une réutilisation de l'outil :

- A propos des **axes du référentiel** : Si les dimensions *Valorisation* et *Formalisation* sont relativement génériques, la dimension *Diffusion*, elle, nécessite d'être spécifiée par rapport à chaque contexte d'utilisation - l'ordre d'implication des différents secteurs de l'entreprise en matière de diffusion des connaissances est, en effet, particulièrement lié au mode d'organisation de l'entreprise.
- Concernant la **stratégie de progression** de référence, les précautions à prendre sont du même ordre, à savoir que sa définition doit tenir compte du domaine à intégrer, du secteur industriel ainsi que de la taille et des modes de fonctionnement de l'entreprise.
- Pour la **typologie d'actions**, il nous semble qu'un regroupement des propositions en fonction de leur pouvoir régulateur doit permettre d'en faciliter la lecture et donc l'utilisation.
- Enfin, la **dimension temporelle** doit rester présente à l'esprit de l'utilisateur de l'outil tant en ce qui concerne l'articulation des différentes phases d'intégration d'un domaine complexe (tel que l'environnement, constitué d'une multitude de sous-domaines) qu'en ce qui concerne le « vieillissement » naturel des connaissances (obsolescence due à l'évolution des connaissances en matière d'environnement ainsi qu'à l'évolution du contexte industriel du traitement des produits[124]). Ainsi, un domaine considéré comme intégré à un instant donné, doit ensuite faire l'objet d'un suivi régulier afin de conserver toute sa pertinence.

[124] Dans le domaine de l'environnement, cette obsolescence peut être particulièrement rapide et la durée de validité de certaines connaissances - dans les filières de valorisation, par exemple – peut ne pas excéder quelques mois.

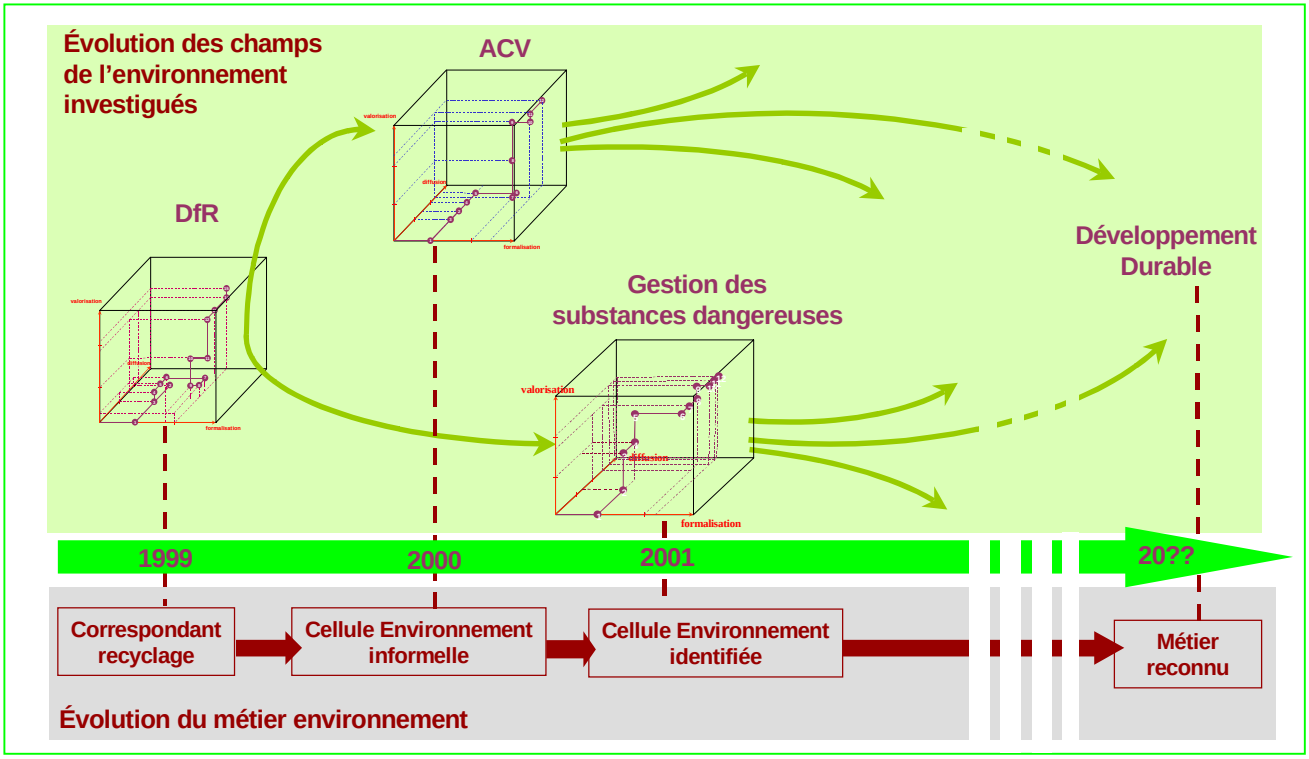


Figure 49 : Construction du métier environnement produit

Perspectives

L'expérience acquise lors de l'utilisation de l'outil de pilotage dans des conditions réelles de projet a permis de mettre en évidence plusieurs points dont l'amélioration pourrait renforcer sa pertinence. En effet, bien que l'outil dans son état actuel représente une aide réelle pour l'intégration de l'environnement, certaines de ses composantes méritent d'être affinées. Nous aborderons successivement les perspectives de recherche concernant les composantes de l'outil de pilotage, puis celles concernant son utilisation proprement dite.

La première voie d'amélioration possible concerne les échelles du référentiel. Nous avons pu voir qu'il existait des écarts entre la précision des échelles initiales proposées et les besoins identifiés lors de la transcription des actions d'un projet. Il nous paraît intéressant, à l'avenir, que chaque nouveau projet soit considéré comme un élément d'amélioration des échelles existantes, et que des efforts soient faits pour rechercher des graduations fines des échelles et en évaluer l'utilité lors des phases de transcription. L'augmentation du niveau de précision des échelles du référentiel doit permettre, à terme, de fiabiliser complètement la phase de transcription.

La deuxième voie de d'amélioration concerne la stratégie de progression de référence. Dans ces travaux, nous nous sommes en effet appuyés sur une extrapolation dans un espace à trois dimensions de la proposition que MACK avait formulé pour un espace à deux dimensions. Nous pensons que ce point doit pouvoir être approfondi, afin de déterminer s'il existe d'autres stratégies possibles. Il serait ainsi intéressant de définir un moyen d'identification des stratégies préconisées, en fonction du type de structure

organisationnelle et de la taille de l'entreprise concernée, mais également en fonction des interactions probables du domaine à intégrer avec les pratiques courantes. Dans ce sens, les travaux de JORNA[125] (qui met en relation un type précis de connaissances chaque type d'organisations dans l'entreprise) sont une piste intéressante de réflexion. La recherche d'une adéquation entre la nature de la stratégie de référence et le type de projet (interne, multi-clients, en avance de phase ou en développement) pourrait déboucher sur de nouvelles propositions, et sur une précision accrue du modèle à utiliser.

La troisième voie d'amélioration des composantes de notre outil concerne la typologie d'actions. Nous avons pu voir à travers notre deuxième expérimentation, qu'elle représentait d'ores et déjà une aide pour relancer le processus de création de connaissances. Cependant, et afin d'élargir son champ d'action, il nous semble quelle gagnerait à être enrichie par d'autres expérimentations à la fois dans le domaine de l'environnement (au travers de projets d'éco-conception et/ou de management environnemental) et dans d'autres domaines. Il y a donc un intérêt fort à poursuivre les expérimentations et à les démultiplier tout en cherchant à définir un mode de hiérarchisation des actions en fonction de leur pouvoir régulateur. Cette dernière action devrait permettre d'affiner l'usage de l'outil, particulièrement vis à vis d'utilisateurs n'ayant pas d'expérience antérieure son utilisation.

Toujours dans le soucis de faciliter l'utilisation et la diffusion de cet outil, une amélioration de l'interface de représentation graphique (automatisation ou informatisation) nous semble à terme également incontournable.

Concernant l'utilisation de l'outil de pilotage, il serait intéressant de chercher à préciser la dimension temporelle liée à son utilisation. L'accroissement des connaissances résulte, en effet, d'un processus à long terme et dépend des domaines de l'environnement que l'entreprise choisit de privilégier (recyclage, analyses de cycle de vie, démontabilité, allègement, contenu énergétique des produits, rendements de productivité des matières premières utilisées dans la fabrication des produits, contenu en substances dangereuses, etc).

Une telle formalisation de la dimension temporelle liée à l'utilisation de l'outil, permettrait par ailleurs de préciser les deux niveaux d'utilisation de cet outil : à la fois outil de pilotage à un niveau « micro » pour l'entreprise (correspondant à l'échelle de chaque projet engagé sur le thème de l'environnement, comme nous l'avons montré lors des expérimentations) et également outil de pilotage à un niveau « macro » (correspondant à la progression de l'environnement depuis un état ignoré vers un état d'intégration dans toute l'entreprise), donnant une vision globale sur le long terme, de l'ensemble des projets menés par rapport à l'objectif qu'est l'intégration. Cela permettrait alors de mieux visualiser le cheminement parcouru par l'entreprise mais aussi de mieux planifier les actions à engager afin de s'orienter progressivement mais sûrement vers le Développement Durable. Nous nous attacherons, dans les années à venir et au sein de l'entreprise FAURECIA[126], à agir dans ce sens en poursuivant les actions engagées.

Les travaux que nous avons menés relèvent du domaine de « l'environnement produits » en milieu industriel (par opposition à environnement site – ISO 14 001). Nous pouvons cependant dire que les éléments

---

[125] Cf. *op.cit.* p 101.

[126] Arrivé à échéance, ce contrat CIFRE s'est soldé par une poursuite de notre collaboration avec FAURECIA, au sein de la division R&D - sur les questions d'intégration de l'environnement - par le biais d'une embauche en contrat à durée indéterminée.

apportés dans les résultats de cette recherche ne sont pas spécifiques, dans leur forme, à l'environnement. En effet, se rattachant au champ de recherche des connaissances, de leur création et de leur appropriation par apprentissage, il nous semble qu'ils pourraient être ré-exploités pour d'autres domaines émergents dans les entreprises. Ainsi, une recherche sur les possibilités d'utilisation de cet outil de pilotage dans d'autres disciplines que celle de l'environnement, permettrait d'en assurer la validation définitive. Lors d'une telle réutilisation, il faudra veiller à bien définir le contexte motivant l'intérêt de l'entreprise pour la nouvelle discipline : notre outil est, en effet, particulièrement adapté à l'intégration d'une discipline ou d'un domaine issu d'une demande réglementaire (cette demande étant perçue de prime abord comme une contrainte par l'entreprise), ou correspondant à un effet de la pression concurrentielle. Pour chaque contexte de réutilisation, il faudra également veiller à bien différencier les apports au niveau « micro » de ceux au niveau « macro », en commençant par proposer une représentation globale, avant de préciser dans le détails des projets à mettre en œuvre le déroulement du processus d'intégration.

BIBLIOGRAPHIE

[ADEME 99] **ADEME**, Conception de produits et environnement – 90 exemples d'éco-conception, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie Editions, ISBN 2-86817-5 Paris, 1999.

[AGGERI et al. 97] **AGGERI F., HATCHUEL A.,** Les instruments de l'apprentissage, dans Du mode d'existence des outils de gestion, sous la direction de J.C. MOISDON, pp 216-247, 1997.

[A.G. 01] **A.G.**, Véhicules Hors d'Usage : les Allemands provisionnent, Les Echos 23 et 24 mars 2001.

[ALSENE et al. 93] **ALSENE E., LEFEBVRE L.**, Gestion du changement technologique et approche globale : évaluation de la pratique de quatre entreprises, Congrès international de Génie industriel, Marseille, p21 à 30, décembre 1993.

[ARGYRIS et al. 78] **ARGYRIS C., SCHÖN D.**, Organizational Learning : a theory of action perspective. Adison Wesley, Reading, Mass, 1978.

[ARGYRIS 96] **ARGYRIS C.**, Des routines défensives qui limitent l'apprentissage, Apprentissages formels et informels dans les organisations, Collection dossiers documentaires, éditions Anact, p261-263, 1996.

[AYRES 98] **AYRES R.**, Turning point : Th end of the growth paradigm, Earth Scan Press, 1998.
www.csf.colorado.edu/authors/Ayres.Robert.html

[BARIL-GINGRAS 99] **BARIL-GINGRAS G.**, Des théories implicites (et explicites) du changement des ergonomes français et québécois, L'ergonome et les compétences, les compétences de l'ergonome, journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie, Université Victor Segalen Bordeaux 2, mars 1999.

[BELLEMARE 91] **BELLEMARE M.**, Les recommandations en conception de systèmes industriels : le cas de la modernisation d'un atelier de traitement de surface, Colloque : les recommandations en ergonomie : constat et devenir, Orsay , juillet 1991.

[BEROUILLON et al. 88] **BEROUILLON A., CERRUTTI O.**, Implanter et gérer la qualité totale, Les Editions d'Organisations, 1988.

[BISTAGNINO et al. 99] **BISTAGNINO L., LANZAVECCHIA C.**, Concurrent Ecodesign : an environmental friendly approach, Journée conférence-débat « Management environnemental de l'entreprise », organisée par Faurecia et Laboratoire CPNI Ensam Paris, 1999.

[BMW 98] **BMW Standard** : Environmental Capability of Products, S 113-99.O (Recycling Motor Vehicles : recycling-optimized vehicle design), S113-89.0 (prohibited and mandatory declaration substances in materials and components, in process materials and auxiliary materials), July 1998.

[BOSWELL 99] **BOSWELL B.**, Design for disassembly : Seating solution competition, Automotive and Transportation Interiors, September 1999.

[BOUNI 98] **BOUNI C.**, L'enjeu des indicateurs du développement durable. Mobiliser des besoins pour concrétiser des principes, Natures Sciences Sociétés, Vol. 6 n° 3, p18-26, 1998.

[BOURDIER 00] **BOURDIER P.**, Animation et pilotage de l'éco-conception sur un projet véhicule chez Renault, résultats et bilans en 2000, Journée Priméca « Méthodes de conception, outils et systèmes de management pour l'intégration de l'environnement », Ensam Chambéry, 16 novembre 2000

[BOURGEON 01] **BOURGEON L.**, Nouveaux produits, temps et apprentissage organisationnel, Revue Française de Gestion, p 103-111, janvier-février 2001.

[BRAS 97] **BRAS B.,** Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization, Industry and Environment, Product Design and the Environment, United Nation Environment Program Industry and Environment (UNEP/IE), Vol. 20 N°1-2, p 7-13, Paris, 1997.

[BRAUER et al. 98] **BRAUER S., MASSBERG W., SCHNAUBERH., WEIGT D**., Pilotstudie zum Recycling von Altautositzen, Konstruktion, n°50, P57-61, 1998.

[BRUNDTLAND 87] **BRUNDTLAND G**., Our common future : the word commission of environment and development, Oxford University Press, UK, 1987.

[BULLINGER et al. 94] **BULLINGER H-J., WARSCHAT J., BOPP R., WÖRNER K.**, Methods and tools to support Design for Recycling, Proceedings of the second international seminar on life-cycle engineering, october 10-11 1994, Erlangen, Meisenbach Verlag, Bamberg p106-127, 1994.

[BULLINGER et al. 96] **BULLINGER H-J., WARSCHAT J., BOPP R., WÖRNER K.**, Approaches to product life-cycle cost estimation in concurrent engineering, Proceedings of the 3rd International Conference on Concurrent Engineering & Electronics design automatism, Robinson College, Cambridge, United Kingdom, April 10-12 1996.
http://www.rdm.iao.fhg.de/projekte/toproco/publications/ceepapers.html

[CABIN 01] **CABIN Ph.**, Piloter le changement ou apprendre à changer ?, Sciences Humaines n° 114, mars 2001.

[CAILLAUD et al. 01] **CAILLAUD E., GOURC D., FUMEY M., DOLMIERE D., ALDANONDO M.**, Enseigner les méthodes d'analyse et de conception en école d'ingénieurs, Vers l'apprentissage par problèmes, 4ème Congrès International de Génie Industriel, Marseille, France, juin 2001.

[CAZAMIAN et al. 96] **CAZAMIAN P., HUBAULT F., NOULIN M.** (sous la direction de), Traité d'ergonomie, Editions OCTARES, p193-194, nouvelle édition actualisée 1996.

[CEE 00] **European Commission**, Green Paper on the Contribution of Product-Related Environmental Plicy to Sustainable Development, A Strategy for an Integrated Product Policy Approach in the European Union, 2000.

[CHARRETTE et al. 99] **CHARRETTE L., CHERY O., BOLY V., MOREAU B.**, Vers une démarche intégrée qualité sécurité environnement, 6ème Séminaire CONFERE, ISTIA Angers, p225-233, juillet 1999.

[CHARTER et al. 01] **CHARTER M., YOUNG A., KIELKIEWICZ-YOUNG A., BELMANE I.**, Integrated Product Polycy and Eco-development, in Sustainable Solutions, Developping products and services for the future, The Center for Sustainable Development, ISBN 1874719-36-5, February 2001.

[CHARUE et al. 94] **CHARUE F., MIDLER Ch.**, Apprentissage organisationnel et maîtrise des technologies nouvelles, Revue Française de Gestion, Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises, N°, p 84-91, 1994.

[CHERY 99] **CHERY O.**, Vers une intégration des approches qualité, environnement et sécurité, Congrès International QUALITA, p 281 à 289, 1999.

[CMED 88] **CMED**, Rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement – Notre avenir à tous, Ed du Fleuve, Montréal, 1988.

[COBAS-FLORES et al. 98] **COBAS-FLORES E., BUSTANI A., YESTER S.G., SULLIVAN J. L., WILLIAMS R. L.**, An analysis of the End-of-life in the United States, Total Life Cycle Conference, Society of Automotive Engineers, ref : 982213, p393-401, 1998.

[COPPENS et al. 98] **COPPENS C., LE COQ M., MILLET D., MICHAUD P.**, Design for recycling methodology, Proceedings of the 27th FISITA World Automotive Congress, Paris, 27 september- 1st october 1998.

[COPPENS 99] **COPPENS C.,** Méthode de conception en vue d'optimiser la valorisation des véhicules hors d'usage, Thèse de doctorat de l'ENSAM Paris, 1999.

[DANIELLOU 95] **DANIELLOU F.**, L'ergonome et les compromis. In CHAPAT V. (Ed.) : L'ergonome et les compromis. Journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie. Bordeaux : Université Victor Ségalen Bordeaux 2, p 9-18, 1995.

[DE CALUWE 97] **DE CALUWE N.**, Eco tools Manual, a comprehensive review of Design for Environment tools, 1997.
http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/pubs/dfe33/ecotools.html

[DEEDS 98] **DEEDS** (Design for Environment Decision Support) : Ecodesign navigator, The ecodesign toolbox, 1998.
http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/deeds.html

[DEVISE et al. 01] **DEVISE O., VAUDELIN J-P.**, Evaluation et organisation de la performance collective dans une entreprise industrielle, 4ème Congrès International de Génie Industriel, Marseille, France, juin 2001.

[DOC. 94] **La Documentation Française** , La planète Terre entre nos mains, Guide pour la mise en œuvre des engagements du sommet planète Terre (conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement Rio de Janeiro juin 1992), ISBN 2-11-003144-1, Août 1994.

[DUBOTS 98] **DUBOTS P.**, un outil d'aide à la conception de produits, Techniques de l'ingénieur, G 6100, 1998.

[DURANCEAU et al. 98] **DURANCEAU C., WINSLOW G., SAHA P.**, Recycling of automotive seat foam : accoustics of post consumer rebond seat foam for carpet underlayment application, SAE, 1998.

[EC 00] **European Commission,** Directive Européenne relatives aux Véhicules Hors d'Usage, octobre 2000.

[EC 00] **European Commission**, Green Paper on the Contribution of Product-Related Environmental Plicy to Sustainable Development, a strategy for an Integrated Product Policy approach in the European union, 2000.

[EHRENFELD 97] **EHRENFELD J.**, Implementing Design for Environment, A primer guide developped by Digital Equipment and The Massachusetts Institute of Technology program on Technology, Business & Environment, 1997.

[ELLER 99] **ELLER B.**, End-of-life vehicle disposal issues affect interior material substitution, Automotive and Transportation Interiors, September 1999.

[ENGELBORGHS 96] **ENGELBORGHS E.**, Total Product Life-cycle Cost Estimation (TOPROCO), Proceedings of the InterSymp-96, Baden-Baden Germany, 14-18 August 1996.
http://www.rdm.iao.fhg.de

[ERKMAN 98] **ERKMAN S.**, Vers une écologie industrielle, comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle, Charles Leopold Mayer, 147 p, 1998.

[FORAY 00] **FORAY D.**, L'économie de la connaissance, Collection Repères, Edition La Découverte, 2000.

[FOULARD 94] **FOULARD C.**, la modélisation en entreprise, Edition Hermes, 1994.

[FROSH 99] **FROSH A. R.**, Sustainability Engineering, The Bridge, Washington DC, National Academy of Engineering, Vol. 29, N° 1, Spring 1999.

[GANIER 00] **GANIER M.**, Premières réflexions concernant la prise en compte de l'environnement au niveau de la conception des produits (CETIM), Journée Priméca « Méthodes de conception, outils et systèmes de management pour l'intégration de l'environnement », Ensam Chambéry, 16 novembre 2000

[GAUCHERON 00] **GAUCHERON T.,** Intégration du recyclage en conception, Le modèle produit : un outil descriptif et cognitif dans le processus de prise en compte du recyclage, Thèse de doctorat de l'INP de Grenoble, mars 2000.

[GIROUD 99] **GIROUD G.**, Conception, le benchmarking chez un équipementier automobile, Instantanés Techniques, Septembre 1999.

[GODARD 94] **GODARD O.**, Le development durable : paysage intellectuel, Dans Natures Sciences Sociétés, Editions Dunod, vol. 2, ISSN 1240-1307, p 309-322, 1994.

[GOGGIN 95] **GOGGIN P.**, An appraisal of ecolabelling from a design persepective, Design Studies, Vol 15, N°4, 1995.
www.mcaloone.com/environment/eco2.htm

[GOUSTY 98] **GOUSTY Y.**, Le génie industriel, Que sais-je, PUF, Paris, 1998.

[GRAEDEL et al. 95] **GRAEDEL T.E., ALLENBY B.R.**, Industrial Ecology, AT&T, New Jersey : Prentice Hill, 1995.

[GRAEDEL 99] **GRAEDEL T. E.**, Industrial Ecology and the Ecocity, The Bridge, Washington DC, National Academy of Engineering, Vol. 29, N° 4, Winter 1999.

[GRUNDSTEIN 98] **GRUNDSTEIN M.**, La capitalisation des connaissances de l'entreprise, système de production de connaissances, l'Entreprise apprenante et les sciences de la complexité, 1998.
www.multimania.com/veille/connaissances.htm

[GUERIN 96] **GUERIN F.**, Synthèse, Evolution et innovation en ergonomie : colloque ADEO, Orsay, mai 1996.

[GUERIN et al. 1997] **GUERIN F., LAVILLE A., DANIELLOU F., DURRAFFOURG, KERGUELEN A.**, Comprendre le travail pour le transformer, La pratique de l'ergonomie, Editions ANACT, ISBN 2-903540-85-3, mars 1997.

[GUEZEL 00] **GUEZEL J-C.**, Le génie électrique sert l'environnement, Dépollution, Industries et Techniques n°815, mai 2000.

[HATCHUEL 96] **HATCHUEL A.,** Apprentissages collectifs et activités de conception, Apprentissages formels et informels dans les organisations, Collection dossiers documentaires, éditions Anact, p187-199, 1996.

[IDIS 99] **IDIS**, International Dismantling Information System, version commerciale 2.0, janvier 1999.

[IISD 99] **BAKKER D., BRICK T.**, Design for Environment Technique, Broader persperctive – sustainable production and consumption, 1999.
http://iisd.ca/business/designenvironment.htm

[INGHAM et al. 00] **INGHAM M., MOTHE C.**, Les coopérations en recherche et développement, Les déterminants de l'apprentissage organisationnel, Revue Française de Gestion, p71-79, janvier-février 2000.

[ISHII 97] **ISHII K.**, Design for recycle modularity, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 1997.
http://www-mml.stanford.edu/research/projects/summary/dfe/dfe.html

[JACKSON 98] **JACKSON J. M.**, Entre situations de gestion et situations de délibération, l'action de l'ergonome dans les projets industriels, Collection Thèses & Mémoires, Laboratoire d'ergonomie des systèmes complexes, Université Victor Segalen, Bordeaux 2, 1998.

[JACQUESON et al. 01] **JACQUESON L., MILLET D., AOUSSAT A.,** Integration of the Environment in the product design process : Proposal for a Learning Driving Tool, International Symposium on Management of the indutrial and corporate knowledge, ISMICK'01, Compiègne, France, 22-24 octobre 2001.

[JACQUESON et al. 01_a] **JACQUESON L., MILLET D., MINEL S., AOUSSAT A.,** Intégration de l'environnement en conception par apprentissage : Proposition d'un outil de pilotage, Journée thématique AIP-PRIMECA de Grenoble, ENSHMG Laboratoire 3S, Grenoble 22 mai 2001.

[JACQUESON et al. 01_b] **JACQUESON L., MILLET D., AOUSSAT A.,** Démarche de prise en compte de la qualité environnementale des produits chez un équipementier automobile, 4° Congrès International Pluridisciplinaire Qualité et Sûreté de Fonctionnement, QUALITA 2001, Annecy, 22 & 23 mars 2001.

[JANIN 00] **JANIN M.,** Démarche d'éco-conception en entreprise, un enjeu : construire la cohérence entre outil et processus – Thèse de doctorat, ENSAM Chambéry, 323 p., 2000.

[JOHNSON 97] **JOHNSON R. F.**, Using DFA to enhance value engineering/value analysis, 12th Annual International Forum on DFMA, Newport, USA, June 1997.

[JORNA 01] **JORNA R.**, Knowledge types and organizational forms in Knowledge Management, International Symposium on Management of the indutrial and corporate knowledge, ISMICK'01, Compiègne, France, 22-24 octobre 2001.

[KAILA 98] **KAILA S., HYVARINEN E**., Integrating Design for Environment into the product design, Nokia Ressource Center, Finland, 1998.

[KINCAID et al. 00] **KINCAID L.E., GEIBIG J., MILER W., SPARKS J**., Life-cycle management in the automotivesupply chain : resultsof a survey of saturn tier 1 suppliers, Total Life Cycle Conference, Society of Automotive Engineers, ref : 2000-01-1469, p 1-6, 2000.

[KOENIG 94] **KOENIG G.**, L'apprentissage organisationnel : repérage des lieux, Dossier : l'apprentissage organisationnel – pratiques et théories, Revue Française de Gestion, Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises, N°97, p76-83, 1994.

[LAWRENCE 98] **LAWRENCE P. R**., Design for Environment (DfE) Process and training at Ford Motor Company, Total Life Cycle Conference, Society of Automotive Engineers, ref : 982204, p307-311, 1998.

[LAZZARI et al. 00] **LAZZARI S., LEVIZZARI A.**, Life cycle costing as a new tool matching economical and environmental evaluations : the experience on a real case study, Life Cycle Conference, SAE, 2000.

[LEBORGNE 98] **LEBORGNE R**., De l'usage des analyses de cycle de vie dans l'industrie automobile, Thèse de doctorat de l'ENSAM Paris, 1998.

[LEE 97] **LEE C-H.**, Management of scrap car recycling, in Resources, Conservation and Recycling, n° 20, p207-217, Elsevier Editor, 1997.

[LEGARDEUR et al. 01] **LEGARDEUR J., BOUJUT J-F, TIGER H.**, ID² : un outil pour l'innovation produit/process, Application dans le domaine des pièces composites, 7ème Colloque national sur la conception mécanique intégrée, PRIMECA '01, La Plagne avril 2001.

[LEGUAY 96] **LEGUAY V.**, Ergonomie et conception d'un produit scientifique : un casque avec viseur/visuel pour pilotes d'avions d'armes, Evolution et innovation en ergonomie : Colloque ADEO, Orsay, mai 1996.

[LICHTENBERGER 99] **LICHTENBERGER Y.**, Synthèse des journées, L'ergonome et les compétences, les compétences de l'ergonome, Journées de Bordeaux sur la pratique de l'ergonomie, Université Victor Segalen, Bordeaux 2, mars 1999.

[McAULEY 99] **Mc AULEY J.**, Environmental trends influencing automotive interior design, Automotive and Transportation Interiors Expo Conference 1999.

[MACK 95] **MACK M.,** L'organisation apprenante comme système de transformation de la connaissance en valeur, Organisations et Savoirs, Revue Française de Gestion, septembre-octobre, 1995.

[MARONNAT-GEFFROY 99] **MARONNAT-GEFFROY B.**, Approche pratique de deux visions du management de la qualité présumées opposées, Congrès International QUALITA, p 427-433, 1999.

[MEIRIEU 96] **MEIRIEU Ph.**, Objectif, obstacle et situations d'apprentissage, Apprentissages formels et informels dans les organisations, éditions Anact, p29-36, 1996.

[MEYER 98] **MEYER J-M.**, La bataille de l'éco-conception commence, L'Usine Nouvelle, Environnement, n° 2640, mai 1998.

[MILLET 95] **MILLET D.**, Prise en compte de l'environnement en conception : Proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et les rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie, Thèse de doctorat, ENSAM Paris, 180p, 1995.

[MILLET et al. 00] **MILLET D., JACQUESON L., BOILEAU Y., AOUSSAT A.,** Prise en compte de l'environnement en conception : quel processus pour intégrer une notion floue dans un univers hyper contraint ?, Journée PRIMECA Méthodes de conception, « Outils et Systèmes de management pour l'intégration de l'environnement », Ensam Chambéry, 2000.

[MILLET et al. 01] **MILLET D., BISTAGNINO L., CAMOUS R., AOUSSAT A.**, Etat des lieux des outils méthodologiques environnementaux : proposition d'une nouvelle classification basée sur les niveaux de transformation de l'entreprise, 4ème Congrès International de Génie Industriel, Marseille, France, juin 2001.

[MINTZBERG et al. 92] **MINTZBERG H., WESTLEY F.**, Cycles of Organizational Change, Strategies Management Journal, Vol. 13, 39-59, 1992.

[MORAN 99] **MORAN T.**, To recycle, or not to recycle ?, Edicts, economics and end-of-life technology all push interior recycling today, but is it truly viable? Automotive & Transportation Interiors, November 1999.

[NONAKA 88] **NONAKA I.**, Toward Middle-up-down management : Accelerating information creation, Sloan Management Review Vol. 29, n°3, p 9-18, spring 1988.

[NONAKA 94] **NONAKA I.**, A dynamic theory of organizational knowledge creation, Organization Science Vol. 5, n°1, February 1994.

[NONAKA et al. 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.

[O'HARA P. et al. 95] **O'HARA P., CARTER J., WISSER L., DELINGER I., LLOYD J.**, Design for Environment, Safety and Health (DFESH) Implementation Strategy for the Semiconductor Industry, SEMATECH, 1995.

[PERRIN 99] **PERRIN J.**, Diversité des représentations , Pilotage et évaluation des processus de conception, L'Harmattan, ISBN : 2-7384-7579-5, avril1999.

[PERSONNE 98] **PERSONNE M.**, Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI : Evaluation des performances environnementales, Thèse de doctorat, INSA Lyon, 1998.

[POLANYI 83] **POLANYI M.**, The Tacit Dimension, Gloucester, Mass., Peter Smith, réédition, Library of Congress, USA (1966), 1983.

[POYNER et al. 95] **POYNER J. R., SIMON M.**, Integration of DFE tools with product development, Design for Environment Research Group, Manchester Metropolitan University, 1995.
http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk

[POYNER et al. 96] **POYNER J. R., SIMON M.**, Integrating environmental information into a designer's cognitive processes using an ecodesign expert system, Design for Environment Research Group, Manchester Metropolitan University, 1996.
http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk

[PRAX 98] **PRAX J-Y.**, Production et usage de la connaissance dans l'entreprise, NTIC et ingénierie de la connaissance collective, Document numérique, vol. 2, n°1/1998, p 9 à 22.

[PROBST et al. 1992] **PROBST G., BRUGGIMANN O. , MERCIER J-Y, RAKOTOBARISSON A.**, Gérer le changement organisationnel, Les Editions d'Organisation, 1992.

[PSA 99] **PSA**, Rapport Environnemental du groupe PSA, 1999.

[RENAULT 00] **RENAULT**, Le magazine de la R&D, R&D n°17, juillet 2000.

[RENAULT 98] **RENAULT**, Les nouveaux outils du recyclage, R&D la route de l'innovation, n°10, octobre 1998.

[RENAULT 94] **RENAULT**, Conception en vue du recyclage, norme interne (rédigée en commun avec PSA), 00-10-0-060, 1994.

[SCHMIDHEINY 92] **SCHMIDHEINY S.**, en collaboration avec le Business Council for Sustainable Development, Changer de cap, réconcilier le développement de l'entreprise et la protection de l'environnement, Ed. Dunod, ISBN 2-10-001437-4, avril 1992.

[SCHON 96] **SCHON D.A.**, Quelques questions à propos du concept d'apprentissage organisationnel, Apprentissages formels et informels dans les organisations, collection dossiers documentaires, éditions anact, p255-260, (article traduit par Anne Toppani), 1996.

[SCIBERRAS et al. 98] **SCIBERRAS G., GIOCOSA A.**, Automotive Shredder Residues : material sorting for recycling end of life vehicles, Proceedings of the 27th FISITA World Automotive Congress, Paris, 27 september- 1 st october 1998.

[SEITHUMER 01] **SEITHUMER I.**, Le recyclage des voitures coûtera cher aux constructeurs européens, La Tribune le 13 février 2001.

[SETAC 90] **SETAC** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), A technical framework for life-cycle assessments, J.A. Fava editions, Washington SETAC, 1990.

[SETAC 93] **SETAC** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), Guidelines for Life Cycle Assesment : a code of practice, SETAC Workshop Sesimbra, 1993.

[SHANAHWAZ 91] **SHANAHWAZ H.**, Recommandations et principes de conception, Colloque : les recommandations en ergonomie : constat et devenir, Orsay , juillet 1991.

[SHRIVASTAVA 83] **SHRIVASTAVA P.**, A typology of organizational learning systems, Journal of management studies, vol.20, n°1, p.7-28, 1983.

[SIEMIENIUCH et al. 99] **SIEMIENIUCH C.E., SINCLAIR M.A.**, Organizational aspects of knowledge life cycle management in manufacturing, International journal of Human-Computer studies, n° 51, p517-547, 1999.

[SOLVAY 01] http://www.solvay.com/safety.htm

[SPICER et al. 97] **SPICER A., WANG M., ZAMUDIO-RAMIREZ P., DANIELS L.**, Disassembly modelling used to assess automotive recycling opportunities, SAE Technical Paper 970416, Design for environmentally safe automotive products and processes, International congress and exhibition, Detroit, Michigan, 24-27 February 1997.

[SVEIBY 97] **SVEIBY K.E.**, Tacit Knowledge, December 1997, http://203.32.10.69/Polanyi.html

[SWEATMAN & SIMON 96] **SWEATMAN A., SIMON M.**, Design for environment tools and product innovation, presented at the 3rd International Seminar on Life Cycle Engineering « Eco-performance '96 », Zurich Switzerland, 18-20 mars 1996.

[TAKEUCHI 98] **TAKEUCHI H.**, Beyond knowledge management : Lessons from Japan, juin 1998. See the following website : http://www.sveiby.com.au/LessonsJapan.htm

[THEROUDE et al. 01] **THEROUDE F., BRAESCH C., HAURAT A.**, Proposition pour la modélisation du pilotage d'un processus industriel, 4ème Congrès International de Génie Industriel, Marseille, France, juin 2001.

[TONNELIER et al. 01] **TONNELIER P., MILLET D., LE COQ M., MICHAUD P.**, Design for Recorvery – Evaluation of Recovery Aptitude of a Vehicle, International Conference on Engineering Design, ICED 01, Glasgow, August 21-23, 2001.

[VOLVO 98] **VOLVO**, Dialogue on the environment, *# Environment* (special publication about environment from Volvo Cars), p 6-7, 1998.

[VOLVO 99] **VOLVO**, Environmental Product Declaration, Volvo S80 2.9, technical certificate, 1999.

[VOLVO 00] **VOLVO**, Environmental Product Declaration, Volvo S80, V70, Cross Country, S40,V40 and S60, technical certificate, 2000.

[Von BOEIJEN 96] **VON BOEIJEN A.**, Ecodesign III : Environmental Product Development for companies, consultants and universities in developing countries, Green Product Design, Newsletter of the section for Environmental Product Development, Delft University of Technology, 1996.
www.io.tudelft.nl

[VON GUNTRAM et al. 90] **VON GUNTRAM H., OBLÄNDER K.**, Recycling am Mercedes, in Automobiltechnische Zeitschrift, p 694- 703, 1990.

[WRIGHT et al. 95] **WRIGHT R.W., VAN WIJK G., BOUTY I.**, Le principe du management des ressources fondées sur le savoir, Organisations et Savoirs, Revue Française de Gestion, Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion des entreprises, septembre-octobre, p 70-75, 1995.

[ZAMUDIO-RAMIREZ 96] **ZAMUDIO-RAMIREZ P.**, Economics of automobile recycling, Master of science in Civil and Environmental Engineering at the Sloan School of Management in conjunction with the Leaders for manufacturing program at the Massachusetts Institute Of Technology, may 1996.

[ZETTIER et al. 00] **ZETTIER T., ESSENPREIS M., VORNBERGER K.**, Evaluation of the recyclability of vehicles during the product development phases, Total Life Cycle Conference, Society of Automotive Engineers, ref : 2000-01-1469, p 43-53, 2000.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau synoptique des scénarios possibles de traitement des sièges en fin de vie.

Annexe 2 : Tableaux de résultats d'ACV pour la structure de référence et la structure hybride.

Annexe 3 : Exemple de tables de renseignement des substances dangereuses.