

LA COMPLEXITE AU MONTAGE VEHICULE : DE LA PRODUCTION A LA CONCEPTION

Hazem Ben Aissa*

Résumé. - Cet article s'intéresse à la complexité du montage automobile générée par la diversité des pièces. Nous présentons la démarche de gestion de cette complexité adoptée actuellement en usine et en conception par un constructeur automobile : « une démarche sociotechnique ». Un résultat de l'analyse de cette démarche montre les limites de l'intervention actuelle et la nécessité d'accroître l'efficacité en intervenant plus en amont de la production, au sein du processus de conception. Une prise en compte de la complexité en conception nécessite un développement d'une expertise en la matière et une coordination entre les différents métiers qui concourent à la conception.

Mots-clés : Diversité, Complexité, Production, Conception, Sociotechnique.

1. Introduction

Au début du siècle, les premières automobiles, fabriquées de façon artisanale, étaient peu diversifiées. En effet, il n'existait pas de constructeurs automobiles au sens où nous l'entendons aujourd'hui. Ainsi, l'automobile était-elle fabriquée sur mesure et ne pouvait-elle être constituée qu'en fonction des souhaits du client. L'automobile était en fait un produit de luxe désiré et accessible à une minorité d'individus [CIAVALDINI et LOUBET (1995)].

Après cette première phase industrielle, s'est effectué un passage vers l'ère de la production industrielle, où une demande importante est satisfaite grâce à une standardisation maximale du véhicule. Henri FORD ne disait-il pas : « Je peux fournir à mon client une voiture de n'importe quelle couleur à condition qu'elle soit noire ».

* Centre de Gestion Scientifique, Ecole des Mines de Paris, 60, boulevard Saint Michel 75272 Paris cedex.

De nos jours, une concurrence fulgurante fait que nous sommes confrontés à une variété et à une diversité de véhicules présentant une large palette d'options. Ainsi, les constructeurs automobiles se sont transformés en "inventeurs" automobiles afin de satisfaire les clients [CLARK et FUJIMOTO (1991) ; WEIL (1999)]. Cette diversité est aujourd'hui remise en cause par les constructeurs automobiles. Mal contrôlée, elle risque de conduire à une forte augmentation de la complexité du montage, à des coûts et à un affaiblissement de la notoriété [CIAVALDINI et LOUBET (1995) ; BEN AISSA et CHEMLI (1998)].

Une intervention nous a été demandée par les responsables de la fonction sociotechnique et du montage d'un constructeur automobile afin de traiter le problème d'une complexité du montage générée essentiellement par la diversité des pièces. Cette intervention d'une durée approximative d'un an nous a permis d'analyser les différents aspects de la diversité, de la complexité et des conditions de travail. Cet article met en exergue les différents travaux effectués et leurs résultats.

Nous présentons dans une première partie les différentes notions de diversité et de complexité et leur relation de cause à effet afin de mieux cerner les causes de la complexité au montage. Dans la deuxième partie, nous présentons et analysons la démarche adoptée actuellement en usine et en conception de ce constructeur : "une démarche sociotechnique" en ce qui concerne le traitement de la complexité. Un résultat de l'analyse de cette démarche montre les limites de l'intervention actuelle et la nécessité d'accroître l'efficacité en intervenant plus en amont de la production au sein du processus de conception. Nous nous intéressons dans la troisième partie à deux points essentiels pour une prise en compte de la complexité en conception :

- un développement d'expertise en matière de complexité,
- une coopération au sein du processus de conception.

Nous développons les différentes notions évoquées précédemment à travers un cas pratique¹ : la jambe de force, qui a pour fonction l'amortissement du véhicule sur ses quatre roues. Nous présentons une expertise développée au cours de notre intervention : une procédure d'aide au choix à l'opérateur.

2. Diversité - Complexité

Ce premier chapitre énonce les différentes notions de diversité, de complexité ainsi que la corrélation entre ces deux concepts. Cela permet de mieux comprendre les sources de création de la diversité. Pour cela, nous adoptons les définitions développées dans notre travail en collaboration avec M. Chemli [BEN AISSA et CHEMLI (1998)] et qui présente un développement complet des différentes notions évoquées.

¹ Nous présenterons en italique le cas pratique

2.1 Diversité

En posant la question " Qu'est ce que la diversité ? ", nous pouvons obtenir autant de réponses que de personnes interrogées ou d'ouvrages consultés. Pour bien définir cette notion, étant donné son ambiguïté, il est nécessaire de faire la distinction entre trois types de diversités [CIAVALDINI et LOUBET (1995)] :

La diversité commerciale: l'offre commerciale d'un constructeur automobile s'articule autour de quatre niveaux de choix, que sont :

- La famille du véhicule (Clio, Laguna,...)
- La silhouette de ce véhicule (3 portes, 5 portes, cabriolet,...)
- La version choisie (XN, XR,...) correspondant chacune à un certain niveau d'équipement et à une cylindrée de moteur déterminée.
- Les options (toit ouvrant, lève-vitre,...).

Cette diversité a pour objectif la satisfaction du client, elle représente donc une valeur pour ce dernier.

La diversité technique : cette diversité n'est pas perçue par le client. Elle découle essentiellement des choix d'architecture du produit et du process, et aussi des choix économiques. Cette diversité est due à la fois aux études, aux méthodes et aux achats. La déclinaison d'un modèle implique des pièces spécifiques pour les différentes variantes et pour les différentes options du véhicule. En effet, suite à une différenciation par niveau de gamme, il est impossible d'avoir des pièces standard pour toutes les gammes. Cette impossibilité est causée par le niveau de qualité souhaité pour le véhicule (tenue de route, sécurité...) et aussi par le coût généré si on s'aligne à un niveau de gamme bien défini. Cette diversité découle donc d'une aptitude insuffisante à concevoir des pièces standard pour toutes les gammes. De ce fait, nous cherchons à la réduire, mais par quels moyens ?

La diversité industrielle : aux diversités commerciale et technique s'ajoute enfin la diversité du process ou diversité industrielle. C'est la diversité qui se trouve sur les lignes de fabrication et qui se matérialise par la diversité des outils, la diversité des moyens d'approvisionnement, la diversité des tâches, etc. Cette diversité industrielle pose des problèmes aux méthodes, aux usines et aux achats et au sein des postes de montage.

Nous pouvons résumer les trois formes de diversité et les acteurs qui les ont générées par la figure suivante.

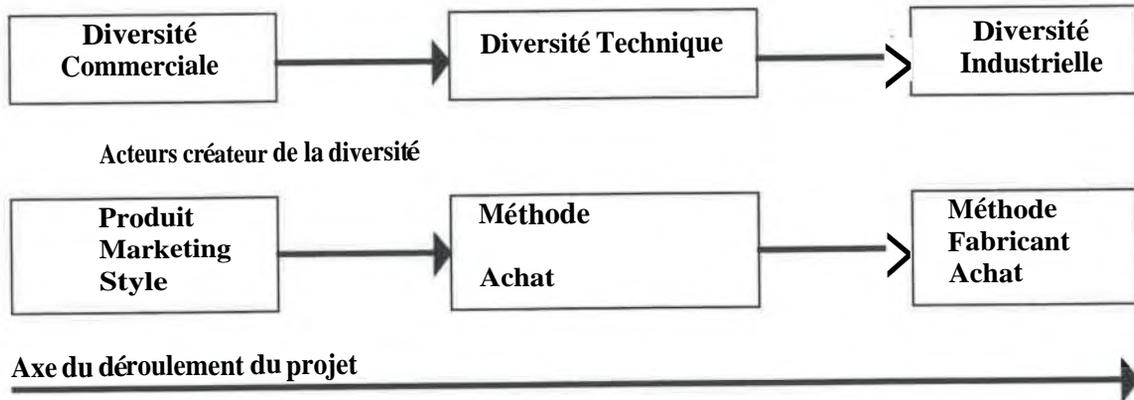


Fig N°1 : Les formes et les acteurs de création de la diversité

Etude de cas : la jambe deforce

La jambe deforce comporte une partie fixe et un élément tournant qui est composé d'un passage à roue et d'un étrier de frein. Nous nous intéressons dans le cadre de cette étude à l'élément porteur qui est composé des éléments suivants avec leurs diversités respectives :

- *un amortisseur : 6 références*
- *un ressort : 18 références*
- *une butée de choc : 3 références*
- *une butée à billes : 1 référence*
- *une coupelle supérieure : 1 référence*
- *un bloc filtrant : 1 référence*

La diversité des amortisseurs est à la fois :

- *commerciale, due à l'existence de trois modèles de véhicules qui seront fabriqués au sein de la même usine,*
- *technique, par l'existence de deux types d'amortisseurs pour chaque modèle (gain en matière de coût pour des motorisations différentes).*

La diversité du ressort est tout autant technique (à cause de l'économie en matière de coût) que commerciale (niveau de qualité et de confort de la voiture). En effet, il existe trois types de véhicules avec six ressorts pour chacune.

Pour la butée de choc, il en existe une par véhicule et, pour les autres pièces, l'effort de standardisation a permis d'avoir une pièce commune pour tous les modèles de véhicule.

A ces diversités commerciale et technique qui sont présentes au poste de la jambe de force, nous remarquons une diversité du process. Cette dernière est liée à la diversité des outils, des machines, des meubles d'approvisionnement, etc.

2.2 *Complexité*

Une diversité des pièces entraîne une complexification du travail des opérateurs au niveau des postes de montage. La complexité au montage est une complexité d'abondance causée par une diversité de pièces, d'outils, de tâches ... Cette complexité s'articule à travers différents paramètres. En effet, la diversité des pièces induit une multiplicité des tâches, une difficulté de choix des pièces et des outils, un espace important de travail, un déplacement de l'opérateur, une diversité d'outils et de fixations...

Ce qui est en cause ici est non seulement le nombre de pièces qui constituent un véhicule, mais aussi les relations entre les tâches effectuées par les opérateurs, imposant de multiples contraintes de succession ou au contraire de parallélisme. De ce fait, l'opérateur sera contraint à suivre la cadence de la chaîne et gérer plusieurs actions au poste.

Revenons au cas de la jambe déforçée. Nous remarquons une importante diversité de pièces qui par un croisement des différentes options nous mène à une combinaison de 324 choix possibles. A cela s'ajoute le nombre de fixations possibles, la diversité des outils, la multiplicité des tâches...

2.3 *Relation entre diversité et complexité*

Lorsqu'il existe une diversité importante de pièces, nous remarquons un phénomène de génération spontanée de la complexité sous différentes formes. En effet, une diversité supérieure à 5 pièces entraîne une difficulté de choix des pièces pour l'opérateur. Si elle dépasse 13 pièces, l'opérateur risque de se tromper dans son choix. Aussi, une diversité importante implique un aménagement de poste difficile : augmentation du nombre des meubles d'approvisionnement, distance importante parcourue par l'opérateur, espace alloué au poste, etc.

A travers l'exemple de la jambe déforçée, nous avons constaté une complexité importante vécue par les opérateurs, qui se décline sous forme de déplacements, d'espace, de choix des pièces, de choix des outils... Ainsi, vouloir diminuer la complexité suppose évidemment une action sur la diversité : une réduction de la diversité technique et industrielle (standardiser les processus, diminuer le nombre de fixation,...) et une gestion de la diversité commerciale.

3. **Traitement de la complexité : approche sociotechnique**

Afin de pallier les conséquences de la complexité générée au montage, une fonction appelée "sociotechnique" s'est intéressée à ces problèmes de complexité. La démarche sociotechnique a été structurée dans le cas de notre entreprise pendant une dizaine d'années, avec pour enjeu la prise en compte de l'aspect des conditions de travail dans les projets de nouveaux véhicules [Décoster (1989) ; Luzi (1997)]. Cette démarche prend place dans une logique de performance globale et plus particulièrement d'optimisation de l'exploitation des systèmes techniques, c'est-à-dire dans une logique qui consiste à rechercher l'adéquation entre la technique, l'organisation et les hommes [Décoster (1989)].

Une approche sociotechnique cherche à faire prendre en compte les caractéristiques spécifiques de l'opérateur et de son travail dans la conception des produits et des moyens de travail. En effet, après les différentes études menées par le bureau des études et des méthodes et après les mises au point techniques, la réussite finale de l'outil développé se joue toujours dans l'acceptation des dispositifs par les ouvriers.

La prise en charge et l'étude des conséquences générées par la complexité au montage est effectuée par les ingénieurs sociotechniques à deux niveaux :

- S'inscrire dans une démarche de performance industrielle en réduisant la complexité et ses conséquences,
- Avoir de bonnes conditions de travail pour les opérateurs en réduisant une complexité pouvant provoquer des pathologies et des problèmes physiques pour ces derniers.

L'analyse sociotechnique s'effectue à partir de l'étude du terrain en usine de montage. Les entretiens et les observations permettent de décrire la logique de l'opérateur, d'identifier et de hiérarchiser les difficultés rencontrées, ainsi que les préférences et les souhaits [TREPO (1996)]. La démarche de l'analyse sociotechnique s'articule de la manière suivante : à partir des résultats attendus de la conception, le processus de transformation de la phase de conception à la phase d'industrialisation est défini et décomposé en résultats intermédiaires définissant ainsi des unités d'opérations qui sont des étapes-clés dans le processus de production [LUZI (1997)].

En ce qui concerne la performance d'exploitation, l'analyse a pour objectif de réduire le nombre des écarts de performance entre la conception et la production, en particulier en favorisant une organisation qui implique davantage les employés tout au long du processus [DECOSTER (1989) ; LECLAIR et LUZI (1997)]. L'intervention sociotechnique en matière de complexité repose sur le contrôle de ces écarts de performance. A chaque écart identifié correspond une activité d'analyse et de contrôle, et des recommandations. Cette activité d'analyse et de contrôle s'effectue via des outils et des grilles de validation développés au sein du métier .

En ce qui concerne les hommes, l'approche cherche à faire prendre en compte les caractéristiques spécifiques de la complexité du montage et des moyens de travail. Dans la réalité, l'opérateur a souvent de multiples tâches simultanées à réaliser (lecture de la fiche, prise de la pièce, encyclage de la pièce, fixation de la pièce). Il est intégré à un groupe de travail et organise son activité en tenant compte de nombreuses contraintes [BEGUIN (1997)]. Une approche sociotechnique propose des méthodes qui permettent d'analyser l'activité réelle de l'opérateur, et plus particulièrement, la façon dont il met en œuvre ses capacités physiques et intellectuelles pour atteindre les objectifs qui lui sont fixés. Au lieu de demander à l'utilisateur de s'adapter à des dispositifs, l'ingénieur sociotechnique cherche ainsi à lui procurer des dispositifs adaptés à son travail effectif.

Le point crucial d'une démarche prenant appui sur l'opérateur et sur la performance au poste de travail réside dans l'analyse des facteurs² qui interviennent dans la génération de cette complexité (identification des facteurs, pondération et mise en évidence des interactions existantes), la définition des besoins fonctionnels prioritaires et la formulation des recommandations en termes de besoins et de principes de solutions [LECLAIR et LUZI (1997)].

Dans le cas de notre étude sur l'aménagement des lieux de production, l'intervention que nous avons effectuée a coïncidé avec les grands choix de conception des postes. Ceci nous a permis de bien analyser la phase de conception et de caractériser les différentes interactions entre les métiers. Les ingénieurs sociotechniques ne sont pas assez sollicités par les concepteurs et ceci pour plusieurs raisons :

- **la non-disponibilité des ingénieurs sociotechniques** sur les diverses questions concernant la conception produit-process. En effet, l'effectif du service sociotechnique est réduit : on compte cinq personnes affectées aux différents projets.
- **leur positionnement au sein de l'organisation ne semble pas assez mis en avant.**
- **leur légitimité n'est pas assez défendue** et ceci est dû probablement à leurs missions qui sont plutôt " sociales " que techniques.

Nous pouvons expliquer ces raisons par le " manque " d'expertise du métier sociotechnique comme une prestation transversale sur les questions de conception du produit et du process. Pour cela, un développement de l'expertise de ce métier est nécessaire, ce que nous développons dans la partie suivante.

Une **intervention sur le lieu de production s'avère insuffisante** voire inefficace pour traiter et réduire la complexité du montage. En effet, une action sur les conséquences de la complexité ne permet pas de réduire cette dernière. Il faut s'attaquer aux causes génératrices de cette complexité, et ses causes se trouvent au niveau de la conception produit-process. En effet, c'est dans la phase de conception que tous les calculs sont effectués et que la diversité est fixée et validée par les concepteurs.

Pour des postes similaires à celui de la jambe de force, **l'intervention des ingénieurs sociotechniques en conception se réduit à une validation de l'aménagement du poste** via l'outil de cotation ergonomique (outil de mesure de la posture, de l'effort, de la décision et de la régulation). Nous remarquons bien que leur intervention dans la conception a lieu en aval pour valider le poste.

Nous développons dans la partie suivante une démarche de conception des postes de montage et adoptons une méthodologie générale d'intervention sur les questions d'aménagement des postes de montage de véhicules.

² Il faudra se rapporter à la première partie où une analyse complète de ces facteurs est développée.

4. Prise en compte de la complexité en conception

Une prise en compte de la complexité en conception nécessite le développement d'une expertise en la matière et une coordination entre les différents métiers qui concourent à la conception. Nous nous intéressons, dans une première sous-partie, à l'expertise de la fonction sociotechnique. Ensuite, nous développons deux cas ; la conception du poste de la jambe de force et la procédure d'aide à l'opérateur. Dans une troisième sous-partie nous nous focalisons sur l'étude du processus de conception entre les différents acteurs.

D'après l'analyse du métier sociotechnique, nous pouvons conclure que ce métier a pour mission le traitement de la complexité³ générée au montage. Ce traitement de la complexité doit s'attaquer aux origines de la création de cette complexité à savoir la diversité générée par la conception produit-process. Afin de traiter les causes de la complexité, une interrogation permanente doit se porter sur la nature du savoir de la sociotechnique en matière de complexité et sur l'interaction avec les concepteurs produit-process.

4.1 Développement de l'expertise

La gestion et le développement des connaissances deviennent un enjeu critique au sein du processus de conception, connaissances à modéliser et à formaliser. La performance de la conception dépend largement des connaissances disponibles, de la capacité des concepteurs à les combiner ou à en produire de nouvelles en cas de besoin.

La possibilité d'intervention sur la complexité en conception de l'ingénieur sociotechnique peut être mise à profit que si cet ingénieur est doté d'un savoir et d'une expertise pour justifier ses avis et évaluer les situations et les possibilités. En effet, comme pour tout acteur porteur d'une prestation transversale, son expertise en la matière est nécessairement partagée par les concepteurs. Le développement de l'expertise sur la complexité au montage doit s'articuler sur deux axes :

- au sein du projet dans une logique d'avancement de la conception,
- en dehors du projet dans une logique d'innovation.

En effet, au cours du projet, il n'y aura pas beaucoup de degrés de liberté pour l'innovation et le développement des outils, " il faut que ça marche ", les concepteurs s'orientant davantage vers le "savoir combiner" [HATCHUEL et WEIL (1992)] mêlant des variables d'ordres différents.

Afin de pallier cette complexité, l'ingénieur sociotechnique effectue au cours du projet une étude approfondie du schéma d'implantation proposé par les responsables du montage. Cependant cet ingénieur n'a pas de disponibilité pour effectuer une telle étude sur chaque poste de montage. Il est donc nécessaire de développer ou d'affiner les supports d'intervention et les outils d'aide à la conception des postes qui seront alors mis à la disposition des concepteurs par la fonction sociotechnique, dont notamment :

³ Nous définissons ici la complexité au sens général comme étant toutes les difficultés rencontrées par l'opérateur au poste de montage.

- des préconisations générales et spécifiques à certaines catégories de postes,
- une démarche d'aide au choix des pièces et des outils,
- une démarche de comparaison des alternatives de configuration d'un poste,
- une aide à l'interprétation des grilles (définition et pondération des critères d'évaluation d'un poste,...).

La sodotechnique devrait être un métier de propositions et d'aide à la décision sur les questions de : graphe de montage, degré d'automatisation en tôlerie, système d'acheminement, organisation des préparations, possibilités de standardisation du process, travail en modules isolables, etc. L'activité de conception est entre autre une aide à la décision, d'où l'intérêt de développer l'expertise afin d'antidper les conséquences de la diversité en matière de complexité sur les postes de montage.

Dans une logique économique, il faudra développer les critères de valorisation économique intégrant correctement les coûts cachés [SAVAL (1996)] (impact sur la qualité, l'engagement, les maladies professionnelles, etc.), ainsi que l'analyse des différentes inadaptations entre conception et exploitation.

Dans ce qui suit, nous présentons deux cas d'expertise de la fonction sodotechnique : la conception du poste de la jambe de force et la procédure d'aide aux choix à l'opérateur.

4.2 *Etude de cas : la jambe deforce*

Nous avons effectué, au cours de notre intervention, une étude sur la conception du poste de préparation et d'encyclage de l'élément porteur de la jambe de force, étude qui débouche sur des recommandations pour l'aménagement du poste en tenant compte également de la diversité de pièces et des cahiers de préconisations sociotechniques. Cette étude constitue donc un cas d'expertise à laquelle la sodotechnique contribue en matière d'aménagement du poste et de réduction de la complexité au montage. A travers cet exemple nous présentons le processus de coopération entre les ingénieurs sociotechniques et les concepteurs.

4.2.1 Position du problème

Face à un problème de conception à résoudre, nous devons tout d'abord faire la distinction entre les données fixées du problème et les "paramètres de conception" que nous pouvons faire varier tout en respectant certaines contraintes imposées. L'optimalité de cette conception sera jugée par rapport aux "objectifs fonctionnels" de la conception.

4.2.2 Les données du problème

- *Les opérations à effectuer au poste ;*
- *L'espace physique alloué au poste ;*
- *La cadence horaire de travail ;*

⁴ Ces données étaient déjà figées avant notre intervention

- *Le système d'approvisionnement à adopter ;*
- *La diversité des pièces ;*
- *Les règles ergonomiques appliquées.*

4.2.3 Les paramètres de conception

- *Les dimensions et le nombre de meubles qui vont agir sur l'aménagement du poste ;*
- *Le nombre d'opérateurs et de machines ;*
- *La répartition des tâches sur les postes ;*
- *Le système d'aide au choix à adopter.*

4.2.4 Les objectifs fonctionnels

Les objectifs fonctionnels qui vont servir à juger l'optimalité du problème de conception sont les suivants:

- *Avoir un poste qui suit la cadence de la chaîne de montage ;*
- *Diminuer l'indice de cotation ergonomique du poste ;*
- *Eviter les erreurs opératoires dues à un mauvais choix de pièces.*

4.2.5 Les contraintes du problème

A ces objectifs fonctionnels, viennent s'ajouter certaines contraintes **qui** devront être satisfaites dans la solution retenue et **qui** sont :

- *Une contrainte ergonomique (ex : hauteurs minimale et maximale de prise des pièces) ;*
- *Une contrainte liée au système logistique (une autonomie au poste égale au minimum à trois heures).*

4.2.6 Les différentes classes d'alternatives

Face à un problème de conception, nous devons énumérer les différentes alternatives possibles et ceci, en faisant varier les différents paramètres du problème et en faisant intervenir la base de connaissances acquises lors des visites effectuées aux usines. Nous avons classé ces alternatives en quatre classes de choix (voir fig n°2).

Parmi les objectifs de l'intervention en conception des ingénieurs sociotechniques, figure la libération et la transformation de ces données fixées et leur transformation en paramètres de conception.

Une remontée et une intégration dans les premières phases de conception produit-process permettrait de travailler sur un espace de paramètres plus large intégrant ces données fixes. De ce fait, le métier sociotechnique serait un métier de proposition et de conception de nouveaux modes de travail et de nouveaux postes en tenant compte de la complexité. Nous avons pu faire varier quelques paramètres de conception (le système d'approvisionnement et les opérations effectuées au poste) afin de pallier la complexité déjà générée par les concepteurs. Ceci pourrait être évité si les ingénieurs sociotechniques intervenaient plus en amont dans les grands choix du produit et du process.

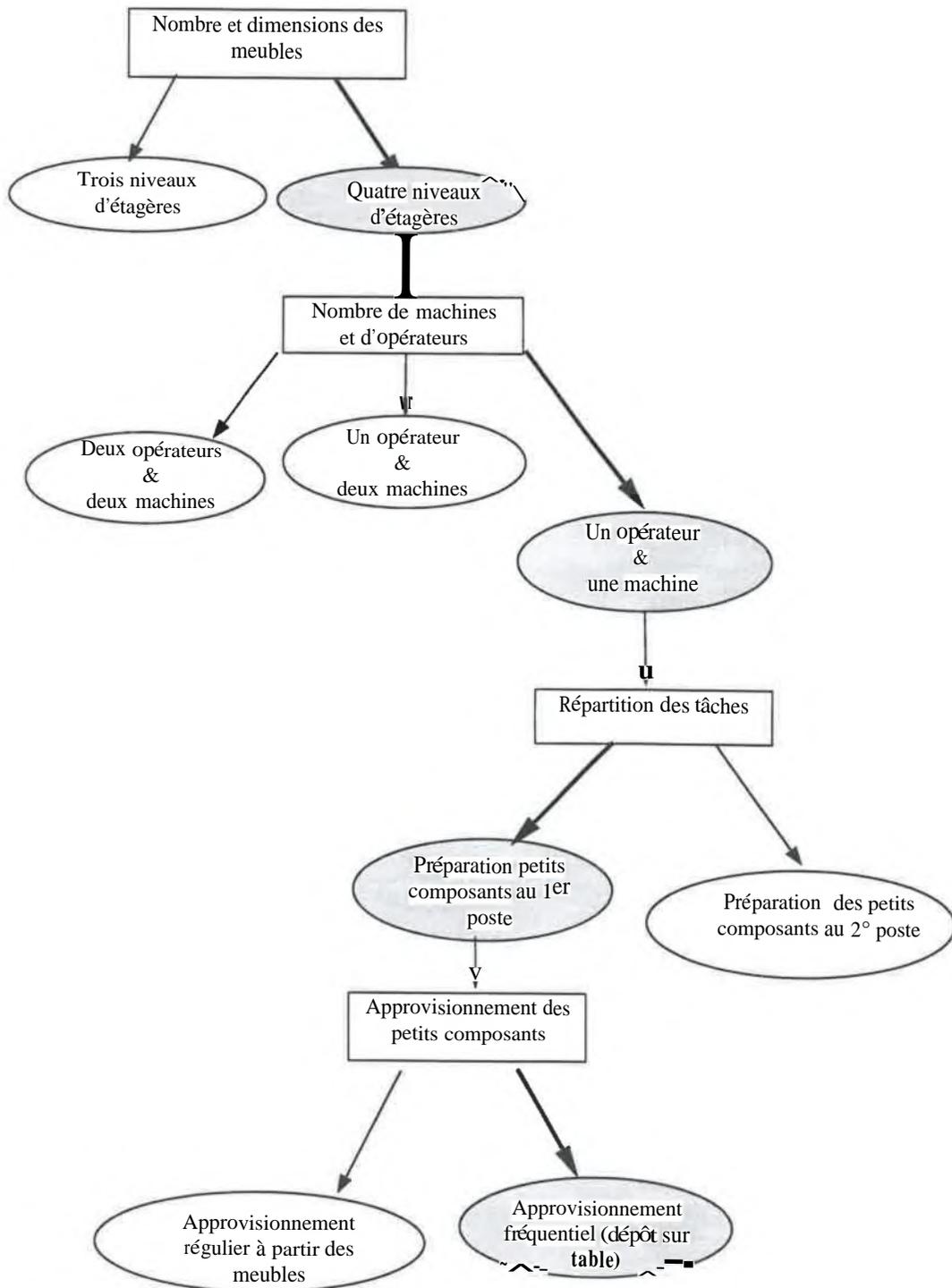


Figure n°2 : La conception du poste de la jambe de force

Afin de valider l'implantation du poste, il est impératif d'en effectuer la cotation ergonomique. L'outil d'analyse utilisé est une grille ergonomique qui se compose de quatre éléments : effort, posture,

décision et régulation. La méthode de cotation ergonomique est un outil pratique et opérationnel qui permet à tous les acteurs concernés de pouvoir intégrer les critères ergonomiques.

Après une étude approfondie de toutes les alternatives possibles et après un travail effectué en collaboration avec les concepteurs du produit et du process, nous avons adopté la solution correspondant à quatre niveaux d'étagères, un opérateur et une machine, préparation des petits composants au premier poste et un approvisionnement en fréquentiel, suivant l'arbre présenté précédemment, solution qui a été validée en usine par le personnel du montage et de la sociotechnique.

Dans notre étude de la jambe de force, nous avons adopté une approche sociotechnique en conception que nous avons développée pour la conception et l'aménagement des postes, en voici les points essentiels.

- *Décrire l'élément à préparer ou à assembler.*
- *Faire une étude de l'existant : étude de terrain, comparaison entre usines.*
- *Faire des mesures de terrain des opérations à effectuer.*
- *Faire une synthèse des données existantes des projets précédents.*
- *Effectuer des entretiens avec les opérateurs effectuant l'assemblage de l'élément.*
- *Définir convenablement le problème : données, contraintes, objectifs.*
- *Faire une étude des différentes alternatives : nombre de meubles d'approvisionnement, nombre d'opérateurs, nombre de machines, ordre des opérations.*
- *Faire des essais sur les opérations à effectuer.*
- *Faire le choix de l'aide à l'opérateurs⁵.*

Ce travail nous a permis de dégager des résultats importants : réduction de 50% du nombre des machines, réduction du nombre des opérateurs de 50%, gain de 25% dans l'espace alloué au poste, réduction des contraintes ergonomiques (effort 3/5, posture 3/5). Ces résultats ont été le fruit d'un long travail, étalé sur plusieurs mois d'investigation et de collaboration avec les différents acteurs concernés. Les ingénieurs sociotechniques n'ont pas la disponibilité — étant donné le nombre de personnes — d'effectuer un développement important des différentes alternatives à chaque poste de montage. Il s'avère, de ce fait, nécessaire de développer l'expertise du métier sociotechnique sur les différentes questions de complexité et d'aménagement des postes.

4.3 *Etude de cas : procédure d'aide au choix à l'opérateur*

La diversité des pièces entraîne différents problèmes au niveau de la chaîne de fabrication, problèmes qui induisent des coûts (coût de retouches, coût de logistique, coût de perte d'engagement, coût de gestion...) supportés par l'entreprise. Nous présentons ici un système d'aide à la décision pour le concepteur qui lui permet de choisir le moyen d'aide au choix à l'opérateur adapté au poste. En réalité, lorsque nous nous intéressons au problème du choix d'une aide à l'opérateur au montage, nous sommes confrontés aux difficultés suivantes :

⁵ Un développement de cet outil est présenté dans 3.3.

- l'existence d'une multitude de solutions,
- l'utilisation d'une aide à l'opérateur non appropriée au contexte dans lequel elle se trouve, peut s'avérer inutile voire néfaste,
- les demandeurs de ce type d'aides n'appliquent pas de règles préétablies guidant leur choix.

Dans ce qui suit, l'objectif sera alors de guider ces choix en se plaçant sous l'aspect fonctionnel et non technique de ces aides à l'opérateur. Nous nous basons, pour ce faire, sur divers critères de choix qui seront de natures différentes. Nous avons relevé une liste de critères qui va servir à guider le choix des concepteurs de l'aide à l'opérateur qui convient à chaque type de poste. Cette liste n'est certes pas exhaustive mais regroupe les critères que nous avons jugés les plus déterminants en ce qui concerne l'efficacité des aides à l'opérateur.

Diversité des pièces (le seuil de diversité est fixé à 5 en cas de poste en chaîne et à 15 dans le cas d'un poste en préparation), différenciabilité des pièces (ce deuxième critère a pour rôle de distinguer le cas de ressemblance entre les pièces), volume zippable (il sert à distinguer entre les pièces qui peuvent être zippées et celles qui ne le peuvent pas), existence de pièces rares (on parle ici de véhicule exotique), déplacement important de l'opérateur (il nous permettra de savoir quel type d'aide avec un déplacement ou non), gravité (déterminer si l'erreur dans le choix de la pièce est grave ou non. Cette gravité est mesurée en nombre de retouches, d'arrêts de chaîne..), erreur piégée dans l'UET (ce critère permet de savoir si l'erreur peut être piégée au sein de l'unité élémentaire de travail).

Voici les aides aux choix possibles : carte d'aide (c'est une feuille de format A4 collée sur le véhicule indiquant la référence du véhicule et celles des pièces qui doivent être montées), télex (c'est un papier sur lequel sont imprimées les références des pièces à monter et qui sont spécifiques à un seul poste à la fois), afficheur (c'est un écran installé au poste de montage, qui affiche les informations nécessaires à l'opérateur), écran de validation (ce type d'aide apparaît nécessaire lorsqu'il y a un besoin d'avoir des informations sur les pièces déjà montées. L'opérateur doit toujours valider son choix pour qu'il puisse avoir les informations sur le véhicule suivant), meuble à lampes (ce moyen d'aide est un meuble composé de plusieurs cases dans lesquelles sont placées les pièces à monter), signal d'alerte (il sert de moyen d'alerte pour les pièces rares ou celles qui ne sont pas montées systématiquement), zippage (ce moyen permet de zipper les pièces et donc de valider le choix), couleur (elle doit être accompagnée d'un autre support d'information).

Après ce travail, deux arbres d'aide à la décision du choix de type d'aide à l'opérateur à affecter à chaque type de poste de montage ou de préparation ont été développés et validés par les différents acteurs concernés. Ces deux arbres permettront de déterminer le type d'aide au choix approprié à chaque type de poste en parcourant les différents critères guidant le choix. Nous présentons ces deux arbres par : arbre chaîne et arbre préparation.

Un logigramme général a été développé qui tient compte des deux organigrammes développés précédemment, de l'existence d'un moyen d'aide au poste et des critères de validation de la solution choisie au poste.

⁶ Les acteurs principalement concernés sont : les méthodes, le fabricant et la sodotechnique.

La validation de la solution trouvée s'effectuera suivant trois critères : l'existence de la solution, l'encombrement au poste et le coût du moyen. Nous représentons par le logigramme (fig n°3), les différentes étapes et les différents critères de choix et de validation de l'aide à l'opérateur appropriée à chaque type de poste).

Compte tenu de la diversité des pièces au sein du projet, il est nécessaire d'anticiper dès aujourd'hui sur les aides au choix à mettre en place dès le premier véhicule à industrialiser (investissement à prévoir, détrompages ou repères couleur à demander avant la série...).

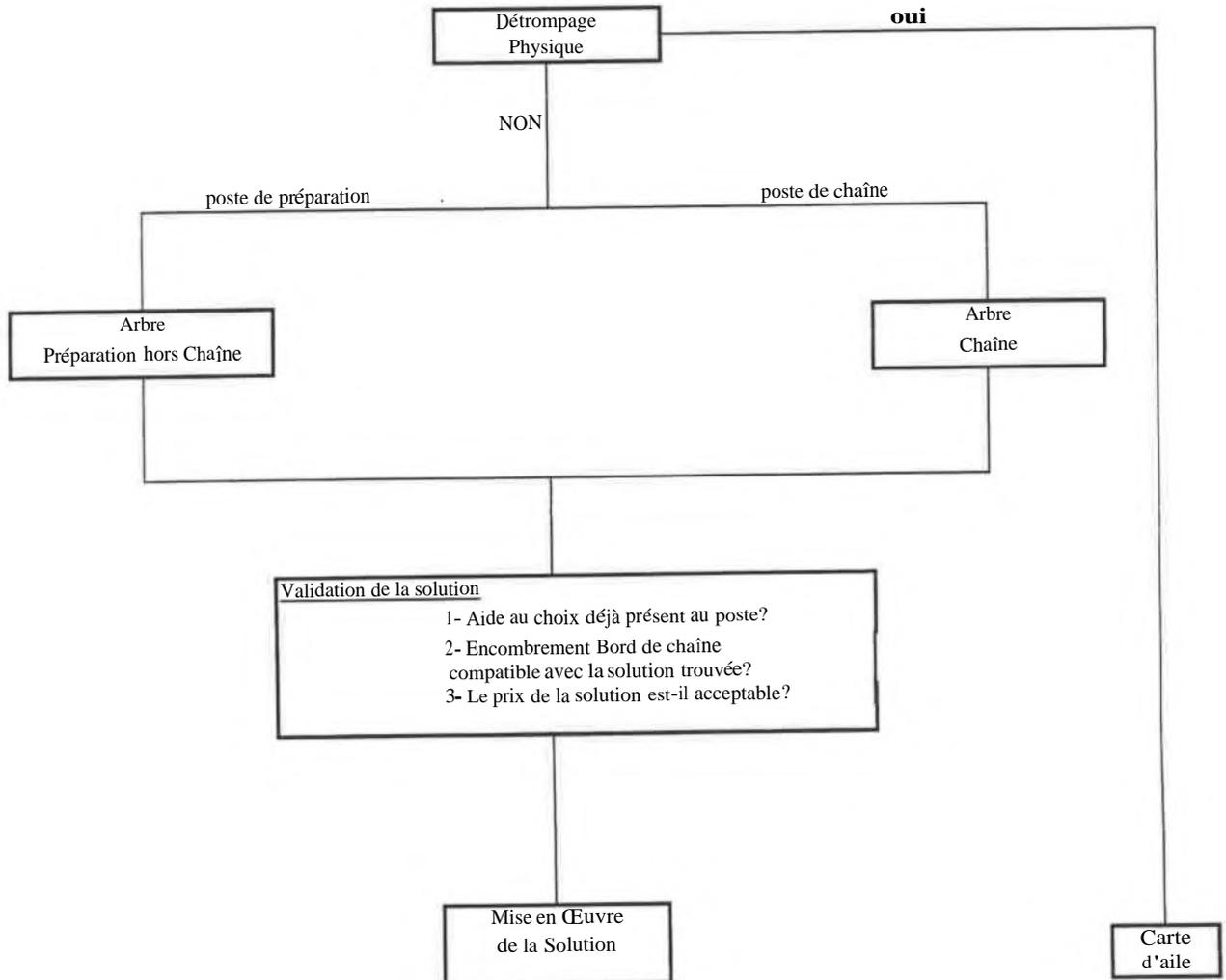


Figure n°3 : logigramme d'aide au choix à l'opérateur

4.4 Coordination au sein de la conception

Une progression dans le processus de conception ne peut se faire que par la prise en compte d'objectifs communs à tous les acteurs de conception dans lesquels s'insère un objectif "réduction de la complexité". C'est au sein du processus de conception que tous les calculs et

tous les choix du produit et du process seront développés. Midler [MIDLER (1993)] résume cela de la manière suivante : "au début de la conception, on peut tout faire mais on ne connaît rien, à la fin on connaît tout mais on ne peut plus rien faire".

L'expérience montre qu'entre l'analyse d'un problème de conception et la recherche de solutions, il existe des lacunes méthodologiques que la sodotechnique ne peut, à elle seule, combler. Cette dernière s'attache, en effet, à caractériser le produit sur la base de faits observables, alors que la conception trouve des solutions. Même si l'élaboration de solutions nouvelles de réduction de la complexité opératoire est du ressort du concepteur produit-process, la sodotechnique peut efficacement contribuer à mieux cerner les problèmes et à évaluer les solutions tout au long du processus de conception [LUZI (1997)]. Le rôle de l'ingénieur sodotechnique n'est pas de brider la créativité des concepteurs mais de les informer et de les confronter sur les conséquences de leurs choix en matière de complexité. L'ingénieur sodotechnique peut alors, avec le concepteur process, travailler à la mise en forme des outils et de l'espace de travail. Il arrive souvent que l'ingénieur sodotechnique ne soit pas assez sollicité, son concours étant uniquement requis dans le cadre de la définition des aspects physiques des pièces et des postes de travail. L'analyse de l'activité réelle de l'opérateur, point clé de l'approche sodotechnique est, de ce fait, occultée.

L'efficacité du diagnostic sociotechnique est d'autant plus grande qu'il se situe en amont de la phase de conception (en dehors des projets). Les résultats de satisfaction ou d'insatisfaction des moyens antérieurs peuvent être pris en compte dès l'évaluation de l'opportunité de lancement d'un projet. Au fur et à mesure que le processus d'élaboration progresse et que le produit se construit, la réalisation devient de plus en plus difficile à modifier ou à remettre en cause. D'où la nécessité de ne pas faire d'erreur dans la définition des fonctionnalités, des besoins des opérateurs et des principes de solutions.

Une prise en compte tardive de la complexité au sein des projets influe sur les délais de démarrage de la production en série et donc dans la lancement commercial de certains produits du fait d'une population de fabrication non préparée à la complexité de nouvelles installations, d'arrêts de production pour des situations de risque d'hygiène-sécurité ou de trop grande pénibilité, tous problèmes non décelés en conception [BEN AISSA et CHEMLI (1998)].

Le rôle de l'ingénieur sociotechnique s'inscrit alors dans une philosophie de diagnostic-prescription [HATCHUEL (1996)]. En effet, après la phase de diagnostic réalisé en dehors du projet, son travail consiste à prescrire auprès des équipes de conception des préconisations en matière de complexité et à faire en sorte que les concepteurs en tiennent compte dans leurs choix de conception.

L'expertise sociotechnique est à intégrer au sein d'un cahier de préconisation "complexité" qui devrait être diffusé aux concepteurs et aux fournisseurs. Ainsi, même si la production de cahiers de charges est un préalable absolument indispensable à tout dialogue avec les concepteurs, elle doit s'accompagner d'une intervention directe auprès des concepteurs, laquelle permettra d'explicitier plus en profondeur le sens des préconisations émises.

Afin de valider les différentes préconisations et de suivre l'avancement du processus de conception, un contrat définissant les objectifs en matière de réduction de la complexité est à développer afin de cadrer les orientations des concepteurs en la matière. C'est dans le cadre d'un contrat liant la direction de l'usine et la direction conceptrice produit-process qu'un objectif de réduction de la complexité au sein des usines doit être intégré.

Un modèle d'apprentissage sociotechnique ne peut aboutir à de bons résultats que par la dynamique de trois variables : les cahiers des préconisations et d'expertises, les contrats et le jalonnement, fixant des obligations et des rendez-vous de validation de l'avancement de la conception et la coopération. Ces trois variables sont indispensables les unes pour les autres afin de créer une dynamique collective qui favorise l'apprentissage organisationnel d'expertises.

De tels apprentissages croisés [HATCHUEL (1996)] en matière de complexité entre les ingénieurs sociotechniques, les concepteurs et l'équipe projet sont une condition indispensable à l'apprentissage d'une nouvelle expertise. C'est à travers cet apprentissage qu'une conception de solutions techniques adaptées se développera en fonction des différents points à étudier.

5. Conclusion

Les transformations actuelles et la rationalisation croissante dans le monde automobile donnent plus de pouvoir au concepteur au détriment des exploitants, d'où le risque d'une prégnance et d'une prédominance de plus en plus forte des aspects techniques et d'une négligence des aspects humains et organisationnels.

Dans une conjoncture où chaque métier remet en cause ses habitudes et cherche à développer davantage son expertise, nous recommandons d'avoir un métier sociotechnique au sein de l'organisation du développement des nouveaux produits. Une fonction sociotechnique forte devra développer son expertise et ses outils de travail afin d'être un métier actif, source de nouvelles propositions en matière d'organisation du travail.

La coordination entre les ingénieurs sociotechniques et les concepteurs amènerait à un enrichissement et à un apprentissage en matière sociotechnique. Il faudrait pour cela un accord initial qui cadre l'objectif global ce qui permettrait à chacun d'avoir un espace d'exploration et de recherche d'action marqué par des rendez-vous de validation. Enfin, le processus doit respecter la durée de conception prévue par le projet.

C'est donc une intégration permanente du métier sociotechnique au sein des projets et en dehors des projets qui est nécessaire, une réactivité importante sur les thèmes concernant la complexité posant réellement problème aux acteurs du projet et de l'exploitation. C'est à travers ces deux conditions que la fonction sociotechnique constituera un pilier important à la conception véhicule.

6. Bibliographie

- AGGERI F et HATCHUEL A., " Les instruments de l'apprentissage, construction et diffusion d'une expertise recyclage dans la conception automobile ", in *Du mode d'existence des outils de gestion*, Seli Arslan, 1997, P217-247.
- ARGYRIS C. et SCHÛN, D.A., *Organizational learning a theory of action perspective*, Reading Mass., Addison-Wesly, 1978.
- BEGUIN P., " L'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception ", in *Ingénierie Concourante : De la technique au social, Economica*, 1997, p101-113.
- BEN Aissa H. et CHEMLI M. " Diversité produit-process et complexité du travail au montage ", Ecole des Mines de Paris, Mémoire de DEA, 1998.
- Clark, K.B. et Fujimoto T., *Product Development performance : Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 409 P., 1991.
- CIAVALDiNI B., et LOUBET J-L., " La diversité dans l'industrie automobile française : hésitations et enjeux. Regards croisés de l'historien et du gestionnaire ", *Gérer et Comprendre*, décembre 1995, P 4-19.
- DECOSTER F., *Vers une démarche sociotechnique en productique*, Paris, Collection Outils et Méthodes, 1989.
- HATCHUEL A., " Apprentissages collectifs et activités de conception ", *Revue Française de Gestion*, juin-juillet-août, 1994, P109-120.
- HATCHUEL A., " Coopération et conception collective ; variété et crises des rapports de prescription ", in De TERSSAC G., FRIEDBERG E, *coopération et conception*, 1996, p101-121.
- HATCHUEL A., " Théorie de la conception ", cours à l'ENSMP, mars 1998.
- HATCHUEL A., WEIL B., *L'expert et le système*, Economica, 1992.
- LECLAIR P & LUZI F., " Le problème de l'inter-compréhension des savoirs dans l'ingénierie concourante ", in *Ingénierie Concourante : De la technique au social*, Economica, 1997, p77-84.
- LUZI F., " La prise en compte des fabricants dans le projet, la démarche socio-technique chez Renault ", in *Ingénierie Concourante : De la technique au social*, Economica, 1997, p59-76.
- MIDLER C, *L'auto qui n'existait pas, Management par projet et transformation de l'entreprise*, InterEditions, Paris, 1993.
- MIDLER C., " L'apprentissage de la gestion par projet dans l'industrie automobile ", *Annales des Mines*, Octobre 1991.
- MOISDON J-C et WEIL B, " Dynamiques des savoirs dans les activités de conception : faut-il compléter la gestion de projet ? ", *Actes du 5° Colloque du Génie Industriel*, Grenoble, 1996.
- NAKHLA M. et SOLER L.G., " Pilotage de projets et contrats internes ", *Revue Française de Gestion*, septembre-octobre 1996, P17-29.
- SARDAS J-C., " Ingénierie intégrée et mutation des métiers de la conception ", *Annales des Mines, Série Réalités industrielles*, pp 41-48, février 97.
- SAVAL H., " Coûts cachés et analyses socio-économiques des organisations ", in *Encyclopédie de Gestion*, Economica, 1996, p708-732.

- TREPO G., " condition de travail et expression du personnel ", in *Encyclopédie de Gestion*, Economica, 1996, p 610-633.
- WEIL B., " Conception collective, coordination et savoirs : les rationalisations de la conception automobile ", *Thèse de doctorat*, Ecole des Mines de Paris, 1999.