

Préambule

« The reasonable man adapts himself to the world ; the unreasonable one persists in trying to adapt the world to himself. Therefore all progress depends on the unreasonable man. »
George Bernard Shaw, *Man and Superman* (1903)

« We cannot tell the precise moment when friendship is formed. As in filling a vessel drop by drop, there is at last a drop which makes it run over ; so in a series of kindnesses there is at last one which makes the heart run over. »
Ray Bradbury, *Fahrenheit 451* (1953)

Ce mémoire de thèse est dédié à Blaise.

Remerciements

Bien que placés en tout début du mémoire de thèse, les remerciements dessinent le point final d'un projet d'un peu plus de trois ans, ma *thèse de doctorat*. Je me sens actuellement comme le compositeur d'une seule partition (et sans doute chef d'orchestre d'une seule représentation), et je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de ce projet, qui ne fut pas, et de loin, un travail solitaire.

Je remercie sincèrement mes deux directeurs de thèse, Michel Tollenaere et Jean-François Boujut, pour m'avoir guidée tout au long de ce travail. Merci Michel d'avoir toujours veillé à me fournir un environnement matériel et scientifique de qualité. Merci Jean-François pour ton écoute et la pertinence de tes suggestions.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'assister à la soutenance. Ce fut un grand honneur pour moi que d'avoir comme rapporteurs MM. Michel Bigand et Philippe Girard, et M. Jean-Claude Sardas comme président. Merci Michel de m'avoir toujours encouragée lors de mes interventions au GDR, et pour avoir été à l'origine de ce projet. Merci M. Girard pour vos remarques précises sur mon travail, ce qui m'a permis de l'affiner lors de sa présentation finale. Merci enfin M. Sardas, vos commentaires m'ont ouvert les yeux sur des perspectives que je n'avais pas envisagées, moi qui pensais avoir fait le tour de ce travail !

Cette thèse a été le fruit d'une collaboration avec Renault, et a été menée plus précisément au sein du département Ergonomie et IHM. Je remercie M. Yves Tessier pour m'avoir accueillie au sein de son service, et M. Jean-Marc Célérier pour la confiance et la liberté d'action qu'il m'a accordées. Je tiens à remercier très chaleureusement les personnes de l'équipe : Sam, Shotaro, Javier, Mamy, Suzanne, ainsi que les personnes de passage qui ont marqué l'équipe : Fabrice, Emilie et Julien en particulier. Votre aide et votre soutien, vos conseils et votre bonne humeur m'ont été des atouts précieux. Je remercie également l'équipe projet construite autour de l'amélioration des échanges d'information « Pilotes Prestations Client ergonomie – architectes », en première ligne Christian Thiébaut, Frédéric Luzi, Joël Ducher, mais également Bruno Cébile, Jean-Claude Carpentier, Jérémie Rostin, Caroline Chancerelle. Je tiens à remercier également les développeurs CATIA V5, notamment Arnaud de Crescenzo, Frédéric Piveteau, Harald Toulorge et Eglantine Lespour, dont la compétence et la disponibilité ont été des ressources indispensables pour mener à bien ce travail. Je remercie également, et tout particulièrement, Martine Dumazeau pour son aide dans la jungle administrative d'un groupe tel que Renault ! De très nombreuses autres personnes (Claire, Jenny, Jean, Cécile, Maria, . . .), que je ne peux hélas pas citer ici de façon exhaustive, ont contribué à créer une ambiance propice pour mener à bien ce projet, m'ont encouragée et soutenue. Merci à vous ! Tous mes encouragements vont maintenant aux doctorants du service Ergonomie et IHM, en particulier à ceux qui vont bientôt soutenir leur thèse, Georges et Céline.

Cette thèse a été menée également au sein du laboratoire GILCO (Futur laboratoire G-SCOP) à Grenoble. J'ai eu la chance de bénéficier d'un environnement scientifique et amical de haute qualité ! Je remercie très chaleureusement les membres permanents du laboratoire pour leurs conseils, leur aide

et leur accueil. Un merci tout particulier à Christophe, informaticien du laboratoire qui a toujours été à l'écoute de mes soucis informatiques ! Merci également à Chantal, Marinette et Kheira pour leur indispensable aide administrative. J'ai eu la joie de rencontrer, grâce à cette thèse, des personnes exceptionnelles qui m'ont fait l'honneur de devenir mes amies, Ayse, Jod et Khadidja. Merci également à l'ensemble des doctorants du laboratoire, passés et actuels, pour vos suggestions et vos recommandations : grâce à vous, la thèse et ses formalités, les publications, la soutenance m'ont parues presque familières ! Je remercie enfin Hélène et Célia, dont l'amitié m'est également extrêmement précieuse, pour m'avoir si souvent accueillie à Grenoble, et pour les aventures exceptionnelles que nous avons vécues ensemble.

Ma famille, mes amis, et Thibaut en première ligne ! ont également contribué, par leurs attentions, leur soutien, leur réconfort, à la construction de cette thèse. Je vous en suis sincèrement reconnaissante.

Pour terminer, je vais paraphraser une belle citation, j'espère que son auteur me le pardonnera : qu'une seule des personnes citées précédemment ait manqué, et cette thèse aurait été très différente, comme un arc-en-ciel dont on aurait ôté une couleur. C'est pourquoi je tiens à vous présenter ici, dans ces quelques derniers mots de ma thèse, mes profonds et sincères remerciements.

Table des matières

| | |
|--|------------|
| Préambule | iii |
| Remerciements | v |
| Introduction Générale | 1 |
| 1 Insérer le point de vue du client en conception | 5 |
| 1.1 Contexte général de la conception industrielle automobile | 6 |
| 1.1.1 Les contraintes de la conception industrielle | 6 |
| 1.1.2 Évolution de la gestion des projets automobiles | 6 |
| 1.1.3 La conception, phase stratégique du cycle de vie produit | 8 |
| 1.1.4 Le poids croissant des technologies numériques dans la conception | 8 |
| 1.1.5 Les acteurs de la conception face à la complexité | 10 |
| 1.2 Le contexte Renault | 13 |
| 1.2.1 Le processus de conception Renault | 13 |
| 1.2.2 Les acteurs de la conception | 15 |
| 1.3 La prise en compte des attentes du client dans la conception industrielle | 16 |
| 1.3.1 Les notions de <i>valeur pour le client</i> et de <i>voix du client</i> | 17 |
| 1.3.2 Les objectifs de l'intégration du point de vue du client dans la conception | 18 |
| 1.3.3 La méthode <i>Analyse de la valeur / analyse fonctionnelle</i> | 18 |
| 1.3.4 La méthode <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> | 23 |
| 1.3.5 Le principe de la conception centrée utilisateur : <i>User Centered Design (UCD)</i> | 25 |
| 1.3.6 Les méthodes découlant du <i>Participatory design (PD)</i> | 29 |
| 1.3.7 Conclusions sur l'intégration du point de vue du client dans la conception | 34 |
| 1.4 Un challenge pour la conception automobile | 37 |
| 1.4.1 Intégrer le point de vue du client dans la conception automobile | 37 |
| 1.4.2 Les Pilotes Prestations Client comme représentants des clients dans les phases de conception | 38 |
| 1.4.3 Le problème industriel soulevé par Renault | 39 |
| 2 Une problématique de partage et capitalisation de l'information en projet | 41 |
| 2.1 L'activité des Pilotes Prestations Client ergonomie | 42 |
| 2.1.1 Relations avec le métier ergonomie | 42 |
| 2.1.2 Relations avec les architectes (concepteurs) | 48 |
| 2.1.3 Les Pilotes Prestations Client : des acteurs d'interface | 51 |
| 2.2 L'analyse du problème de partage d'information | 53 |
| 2.2.1 Les échanges d'informations en projet | 54 |
| 2.2.2 Le partage des cahiers des charges ergonomiques | 56 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2.3 | « L'ambiguïté » des demandes d'information des Pilotes Prestations Client ergonomie | 56 |
| 2.2.4 | L'éparpillement des données et les ressaisies d'informations | 58 |
| 2.2.5 | La grille d'analyse « prestation/zone d'architecture » | 59 |
| 2.2.6 | La distinction analyse/évaluation | 60 |
| 2.2.7 | Conclusions sur l'analyse du problème de partage d'informations | 60 |
| 2.3 | La nécessité d'un terrain commun <i>au virtuel</i> | 62 |
| 2.3.1 | Les « nums » : des objets intermédiaires incontournables | 62 |
| 2.3.2 | Améliorer la coopération : la synchronisation cognitive par l'intégration de points de vue | 63 |
| 2.4 | Systèmes d'information et mémoire de projet : l'émergence de l'idée de constat ergo- nomique | 64 |
| 2.4.1 | La formalisation d'un système d'information | 64 |
| 2.4.2 | L'intérêt d'une mémoire de projet | 65 |
| 2.4.3 | L'approche par la « réutilisation » | 65 |
| 2.4.4 | Les apports du Computer Supported Cooperative Work (CSCW) | 66 |
| 2.4.5 | Émergence du <i>constat ergonomique</i> | 67 |
| 2.5 | Conclusions | 69 |
| 3 | L'émergence d'un nouvel outil : le constat ergonomique générique | 71 |
| 3.1 | Un nouvel outil pour l'extraction du point de vue ergonomique dans la maquette nu- mérique | 72 |
| 3.1.1 | Intégration de points de vue métier dans le processus de conception | 72 |
| 3.1.2 | Partage et capitalisation d'information : le poids de la conception numérique | 72 |
| 3.1.3 | Les limites du constat ergonomique | 73 |
| 3.2 | Le constat ergonomique vu par l'architecte | 75 |
| 3.2.1 | Le caractère réutilisable de l'analyse par constat | 75 |
| 3.2.2 | Les possibilités de la CAO paramétrée | 76 |
| 3.2.3 | La phase de prototypage | 80 |
| 3.3 | La conception des constats ergonomiques génériques | 82 |
| 3.3.1 | Le processus général | 82 |
| 3.3.2 | Quelques attributs du processus de conception des constats génériques | 85 |
| 3.3.3 | Conclusions sur le processus de conception des constats ergonomiques géné- riques | 88 |
| 3.4 | Le concept de constat ergonomique générique | 89 |
| 3.4.1 | Un patron d'analyse de l'ergonomie du véhicule au numérique | 89 |
| 3.4.2 | Un mécanisme de coordination entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes | 91 |
| 3.4.3 | Un scénario d'usage ergonomique adapté à la maquette numérique | 92 |
| 3.4.4 | Intégration des constats ergonomiques génériques dans un modèle global d'ana- lyse ergonomique | 93 |
| 3.4.5 | Exemples | 95 |
| 3.5 | Conclusions | 96 |
| 4 | Usages des constats ergonomiques génériques | 99 |
| 4.1 | Insertion physique et technique dans le système de conception Renault | 100 |
| 4.1.1 | Quelques caractéristiques du PDM Renault | 100 |
| 4.1.2 | Intégration des constats ergonomiques génériques dans le PDM | 101 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.1.3 | Rangement des instances de constat dans le PDM | 104 |
| 4.1.4 | Analyse de l'intégration technique des constats ergonomiques génériques . . | 104 |
| 4.2 | Insertion organisationnelle dans le système de conception Renault | 106 |
| 4.2.1 | Usages avec les architectes | 106 |
| 4.2.2 | Usages avec le métier ergonomie | 107 |
| 4.2.3 | Organisation du cycle de vie des constats ergonomiques génériques | 108 |
| 4.2.4 | Analyse de l'insertion organisationnelle des constats ergonomiques génériques | 109 |
| 4.3 | Un système d'information fondé sur les constats ergonomiques génériques, pour l'ana- lyse de l'ergonomie en projet | 111 |
| 4.3.1 | La procédure d'échange d'informations par l'utilisation des constats ergono- miques génériques | 111 |
| 4.3.2 | Usages courants des instances de constats ergonomiques génériques | 112 |
| 4.3.3 | Les avancées permises par le nouveau système d'information | 113 |
| 4.4 | Les « effets de bord » provoqués par la mise en place des constats ergonomiques génériques | 115 |
| 4.4.1 | Constitution d'une mémoire de projet | 115 |
| 4.4.2 | Détournement d'usage par les concepteurs | 118 |
| 4.5 | Conclusions | 119 |
| 5 | Perspectives et généralisation : le constat générique | 121 |
| 5.1 | Les apports du constat ergonomique générique à l'intégration du point de vue du client dans la conception | 122 |
| 5.1.1 | Introduction | 122 |
| 5.1.2 | Un système de réalisation et de partage de représentations sur le projet | 122 |
| 5.1.3 | Un support de l'argumentation en conception | 124 |
| 5.1.4 | Un rouage de la coopération | 124 |
| 5.2 | Les perspectives ouvertes par le système d'information mis en place | 126 |
| 5.2.1 | L'outillage d'acteurs d'interface : les Pilotes Prestations Client ergonomie . . | 126 |
| 5.2.2 | Intérêt de l'intégration des instances dans le PDM | 127 |
| 5.3 | Du constat ergonomique générique au constat métier générique | 128 |
| 5.3.1 | Généralisation du concept de constat | 129 |
| 5.3.2 | Préconisations pour la conception de constats métier génériques | 130 |
| 5.3.3 | Application à d'autres domaines | 130 |
| | Conclusion Générale | 133 |
| | A Glossaire | 137 |
| | B Descriptif des constats ergonomiques génériques réalisés | 139 |
| | C Cahier de spécifications détaillées du constat « espace jambes conducteur » | 147 |
| | Bibliographie | 159 |

Introduction Générale

L'automobile est devenue, avec l'informatique, un des produits grand public les plus complexes et les plus technologiquement sophistiqués. Une première source de complexité, perçue par tous, utilisateurs comme concepteurs du produit, provient du nombre grandissant et sans cesse renouvelé « d'éléments » (fonctions, technologies) qui composent une automobile. Un simple coup d'oeil sur la multitude des options incluses ou proposées à l'achat d'un véhicule suffit pour être pris de vertige.

Mais l'automobile est surtout de plus en plus complexe à concevoir et à produire, conséquence de ce nombre croissant de fonctionnalités, et de la pression qu'exerce une concurrence farouche dans ce secteur, constructeurs comme équipementiers. Les objectifs de réduction des coûts sur l'ensemble du cycle de vie et des délais de mise sur le marché, ainsi que les objectifs d'augmentation de la qualité et des services rendus, sont chaque année plus ambitieux. D'autre part, les innovations perçues par le client ne sont que la partie émergée de l'iceberg de la complexité : de nombreuses innovations (produit ou process) lui sont totalement transparentes. Cette course en avant des innovations et des services émane aussi bien des constructeurs que des équipementiers, qui ne sont pas en reste dans les propositions de nouveautés.

Enfin, une dernière source de complexité pour les acteurs de la conception provient des mutations et des rationalisations qu'ont connu et connaissent les phases de conception et de développement du produit automobile : organisation en projet, ingénierie concourante et intégration produit-process, conception collaborative, réorganisation des filières de sous-traitance et externalisations, mise en place de partenariats, conception au numérique (CAO, FAO, IAO, etc.). Ces mutations sont sans fin : la cadence du « Time-to-market » entraîne les fonctions, les organisations de l'entreprise dans un processus de renouvellement permanent, afin d'adapter les processus aux pressions du marché et de produire des modèles d'organisation continuellement plus performants avec des outils et méthodes sans cesse renouvelés.

D'autre part, l'objectif premier reste la satisfaction des attentes du client final¹, dans le but de gagner ou de conserver des parts de marché, et dans tous les cas de rentabiliser les investissements. La question qui se pose alors est : « *Comment élaborer un produit aussi complexe que l'automobile, en assurant qu'il satisfera les attentes des clients ?* ». Car la valeur ajoutée au produit final d'un nouveau service, d'une nouvelle technologie, d'un gain de temps sur le processus de fabrication ne se mesure qu'à l'aune de la satisfaction des clients, c'est-à-dire la sélection du véhicule plutôt qu'un véhicule concurrent appartenant au même segment de marché. Et cette satisfaction se perçoit à travers des prestations globales, transversales aux fonctions d'un véhicule. « *Comment alors, dans la complexité du développement d'un projet véhicule, ne pas s'éloigner du point de vue du client sur le produit final, alors que tant de contraintes pèsent sur le déroulement du projet, et que personne n'en a une vision globale ?* »

Les réponses à ces questions sont à chercher dans la phase de conception [Midler, 1997]. Car c'est bien dans cette phase que l'on décide et dessine le produit tel qu'il sera mis sur le marché, que

¹ Par client final nous entendons le segment de clientèle visé

l'on engage ses coûts, que l'on insuffle les gènes qui feront la réussite ou l'échec du projet. Et les réponses sont également à chercher auprès des acteurs de la conception, car c'est de la coordination de tous leurs efforts, et de leur collaboration que se créera l'alchimie nécessaire à la réussite d'un projet. La phase de conception, avec ses acteurs, son organisation, représente par conséquent une étape éminemment stratégique dans le cycle de vie produit, et vers laquelle de nombreuses actions de rationalisation et d'amélioration sont tournées, afin de mieux la maîtriser.

Sur cette problématique de l'intégration du point de vue du client dans la conception, le choix de l'entreprise a été de créer et de responsabiliser un acteur particulier, appelé Pilote Prestations Client. Cependant, ce rôle, relativement récent, est encore peu outillé et rencontre des problèmes dans le partage des informations nécessaires à son activité. Cette étude présente une proposition d'outil pour l'amélioration du partage d'information, pour un Pilote Prestations Client particulier : le Pilote Prestations Client ergonomie.

Dans le **premier chapitre**, nous aborderons la problématique de l'intégration du point de vue du client dans les phases de conception. Ce chapitre débutera avec une revue du contexte général de l'ingénierie concourante, qui est le contexte de l'industrie automobile. Cette brève présentation permettra de situer les problématiques générale dans lesquelles se situent les acteurs de la conception. Nous insisterons sur le poids croissant des technologies numériques dans le développement des projets véhicules, et des implications de ces technologies, notamment la vision particulière de la conception qu'elles imposent. Le contexte spécifique de Renault sera décrit, en particulier les choix organisationnels de l'entreprise sur la création de ce nouvel acteur, le Pilote Prestations Client.

Ceci nous permettra d'introduire la problématique de l'intégration du point de vue du client dans la conception. Nous aborderons plus précisément cette problématique, par une revue non exhaustive de la littérature abordant ce champ de recherche. Nous reviendrons alors sur le cas de Renault et sur les problématiques rencontrées par le Pilote Prestations Client dans l'intégration du point de vue du client dans la conception, ce qui nous amènera à formuler plus précisément la problématique de cette thèse centrée sur l'intégration et la vérification des spécifications dans la conception.

Dans le **deuxième chapitre**, nous entrerons plus précisément dans la problématique de la thèse. Dans la conception d'un produit complexe comme l'automobile, l'intégration du point de vue du client passe par l'intégration du point de vue des métiers. C'est en particulier le cas de Renault où le Pilote Prestations Client[est l'explicite représentant du client durant toute la phase de développement, s'appuyant sur un ou plusieurs métiers référents. Nous verrons que le problème d'intégration de points de vue passe par la création, entre les concepteurs (dénommés architectes) et les Pilotes Prestations Client, d'un « terrain commun » ou d'un « référentiel opératif commun » [de Terssac et Chabaud, 1990], à défaut d'un utopique langage commun. L'ensemble des discussions aura pour cadre le partage et la capitalisation des connaissances en projet. Nous expliciterons les besoins en termes de structuration des échanges de données et de capitalisation, en nous appuyant sur les investigations menées dans le domaine de la création de mémoire-projet, ainsi que celles du domaine du CSCW². Dans ce chapitre, nous verrons l'articulation des échanges d'information entre les Pilotes Prestations Client Ergonomie et les architectes (concepteurs effectuant la synthèse, zone par zone, du projet véhicule). Leurs rôles respectifs seront développés, ainsi que les contributions du métier ergonomie.

Ce chapitre conclura sur l'émergence et la conceptualisation d'un nouvel outil : le constat ergonomique. Ce concept est issu des structurations des échanges d'informations entre les architectes véhicule et les Pilotes Prestations Client, et est devenu support d'une partie de ces échanges.

Dans le **troisième chapitre**, nous entrerons dans le cœur de la contribution de ce travail de thèse. Le passage du concept à l'instrumentation d'un *constat ergonomique générique*, s'appuyant sur les

²Computer Supported Cooperative Work, voir paragraphe 1.3.7 page 36 et paragraphe 2.4.4 page 66

possibilités de la CAO paramétrée, et en particulier sur les modèles génériques réalisables sous CATIA V5 ® sera tout d'abord décrit. Puis le processus de développement de ces constats ergonomiques génériques, de l'expression des besoins à l'implémentation dans le processus général de développement véhicule de l'entreprise, sera à son tour retracé. Cela nous permettra de voir comment ce processus de conception et de réalisation de ces constats ergonomiques génériques a participé et contribué au renforcement et au support des activités de coopération entre les Pilotes Prestations Client et les architectes. Sa contribution à l'intégration du point de vue du métier ergonomie dans la conception, et donc indirectement de celui du client, sera développée. Nous verrons que le constat ergonomique générique contribue, par sa forme et par la place qu'il a pris dans les activités de conception et dans les échanges d'informations, à créer un espace opératif commun.

Dans le **quatrième chapitre**, l'intégration des constats génériques ergonomiques dans le processus de développement sera exposé. Nous verrons ses apports en terme d'assistance à la conception, dans une version forte de la coopération, et dans la capture de la logique de conception (mémoire de projet). Les deux principaux apports des constats génériques ergonomiques, comparaison objective de solutions et extraction du point de vue de l'ergonomie dans la maquette numérique, seront développés. Enfin, nous aborderons le détournement d'usage des constats faits par les architectes. Ce chapitre montrera comment les constats ergonomiques génériques et le système d'information associé participent au processus de création d'une intelligibilité mutuelle pour la résolution de problèmes de conception.

Dans le **cinquième chapitre** enfin, nous effectuerons un bilan des apports du constat ergonomique générique dans le processus de conception. Puis nous aborderons les perspectives ouvertes par ce nouvel outil, avant d'envisager une généralisation de la méthode d'extraction de points de vue des projets conçus « au numérique », assistée du concept de constat générique « généralisé » : le constat métier générique. Nous exposerons tout d'abord les caractéristiques généralisables de l'outil et de son processus de conception, avant d'évoquer succinctement quelques applications à d'autres domaines que l'ergonomie automobile.

Chapitre 1

Vers l'introduction du point de vue du client dans la conception produit/process

Ce chapitre a pour double objectif d'exposer le contexte et la problématique industrielle de notre étude d'une part, et d'autre part de les situer dans les problématiques de recherche du génie industriel. Dans un premier temps, quelques généralités sur la gestion de projet et l'activité de conception industrielle, notamment la conception automobile, seront rappelées. Ceci nous permettra d'introduire et de situer le contexte du constructeur automobile Renault. Puis nous aborderons plus précisément les problématiques concernant l'introduction du point de vue du client dans la conception, pour, de même, introduire et situer le contexte de Renault.

1.1 Contexte général de la conception industrielle automobile

1.1.1 Les contraintes de la conception industrielle

Depuis quelques décennies maintenant, la concurrence entre firmes s'est progressivement mondialisée et exacerbée. Le mode de concurrence a en outre évolué d'une économie de masse vers une économie de la variété et de la réactivité [Giard et Midler, 1996]. La mise sur le marché de produits innovants et de qualité, à moindre coût et avant les concurrents est devenue la clé de la survie des entreprises industrielles, notamment de l'industrie automobile. Pour y répondre, les entreprises ont été conduites à transformer leur stratégie, leurs pratiques et leurs organisations. Les gains de productivité et les baisses de coûts obtenus en fabrication, résultats de l'optimisation de l'outil de production, par l'automatisation et la standardisation, mais aussi par la montée en flexibilité des chaînes de production, ont fait place à d'autres rationalisations. Le mode de coordination et de pilotage par projets est devenu incontournable dans l'industrie automobile, en fédérant autour d'un modèle l'ensemble des compétences et des métiers de l'entreprise.

Le nombre de projets véhicule menés simultanément a considérablement augmenté du fait du raccourcissement du cycle de vie des produits, de la multiplication des variantes, de la diminution des séries, de l'accélération de la mise sur le marché des produits, conséquences de la volatilité des clients face à une offre surabondante. Notamment, dans l'optique de réduire les délais de mise sur le marché et de maîtriser les coûts de développement, le monde économique et industriel s'est tourné vers la gestion de projet comme réponse à ces exigences. Ce sont particulièrement les activités de conception de produits qui, depuis la décennie 80, ont été traversées par de nombreuses vagues de rationalisation [Eyherabide, 2004]. Le modèle linéaire de la conception a laissé place à l'ingénierie concourante, qui cherche à paralléliser les tâches de conception et à intégrer l'ensemble des contraintes du cycle de vie produit dès les phases amont de conception.

1.1.2 Évolution de la gestion des projets automobiles

Caractérisation de l'activité projet

D'après [Giard et Midler, 1996], six caractéristiques permettent de cerner le terme polysémique d'activité projet. La démarche de projet naît avant tout autour d'une finalité, et son déroulement est généralement contraint (par des délais, des coûts, etc.). Elle est une réponse au caractère unique du contexte comme de la finalité. Elle doit permettre la communication et l'intégration de différentes logiques. Elle se construit dans l'incertitude, à la fois du processus, mais aussi du but à atteindre qui ne sera réellement connu qu'une fois le projet achevé. La temporalité du projet est irréversible, au fil du temps la connaissance sur le projet progresse, à l'inverse des marges de manoeuvre (cf. figure 1.1). Enfin, le périmètre des projets est ouvert et incertain.

L'évolution organisationnelle dans l'industrie automobile

Les industries automobiles, en particulier Renault, ont connu plusieurs évolutions dans leurs modes d'organisation [Midler, 1995], [Muñoz Zarate, 2002], afin de mieux s'adapter à la demande et à la concurrence.

Le passage d'une organisation fonctionnelle classique à une organisation par projets a formé une transition importante dans les années 70. A cette époque, Renault a adopté une organisation par projets, mais dans une logique plutôt de coordination et de développement séquentiel et linéaire (séparation conception-exécution) dans le cadre de renouvellement de gammes.

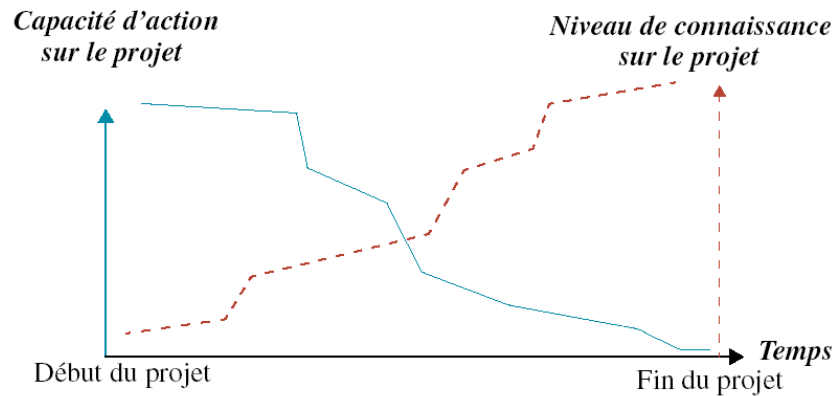


FIG. 1.1 – Évolutions de la connaissance et des degrés de liberté d'un projet, d'après [Giard et Midler, 1996]

Dans les années 80, la gestion par projets a connu une nouvelle transition. Elle a été fortement renforcée et a gagné en autonomie et en responsabilité par la création de nouveaux acteurs, notamment les directeurs de projet [Moisdon et Weil, 1996], par la mise en oeuvre de nouvelles approches méthodologiques favorisant la concourance et l'intégration produit-process, par la mise en place de partenariats avec les sous-traitants, au lieu des relations classiques clients fournisseurs. Les évolutions marquantes ont été les suivantes :

- la définition très entrepreneuriale et globale des rôles projet, spécialement celui du directeur de projet, qui est engagé sur la réussite globale du projet (en termes de qualité, coûts, délais) et pas seulement sur sa réalisation technique ;
- la prise en compte des singularités de chaque projet ;
- la mise en place de communications transversales entre métiers, notamment avec les métiers de la fabrication ;
- le recentrage autour de la temporalité et de la logique de convergence des projets ;
- le développement de partenariats avec les fournisseurs et les sous-traitants.

L'organisation de la firme reste en perpétuelle évolution pour s'adapter aux exigences du marché. Les projecteurs sont maintenant braqués sur les phases très amont de la conception, appelées phases exploratoires voire pré-exploratoires et sur les activités de recherche, qui permettent de mettre en place des stratégies d'innovation. D'autres évolutions ont résolument fait entrer Renault dans une organisation par projets au début des années 90 (Notamment lors du projet Twingo) [Luzi, 1997], en améliorant ou en résolvant certains problèmes posés par cette organisation spécifique. On peut notamment citer les changements suivants :

- Adaptation des compétences de chaque acteur du projet : des capacités d'abstraction sont demandées aux acteurs de l'aval, habituellement plutôt rompus à la réactivité en environnement contraint, inversement des capacités de réactivité sont demandées aux acteurs de l'amont, et à tous, dans leur périmètre respectif, sont demandées des capacités de contrôle des coûts, des délais et de la qualité.
- Modification des outils d'évaluation de la performance des départements.
- Évolution des rapports de prévalence entre l'amont et l'aval.
- Modification de la gestion des ressources humaines et des carrières.

1.1.3 La conception, phase stratégique du cycle de vie produit

Le cycle de vie produit

Les évolutions organisationnelles décrites au paragraphe précédent se sont articulées autour et dans le but d'une plus grande maîtrise du cycle de vie du produit automobile. Le cycle de vie d'un produit, du point de vue de l'analyse fonctionnelle, désigne les différentes « phases de vie » d'un produit. Ces phases sont généralement regroupées dans les catégories suivantes :

- conception (définition du besoin, faisabilité, développement) ;
- production (fabrication) ;
- distribution (transport, stockage) ;
- consommation (commercialisation, exploitation, maintenance) ;
- élimination (recyclage, élimination des déchets).

Caractère stratégique de la conception

La phase de conception, au début du cycle de vie produit, apparaît éminemment stratégique, et notamment ses phases très amont (« fuzzy front end ») [Herstatt et Verworn, 2004]. C'est dans cette période qu'est déterminée et décidée la grande majorité des caractéristiques et des comportements du futur produit, ainsi que son processus de fabrication. C'est dans cette période que sont imaginées, adaptées et intégrées les innovations qui feront la différence [Midler, 1997]. C'est dans cette phase, qui pourtant ne consomme en général qu'environ 5 à 10% du coût du produit, que sont engagés plus de 80% les coûts sur l'ensemble du cycle de vie du produit [Jeantet, 1998]. La métaphore agricole éclaire ce caractère stratégique [Winkelman et Fauvel, 2001]. La phase de conception sème et cultive toutes les graines de la réussite (ou de l'échec) d'un nouveau produit, planifie son développement, même si, comme dans un jardin, tous les résultats ne sont pas garantis et dépendent de nombreux éléments extérieurs.

1.1.4 Le poids croissant des technologies numériques dans la conception

En conception automobile, les technologies numériques ont pris une importance grandissante dans la phase de conception, au point que l'on parle parfois de conception au virtuel. L'émergence de la « société de l'information » (Web, Technologies de l'Information et de la Communication, etc.) dans les années 90 contribue également à des mutations profondes des méthodes de travail [Bouillon, 2003]. Ces technologies numériques peuvent être regroupées en trois domaines distincts [Coutellier et Nadot, 2000] : (1) prototypage virtuel et maquette numérique, (2) systèmes de gestion et de diffusion de l'information (de type SGDT ou PDM) et (3) systèmes d'aide au travail collaboratif. Dans ce paragraphe, nous insisterons plus particulièrement sur les deux premiers, le troisième domaine sera abordé au paragraphe suivant (paragraphe 1.1.5 page 11).

La conception numérique

Ainsi, on ne compte plus les assistances apportées par l'ordinateur (« AO » pour « Assisté par Ordinateur ») dans le domaine de la conception du produit ou du process¹ : CAO, FAO, IAO, IPAO, DAO... Pour résumer, ces termes recouvrent un ensemble de logiciels et de techniques permettant de modéliser des géométries dans l'espace (en trois dimensions) ou dans le plan (en deux dimensions), géométries des pièces du produit pour la CAO, géométrie des outils de fabrication et des interactions avec les pièces produits pour la FAO, dessins et plans pour le DAO... L'IAO et l'IPAO quant à eux

¹ Voir annexe A pour la traduction de l'ensemble des sigles employés dans ce document.

intègrent ces logiciels dans des systèmes d'informations plus vastes, permettant de coordonner le travail de l'ensemble des concepteurs autour d'un concept clé : la « maquette numérique ». La maquette numérique correspond à l'assemblage numérique de l'ensemble des pièces du produit en une sorte de prototype virtuel. Elle permet de rendre compte des problèmes d'intersections ou de jeux entre éléments (Cohérence géométrique du produit), mais également des problèmes de montage comme les passages d'outils (cohérence géométrique de montage). Elle permet également de donner une représentation de l'état de développement du produit à différentes étapes du processus de conception.

L'ensemble des informations produites par ces logiciels est stocké dans des Systèmes de Gestion de Données Techniques (SGDT). Aujourd'hui, on parle plus communément de PDM (Product Data Management), mais ces deux termes recouvrent la même notion. Ce sont des systèmes informatiques capables de gérer d'immenses quantités de données, pouvant être définis, d'après [Storvik, 1999], comme suit :

Ce sont des systèmes informatiques permettant la manipulation, le contrôle et le stockage d'informations produit tout le long de son cycle de vie, de façon transverse aux frontières organisationnelles ou logicielles, reposant sur trois moyens spécifiques :

- *un « coffre-fort », c'est-à-dire un système de stockage sécurisé et de très grande capacité, permettant en plus des accès simultanés ;*
- *des workflow, c'est-à-dire des procédures d'utilisation, gérant les entrées/sorties d'information et leur utilisation ;*
- *des modèles de structures produit.*

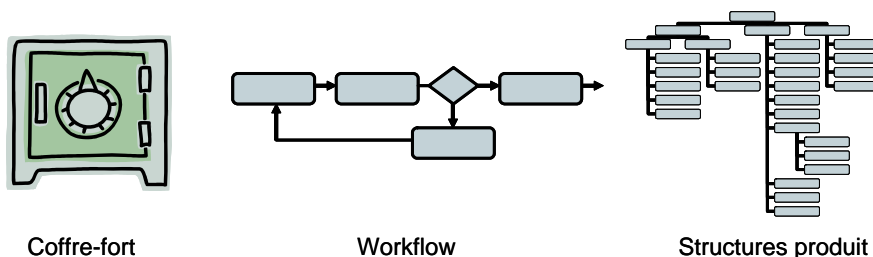


FIG. 1.2 – Les composants d'un PDM

Le PDM permet d'intégrer (fédérer), partager et tracer (gérer les versions successives) les informations et objets numériques produits par les logiciels de CAO/FAO dans un système cohérent, accessible par tous les acteurs – pas uniquement les concepteurs – de l'entreprise, mais sécurisé par des droits d'accès [Bouchard et Tollenaere, 1997]. D'après [Coutellier et Nadot, 2000], quatre pour cent seulement du personnel d'une entreprise produit des données, les autres les consomment dans les bureaux d'études, des méthodes, de la fabrication, des achats, des services après-vente, de la maintenance, de la documentation technique, du marketing ou encore du commercial. Grâce au PDM, la maquette numérique est accessible à tous.

Réalité virtuelle et simulation

D'autre part, la simulation numérique de comportement (calculs) et la réalité virtuelle participent également au mouvement général d'accroissement de l'utilisation des technologies numériques dans la conception.

La simulation numérique va plus loin que l'évaluation géométrique de l'assemblage des pièces du produit automobile. Elle vise à analyser le comportement physique (mécanique, thermique, aérodynamique, etc.) des pièces et des assemblages du produit dans des situations paramétrables caractéris-

tiques (crash, comportement aérodynamique routier, usure et déformations dues à la fatigue, etc.) afin d'anticiper le comportement effectif, dans des situations réelles, du futur produit, afin de remplacer les vagues d'essais physiques sur prototype ou d'en réduire le nombre au minimum.

La réalité virtuelle représente une discipline de recherche à elle seule et sa définition pose de sérieux problèmes épistémologiques que nous n'aborderons bien évidemment pas ici. Le principal problème de définition provient du fait que la réalité virtuelle est souvent reliée à des technologies plus qu'à un concept particulier [Steuer, 1992]. Nous retiendrons principalement la définition donnée par Steuer : la réalité virtuelle se définit comme *un environnement réel ou simulé dans lequel un être sensible expérimente une télé-présence, c'est-à-dire l'expérience d'une présence dans cet environnement par le biais d'un médium de communication*². Dans le cas de la conception automobile, la réalité virtuelle permet une simulation immersive, interactive et en temps réel, entièrement générée par ordinateur, d'une version virtuelle d'une partie du projet véhicule. Généralement, ces simulations sollicitent plus particulièrement le sens de la vue, mais des applications haptiques ou sonores commencent à être utilisées.

Ces deux concepts-outils, simulation numérique et réalité virtuelle, encore plus que la maquette numérique, contribuent à *l'apparition au plus tard voire à la disparition* des maquettes et prototypes physiques. Le remplacement du physique par le numérique contribue à la maîtrise des coûts et des délais de développement [Saidane *et al.*, 2003], [Dai *et al.*, 1996], permet de tester un plus grand nombre de configurations, de mener des analyses très diverses (géométriques, thermiques, aérodynamiques, mécaniques, de montage, etc. comme cela a été mentionné ci-dessus) sans recourir à la fabrication de prototypes physiques. Ces prototypes physiques sont coûteux, d'une utilité limitée dans le temps, ils mobilisent des ressources et nécessitent des délais de réalisation parfois incompatibles avec la réactivité demandée dans les projets.

Cependant, la disparition des maquettes et prototypes physiques ne va pas sans perturber des activités et des métiers, notamment les métiers ethnocentrés tels l'ergonomie qui ont une culture de la validation établie sur des essais, des expérimentations « concrètes », ou bien les métiers d'essayeurs, qui deviennent de plus en plus des « approbateurs ». Les effets de ce virage vers le « (quasi-)tout numérique » sont détaillés dans le paragraphe suivant, notamment la complexité accrue des analyses et de l'argumentation des métiers, c'est-à-dire la prise qu'ont les métiers sur le déroulement et l'infléchissement du projet véhicule.

1.1.5 Les acteurs de la conception face à la complexité

Jusqu'à présent, des aspects technologiques, organisationnels, informationnels relatifs à la conception ont été abordés, mais les acteurs de la conception n'ont pas ou peu été évoqués. Ce sont pourtant bien eux le cœur, la vie, l'intelligence de ces phases turbulentes du développement véhicule. Car si un projet véhicule voit le jour, ou plutôt s'il se matérialise tout simplement en un nouveau véhicule, c'est bien le fait de la synergie des efforts et des intelligences de l'ensemble des acteurs projet.

Du point de vue d'un acteur de la conception cependant, l'ensemble des processus qui concourent à la réalisation du projet forme un tout si complexe et si varié que personne n'en a une vision claire. L'intelligence et la créativité qui émanent du processus de conception sont éminemment collectives ([Midler, 1993], p119) et s'appuient sur des dynamiques et des interactions dont nous allons examiner les perturbations et les mécanismes d'équilibre dans ce paragraphe.

² « A virtual reality is defined as a real or simulated environment in which a perceiver experiences telepresence. Telepresence is defined as the experience of presence in an environment by means of a communication medium. »

Bouleversements des dynamiques métiers

Ainsi, les grands mouvements qui ont affecté le contexte de la conception ont perturbé les dynamiques des métiers : les différentes vagues de rationalisation (Entre autres, de *normalisation du fonctionnement cognitif*), cf. [Bouillon, 2003] et la flexibilité croissante des organisations, ainsi que la complexification sans précédent des outils de travail et le poids grandissant des technologies numériques [Lefebvre *et al.*, 2003]. Les notions de métier et d'expertise ont perdu de leur importance face au poids croissant de la polyvalence et de la sous-traitance.

En effet, les métiers sont construits autour de compétences techniques fortes, construites et transmises par l'expérience. Mais dans la gestion par projet de la conception, les acteurs métiers sont dispersés dans les projets et plongés dans leurs spécificités. De fait, ils n'ont plus ou peu la proximité et le contact régulier avec leurs pairs pour échanger sur les apprentissages faits en projet, qui sont pourtant indispensables pour construire l'expertise et souder le métier. De plus, la polyvalence et la transversalité sont devenues des notions-clé, supplantant parfois l'expertise technique, car l'objectif est de mettre en place des compromis techniques rapidement, dans le cadre de l'externalisation des composants les plus spécifiques et/ou technologiques. L'acteur métier doit donc réussir à mettre en perspective ses actions, ses avis, ses évaluations par rapport au projet et non plus seulement par rapport au domaine d'expertise auquel il appartient.

Enfin, les nouveaux systèmes de gestion du travail collaboratif participent particulièrement à ces bouleversements. En effet, des outils de type visio-conférence, portails web métier dédiés, outils de gestion des connaissances et de capitalisation, outils d'annotations de documents ou plus simplement courriel rendent possibles des activités de conception à distance, en mode synchrone ou asynchrone, augmentent les possibilités d'interaction, mais demandent également, d'une part des efforts de prise en main de ces nouveaux outils, d'autre part de réinventer des modes de coordination et de coopération entre les personnes.

L'ensemble de ces bouleversements, et principalement le contexte de perpétuelle instabilité des structures et des organisations, l'adaptation permanente à une concurrence plus âpre, participent au sentiment de complexité et de perte de repère des acteurs de la conception.

Le caractère « indocile » des problèmes de conception

La grande majorité des problèmes que rencontrent les acteurs de la conception sont en fait des « wicked problems » [Syarief et Hibino, 2003], c'est-à-dire des problèmes « indociles ». Plus précisément, les « wicked problems » constituent une classe de problèmes liés à des systèmes sociaux, qui sont mal-définis, complexes, dans lesquels l'information est confuse, les protagonistes ont des attentes conflictuelles, et les ramifications sont particulièrement complexes et imbriquées [Penman, 1996]. Le terme de « wicked problems » a été formulé pour la première fois dans les années 1960, comme alternative au raisonnement séquentiel utilisé par la plupart des concepteurs à l'époque. Le raisonnement séquentiel peut se résumer en deux étapes : définition du problème, puis résolution du problème.

Un « wicked problem », d'après [Rittel et Webber, 1984], présente les caractéristiques suivantes :

1. Il n'existe pas de formulation définitive d'un « wicked problem ». La compréhension et la résolution de ce type de problème sont inséparables. Plus précisément, l'information nécessaire pour la *compréhension* de ce type de problème dépend de l'idée qu'on se fait de sa *résolution*, toute tentative de création d'une solution modifie la compréhension que l'on a du problème.
2. Il n'existe pas de règle indiquant la fin ou la résolution du problème.
3. La solution à un « wicked problem » n'est jamais vraie ou fausse, elle est bonne ou mauvaise.

4. Il n'est jamais possible de tester une solution pour ce type de problème. Chaque solution implique une multitude de conséquences dont l'ensemble des effets demeure imprévisible.
5. Toute solution implémentée a des conséquences irréversibles. Il n'y a pas de possibilité de faire machine arrière, la temporalité de ce type de problème est irréversible.
6. Il n'existe pas de liste exhaustive de solutions bien définies. Chaque acteur a une vue différente de ce que peut être une solution acceptable.
7. Un « wicked problem » est par essence unique, irrémédiablement lié au contexte, même si le problème présente des similarités avec d'autres problèmes.
8. Chaque « wicked problem » peut être considéré comme symptôme d'autres « wicked problems ».
9. De nombreuses et différentes explications peuvent indiquer les causes d'un « wicked problem ». Chaque acteur impliqué peut avoir un point de vue différent et évolutif sur les causes du problème et les moyens de le résoudre. Le choix d'une explication détermine la nature de la résolution du problème.
10. Les acteurs n'ont pas le droit à l'erreur dans ce type de problème.

Richard Buchanan [Buchanan, 1992] explique les raisons de cette « indocilité ». En fait, les concepteurs n'ont jamais de champ d'étude précis : le sujet de leur travail n'est jamais le même, l'indétermination est la nature même de l'activité de conception. Au contraire, les activités de recherche scientifique sont, elles, tournées vers la compréhension de principes, de lois, de règles ou de structures dans des domaines spécifiés « existants ». Même si de nombreux thèmes et domaines sont encore indéterminés, l'indétermination n'est pas nécessairement définitive, car la matière « existe ». En revanche, les concepteurs conçoivent et planifient ce qui « n'existe pas » (encore). De plus, chaque problème de conception est particulier, unique, ne respectant aucune frontière entre les domaines scientifiques. Or il n'existe pas de science du particulier, l'indétermination est donc a priori irréductible dans les problèmes de conception : ils ne sont déterminés qu'une fois résolus, donc achevés.

Prise en compte de la complexité

D'après [Rittel, 1984], les « méthodologies d'assistance à la conception » (et non « méthodologies de conception ») doivent prendre en compte l'indocilité des problèmes de conception.

D'une part, la résolution d'un problème de conception ne peut pas être entièrement enfermée dans une succession linéaire d'étapes et d'activités bien déterminées du genre « comprendre le problème, recueillir l'information, synthétiser, décider » parce qu'il n'est pas possible de comprendre un problème de conception sans avoir une idée de solution à l'esprit qui permette de l'appréhender. Il n'est pas possible de recueillir l'information ad hoc sans compréhension du problème, mais il n'est pas possible de comprendre le problème sans information dessus ! Cette succession linéaire d'activités se produit en fait à tout moment de la conception, et permet de passer d'un état de compréhension du problème à un autre.

D'autre part, la conception est un processus argumentatif et argumenté, parce que la connaissance nécessaire à la résolution de ces problèmes est nécessairement distribuée sur de nombreux acteurs [Arias *et al.*, 2000], et en particulier ceux qui vont utiliser le produit au long de son cycle de vie. Du fait de « la symétrie de l'ignorance », le processus de résolution se doit d'être argumentatif. La « symétrie de l'ignorance » est un concept développé par Horst Rittel (Second-generation Design Methods, op. cit.) supposant que chaque acteur a une représentation propre du problème, fonction de son expérience, de son expertise, de ses objectifs, etc. mais il ne peut pas supposer sa représentation supérieure à celle des autres acteurs impliqués. La résolution des problèmes de conception implique la

prise en compte de nombreux points de vue, et laisse donc la part belle aux acteurs. Ce sont les acteurs de la conception, par leurs interactions, coopérations, argumentations, qui permettent de résoudre les problèmes de conception malgré leur complexité.

Ainsi, l'ingénierie concourante respecte mieux les principes cognitifs de conception que les approches linéaires de la conception, car elle implique notamment des utilisateurs « aval » du produit (les acteurs de la production) et permet la confrontation de points de vue. Mais elle ne réduit pas la complexité des processus de conception.

1.2 Le contexte Renault

Renault, constructeur automobile de dimension mondiale, n'échappe pas aux contraintes que nous venons d'évoquer : organisation en projets, pression accrue de la concurrence, pression sur le triptyque « qualité, coûts, délais », poids de l'innovation, augmentation de la complexité dans les phases de conception du fait de la pression accrue et poids de cette complexité pesant sur les acteurs de la conception.

A propos de l'organisation de la conception d'un nouveau véhicule, quelques remarques doivent être faites concernant le vocabulaire employé.

La conception d'une voiture est en réalité divisée en deux ensembles aux temporalités distinctes. D'un côté l'ensemble « moteur, boîte de vitesse, échappement » est développé, de l'autre l'ensemble « véhicule » (sans moteur). Un même moteur équipe plusieurs véhicules, et la conception d'un nouveau moteur n'est pas directement liée à la conception d'un nouveau véhicule. La DIM (Direction de l'Ingénierie Mécanique) a sous sa responsabilité le premier ensemble (moteur, etc.). La partie véhicule est quant à elle sous la responsabilité de l'IV (Ingénierie Véhicule), qui n'est pas en elle-même une direction, mais la réunion de trois directions distinctes : la DREAM (Direction de la Recherche, des Études Avancées et des Matériaux), la DAPP (Direction de l'Amont, des Projets et des Prestations) et la DDIV (Direction du Développement de l'Ingénierie Véhicule). La première élabore et propose des concepts et des innovations pour les futurs véhicules. La deuxième formalise les attentes des clients en terme de prestations et assure la responsabilité du respect du triptyque « qualité coûts délais » et la défense des prestations. La troisième conçoit et développe les véhicules futurs, tout en assurant les évolutions (produit/process) des véhicules série.

D'autre part, dans un projet véhicule, on distingue également la partie « véhicule » à proprement parler, constituée de la caisse et de l'habitacle, dépendante du design, de la partie « plate-forme », c'est-à-dire la base roulante, commune à plusieurs véhicules. Par la suite, nous emploierons les termes projet véhicule et véhicule pour désigner cette partie « véhicule », qui se restreint à l'habitacle et à la caisse, ne concernant pas les organes moteurs ni la plate-forme.

L'organisation de l'entreprise pour la conception des véhicules est similaire aux organisations adoptées dans l'industrie automobile. Mais elle présente évidemment des singularités, et notamment le poids très fort du point de vue du client sur le produit fini. Ce point de vue du client est partie prenante du processus de développement des projets véhicule, par le biais des « prestations client », qui sont défendues tout au long du développement du projet par des acteurs particuliers, les Pilotes Prestations Client, dont le rôle sera précisé à la fin de ce paragraphe.

1.2.1 Le processus de conception Renault

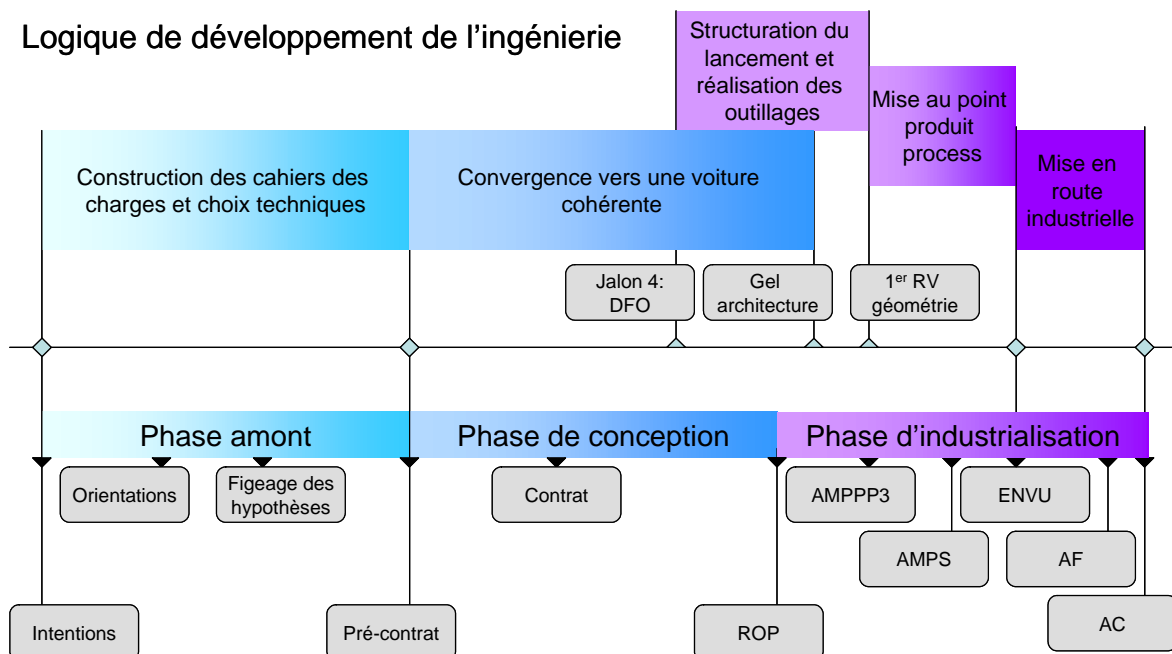
Le processus de conception Renault est sous-tendu par une logique de développement visant à rythmer l'ensemble des acteurs de l'entreprise de façon coordonnée, tout au long des diverses étapes

de conception et d'industrialisation d'un véhicule. Le processus se découpe en trois grandes phases : l'amont, la conception et l'industrialisation (cf figure 1.3).

La phase amont : cette phase, également appelée *phase d'avant projet*, réunit les études exploratoires et préparatoires du projet. Elle comporte des phases de recherche de concepts, de déclinaison des prestations client, de choix techniques et d'étude de faisabilité des innovations, afin de répondre à la demande de la direction du Produit (marketing avancé) avec le meilleur compromis qualité-coûts-délais-prestations.

La phase de conception : cette phase, plus généralement appelée phase projet, correspond à l'étude détaillée produit-process et permet la convergence du design, des prestations et de la conception technique du véhicule.

La phase d'industrialisation : cette phase correspond à la mise au point et à la réalisation du produit et du process de fabrication, et à la mise en route du processus de fabrication.



Logique de développement du projet

ROP: Réalisation des Outillages Programme
DFO: définition pour fonderie des outillages
AMPPP3: Accord de Montage Prototypes Produit Process
AMPS: accord de Montage Pré-Séries
AF: Accord de Fabrication
AC: accord de Commercialisation

FIG. 1.3 – Le processus de développement projet sous-tend la logique de développement de l'Ingénierie Véhicule, d'après [Renault, 2006]

La *lettre d'Intention Produit*, qui définit les cibles marketing du véhicule, marque l'entrée dans la phase amont, et le point de départ des études du projet. Le jalon *Pré-Contrat*, particulièrement critique, marque le passage de la phase amont à la phase de conception. C'est à ce jalon qu'il est décidé si le projet sera ou non réalisé. La fin de la phase d'industrialisation, qui marque également la fin de la phase « projet » du véhicule, est déterminée par *les accords de fabrication (AF) et de*

commercialisation (AC), séparés de quelques semaines. D'autres jalons ponctuent le déroulement du projet, et permettent de rythmer les temporalités des très nombreux acteurs de la conception par de grands rendez-vous collectifs. Notamment, lors de la phase de conception, les jalons projet sont articulés autour de cinq DMDR (Digital Mock-up Design Review : revues numériques de projet), où l'état de la conception est arrêté et cristallisé dans la maquette numérique, de sorte à faire ressortir tous les problèmes et mettre en place des compromis, qui seront évalués lors de la DMDR suivante.

1.2.2 Les acteurs de la conception

Le développement véhicule se répartit entre les acteurs de l'Ingénierie Véhicule :

- des chefs de projet, dont les chefs de projet Ingénierie Véhicule et Industriel ;
- des concepteurs produit, qui réalisent (ou pilotent lorsque les fonctions sont sous-traitées) la réalisation des pièces fonctionnelles ; ils peuvent être des acteurs métier (DIESE, DIEC, DICAP, etc.) ou des pilotes GFE (Groupe Fonction Élémentaire) ou GFS (Groupe Fonction Série, pour le suivi des véhicules en vie série) détachés sur le projet.
- des concepteurs process, qui définissent le processus de fabrication/montage du véhicule, en même temps que le produit est conçu ;
- des concepteurs systèmes, qui définissent l'implantation des systèmes électriques et électroniques, toujours plus nombreux, complexes et inter-reliés ;
- des architectes, qui sont des concepteurs particuliers réalisant la synthèse et l'intégration de l'ensemble de numérisations du véhicule. Par leur rôle très central, ils sont à la convergence de nombreux métiers chez Renault.
- des Pilotes Prestations Client (PPC), acteurs au rôle très particulier : défendre le point de vue du client, sur certaines « prestations », tout au long du développement du projet véhicule, jusqu'à la phase d'industrialisation.

Mais les acteurs de la conception ne se limitent pas aux acteurs de l'Ingénierie Véhicule, comme le présente la figure 1.4 : le Design, la Fabrication et les usines, les fournisseurs, etc. participent à l'aventure du projet véhicule.

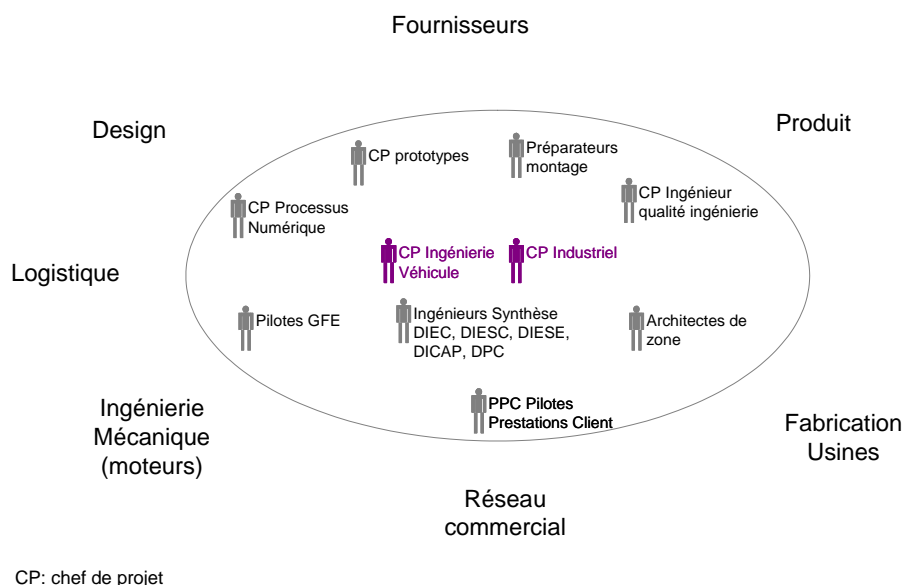


FIG. 1.4 – Les acteurs de l'ingénierie véhicule

La création de l'acteur particulier Pilote Prestations Client relève d'un choix organisationnel de l'entreprise. Afin que le projet, dans sa complexité, ne perde jamais l'objectif de la satisfaction du client malgré l'ensemble des pressions qui s'exercent sur lui, Renault confie la responsabilité de l'atteinte des objectifs de satisfaction client à un nouvel acteur, dont le rôle est explicitement la défense d'un point de vue client particulier sur le véhicule. Ces points de vue concernent des attentes client très diverses et généralement transversales, dépendant de plusieurs fonctions du véhicule et donc réparties sur plusieurs métiers. Les objectifs de satisfaction des « prestations client » s'ajoutent aux habituels objectifs industriels « qualité, coûts, délais », dans l'objectif d'une conception réalisant l'intégration « Produit Process Prestations ». Ce choix organisationnel de création d'un acteur projet animant la conception autour d'un point de vue du client à défendre illustre la tendance à la responsabilisation et l'autonomie des acteurs dans la gestion de projet [Giard et Midler, 1994], plutôt qu'une centralisation du contrôle.

Mais il illustre également aussi tout particulièrement le poids croissant du point de vue du client dans la conception. En effet, pour assurer la satisfaction du client sur le produit, le principe le plus souvent avancé est que la dimension client doit être prise en compte par tous les secteurs de l'entreprise [Montrelay, 2004], et notamment par les acteurs de la conception, dès les phases amont, et durant toutes les phases de développement du produit [Bailletti et Litva, 1995]. Le paragraphe suivant développe quelques aspects de la problématique de l'intégration du point de vue du client dans la conception. Sans prétendre à l'exhaustivité, ce paragraphe détaille différentes méthodes développées et met en évidence quelques difficultés de cette intégration.

1.3 La prise en compte des attentes du client dans la conception industrielle

Avant de poursuivre, il est nécessaire de préciser deux points de vocabulaire afin de lever d'éventuelles ambiguïtés :

Attentes et besoins : Les termes « attentes client » et « besoins client » ne recouvrent pas exactement la même notion. Un produit manufacturé est acheté par un client pour répondre à un ou plusieurs besoins que nous pourrions qualifier de « principaux ». Par exemple, un client achètera une automobile généralement et en premier lieu pour pouvoir se déplacer (rapidement, indépendamment d'autrui, mais en ayant la possibilité de déplacer d'autres personnes avec lui, etc.). Mais dans l'économie de marché actuelle et du fait de la surabondance de l'offre, des souhaits ou des envies, que nous pourrions qualifier de « secondaires » accompagnent ces besoins initiaux. La réponse à ces souhaits permet aux firmes concurrentes de se démarquer. Par exemple, un client attend de l'automobile qu'il achète un certain niveau de confort, de sécurité, de fiabilité, de consommation de carburant, de respect des normes notamment environnementales, etc. Le terme d'attentes client recouvre l'ensemble de ces besoins « secondaires ». Par ailleurs, il est remarquable que ces attentes client soient en fait les seuls besoins sur lesquels les concurrents puissent se démarquer. . . et donc les besoins à satisfaire en priorité ! En effet, les besoins principaux sont nécessairement satisfaits par les produits, sous peine de ne pas être vendus ! Par la suite, ces deux termes, « attente » et « besoin » seront utilisés sans distinction car celle-ci n'apparaît pas nécessaire dans notre contexte.

Client et utilisateur : Le client achète le produit, l'utilisateur s'en sert, et ces deux acteurs peuvent être parfaitement distincts ! C'est souvent le cas dans la vie professionnelle : les utilisateurs de machines, d'outils, de logiciels n'ont pas acheté ces produits qu'ils utilisent. Dans le contexte de l'automobile, le client est souvent confondu avec le conducteur, qui est l'utilisateur principal. Mais il existe bien d'autres utilisateurs de la voiture, notamment les passagers ou les

conducteurs occasionnels. Eason, cité dans [Abrams *et al.*, 2004], distingue trois types d'utilisateurs : les utilisateurs primaires, secondaires et tertiaires. Les utilisateurs primaires sont ceux qui utilisent effectivement le produit. Les utilisateurs secondaires sont ceux qui l'utilisent de façon occasionnelle ou par l'intermédiaire d'un tiers. Les utilisateurs tertiaires sont ceux qui sont affectés par l'utilisation du produit ou participent à la décision de l'achat. Mais de même que pour les termes attente et besoin, nous ne distinguerons pas par la suite entre client et utilisateur, car dans le contexte automobile, le client est souvent le principal utilisateur, et la distinction n'est dans tous les cas pas particulièrement pertinente pour notre étude (Ce qui ne serait pas exactement le cas dans le cas des véhicules utilitaires par exemple).

1.3.1 Les notions de *valeur pour le client* et de *voix du client*

La valeur pour le client

Le caractère stratégique de la conception a été brièvement abordé précédemment (voir paragraphe 1.1.3, p 8) en expliquant que la satisfaction du client sur le produit s'élabore principalement durant cette phase. La satisfaction du client sur le produit constitue une des facettes d'une notion plus globale, la *valeur pour le client* (*Customer value* en anglais). La valeur pour le client représente l'ensemble des éléments ou des conditions qui feront préférer un produit à ceux proposés par les concurrents.

Cette valeur pour le client est devenue une des problématiques majeures des entreprises dans les années 90 [Naumann, 1995], et l'ensemble des efforts de rationalisation et d'amélioration des processus de conception/fabrication est désormais tourné vers le client alors que, dans un marché où l'offre est pléthorique et où l'information sur cette offre est aisément accessible (publications de comparatifs produits dans la presse ou sur des sites internet, etc.), celui-ci est de plus en plus exigeant et volatil ! De plus, comme le souligne Earl Naumann (op. cit.), la valeur pour le client ne se résume pas simplement à la qualité et au prix du produit qui satisferaient le besoin du client. Les services apportés avec le produit (facilités d'achat de type proximité du lieu de vente, service après-vente, etc.) et l'image que véhicule le produit entrent également en ligne de compte. La satisfaction des attentes des clients apparaît comme un tout, et l'ensemble des processus mis en œuvre dans les entreprises n'a qu'une intention finale : procurer le produit (et ses services) qui sera acheté (à un prix profitable évidemment !) et donc préféré à ceux des concurrents.

Pour s'assurer que la perspective du client sera intégrée au produit final, la stratégie la plus communément admise est de diffuser cette perspective à travers toutes les étapes du cycle de vie produit, à tous les niveaux hiérarchiques et dans tous les métiers, du marketing à la fabrication, en passant par les métiers de la conception, aux achats, etc.

Cependant, comme l'a présenté le paragraphe précédent, la complexité de la création (de la conception à la mise sur le marché) d'un nouveau produit automobile éclaire la difficulté de garder cette perspective du client tout au long de la conception, étant donné le poids des paramètres industriels : qualité, coûts, délais et faisabilité industrielle.

La voix du client

Pour assurer cette intégration dans la conception, un autre concept est parfois développé : la *voix du client* (*Voice of the Customer* en anglais). Le concept de voix du client se définit comme un ensemble hiérarchisé de besoins/attentes client où une priorité est assignée à chaque besoin/attente client, indiquant l'importance de ceux-ci pour le client [Griffin et Hauser, 1991].

Une autre définition est donnée par [Vanalli et Cziulik, 2003] :

« Dans la conception, les informations requises consistent en la connaissance d'une liste fiable des besoins et souhaits des clients, comme données de sortie des phases les plus amont du processus de

développement produit. Une liste complète, authentique et sûre d'information concernant un produit est appelée *Voix du client*³. La voix du client est donc construite autour de caractéristiques directes du produit répondant ou participant à la réponse à des attentes ou des besoins client. C'est un outil plus restreint et plus précis que la *valeur pour le client*, et c'est en fait un des moyens de garder comme fil rouge, lors de la conception, la perspective du client. L'intégration de la voix du client dans la conception participe donc à la création de la valeur pour le client.

1.3.2 Les objectifs de l'intégration du point de vue du client dans la conception

Si, effectivement, pour ne pas perdre le point de vue du client lors du développement produit, il est nécessaire de l'intégrer à toutes les étapes de développement du produit (et du process), néanmoins, la phase la plus critique reste la phase de conception, dans laquelle se joue la majeure partie de la configuration du produit.

Toute la problématique industrielle est là : il est nécessaire de déterminer les attentes client et proposer un produit qui y répond, donc de mettre en place des méthodes pour assurer leur intégration au long de la conception. Mais tout en maintenant une qualité et des temps/coûts de développement acceptables.

Après l'intégration produit/process, qui a permis aux acteurs de la fabrication (clients, en quelque sorte, des phases plus amont) de participer à la conception, le nouveau challenge est aujourd'hui, comme signalé au paragraphe précédent, l'intégration produit/process/prestations clients, où ce sont les clients finaux qui sont invités, plus ou moins indirectement, à participer aux activités de conception. De plus en plus, la conception cherche à impliquer tous les acteurs du cycle de vie du produit dès les phases amont de la conception. De fait, l'intégration du point de vue du client dans la conception comprend plusieurs opérations, que l'on peut rapporter à trois grandes étapes :

- la capture, l'inventaire des attentes et besoins, de la façon la plus exhaustive possible ;
- la traduction de ces attentes et besoins en éléments utilisables par les métiers de la conception, c'est-à-dire sous forme de spécifications et de cahiers des charges de conception ;
- l'intégration et la validation de ces spécifications, dans le cadre de compromis de conception compatibles avec les contraintes économiques et industrielles du produit.

1.3.3 La méthode *Analyse de la valeur* / *analyse fonctionnelle*

Présentation

L'analyse fonctionnelle est le cœur de la méthode d'analyse de la valeur, apparue aux États-Unis à la fin de la deuxième guerre mondiale [Bernard-Boussières, 2000]. Cette méthode a émergé en Europe dans les années 60 et a pris un véritable essor dans les années 70. En 1978 naît l'AFAV (Association Française pour l'Analyse de la Valeur), qui participera à l'élaboration de normes concernant l'analyse de la valeur et l'analyse fonctionnelle, dont :

- la norme NF X 50-151 qui définit l'élaboration du cahier des charges fonctionnel ;
- la norme NF X 50-152 qui définit l'analyse de la valeur.

L'analyse de la valeur est une méthode de compétitivité organisée et créative visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire (Norme AFNOR). L'analyse de la valeur repose sur quatre caractéristiques fondamentales :

³ « In this phase, the required information has to be a reliable collection of needs and wishes of the customers, the output of one of the early steps of product development process. A complete, genuine and worthy set of information regarding a product is called the *Voice of the Customer* » [Vanalli et Cziulik, 2003]

- une analyse fonctionnelle, décrite dans le sous paragraphe suivant ;
- un plan de travail qui spécifie les étapes de la méthode (au nombre de sept, résumées sur la figure 1.5) ;
- une approche pluridisciplinaire ;
- une approche économique globale.

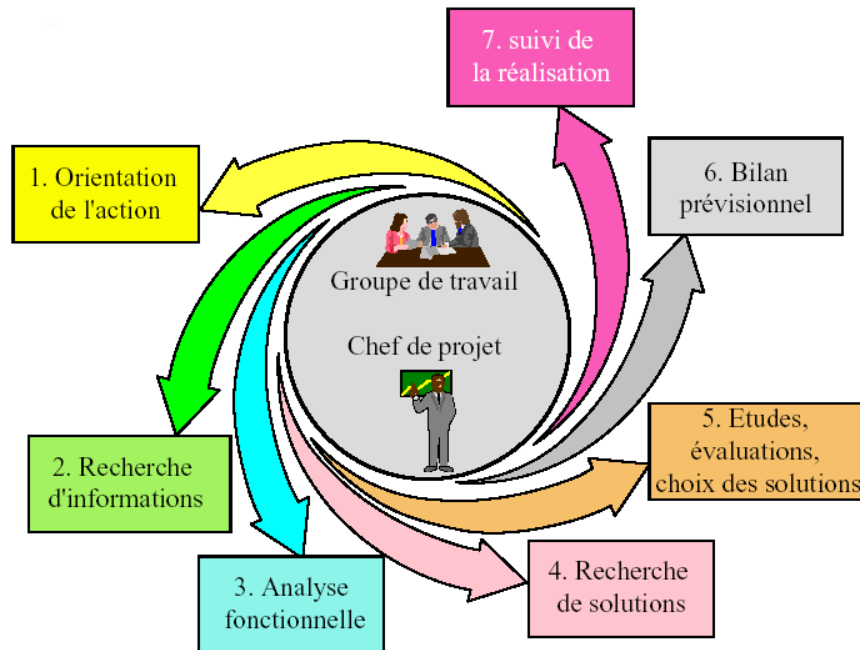


FIG. 1.5 – Les étapes de l'analyse de la valeur, d'après [Blanc, 2005]

L'analyse fonctionnelle AF

L'analyse fonctionnelle consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit (au sens large : il peut s'agir d'un bien matériel, d'un service, d'un processus administratif ou technique, d'un logiciel, etc.) permettant de satisfaire un utilisateur [Tassinari, 2003]. Ce produit peut être existant (dans le cas d'une optimisation, d'une re-conception) ou nouveau. L'analyse fonctionnelle envisage les produits sous l'angle de l'usage, du service rendu (sous l'angle fonctionnel donc) et non sous l'angle de la solution matérielle, afin de mieux séparer objectifs (services) et moyens pour les atteindre (solutions). Le résultat de l'analyse fonctionnelle est matérialisé par un document intitulé « Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) ». Les fonctions d'un produit peuvent être classées en plusieurs catégories :

- les fonctions principales de service qui répondent précisément au besoin pour lequel le produit a été conçu ;
- les fonctions complémentaires de services ou secondaires, parfois encore appelées fonctions d'adaptation, qui complètent, améliorent, facilitent le service rendu ;
- les fonctions techniques (issues des choix de conception) ;
- les fonctions contraintes (imposées par la réglementation, des normes, l'environnement d'utilisation mais aussi par le client, etc.)
- les fonctions inutiles, principalement identifiées lors de l'analyse fonctionnelle d'un produit existant, dans le but de les éliminer.

Il est possible de raffiner cette classification en proposant d'autres catégories telles des fonctions d'usage (de forme, de texture) ou des fonctions d'estime. Il est également possible de distinguer entre les fonctions actives (demandant de l'énergie pour être activées) et les fonctions passives. De même, il est possible de distinguer dans les fonctions contraintes les impositions réclamées par le demandeur, des contraintes non négociables car imposées par l'environnement. Mais la finesse de la classification des fonctions n'a de sens que dans le but de mieux appréhender la satisfaction du client à travers ces fonctions, et de pouvoir les hiérarchiser. Pour simplifier l'analyse, il est toujours possible de ne considérer que trois (quatre) types de fonctions : principales (regroupant également les fonctions complémentaires), techniques, contraintes (et fonctions inutiles dans le cas d'une re-conception) puis de hiérarchiser ces fonctions.

En fait, lorsque l'analyse fonctionnelle concerne l'usage d'un produit (qu'elle traite comme une boîte noire), ne prenant en compte que les fonctions qu'il doit assurer pour satisfaire le besoin du client, on parle d'analyse fonctionnelle externe. L'analyse fonctionnelle externe reflète le point de vue de l'utilisateur et on parle alors d'*expression fonctionnelle du besoin*. Lorsque l'analyse porte sur le produit lui-même et sur ses fonctionnalités internes, on parle d'analyse fonctionnelle interne. Le produit est vu comme un ensemble de constituants remplissant des fonctions les uns par rapport aux autres. L'analyse fonctionnelle interne reflète le point de vue du concepteur.

La démarche d'*expression fonctionnelle du besoin* peut se présenter globalement comme suit :

1. caractérisation du ou des besoin(s) ;
2. description du système englobant ;
3. analyse du cycle d'utilisation du produit (ensemble des situations dans lesquelles le produit sera placé à partir du moment où il sera réalisé et commencera sa « vie propre ») ;
4. détermination des fonctions de services ;
5. détermination des contraintes ou impositions ;
6. détermination des importances relatives des fonctions ;
7. élaboration des critères d'appréciation des fonctions (caractérisation) et flexibilité de ces critères ;
8. rédaction du document de synthèse : le Cahier des Charges Fonctionnel.

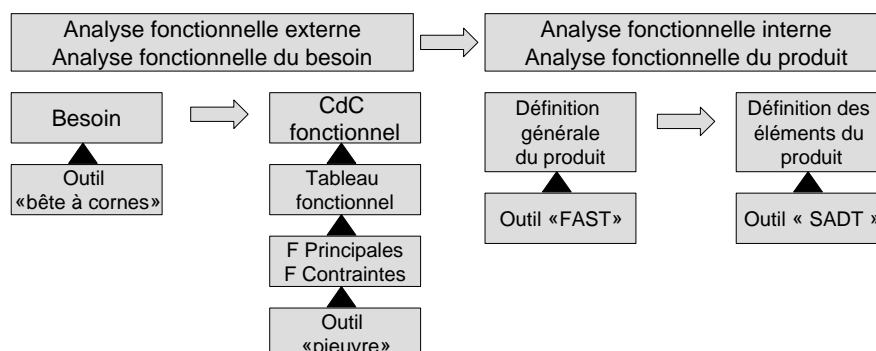


FIG. 1.6 – Panorama d'outils de l'analyse fonctionnelle

Chacune de ces étapes comprend des outils particuliers, dont nous présentons une vue d'ensemble sur la figure 1.6, qui mentionne les outils les plus répandus de l'analyse fonctionnelle (Notamment

issus de la méthode APTE ®, qui est une adaptation française de l'analyse de la valeur). Quelques uns de ces outils sont ensuite présentés, notamment les outils les plus pertinents dans le cadre de l'intégration du point de vue du client dans la conception.

L'outil « bête à cornes » (cf. figure 1.7) a pour objectif de déterminer le ou les besoins fondamentaux auxquels le produit devra répondre, en le situant dans son contexte : « à qui, à quoi sert-il ? », « sur qui, sur quoi agit-il ? ».

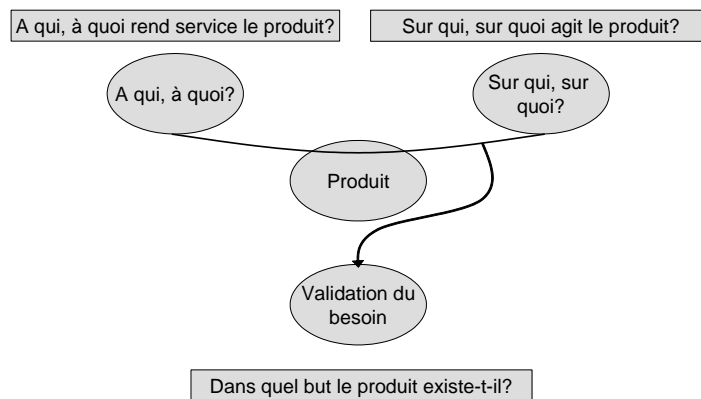


FIG. 1.7 – L'outil « bête à cornes » (méthode APTE ®)

L'outil « diagramme pieuvre » (cf. figure 1.8) permet de positionner le produit par rapport à son environnement par le biais de fonctions : des fonctions principales FP et des fonctions contraintes FC. Les fonctions principales sont l'expression même du besoin. Elles mettent en relation deux environnements via le produit. Les fonctions contraintes représentent les actions ou réactions du produit sur le milieu extérieur. [Vitte et Lamothe, 2001]

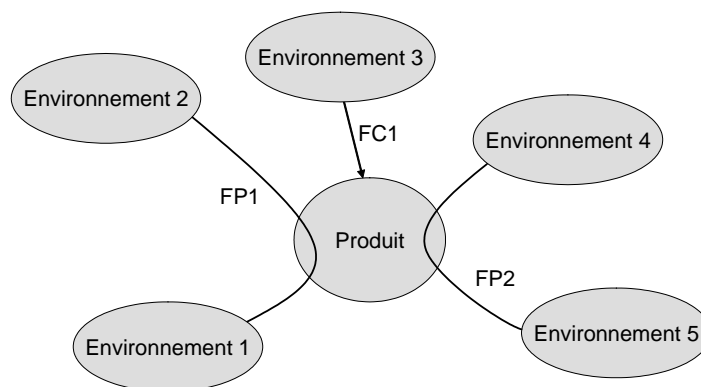


FIG. 1.8 – L'outil « diagramme pieuvre » (méthode APTE ®)

La méthode FAST (Function Analysis System Technique) consiste à se mettre à la place de l'utilisateur lorsqu'il utilise le produit, en tenant compte de l'environnement, pour décomposer les séquences d'utilisation du produit. Cette décomposition se fait à l'aide du schéma de questions présenté figure 1.9 : « quand et pourquoi la fonction doit-elle être assurée ? Comment peut-on l'assurer ? ». L'application de la méthode produit une décomposition fonctionnelle logique du type de celle présentée figure 1.10

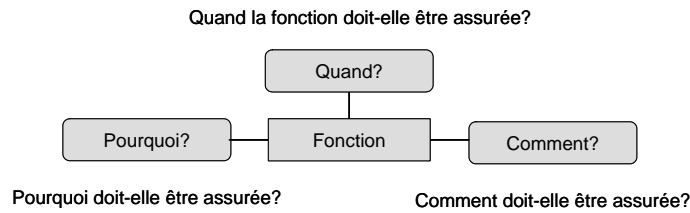


FIG. 1.9 – Les question de la méthode FAST

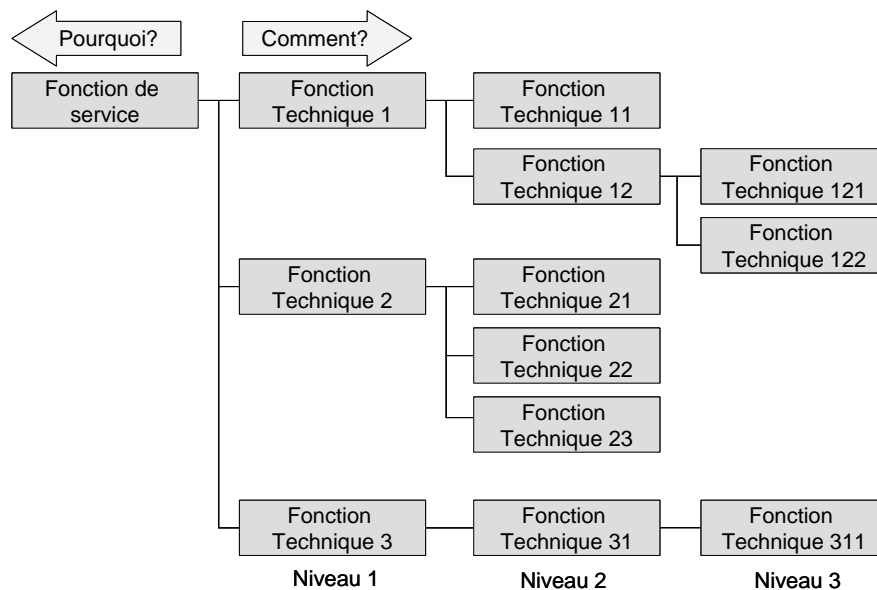


FIG. 1.10 – La décomposition fonctionnelle de la méthode FAST

L'analyse fonctionnelle n'est pas en elle-même une méthode de conception, mais une méthode d'identification et de définition du besoin des utilisateurs. Elle permet d'une part de définir et de distribuer, ou plus précisément de contractualiser les responsabilités entre un donneur d'ordre et un fournisseur par l'intermédiaire du cahier des charges fonctionnel du besoin, sans spécifier de solution technique. Ou, dans une démarche globale d'analyse de la valeur, elle est une des étapes de la démarche de conception.

Limites

L'analyse fonctionnelle, si elle permet de structurer la recherche de la satisfaction du client en représentant le produit du point de vue du « service rendu », et encourage la créativité en laissant ouvert le choix des solutions techniques, connaît néanmoins plusieurs limites.

La principale limite de la démarche d'analyse de la valeur/analyse fonctionnelle est la séparation fondamentale entre l'analyse du problème de conception (détermination des besoins : le Cahier des Charges Fonctionnel issu de l'analyse fonctionnelle) et sa résolution. Comme présenté au paragraphe 1.1.5, la complexité d'un problème de conception peut être telle qu'il est impossible de séparer l'analyse du problème de sa résolution.

Cette méthode est particulièrement adaptée lorsqu'elle est employée dans le cadre d'une sépa-

ration claire donneur d'ordre (client)/fournisseur, pour contractualiser leurs relations. Le Cahier des Charges Fonctionnel est établi par un groupe pluridisciplinaire en charge de réaliser l'analyse fonctionnelle, pouvant faire intervenir le client et dans tous les cas soumis à l'appréciation du client. Cette contractualisation des responsabilités de chaque partie est obtenue par itération du Cahier des Charges Fonctionnel, mais une fois que celui-ci est établi et accepté par les parties, il devient une référence particulièrement difficile à négocier. Ainsi, la participation du client n'est sollicitée que pour la mise au point du document, pas pour la mise au point du produit en lui-même !

Mais la méthode est mal adaptée pour la coordination et la collaboration d'acteurs de la conception n'ayant pas de relations contractuelles du type « maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre », dans le cadre de la conception d'un produit aussi complexe que l'automobile par exemple.

Une autre limite est que l'application de la méthode passe nécessairement par divers outils (qui peuvent différer suivant les déclinaisons de la méthode d'analyse de la valeur) et dont quelques exemples ont été présentés précédemment. Le formalisme de ces outils peut devenir relativement lourd, voire inexploitable pour les produits complexes dont les fonctionnalités et les services rendus sont très nombreux.

1.3.4 La méthode *Quality Function Deployment* (QFD)

Présentation

Cette méthode est née à la fin des années 1960 au Japon [Akao, 1997], les industriels japonais cherchant alors à optimiser et rationaliser leurs processus de conception, pour passer d'un mode de développement produit basé sur le « copiage », à un mode basé sur « l'originalité ». Elle s'inscrit dans la perspective du Total Quality Management TQM (gestion de la qualité totale).

Le QFD se définit comme une méthodologie globale et organisée de la conception visant à comprendre et intégrer la voix du client tout au long du développement produit [Gautier et Giard, 2000], de la conception à la livraison du produit. Yoji Akao (op. cit.), un des fondateurs de la méthode, définit en substance le *Quality Function Deployment* comme une méthodologie qui convertit les demandes des utilisateurs en caractéristiques qualité, détermine la qualité de conception du produit fini et déploie de façon systématique cette qualité (globale) au niveau (local) de la qualité des composants et des processus, et de leurs interrelations. Elle permet de développer pas à pas et en détail chaque fonction ou opération, notamment celles délicates du point de vue qualité, afin de systématiquement relier les objectifs et les moyens de les atteindre.

Techniquement, le départ de la méthode s'appuie sur des attentes des clients (les « QUOI ») comme paramètres d'entrée, mis en relation avec les paramètres (spécifications) de conception puis de fabrication (les « COMMENT ») [Marsot, 2002]. L'ensemble de la méthode s'appuie sur une série de quatre matrices permettant d'organiser et de corréliser l'information. Ces matrices sont généralement appelées « maisons » en raison de leur forme (cf. figure 1.11)

Les données d'entrée (en ligne) de la première matrice, outil central de la méthodologie et appelée « maison de la qualité » sont les attentes des clients (« QUOI »). En colonne, on retrouve les paramètres de conception du produit, c'est-à-dire des spécifications produit, définis en termes quantifiables (« COMMENT »). A l'intersection de chaque ligne et colonne figure un coefficient permettant de corréliser chaque entrée/sortie (de « aucun lien » à « lien fort »). La maison de la qualité permet également de s'appuyer sur une analyse concurrentielle en donnant pour chaque attente client le niveau atteint par des produits de la concurrence. Enfin, cette première étape propose de comparer un à un les paramètres de conception du produit (« COMMENT vs. COMMENT ») afin de détecter au plus tôt les conflits potentiels. C'est cette comparaison qui donne à la matrice sa forme de maison : elle se fait dans le « toit ».

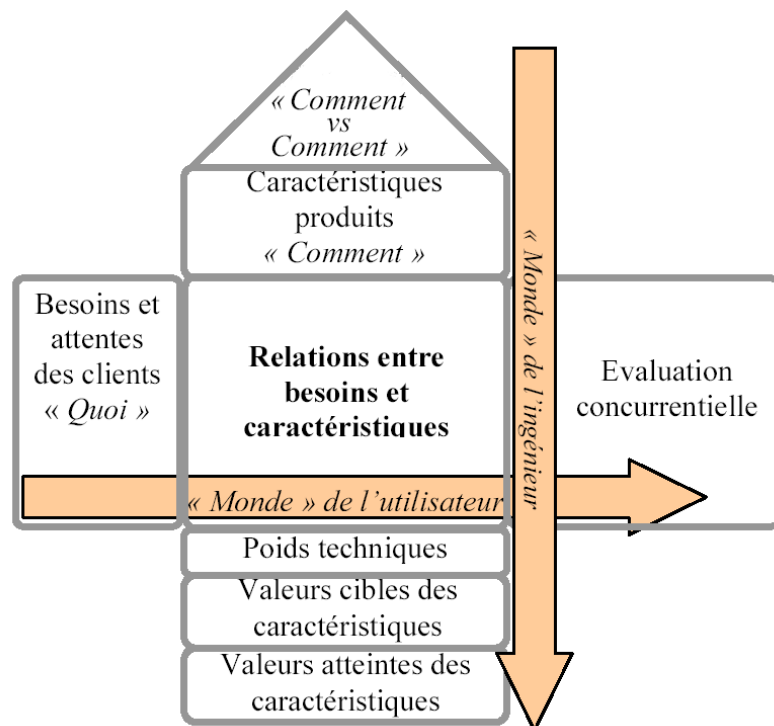


FIG. 1.11 – QFD : la maison de la qualité, d'après [Marsot, 2002]

Dans les matrices suivantes, les entrées correspondent aux sorties de la matrice précédente (cf. figure 1.12), ce qui permet d'assurer la continuité dans la conception, et donc la prise en compte des attentes du client tout au long du processus de développement. L'objectif est d'assurer des relations claires entre les processus de développement et la satisfaction du client.

La première matrice est donc la *maison de la qualité*, liant les attentes du client aux paramètres du produit. La deuxième matrice, dite *de déploiement des composants*, permet de lier les paramètres produit (caractéristiques techniques) aux paramètres des éléments composant le produit global. Puis, la matrice *de planification des processus* permet de lier ces composants à leur processus de production. Enfin, la quatrième et dernière matrice *de planification de la production* relie les processus de production et les exigences globales de la production.

Limitations

Bien que d'une utilisation croissante dans les entreprises occidentales [Griffin et Hauser, 1991], et mieux adaptée que la méthode d'analyse de la valeur concernant la continuité et l'imbrication analyse/résolution des problèmes de conception, la méthode QFD présente plusieurs limites.

D'une part sur la forme, car un souci d'exhaustivité, pour des produits complexes, conduit à créer des matrices de taille considérable très rapidement inexploitable. De plus, elles nécessitent, même dans le cas de matrices de taille raisonnable, un travail conséquent de suivi et de mise à jour si l'on souhaite coller à la réactivité des projets [Marsot, 2002].

D'autre part sur le fond, la méthode n'implique la participation du client qu'à la phase d'initialisation du processus de développement produit. Cette participation est par ailleurs souvent indirecte, les attentes client étant recueillies par voie d'enquêtes statistiques et d'interviews, et la méthode n'in-

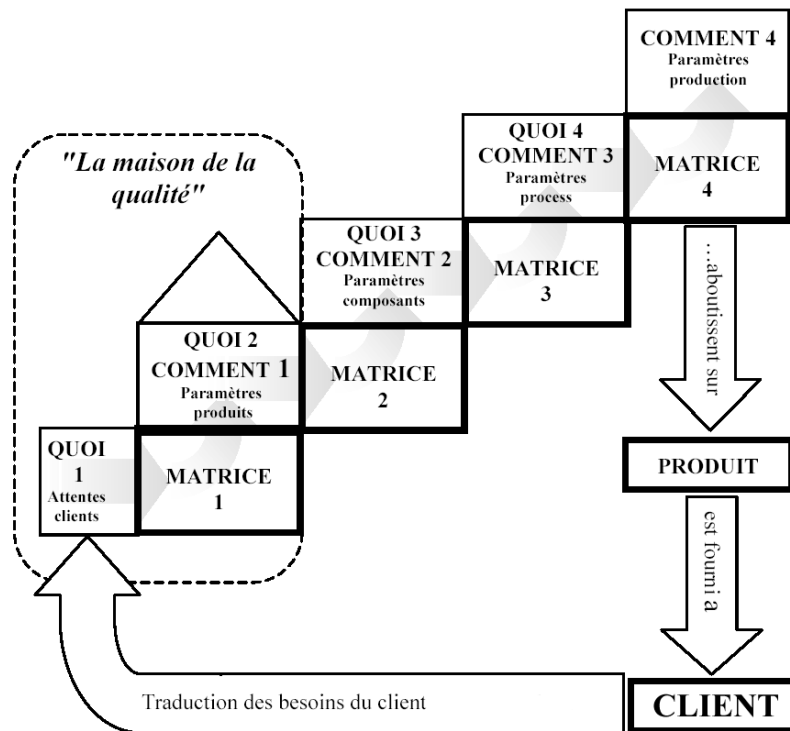


FIG. 1.12 – QFD : application de la démarche, d'après [Marsot, 2002]

clue pas de boucle de rétroaction avec le client dans les phases ultérieures de développement produit [Kaulio, 1993], ce qui peut conduire à un décalage par rapport aux attentes réelles des clients. D'autant plus qu'il existe de nombreux facteurs d'incomplétude et de déformation des besoins exprimés par les clients [Rigail, 2001] : l'expression limitée aux satisfactions/insatisfactions de l'existant, autocensure ou au contraire l'expression inflationniste de besoins, etc.

Enfin, une dernière critique adressée à la méthode est que, bien que présentée sous une forme très quantitative, elle se construit néanmoins sur des corrélations et des classements plus ou moins subjectifs réalisés par les concepteurs (et non directement par les clients) [Yannou et Petiot, 2004].

1.3.5 Le principe de la conception centrée utilisateur : *User Centered Design (UCD)*

Le terme de *User Centered Design* (Conception centrée utilisateur) est généralement employé pour décrire les méthodes de conception de systèmes ou produits dans lesquels les utilisateurs finaux influencent directement le développement du produit. Ce terme désigne en fait une philosophie de conception, mais couvre aussi un ensemble de méthodes. C'est une philosophie lorsqu'il place la personne (par opposition au produit ou à la technologie) au centre de la conception. C'est un processus de conception, dérivé en de nombreuses et différentes méthodes, qui se focalise sur les aspects cognitifs (perception, mémorisation, apprentissage, etc.) intervenant lorsqu'un utilisateur interagit avec le produit [Katz-Haas, 1998]. C'est, dans tous les cas, un champ de recherche relativement vaste, dont un des objectifs a été de définir précisément les frontières de cette notion !

Le terme de *User Centered Design* a été formulé pour la première fois par Donald Norman au début des années 80 [Abrams *et al.*, 2004] et a été largement repris par la suite, notamment par le monde

informatique où il a trouvé un large écho⁴. De fait, tous les domaines tirés par la technologie (industrie informatique : logiciels, réseaux, ou industrie électronique : téléphonie mobile, etc.) sont particulièrement concernés par la problématique du « user-centered design », tant la composante technologique des produits ou des systèmes peut prendre le dessus sur les aspects utilité, ergonomie, etc.

Dans ces domaines « tirés par la technologie », plusieurs définitions ou interprétations du terme coexistent [Winograd et Woods, 1997]. Le développement d'un système est généralement admis comme « user-centered » si :

- les motivations technologiques sont fondées sur une spécification des besoins humains ;
- des personnes utilisatrices sont impliquées dans la conception du système à développer ;
- la technologie qui doit interagir avec ou entre les personnes est elle-même « user-centered » ;
- les développements et changements technologiques se justifient sur la base d'une amélioration de l'impact sur les utilisateurs humains : meilleure adéquation avec les modes cognitifs, les rapports collaboratifs ou les performances des acteurs.

Mais ces interprétations ne sont pas satisfaisantes pour Winograd et Woods (op. cit.), qui lui préfèrent la définition de D. Norman. Celui-ci, cité dans [Winograd et Woods, 1997], donne une définition très concise et précise d'un système « human-centered »⁵, transposant la devise du World's Fair de 1933⁶ : « Les Hommes proposent, la science étudie, la technologie s'adapte » (« People Propose, Science Studies, Technology Comforms »). Il propose également quatre conditions/suggestions basiques à remplir par un produit ou un système pour que sa conception soit estampillée « centrée utilisateur » [Abrams *et al.*, 2004] :

- rendre facile la détermination des actions possibles avec le produit à un instant donné ;
- rendre visible le fonctionnement du système, notamment - le cas échéant - le modèle conceptuel du système, les actions alternatives et le résultat des actions ;
- rendre facile l'évaluation de l'état du système ;
- adopter des tracés naturels pour relier intentions et actions requises ; actions et effets ; effets et état du système.

La notion d'utilisabilité

Bien que cette notion soit applicable à de nombreux domaines de conception, le néologisme *utilisabilité* (Usability en anglais) est particulièrement employé dans le domaine informatique. En l'état actuel du marché et de la concurrence, proposer des produits aux fonctionnalités nombreuses, de qualité et variées n'est plus gage de succès, les utilisateurs souhaitent une certaine maniabilité, une certaine simplicité, une facilité d'emploi leur permettant de prendre en main un produit très rapidement, sans avoir (par exemple) à passer par une notice fastidieuse. C'est l'objectif principal du *User Centered Design* et c'est pourquoi la notion d'utilisabilité est parfois confondue avec la notion d'UCD.

⁴En particulier, *User Centered Design* est le terme éponyme d'une méthode développée au sein d'IBM durant les années 90 et qui fait figure de référence dans le domaine de la conception de produits informatiques [Howard, 2003]. C'est la raison pour laquelle une confusion est parfois faite entre le principe de *User Centered Design* et la méthode développée au sein d'IBM. Cette confusion est accentuée par le succès du livre au titre équivoque « User Centered Design : an Integrated Approach », co-écrit par les « virtuoses » de l'approche *User Centered Design* au sein d'IBM : Karel Vredenburg, responsable de l'approche IBM du principe de conception centrée utilisateur, Scott Isensee et Carol Righi, contributeurs et responsables du développement des programmes de formation à cette méthode à travers l'entreprise. Ces noms sont généralement associés au *User centered Design* dans la littérature sans mentionner que c'est de l'approche IBM et non du principe général de conception qu'il s'agit.

⁵« Human » est plus générique que « User », mais ces deux termes restent similaires, voir le paragraphe sur la norme ISO 13407

⁶« Science Finds, Industry Applies, Man Conforms » : « La science découvre, l'industrie applique, l'Homme s'adapte »

L'*utilisabilité* tire ses origines académiques de disciplines telles la psychologie ou l'ergonomie, et s'est particulièrement répandue dans les domaines de la conception. Mais ce terme *utilisabilité* peut être employé dans des sens différents [Bevan, 1995]. Un des sens les plus couramment accepté, notamment en conception de logiciels, en fait un synonyme de *facilité d'utilisation*. C'est une définition restreinte, qui pose l'*utilisabilité* comme un objectif complémentaire (avec l'efficacité, la fiabilité, la fonctionnalité) des qualités d'une interface informatique. Cette acceptation de sens, étroitement orientée produit, peut être dommageable lorsqu'elle dissocie trop l'*utilisabilité* de l'utilité globale d'un produit, qui n'a généralement de sens que s'il atteint cet objectif ! Lorsque l'*utilisabilité* est reliée à l'utilité du produit aussi bien qu'à son efficacité et à sa fiabilité, ce terme prend alors plus le sens de *qualité d'utilisation*. D'un point de vue pratique, c'est la capacité d'un système à permettre à ses utilisateurs de faire efficacement ce pour quoi ils l'utilisent ([Minel, 2003], p 143).

La norme ISO 9241-11, quant à elle, relie l'*utilisabilité* à l'efficacité, l'efficacité et la satisfaction : l'*utilisabilité* est « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis, dans un contexte d'utilisation spécifié, avec efficacité, efficacité et satisfaction⁷ », ce qui rejoint la notion de *qualité d'utilisation*.

La norme ISO 13407

L'approche UCD a fait l'objet d'une standardisation dans le domaine informatique, en 1999, sous la forme de la norme ISO 13407 : *Human Centered Design Process for Interactive Systems* [Philip et Rourke, 2006]. Le standard décrit les bonnes pratiques dans le cadre d'une conception centrée utilisateur et il est générique : il ne fait pas mention d'une méthode particulière. Initialement rédigé comme un guide à l'usage des gestionnaires de projet, le standard décrit cinq principes pour une conception centrée sur l'humain⁸ ([Philip et Rourke, 2006], [ErgoLab, 2004]) :

- le principe d'implication active des clients/utilisateurs (ou leurs représentants) dans le processus de conception ;
- le principe de compréhension des attendus du point de vue des utilisateurs comme du point de vue des tâches ;
- le principe d'une distribution appropriée des fonctions entre les utilisateurs et la technologie (c'est-à-dire faire en sorte que les capacités humaines soient correctement utilisées) ;
- le principe d'itération des solutions de conception (en leur allouant le temps nécessaire dans le planning de développement) ;
- le principe de l'intervention d'une équipe de conception multidisciplinaire (tout en conservant une taille raisonnable à l'équipe).

Le standard détaille également quatre activités-clés du « Human Centered Design » :

- comprendre et spécifier explicitement le contexte d'utilisation ;
- spécifier les prestations utilisateur et les prestations organisationnelles ;
- produire différentes solutions de conception ;
- évaluer les solutions de conception à la mesure de la satisfaction des prestations.

Le schéma 1.13 présente le caractère itératif et l'interdépendance de ces activités.

⁷ « the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals in a specified context of use with effectiveness, efficiency and satisfaction »

⁸ Le terme « humain » est employé dans la norme, plutôt que le terme « utilisateur », sans doute jugé trop restrictif. « Humain » est utilisé dans le sens *stakeholder*, c'est-à-dire *partie prenante*, qui représente tous les individus touchés par le produit ou système, sans qu'ils en soient nécessairement utilisateurs directs : voir la distinction client/utilisateur faite p 16.

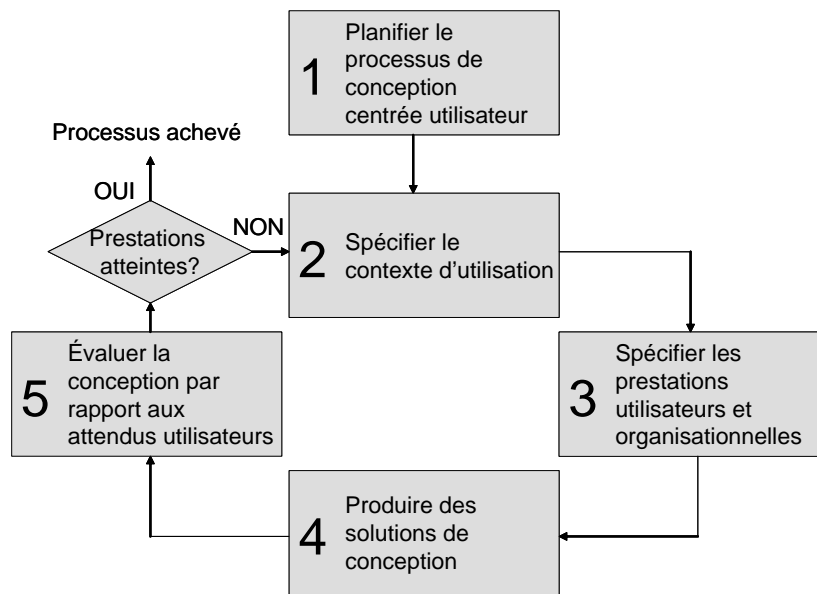


FIG. 1.13 – Les activités décrites par la norme ISO 13407

Limitations

Deux limitations, ou plutôt deux points délicats sont parfois soulevés au sujet du principe d'UCD. La première critique adressée au *User Centered Design* est qu'il ne met pas en lumière la distinction, dans les souhaits des utilisateurs, entre ce qui est voulu parce que nécessaire et ce qui est voulu parce que « joli » [Holloway, 1997]. Parce que les réalités industrielles, que le principe d'UCD fait passer au second plan, existent tout de même : délais de développement, retours sur investissement, ressources limitées, etc. La conception centrée utilisateurs ne doit pas oublier de s'adapter aux organisations. Cette limite rejoint les problématiques du recueil des besoins client, expliquée au paragraphe 1.3.4, page 25.

Une autre critique est adressée par D. Norman lui-même [Norman, 2005]. L'approche UCD, tout aussi intéressante soit-elle, ne doit pas devenir dogmatique. Son application étroite peut conduire à des conceptions tout aussi mauvaises que celles que le principe est censé combattre. Il est en effet impossible de satisfaire toutes les individualités des utilisateurs. Ce qui est jugé bon et souhaité par l'un peut être au contraire jugé mauvais et rejeté par un autre. Vouloir satisfaire parfaitement l'ensemble des individus utilisateurs peut conduire à augmenter plutôt qu'à réduire la complexité du produit. D'autant plus que la satisfaction de l'individu est une cible mouvante : ce qui est satisfaisant aujourd'hui peut très bien ne plus l'être demain, dans le cas, par exemple, des produits soumis à l'effet de mode. D. Norman soulève également un point qui semble paradoxal : de très nombreux produits et systèmes, d'une conception très éloignée, voire opposée au principe d'UCD, sont pourtant très répandus et utilisés, et les utilisateurs acceptent « naturellement » de prendre du temps pour en apprendre le fonctionnement. Ces produits sont, pour les plus communs et connus : les systèmes d'écriture ainsi que leurs instruments, qui demandent de nombreuses années d'apprentissage (notamment pour les systèmes utilisant des idéogrammes) ; les instruments de musique, qui ne sont pas conçus pour être aisément manipulés et pratiqués par une personne, mais avant tout pour produire de la musique ; le produit automobile et le système de règles de conduite entrent également dans cette catégorie.

En fait, l'Homme s'adapte à la technologie, bien plus que la technologie ne s'adapte à lui. Il apprend, il est capable d'apprendre. Mais quelle est la motivation qui sous-tend cette volonté d'ap-

prentissage ? En fait, ce qui prime avant tout, c'est l'utilité du produit ou du système, et sa cohérence, c'est-à-dire sa capacité à faire ce pour quoi il est fait. C'est pourquoi D. Norman souligne qu'un principe supérieur (mais qui devrait être inclus dans le principe d'UCD) est le principe d'*Activity Centered Design*, c'est-à-dire de conception centrée sur l'activité. En fait, le produit doit fournir le ou les services pour lesquels il est conçu, le plus aisément possible (UCD) mais surtout de la façon la plus cohérente possible. Par exemple, pour la conception d'un logiciel, faisant intervenir un enchaînement de fenêtres pour une activité donnée, il faut prendre en compte la cohérence globale de la succession des tâches qui constituent l'activité (cohérence dynamique), et ne pas s'arrêter à l'ergonomie de chaque tâche (cohérence statique), bien qu'elle soit évidemment nécessaire. Mais une succession d'optimisations locales ne garantit pas nécessairement une optimisation globale.

1.3.6 Les méthodes découlant du *Participatory design* (PD)

L'approche *Participatory Design* (conception participative)

De même que le principe du *User Centered Design*, l'approche *Participatory Design* est à la fois un domaine de recherche en évolution et une pratique répandue parmi les professionnels de la conception [Kensing et Blomberg, 1998]. Le *Participatory Design*, depuis ses débuts – dans le milieu des années 70 dans les pays scandinaves, la première conférence internationale sur le sujet a eu lieu en 1990 à Seattle – explore les conditions de la participation des utilisateurs⁹ dans la conception et l'introduction ou l'évolution de systèmes informatiques dans le milieu professionnel. En effet, l'implication des utilisateurs est considérée comme critique, à la fois parce que les utilisateurs sont les experts des pratiques professionnelles qui seront assistées par la nouvelle technologie ou le nouveau système, mais également parce que ce sont eux qui, au final, créeront les nouvelles pratiques en réponse à l'introduction de nouveaux outils et de nouvelles technologies.

Il n'existe pas un point de vue unique sur ce que le *Participatory Design* implique, pas plus qu'il n'existe de position théorique parfaitement unifiée sur laquelle l'approche serait basée. Cependant, les chercheurs et les professionnels du domaine s'accordent sur trois fils directeurs, d'après [Blomberg et Henderson, 1990] :

- L'objectif est d'améliorer la qualité de la vie professionnelle. Plus précisément, la conception et le développement d'une technologie, déployée dans un environnement professionnel, est faite dans l'objectif d'améliorer la qualité de vie professionnelle des utilisateurs de la technologie.
- L'orientation du processus est collaboratif. Les concepteurs et les utilisateurs travaillent ensemble pour concevoir et développer le système ou la technologie, et pour l'intégrer dans les pratiques courantes des utilisateurs.
- Le processus est itératif. Dans ce but, il est nécessaire de proposer des moyens de présentation des idées de conception naissante, de telle sorte que les utilisateurs puissent les appréhender comme des projections de ce que le système pourrait être et impliquer une fois abouti. Par exemple, des maquettes, des scénarios d'utilisation et des prototypes peuvent donner l'opportunité aux utilisateurs d'expérimenter le système ou la nouvelle technologie.

Trois problématiques principales ont dominé les publications dans le domaine du *Participatory Design* : les politiques de conception, la nature de la participation et les méthodes, outils et techniques pour la conduite de projets de conception [Kensing et Blomberg, 1998].

Depuis les tous débuts, le *Participatory Design* s'est intéressé aux politiques de conception. De fait, le *Participatory Design* est né dans les années 1970 dans les pays scandinaves par réaction envers

⁹Le vocabulaire du *Participatory Design* parle parfois d'« employé », plutôt que d'« utilisateur » pour marquer la différence avec les acteurs du management mais nous nous restreindrons au terme « utilisateur ».

la façon dont les systèmes informatiques étaient introduits dans le cadre professionnel, sans concertation avec les utilisateurs et avec des effets délétères sur les pratiques de travail. Prenant conscience que seuls les intérêts du management étaient pris en considération dans la conception et l'introduction de nouvelles technologies et systèmes informatiques, des chercheurs se sont rapprochés des syndicats, afin de rééquilibrer les rapports de force. En fait, le *Participatory Design* adresse, du point de vue des politiques de conception, la problématique de l'introduction de la démocratie dans le milieu professionnel. L'hypothèse est que si les utilisateurs et leurs syndicats sont mieux informés sur les interconnexions entre les technologies et leur travail, ils seront capables de mieux maîtriser leur conditions de travail. Ils vont donc s'impliquer dans ce but. Mais du point de vue du management, l'approche est également intéressante car elle permet de faire accepter l'introduction ou l'évolution des systèmes et des technologies en place.

La nature de la participation est également un angle d'approche des problématiques de conception par le *Participatory Design*. La participation des futurs utilisateurs est vue comme une pré-condition pour une « bonne » conception. Laisser de la place pour les compétences, l'expérience et les intérêts des utilisateurs dans la conception du système est considéré comme augmentant la probabilité que le système sera utile, adapté et aisément intégrable dans les pratiques des utilisateurs. C'est par ailleurs cette hypothèse qui marque la différence « philosophique » entre les principes du *Participatory Design* et du *User Centered Design* : dans le premier, l'implication du client/utilisateur est un objectif en soi (qui doit assurer la qualité de la conception), dans le second, c'est un moyen. Le premier s'attache particulièrement aux processus et aux acteurs de la conception, le second au produit (dans son contexte d'utilisation). Mais ces deux principes sont tout de même très proches dans leurs approches, faisant de l'implication du client un élément incontournable de la conception.

Les chercheurs du *Participatory Design* ont développé différentes méthodes et pratiques qui encouragent ou encadrent la coopération entre les concepteurs et les utilisateurs. Trois méthodes sont présentées ci-dessous. Les deux premières, *Contextual Design* et *Scenario-Based Design* appartiennent directement au domaine du *Participatory Design*, la troisième, *Consumer Idealized Design*, ne s'en revendique pas directement mais constitue une approche parallèle intéressante. Ces méthodes peuvent être utilisées de façon complémentaires ou séparées.

La méthode *Contextual Design* (Conception en contexte)

La Méthode *Contextual Design* découle directement d'une application des principes du *Participatory Design*. Cette méthode a été mise au point pour la réalisation de systèmes informatiques « efficaces », c'est-à-dire adaptés au contexte dans lesquels ils seront utilisés. Cette méthode a été mise au point par Karen Holtzblatt et Hugh Beyer [Holtzblatt et Beyer, 1993]. L'objectif de la méthode est très clairement de construire un système qui sied et qui améliore la façon de travailler des utilisateurs, tout en procurant aux concepteurs un cadre de conception [Wixon *et al.*, 1990].

La première étape de la méthode consiste en la réalisation d'enquête de terrain, par le biais, par exemple, de discussions avec les utilisateurs dans le *contexte* de leur activité. C'est ici le postulat principal de la méthode : la collecte des informations permettant la spécification d'un système adapté aux utilisateurs ne peut être faite que dans le contexte d'utilisation du futur système, en interrogeant et en observant les futurs utilisateurs. La compréhension des façons de travailler des utilisateurs est essentielle à la réussite de la construction du système [Holtzblatt et Beyer, 1996]. Il est donc nécessaire pour les concepteurs d'obtenir de la part des utilisateurs une réelle implication.

A partir des entretiens et des observations, des *diagrammes d'affinité* (*Affinity Diagrams*) sont créés, pour partager et interpréter les informations recueillies auprès des utilisateurs *avec toute l'équipe de conception*. Le processus de réalisation de ces *diagrammes d'affinité* est le suivant : le groupe de concepteurs se réunit dans une salle (La méthode stipule que le groupe de concepteurs ne doit pas être

trop nombreux, et qu'une salle doit, si possible, leur être dédiée) ; les entretiens et autres notes sont passés en revue par toute l'équipe et les faits, interprétations et questions sont notés sur des papiers ; puis ces papiers sont accrochés aux murs par « groupes d'affinité », sortes de méta-catégories.

A partir des diagrammes d'affinité, l'équipe construit trois types de modèles qui représentent la situation actuelle : des modèles de contexte (standard, procédures, directives, etc.) ; des modèles physiques (localisation et configuration des locaux, du matériel, des technologies, etc.) ; des modèles de flux (rôles des personnes, etc.).

Ensuite, vient l'étape de la re-conception du système de travail, conséquence de la mise en place du nouveau système. L'objectif de la démarche est bien de créer un nouveau système amélioré donc transformé. Pour s'assurer que le nouveau modèle satisfera les utilisateurs, une nouvelle conversation est engagée avec les utilisateurs, dont le sujet est « le système tel qu'il *sera* (et non plus tel qu'il est) ». Cette conversation est étayée par les trois types de modèles présentés précédemment (de contexte, physique, de flux) mais qui contiennent maintenant les données du système à venir. Ainsi, les utilisateurs peuvent à nouveau s'exprimer.

Enfin, en dernier lieu, vient la conception du système proprement dit. Cette étape n'intervient que lorsque l'équipe de conception est « imprégnée » par le sujet. La méthode indique, avant de se lancer dans les développements, de structurer, en groupe, l'ensemble des fonctionnalités que devra fournir le système. Ces fonctionnalités doivent être regroupées en « activités », réparties en « zones cibles » de l'environnement utilisateur, que l'on peut matérialiser sur des feuilles de papier et présenter sur la table de la salle de travail, afin que chaque concepteur y ait accès, et que sa cohérence interne puisse être envisagée. A partir des premiers développements, il est nécessaire de construire des maquettes, afin de pouvoir obtenir, encore, l'avis des utilisateurs. L'objectif est de ne jamais perdre de vue le point de vue des utilisateurs et pour cela, il faut multiplier les itérations.

Un support au *Participatory Design* : *Scenario-Based Design* (Conception basée sur scénarios)

Le *Scenario-Based Design* est considéré comme un des outils ou supports au *Participatory Design*. Mais la *conception orientée scénario* est en elle-même un vaste champ de recherche, à l'intérieur duquel on rencontre de nombreuses méthodes basées sur l'utilisation de scénarios, principalement dans le domaine informatique. D'après [Carroll, 1999], le *Scenario-Based Design* appartient aux approches complémentaires de l'ingénierie qui, plutôt que de tenter comme les approches classiques d'ingénierie de maîtriser la complexité, s'efforcent de tirer partie de cette complexité. La philosophie de cette approche est donc particulière.

Qu'est ce qu'un scénario ? Malgré sa popularité grandissante, il n'y pas de définition faisant aujourd'hui parfaitement consensus sur ce qu'est un scénario, ce qu'il doit précisément contenir pour être qualifié de scénario, comment il doit être utilisé, ni même s'il doit impliquer nécessairement l'utilisation de l'informatique [Bardram, 2000]. Ce n'est donc pas à proprement parler une méthode, mais bien plus un support. Néanmoins, il existe plusieurs tentatives de définitions, qui définissent plus le scénario par rapport à ses objectifs ou ses intérêts.

Une définition succincte est donnée par [Jarke *et al.*, 1998] : un scénario est la description d'un ensemble possible d'événements qui pourraient raisonnablement avoir lieu. John Carroll (op. cit.) complète cette définition en présentant le scénario comme une histoire, avec ses paramètres de départ, ses acteurs avec des objectifs particuliers, et une intrigue. C'est une suite d'actions et d'événements, les uns facilitant, les autres freinant la réalisation des objectifs des acteurs, qui peuvent ainsi s'en trouver modifiés. C'est « banalement » la définition que l'on a généralement à l'esprit pour ce terme. Enfin, une définition qui se veut synthétique et partagée par un ensemble d'experts du domaine, est également rapportée par [Jarke *et al.*, 1998] :

« Un scénario est une description du monde, dans un contexte et dans le cadre d'objectifs don-

nés, qui se concentre sur les interactions intervenant lors de l'exécution de tâches. Il est envisagé comme un moyen de communication entre les parties prenantes, et pour contraindre l'ingénierie des spécifications suivant un ou plusieurs points de vue (généralement incomplet, non consistant et non formel).¹⁰ »

En fait, l'objectif et le principal intérêt de l'emploi de scénarios au long de la conception est de maintenir l'attention, tout au long du processus de développement d'un nouveau système, sur les situations vécues par les clients et les conséquences sur leur activité [Carroll, 1999]. C'est l'un des plus grands challenges de l'ingénierie des systèmes, en plus de l'adaptation à l'environnement (technologique, légal, etc.) : l'orientation utilisateur. D'après [Winograd, 1997], une conception fructueuse des interactions (humains-informatique) demande de passer d'une optique « machines » à une optique « contextes d'utilisation par des personnes ». Les scénarios sont plus que de simples abstractions : ce sont des représentations critiques de la réalité, qui stimulent la réflexion. Elles mettent potentiellement le concepteur à la place du ou des futurs utilisateurs, en rendant l'utilisation du futur système explicite, en présentant les événements possibles et les reliant aux hypothèses qui les sous-tendent, en présentant les risques et les opportunités, etc. De fait, un scénario peut permettre de mettre en lumière l'état actuel du système (« scénario actuel »), pour en faire ressortir les lacunes ou incohérences, tout comme il permet au concepteur d'appréhender l'utilisation futur du système en cours de conception (voir figure 1.14). Enfin, le *Scenario-Based Design* se rapproche particulièrement de l'*Activity Centered Design* de D. Norman présentée au paragraphe précédent, qui s'attache à appréhender la dynamique de l'utilisation des produits lors de leur conception, et non de les envisager uniquement sous l'angle des spécifications, dont la somme des optimisations ne conduit pas nécessairement à un optimum global.

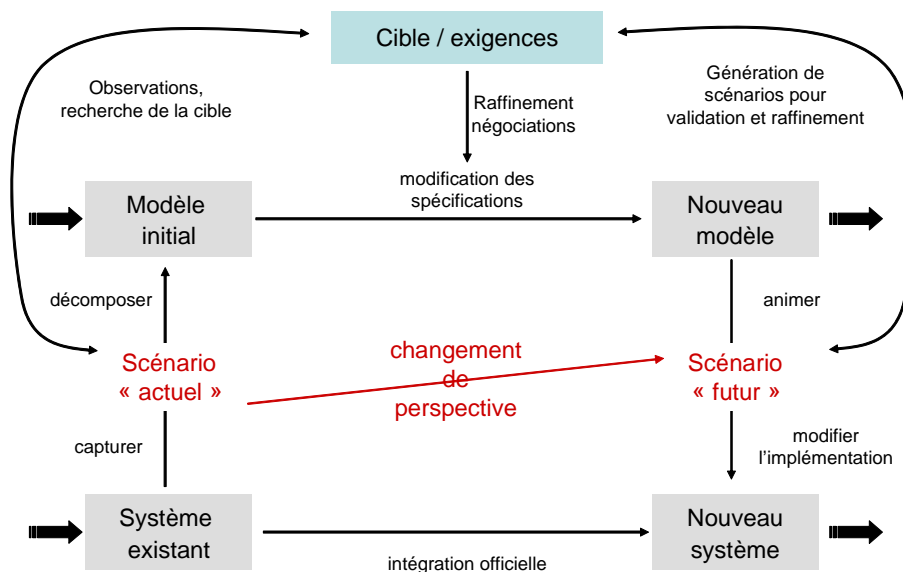


FIG. 1.14 – Processus de développement produit tourné vers l'utilisateur, par exploitation de scénarios, d'après [Jarke *et al.*, 1998]

John Carroll (op. cit.) liste cinq challenges de conception qui plaident pour le *scenario-based design* :

¹⁰ « A scenario is a description of the world, in a context and for a purpose, focusing on task interaction. It is intended as a means of communication among stakeholders, and to constrain requirements engineering from one or more viewpoints (usually not complete, not consistent, and not formal). »

1. En phase de conception l'action et la réflexion ne peuvent être menées de front et souvent l'action prend le pas sur la réflexion lorsque les délais sont restreints. Par rapport à ce dilemme action-réflexion, l'utilisation de scénarios centrés sur l'usage apporte une vision claire et cohérente des attendus du produit – et non des spécifications abstraites – du point de vue de l'utilisateur. Le scénario explore les intentions des utilisateurs, et force le concepteur à mettre son travail en perspective.
2. Les situations de conception sont fluides, ouvertes, indéterminées. Mais les scénarios sont à la fois concrets et flexibles. Car s'ils fixent, à un instant donné de la conception, une interprétation de celle-ci et offrent des solutions spécifiques, le niveau de détail des scénarios reste variable. De plus les scénarios sont fréquemment incomplets et aisément révisables. Leur principal intérêt est d'être accessibles à tous, ce qui permet, à partir de cette « matérialisation idéalisée » de la conception, de se concentrer sur l'articulation des possibilités. Les scénarios sont des bases de discussion.
3. Le moindre développement dans la conception peut avoir de multiples conséquences. Et tout scénario offre de multiples vues : elles procurent une aide aux concepteurs, pour envisager les conséquences de leurs actions, du point de vue des utilisateurs.
4. Les connaissances techniques sont en retard sur la conception. Les scénarios permettent de formuler les connaissances nécessaires aux concepteurs, à travers leur caractère rudimentaire et incomplet qui est de fait une abstraction. Par l'intermédiaire des scénarios, les concepteurs peuvent devenir autant créateurs que consommateurs de connaissances. Les scénarios permettent de catégoriser les connaissances techniques (création) et les relier à des situations-types. Les problèmes de conception rencontrés par les concepteurs peuvent être considérés comme des instances de ces situations-types, que l'on peut éventuellement gérer via les connaissances des catégories précédentes (consommation).
5. De nombreux facteurs externes comme internes contraignent la conception et détournent le concepteur du point de vue du client utilisateur (ces facteurs sont, par exemple, des problèmes techniques, les contraintes de délais ou de coûts, etc.). Les scénarios sont des objets de conception tournés vers l'utilisation par le client. Ils promeuvent, auprès des concepteurs, l'orientation vers *l'utilisation par le client* tout au long du processus de conception. Les techniques d'utilisation de scénarios cherchent à impliquer des clients *représentatifs* des utilisateurs finaux : c'est bien une technique du *Participatory Design*.

La méthode *Consumer Idealized Design*

Bien que cette méthode ne se revendique pas du *Participatory Design*, elle peut y être rattachée. Ses auteurs décrivent le *Consumer Idealized Design* comme un « processus impliquant des clients effectifs ou potentiels dans une conception libre du produit ou du service idéal, dans le cadre du développement réel de nouveaux produits ou services » [Ciccantelli et Magidson, 1993]. Cette méthode intervient uniquement dans les phases conceptuelles, très amont dans la conception [Kaulio, 1993], lors de la détermination des besoins et s'apparente à une session de créativité. Pour devenir un produit commercialisable, une idée doit être à la fois réalisable et créer de la valeur pour le segment de clientèle visé [Le Masson et Magnusson, 2003]. Tout comme Le Masson et Magnusson (op. cit.) et leur technique de conception innovante à partir de collections d'idées clients, Ciccantelli et Magidson ne considèrent pas que les idées des clients soient ou bien irréalisables, ou bien sans véritable innovation. Et ils proposent une technique particulière pour faire émerger des souhaits ou des besoins, réalisables et innovants, mais dont les clients eux-mêmes n'ont pas toujours forcément conscience. De plus, la méthode permet de recueillir ces informations sous forme de spécifications structurées.

La méthode se présente ainsi : un petit groupe de clients, sélectionnés dans le segment de clientèle visé pour le produit, est réuni dans une salle, accompagné d'un facilitateur. En une journée, le groupe doit s'intéresser, non pas à la faisabilité mais à la « désirabilité » d'un produit. Les hypothèses sous-jacentes étant que les clients, familiers d'un produit, sont les mieux placés pour le concevoir *d'un point de vue fonctionnel* et que le principal obstacle à la créativité est la prise en compte de la faisabilité. Guidés par le facilitateur, les participants doivent décrire les propriétés et spécifications que le nouveau produit, remplaçant celui qu'ils utilisent habituellement, devrait avoir. Les caractéristiques du produit sont passées en revue de la façon la plus exhaustive possible, toutes ses fonctionnalités mais aussi des aspects de forme, de couleur, d'aspect, etc. Toutes les propositions, mêmes les propositions conflictuelles, sont retenues. Puis les participants sont invités à débattre des mérites de chacune des spécifications, pour arriver, de façon itérative et argumentative, à *une seule conception* qui fasse consensus parmi les participants, et qui contienne toutes les idéalizations retenues. Plus précisément, le résultat attendu de ce processus, alternant créativité et argumentation, est l'expression du produit « idéal », d'après ses propres utilisateurs.

Lors du déroulement du processus, les débats peuvent être enregistrés, ou bien des concepteurs du produit peuvent intégrer incognito le groupe de clients. Les débats contiennent des informations sans doute aussi intéressantes que le résultat, dans le sens où les argumentations, les raisons des choix exprimés lors de la séance contiennent le *pourquoi* des spécifications de ce produit « idéal ».

Cette méthode est ainsi plus tournée vers le recueil des besoins et souhaits des clients, que vers l'intégration de ceux-ci dans la conception. Néanmoins, elle offre en sortie des indications structurées, faisant consensus parmi tous les participants, et incarnées dans un seul produit « idéal ». Les spécifications client sont ainsi cohérentes entre elles, à défaut d'être nécessairement réalisables.

Limitations

La principale limite du *Participatory Design* et des méthodes dérivées de ce principe tiennent à la définition même de la conception participative : l'implication des utilisateurs n'est pas toujours aisée, notamment dans des projets très complexes et longs tels la conception d'un nouveau véhicule. Et l'enjeu de la confidentialité pèse également lourdement dans leur mise en œuvre. De plus, si ces méthodes et techniques s'adaptent bien à des équipes de conception relativement petites (Notamment pour les deux méthodes présentées : *Contextual Design* et *Consumer Idealized Design*), où le dialogue est possible entre tous, voire à un seul concepteur, elles sont beaucoup plus difficiles à implémenter dans les grands projets, dans lesquels les concepteurs sont répartis en de nombreuses équipes attachées à des zones ou des organes particuliers. Ces découpages projet gênent l'application du *Scenario-Based Design*, cependant il est toujours possible d'utiliser des scénarios dans des sous-parties de projets. Enfin, la participation de clients-utilisateurs dans le processus de conception est structurellement sujet à diverses influences, souvent involontaires et subtiles, de la part des équipes de conception [Pitta *et al.*, 1996].

1.3.7 Conclusions sur l'intégration du point de vue du client dans la conception

Les méthodes et principes exposés dans ce chapitre ne représentent qu'une partie du champ d'investigations particulièrement vaste que constitue *l'intégration du point de vue du client dans la conception*. Il existe de nombreuses autres méthodes visant à prendre en compte - voire anticiper - le mieux possible les attentes des acheteurs ou utilisateurs potentiels afin de mieux les proposer dans des produits ou services. Mais cette revue, non exhaustive, de méthodes et concepts est révélatrice des différents courants de pensées du domaine.

Ces méthodes et principes peuvent être envisagés suivant différentes perspectives :

L'axe cartésien/systémique. Les méthodes comme l'analyse de la valeur, et surtout le QFD reposent sur un principe de décomposition des problèmes, de façon à ramener la complexité de la conception à un niveau que l'humain peut appréhender. Ces méthodes, très systématiques et soutenues par des outils plus ou moins perfectionnés, constituent des guides précieux pour l'action. Mais ils ne favorisent pas vraiment une vision globale de la conception, et peuvent parfois brouiller plus que démêler la complexité d'un problème de conception, en faisant ressortir trop de caractéristiques. A l'inverse, les principes du *User Centered Design* et du *Participatory Design* cherchent toujours à faire prendre aux concepteurs du recul sur leur travail, à leur permettre de l'envisager depuis la perspective du client. Ces principes mettent en évidence les nombreuses interactions et interdépendances dans la conception. Néanmoins, les méthodes qui en découlent sont moins encadrées et sont sujettes à des dérives (Notamment une trop grande importance accordée à la parole de quelques utilisateurs). Elles réclament de rester dans le cadre d'une conception argumentée.

Le degré d'implication/intervention du client/utilisateur dans la conception. Comme le note M. A. Kaulio (op. cit.), trois degrés d'implication des utilisateurs dans la conception peuvent être considérés : la conception « pour », la conception « avec », la conception « par » l'utilisateur (le client). Par exemple, si le QFD est clairement une conception « pour » et le *Consumer idealized Design* une conception « par », les autres méthodes peuvent, suivant les façons dont elles sont utilisées et suivant les périodes du processus, varier les degrés d'implication des utilisateurs.

La couverture des différentes étapes du processus de conception. Les méthodes présentées dans ce chapitre ne couvrent généralement pas l'ensemble du processus de développement d'un nouveau produit, exception faite du QFD, qui s'attache à couvrir toutes les phases, de la conception préliminaire à la phase d'industrialisation. Et si la plupart des auteurs s'accordent sur le fait que l'essentiel se joue dans les phases amont de la conception, beaucoup reconnaissent également le rôle important des confrontations itératives de la conception avec les attendus exprimés par les clients.

La prise en compte des trois opérations « capturer, traduire, intégrer ». Certaines méthodes, notamment l'analyse fonctionnelle et le *Consumer Idealized Design* s'attachent particulièrement, voire exclusivement à la détermination des attentes des clients/utilisateurs. Le QFD s'attache à la traduction et l'intégration des spécifications utilisateurs dans la conception et ne se focalise pas particulièrement sur leur capture. L'implication des utilisateurs dans la conception, dans les méthodes des *User Centered Design* et *Participatory Design* servent souvent à rassembler en une opération la capture et la traduction des attentes en spécifications de conception. L'utilisation de scénarios est particulièrement adaptée à l'intégration des attentes client dans la conception, tant elle permet au concepteur de prendre du recul sur les spécifications et de les prendre en compte de façon globale, en gardant à l'esprit les multiples implications de toute décision.

Ce bref tour d'horizon sur l'intégration du point de vue du client dans la conception met également particulièrement en lumière des caractéristiques qui sont plus généralement le fait de toute activité de conception.

Ainsi, la majorité des méthodes insistent sur ce que l'on pourrait appeler la « continuité » dans la conception. Que cette continuité soit assurée par l'imbrication des matrices du QFD, ou par l'accent mis par d'autres méthodes sur l'importance des itérations avec les utilisateurs potentiels, elle apparaît comme un élément essentiel permettant d'assurer que les spécifications client correspondent et permettront de répondre aux attentes, c'est-à-dire faire en sorte que le produit fini, réel, les satisfera. La continuité dans la conception est une caractéristique qui permet aux acteurs de suivre et d'anticiper sans erreur de ressaisie, les conséquences de leurs actions, à court terme du moins. Cette continuité

est un objectif typique dans les activités de conception, et les irrégularités se posent pour tout type de spécifications (spécifications clients, mais également spécifications techniques, de coût, industrielles, réglementaires, etc.). Une vision vraiment globale (de tous les enjeux, de toutes les possibilités, de tous les problèmes, de toutes les conséquences, etc.) sur un projet de grande envergure, nécessairement subdivisé, est impossible. La plupart des méthodes s'attachent ainsi à créer les conditions de la continuité dans la conception, à travers des outils de traçabilité et d'exploration, à différents niveaux de détail, permettant de donner de la *cohérence* aux actions, décisions et activités qui ont lieu durant le processus de conception.

La continuité de la conception butte généralement sur deux obstacles majeurs : d'une part, *l'actualisation des spécifications*, qui doit être faite tout au long du projet auprès de tous les acteurs concernés, et qui est particulièrement stratégique lorsque le projet est de grande ampleur, subdivisé en de nombreuses sous-parties, faisant intervenir plusieurs équipes de conception et dont la réalisation s'étend sur une longue durée. Cette actualisation est nécessaire tout au long de la conception, pour tenir compte de l'ensemble des compromis qui seront aménagés. D'autre part, *la gestion des interfaces*, car c'est à cet endroit que les problèmes de continuité de la conception se posent avec le plus de vivacité. En effet, si au sein d'une même équipe de conception, dont les interactions sont quotidiennes, de nombreux problèmes d'intégration et de cohérence se posent, ceux-ci sont encore plus nombreux et plus aigus lorsque deux sous-parties doivent assurer leur inter-cohérence. Aux interfaces ne se posent pas que des problèmes techniques : ce sont surtout des problèmes de points de vue, de perspectives, d'objectifs, etc. C'est aux interfaces que se joue la continuité de la conception, alors que l'ensemble des problèmes, qui se posent à ces endroits, accapare l'attention sur le détail plutôt que sur la vision globale, et détourne du point de vue du client.

Enfin, le caractère coopératif, même s'il est juste évoqué, est un attribut de nombreuses méthodes présentées dans ce chapitre. En effet, les méthodes et principes présentés mentionnent régulièrement, soit la constitution et la collaboration d'une équipe pluridisciplinaire, soit l'importance de la coopération avec les clients/utilisateurs lorsque ceux-ci sont directement impliqués dans le processus de conception, soit des principes d'itération et de confrontation entre les acteurs de la conception. Combiné à l'utilisation grandissante des nouvelles technologies et l'évolution de l'informatique comme support aux activités de conception, le caractère coopératif de l'intégration du point de vue du client dans la conception rejoint ainsi un autre domaine de recherche particulièrement vaste : le *Computer Supported Cooperative Work* ou CSCW. Bien que les frontières de ce domaine de recherche ne soient pas exactement établies, une définition très descriptive du CSCW est avancée par [Bannon et Schmidt, 1989] : « Le CSCW est un champ qui couvre tout ce qui a trait avec l'informatique comme support d'activités impliquant plus d'une personne. (...) Le CSCW peut être considéré comme une tentative pour comprendre la nature et les caractéristiques du travail coopératif, dans l'objectif de concevoir des systèmes informatiques adéquats. »

Ce domaine de recherche apporte une approche nouvelle, un autre cadre conceptuel et de nombreux outils pour aborder la problématique de cette thèse. Par exemple, ainsi que le soulignent Kensing et Blomberg (op. cit.), bien que l'accent ne soit pas marqué de la même façon sur la conception de systèmes technologiques, sur l'analyse du travail coopératif ou sur des méthodes ou des techniques, il existe notamment un important recouvrement des problématiques soulevées dans les domaines du CSCW et du PD. Le domaine du CSCW et ses apports seront encore détaillés dans les prochains chapitres.

Pour clore ce tour d'horizon, l'intégration du point de vue du client dans la conception reste un domaine de recherche vaste, dont le caractère éminemment stratégique pour l'industrie doit être souligné. Il fait aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches. Mais il n'existe pas de méthode absolue pour assurer cette intégration, car le point de vue du client et le contexte du projet de développement

d'un nouveau produit ou service demeurent particulièrement singuliers et étroitement liés. Il est cependant possible de dégager quelques conseils généraux, comme l'importance de l'engagement des équipes de développement et leur implication pour assurer la continuité dans les activités de conception, ou l'adoption de tactiques permettant à ces équipes de *s'imprégner* du problème *global* de sorte à agir au niveau du détail (*local*) en cohérence avec les objectifs généraux, par le biais de compromis avec l'ensemble des intervenants du projet de conception.

1.4 Un challenge pour la conception automobile

1.4.1 Intégrer le point de vue du client dans la conception automobile

L'intégration du point de vue du client dans la complexité de la conception est pour l'industrie automobile, à la fois un objectif majeur et un véritable challenge. Comme cela a été présenté au début de ce chapitre et comme le résume parfaitement [Schmidt, 1998], quelque soit le type d'industrie, les ingénieurs et les concepteurs font face aujourd'hui aux nombreux challenges provoqués par les nouvelles formes d'organisation, de type ingénierie concourante, mises en place dans le but de gérer la diversité grandissante des produits. Cette diversité n'existe que dans l'objectif de mieux satisfaire les clients, et doit se gérer dans le cadre d'une accélération des processus de développement, qui répondent aux réalités de la mondialisation de la concurrence et de la réduction des cycles de vie des produits.

Les challenges sont d'autant plus grands pour l'industrie automobile que le produit est devenu particulièrement complexe, soumis à une concurrence féroce qui met la pression sur la qualité, les coûts et les délais. Les projets de conception d'un nouveau véhicule sont également étalés dans le temps et considérablement distribués, répartis sur de nombreuses équipes de conception et de nombreux métiers (appartenant au constructeur automobile comme aux nombreux sous-traitants intervenant dans le projet) et répartis sur différents lieux. Cette distribution génère un intense besoin de coopération entre les différents intervenants, et crée de nombreuses interfaces dont il faut gérer l'intégration. Ceci dans un contexte dans lequel les concepteurs ont généralement une conscience et une compréhension limitée de l'impact et de la pertinence des travaux menés par d'autres équipes sur leur propre travail [Arias *et al.*, 2000]. Les enjeux de la collaboration dans la conception sont donc particulièrement stratégiques, tant la connaissance pour mener à bien un projet complexe est répartie sur de nombreux individus, et tant la transmission des informations aux interfaces est sensible.

D'autre part, la réalisation d'un nouveau véhicule, qui correspond et répond aux attentes des clients, à un coût attractif et tout en se distinguant des produits de la concurrence par ses innovations et sa qualité, dépend essentiellement des phases amont de la conception. Et au cœur de ces phases, elle résulte surtout de l'alchimie unique qui va se créer (ou non) sur ce projet également unique, entre l'ensemble des protagonistes de la conception, à travers les méthodes utilisées, les confrontations de points de vue, les collaborations entre les métiers, les compromis de conception, qui conduiront à la genèse d'un immense mouvement d'intelligence collective, matérialisée dans la création d'un nouveau véhicule.

Cette intelligence se crée à travers l'intégration, au long de la conception, des différents points de vue des métiers. C'est à dire, comme cela a été présenté au paragraphe 1.1.5 par le biais d'un processus argumentatif, qui permet de faire avancer la conception malgré son irréductible complexité. L'intégration produit-process, en faisant intervenir les acteurs de la fabrication directement dans la conception, favorise la mise en œuvre de ce processus argumentatif. De même, l'intégration du point de vue du client dans le produit automobile passe par l'intervention (directe ou indirecte) du client dans le processus de conception. L'objectif, pour l'industrie automobile, est aujourd'hui de passer de l'intégration produit-process à l'intégration produit-process-*prestations*, où le terme prestations

représente les prestations clients, c'est-à-dire les besoins et attentes des clients vis-à-vis du produit automobile. Mais si le principe est acquis, reste à le mettre en œuvre, et à trouver des moyens, en fonction du contexte, et en s'inspirant des travaux menés sur l'intégration du point de vue du client dans la conception, pour réaliser cette intégration produit-process-prestations.

1.4.2 Les Pilotes Prestations Client comme représentants des clients dans les phases de conception

Pour mener l'intégration produit-process-prestations, le constructeur automobile Renault a mis en œuvre une organisation particulière, s'appuyant notamment sur des principes de conception collaborative, d'ingénierie concourante, et sur des moyens techniques et humains. Un des choix organisationnels de Renault a été en particulier de créer, comme cela a été présenté au paragraphe 1.2.2, un nouveau type d'acteur de la conception, le Pilote Prestations Client. La mission du Pilote Prestations Client est de représenter le point de vue du client dans la conception, le client intervient donc dans ce cas indirectement dans le processus de conception. Ceci pour des raisons pratiques (Il est difficile d'impliquer des clients sur une durée aussi longue, au milieu de nombreuses équipes de conception, etc.) et également pour des raisons de confidentialité. Il dépend généralement d'un métier particulier.

« Représenter le client dans la conception » signifie, pour les Pilotes Prestations Client, adopter le point de vue du client, point de vue global et transversal aux découpages du projet (découpages fonctionnels ou découpages « géographiques ») et le défendre auprès des autres acteurs de la conception. D'une part, le point de vue du client, bien que transversal, reste multiple : un client s'attache à de nombreuses perspectives, comme par exemple la sécurité, la fiabilité ou la consommation du véhicule. De plus, chaque client a un point de vue particulier sur le véhicule qu'il achète, en fonction de ses aspirations, ses besoins, etc. Même au sein d'un même segment de clientèle, les points de vue des clients ne représentent pas un ensemble homogène. L'organisation des Pilotes Prestations Client prend en compte ces deux contraintes.

D'une part, pratiquement, le point de vue du client (ou plutôt « les points de vue ») est distribué en un ensemble de prestations qui représentent chacune une qualité, un ressenti pertinent pour l'utilisateur du véhicule. Cet ensemble de prestations est ensuite réparti sur les Pilotes Prestations Client, qui ont en charge en général une prestation globale qui peut-être elle-même subdivisée en quelques sous-prestations. Par exemple, des prestations considérées sont : la sécurité (subdivisée en sécurité passive du conducteur et des passagers, et choc piéton) ; le comportement (sécurité active, tenue de route, freinage, etc.) ; l'ergonomie (visibilité, accessibilité, position de conduite, etc.) ; le confort thermique ; le confort acoustique et vibratoire ; etc.

D'autre part, afin de tenir compte de la diversité des points de vue des clients pour chaque prestation, des limites d'acceptabilité, hautes et/ou basses, sont déterminées, afin d'englober la satisfaction de la majorité du segment de clientèle visé. Satisfaire la totalité des clients potentiels n'est jamais recherché : outre que cela serait particulièrement coûteux, il est également fréquent de parvenir à des contradictions insurmontables (Par exemple, une voiture ne peut pas fournir un réglage en hauteur du volant qui serait parfaitement adapté à l'ensemble des gabarits. Certaines personnes, très grandes ou très petites, peuvent considérer la plage de réglage comme insuffisante)

Enfin, la trame de l'activité des Pilotes Prestations Client¹¹ est la suivante : d'après la *lettre d'intention produit* qui décrit les fonctionnalités et les prestations que devra fournir le nouveau véhicule (voir paragraphe 1.2.1 page 14), les Pilotes Prestations Client rédigent des *cahiers des charges prestations fonctionnelles* (un par prestation généralement) qui est transmis aux concepteurs, notamment aux architectes, lors du jalon projet *orientation*. Ensuite, à chacun des jalons suivants, chaque Pilote

¹¹Le rôle et l'activité des Pilotes Prestations Client seront mieux détaillés, sur l'exemple des Pilotes Prestations Client ergonomie, au chapitre 2.

Prestations Client est chargé de vérifier que son *cahier des charges prestations fonctionnelles* est respecté. Si ce n'est pas le cas, il doit alerter sur le point litigieux, et la conception sera alors reprise, ou un compromis sera mis en place et le *cahier des charges prestations fonctionnelles* évoluera. Les Pilotes Prestations Client sont ainsi beaucoup plus méthodiques et minutieux qu'un client pris au hasard, afin de représenter l'ensemble de la clientèle et non un unique client.

1.4.3 Le problème industriel soulevé par Renault

Dans le cadre de l'intégration du point de vue du client dans la conception, l'activité de chaque Pilote Prestations Client requiert la récupération d'une grande quantité d'informations, afin de suivre, vérifier, valider, en un mot animer la conception autour de la prestation qu'il défend. Et dans le cadre de la conception au numérique, et notamment dans les phases très amont, ces Pilotes Prestations Client doivent avoir des moyens d'investigation également numériques, pour procéder à des évaluations de la prestation au numérique. Ces informations sont issues de la maquette numérique, qui est sous la responsabilité des concepteurs, notamment les architectes. Les coopérations sont nombreuses entre les Pilotes Prestations Client, qui « contrôlent » en quelque sorte la qualité et la conformité de la conception du point de vue du client, et les concepteurs, qui travaillent directement à la création du véhicule et à l'intégration de toutes les contraintes.

Or, certains Pilotes Prestations Client connaissent des difficultés à récupérer ces informations de la maquette numérique et des concepteurs CAO, pour des raisons variées qui seront détaillées dans le prochain chapitre. Cela est notamment le cas de la prestation ergonomie, qui constitue le cadre de notre étude. Plus précisément, la problématique industrielle soulevée par Renault concerne l'amélioration du partage des informations « projet » entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie. D'autre part, le souhait est de mettre en place un système d'information permettant, outre le partage des informations en projet, la capitalisation de ces informations, dans un cadre cohérent permettant de constituer des « cas de figure d'évolution de la prestation ergonomie » au long de la conception. L'objectif de ces cas de figure est de relier la maquette numérique à des réalisations physiques, dans le sens numérique vers physique (Généralement, ce sont les critères issus du physique qui sont traduits en des critères numériques.)

Pour conclure ce chapitre, dans le cadre de l'intégration du point de vue du client dans la conception d'un nouveau véhicule du constructeur Renault, un goulet d'étranglement identifié concerne les échanges d'informations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. Cette problématique de partage et de capitalisation de l'information en projet est détaillée dans le chapitre suivant.

Chapitre 2

Une problématique de partage et capitalisation de l'information ergonomique dans les projets

Dans ce chapitre, nous décrivons plus précisément la problématique de partage et de capitalisation des informations circulant entre des acteurs typiquement projet, les architectes, qui sont des concepteurs CAO et les Pilotes Prestations Client ergonomie, représentant le point de vue *ergonomique* du client durant les phases de conception et faisant l'interface entre le métier ergonomie et les projets véhicules.

2.1 L'activité des Pilotes Prestations Client ergonomie

Comme présenté au chapitre précédent, le rôle des Pilotes Prestations Client est de représenter et défendre le point de vue du client tout au long du développement véhicule, auprès des autres acteurs de la conception. Ces acteurs ont donc un rôle transversal aux découpages fonctionnels de la conception automobile, principalement d'animation et de validation autour de la prestation qu'ils appuient. S'ils suivent une prestation client durant toutes les phases de développement, leur rôle est d'autant plus sensible dans les phases amont – alors que la conception n'est quasiment que « virtuelle », reposant principalement sur des données et maquettes numériques – car c'est à ce moment qu'il est le moins coûteux (et le plus facile techniquement) de corriger des déviations par rapport aux cahiers des charges et/ou de mettre en place des compromis.

Le cas de la prestation ergonomie a été au centre de notre étude. Son caractère très transversal fait des Pilotes Prestations Client ergonomie des acteurs très présents auprès des concepteurs CAO, notamment des architectes. L'ergonomie est d'ailleurs un principe de construction des premières ébauches d'un nouveau véhicule, qui permet de mettre en place certains grands volumes. Certaines données et règles ergonomiques sont des données d'entrée de la conception du nouveau véhicule. Mais rapidement, la prestation ergonomie (du moins certains pans de la prestation) peut passer au second plan, au profit d'autres prestations ou orientations plus facilement « appréciables » ou plus « distinctives » pour le client : la sécurité, le design, etc.

Du point de vue organisationnel, le Pilote Prestations Client ergonomie joue le rôle d'intermédiaire entre les projets (les architectes) et le métier ergonomie (les ergonomes). Le métier ergonomie¹ se répartit globalement en deux grands ensembles : l'*ergonomie physique*, qui traite principalement de « géométrie » et l'ergonomie cognitive, qui traite des IHM et de l'ergonomie *cognitive* des signaux et affichages (choix des symboles, enchaînement des actions, etc.). Notre étude s'est centrée en particulier sur les échanges d'informations issues des projets concernant la validation de la prestation *ergonomie physique*. Dans cette section, nous allons détailler les relations et les échanges d'information entre ces différents acteurs : ergonomes physiques (que nous désignerons simplement par ergonomes ou métier ergonomie), Pilotes Prestations Client ergonomie, architectes.

2.1.1 Relations avec le métier ergonomie

Rôles du métier ergonomie

Le métier ergonomie est partiellement « hors » des projets, c'est-à-dire que ses membres ne travaillent pas, sauf exception, directement sur un projet particulier. La partie *ergonomie physique* du service est responsable de l'établissement de règles et de préconisations générales permettant de satisfaire le confort du conducteur et des passagers d'un véhicule. Ces règles et préconisations sont établies et classées par prestations, qui sont les catégories naturelles de l'ergonomie physique.

Ces prestations sont rassemblées actuellement en environ six grands groupes :

¹Le métier ergonomie concerne l'ergonomie du produit, par opposition à l'ergonomie du poste de travail. Auparavant affecté entièrement à la Direction de la Recherche (appartenant à la DREAM), dans le service « Ergonomie, Perception et Facteur Humain », une récente réorganisation a transféré une partie du métier ergonomie cognitive et la majeure partie du métier ergonomie physique au service « synthèse amont, prestations d'usage et ergonomie » de la Direction des Prestations (de la DAPP). Les Pilotes Prestations Client ergonomie appartiennent également à cette direction. Cette évolution organisationnelle est allée dans le sens d'un rapprochement du métier ergonomie et des Pilotes Prestations Client ergonomie. Pour un rappel de l'organisation du système de conception Renault et des relations entre les différentes entités telles la DREAM et la DAPP, voir le paragraphe 1.2, page 13 au chapitre précédent.

- l'accessibilité (aux places avant, arrière, au troisième rang le cas échéant) ;
- l'habitabilité (idem accessibilité) ;
- le confort postural conducteur et passagers (sièges) ;
- le confort de la position de conduite (pédalier et repose-pied) ;
- la vision (environnement extérieur et intérieur, en vision directe ou en rétrovision) ;
- l'atteinte des commandes et des accessoires (ceintures de sécurité par exemple).

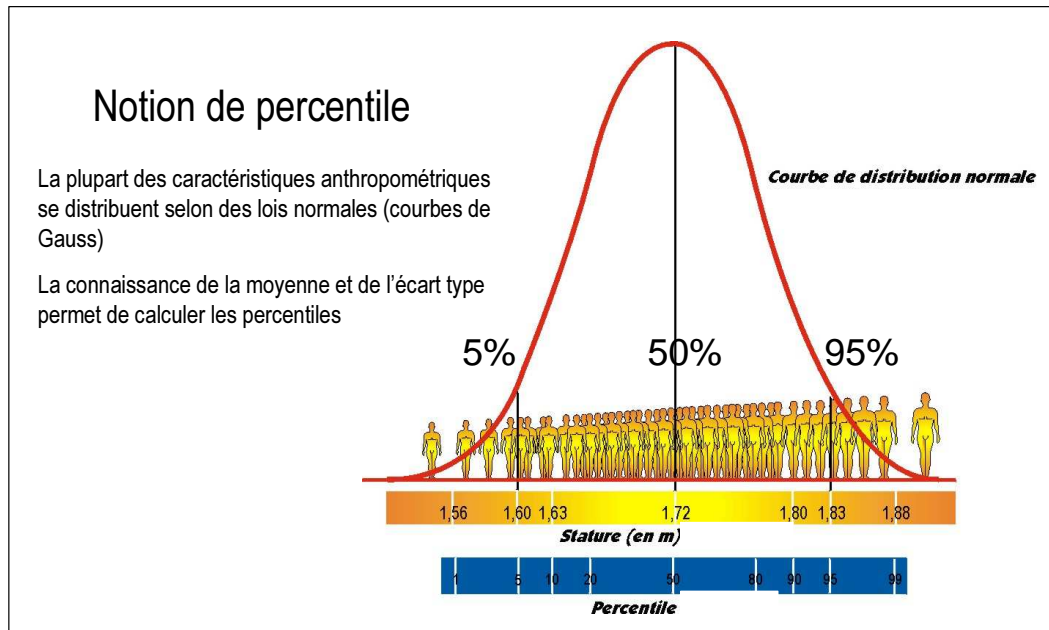


FIG. 2.1 – La notion de percentile

Une prestation se doit de correspondre à un service rendu au client, service perceptible et pour lequel il accorde de la valeur. Pour chacun de ces ensembles de prestations, des campagnes d'essais ont été menées pour transformer des appréciations en préconisations, en règles, en cahiers des charges mesurables et utilisables par les concepteurs, et donc utilisables dans la maquette numérique.

D'une part, ces essais cherchent à déterminer les variables (cotes, « surfaces-enveloppes » permettant de créer des volumes, dans la maquette numérique, devant rester libres de tout obstacle, etc.) permettant de réaliser l'analyse d'une prestation. D'autre part, ces essais permettent d'établir une échelle de mesure de l'atteinte de la prestation : valeur minimale acceptable pour une cote ou un ensemble de cotes analysées conjointement, surfaces enveloppes « minimales » ou « confortables ».

Il est à noter que ces campagnes d'essais font participer un échantillon représentatif, d'un point de vue morphologique (dans le contexte de l'ergonomie physique) du type de clientèle visé. Pour un projet véhicule, la clientèle visée peut être par exemple plutôt masculine ou féminine, jeune ou mûre, etc. et a ainsi des caractéristiques morphologiques identifiables. Les membres de cet échantillon représentatif sont des volontaires de l'entreprise, dont les caractéristiques morphologiques sont recensés dans une base de données, la *base de données ergonomie*. Les informations et jugements tirés d'un essai deviennent références, règles pour l'analyse et l'évaluation de la prestation associée à cet essai.

Les caractéristiques morphologiques pertinentes varient d'un essai à l'autre : par exemple, la pointure de chaussures est une variable intéressante pour l'analyse du pédalier, la hauteur du buste pour les visions, la largeur des hanches pour le confort des sièges, etc. Chaque volontaire est classé, pour chacun de ses segments morphologiques, en pourcentage suivant sa position par rapport aux statistiques de la population de référence (cf. dans ce chapitre, le cadre « LE VOCABLE DU MÉTIER ERGONOMIE » p 45 et la figure réf. 2.1). Par exemple, pour une caractéristique donnée telle la taille, une personne sera classée X% parce que X% de la population considérée est plus petite que cette taille. Évidemment, pour une autre caractéristique, la personne pourra être classée à un autre niveau, car ces mesures ne sont pas nécessairement homogènes. Il n'existe pas de personne dont chaque segment soit égal à ceux du 50% !

Ainsi, pour résumer, les ergonomes établissent par le biais d'essais (et également par l'utilisation d'études générales en ergonomie) :

- d'une part un ensemble d'éléments et outils *d'analyse* : des cotes et leur définition, des objets spécifiques de type surfaces-enveloppes, abaques, mannequins représentatifs (d'un point de vue morphologique) de sous-ensembles de populations correspondant à une clientèle visée, etc. ;
- d'autre part des outils et méthodes *d'évaluation*, c'est-à-dire une échelle de mesure du service atteint pour une prestation et un type de population donnés. Chaque prestation est mesurée par un certain nombre de cotes et par le biais d'objets spécifiques. Des règles et méthodes les compilent en une notation globale de la prestation.

L'ensemble de ces outils d'analyse et d'évaluation constituent une référence pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, qui l'implémentent dans les projets.

Relations Pilotes Prestations Client ergonomie – métier ergonomie

Le schéma courant veut que les Pilotes Prestations Client ergonomie utilisent les outils, cahiers des charges, règles fournies par le métier ergonomie. Ceux-ci sont adaptés aux exigences des projets par les Pilotes Prestations Client. D'une part, les niveaux demandés de prestation varient d'un projet à un autre : par exemple, il n'est pas demandé la même habitabilité dans le projet d'un petit véhicule que celle exigée dans une berline. C'est la notation de la prestation qui est donc ajustée au projet par les Pilotes Prestations Client, en fonction des demandes exprimées par la direction du Produit dans sa *Lettre d'Intention*. D'autre part, ces outils, cahiers des charges, règles sont tournés vers l'analyse et l'évaluation du projet en conception, c'est-à-dire principalement de la maquette numérique. Bien qu'ils ne soient pas toujours directement des objets CAO, il est important de souligner que ce sont surtout des moyens d'investigation du véhicule sous sa forme maquette numérique.

Mais le retour des problèmes de respect d'une prestation, rencontrés en projet, constitue également un sens d'échange d'informations. Le métier ergonomie étant la référence en terme d'ergonomie, les problèmes d'adaptation ou de dérogation aux cahiers des charges, tout comme les problèmes d'analyse de la prestation leur sont soumis, lors des réunions régulières d'échange entre le métier et les Pilotes Prestations Client. Si les dérogations ou adaptations sont le résultat de nécessaires compromis au long de la conception, les problèmes d'analyse peuvent être plus épineux, car ils ne dépendent pas d'une décision mais sont liés à un déficit dans les outils d'analyse. Ils se posent lorsque le projet présente des innovations (technologiques, mais également de forme, etc.) pour lesquelles un cahier des charges ergonomique n'existe pas encore, ou n'est pas assez précis. Dans ce cas, des cahiers des charges dits « de projet » sont élaborés par les Pilotes Prestations Client généralement avec l'aide du métier ergonomie. Ces cahiers des charges « de projet » seront par la suite, lorsque l'urgence du projet sera passée, éventuellement transformés en cahiers des charges ergonomiques, génériques, c'est-à-dire valables pour tous les projets présentant ce même type de contexte.

LE VOCABLE DU MÉTIER ERGONOMIE

Mannequin : modèle représentant un humain dont tous les segments morphologiques caractéristiques sont homogènes (buste, bras, avant-bras, jambes, cuisses, etc.) et correspondent à un percentile donné des segments d'une population déterminée, en position de conducteur ou de passager. Quelques mannequins sont référencés et déclinés en modèles pour la CAO : des modèles filaires (2D) représentant les silhouettes (contours) des mannequins, de face et de profil, et des modèles 3D, principalement par zone du corps (buste, jambes, etc.)

H50% : mannequin H50%. Chacun des segments de ce mannequin correspondent au cinquantième percentile des segments d'une population de conducteurs/utilisateurs de véhicules en Europe, hommes et femmes en parts égales. Des mannequins H95% et F05% existent également, figurant respectivement le quatre-vingt-quinzième percentile d'une population composée uniquement d'hommes et le cinquième percentile d'une population composée uniquement de femmes.

Point Hx : point hanche conducteur. Ce point permet de déterminer le positionnement moyen d'un conducteur H50% dans le véhicule. Il est un des point de référence pour la construction des éléments du véhicule.

Point Har : point hanche passager arrière.

Ligne d'accessibilité : courbe gauche (non plane) fermée, représentant la ligne la plus intérieure du cadre de porte. Cette ligne se construit à partir de la surface de joint, et également sur les habillages rétrécissant l'accès à l'intérieur du véhicule.

Repère (ou référentiel) véhicule : repère de construction du véhicule, dans lequel il apparaît horizontal. L'origine de ce repère est situé sur l'axe des roues avant, au point de symétrie. Le repère est orienté comme suit : axe X suivant la longueur du véhicule, orienté d'avant en arrière du véhicule ; axe Y suivant la largeur du véhicule, sorte d'axe de symétrie du véhicule, orienté du conducteur vers le passager avant ; axe Z suivant la hauteur du véhicule, orienté vers le haut.

Ligne de sol à vide : segment de droite figurant le sol dans le repère véhicule. Le véhicule en projet est construit dans son propre référentiel, où il apparaît horizontal. Or le poids du moteur incline le véhicule vers l'avant, lorsque celui-ci est vide et posé sur un sol horizontal. La ligne de sol à vide est donc inclinée dans le repère véhicule.

Ébénisteries : habillages de forte qualité perçue.

Ainsi, les avancées du métier ergonomie, résultats de recherches, d'essais, etc. alimentent les savoirs et savoir-faire dont les Pilotes Prestations Client ergonomie disposent pour effectuer l'analyse puis l'évaluation de l'ergonomie dans les projets. Ces avancées sont toujours orientées par les projets véhicule, mais peuvent en être relativement éloignées. Elles sont globales et ne répondent pas nécessairement directement à un problème posé dans un projet. Inversement, des avancées dans les projets alimentent les recherches du métier ergonomie par l'intermédiaire des retours des Pilotes Prestations Client ergonomie, dans un contexte beaucoup plus appliqué, contingent, et urgent. Et ces avancées dans les projets participent également à alimenter les savoirs et savoir-faire des Pilotes Prestations Client ergonomie.

Une communauté de pratique autour de l'ergonomie véhicule

Le métier ergonomie et les Pilotes Prestations Client sont de fait particulièrement liés : les problématiques et travaux des uns alimentent les savoirs et savoir-faire des autres et réciproquement. Les réunions d'échange entre le métier et les Pilotes Prestations Client ergonomie sont régulières et in-

tenses, leurs interactions sont fréquentes et ces deux entités sont en réalité mutuellement dépendantes. Elles bâtissent autour de l'ergonomie un espace partagé de connaissances et de sens, ce qui permet de considérer, au moins par certains aspects, ces deux entités comme formant une seule et même « communauté de pratique », au sens présenté par Wenger [Chanal, 2000].

D'après [Wenger *et al.*, 2002] (p 5), les « communautés de pratique » (communities of practice) sont des « groupes de personnes partageant un intérêt, un ensemble de problèmes, une passion sur un sujet, et qui approfondissent leurs connaissances et leur expertise dans ce domaine *en interagissant de façon régulière*². » (italiques ajoutés). La communauté de pratique se distingue par l'importance de la pratique au sein de la communauté, par opposition par exemple à des communautés culturelles (comme un peuple) ou géographiques (comme un voisinage). Cette définition englobe une multitude de situations sans se restreindre au domaine professionnel, mais met l'accent sur les interactions entre les membres, dans le cadre de leur pratique. C'est la pratique qui donne corps et cohérence au groupe d'individus.

Trois ingrédients doivent être en fait réunis pour pouvoir parler de « communauté de pratique » ([Wenger *et al.*, 2002], deuxième chapitre) :

Un domaine : l'identité de la communauté de pratique provient tout de même d'un domaine d'intérêt partagé. Dans ce cas, être membre d'une communauté de pratique découle d'une implication dans ce domaine, voire une compétence partagée qui distingue les membres de la communauté d'autres personnes. Ils accordent de la valeur à leur compétence collective et apprennent les uns des autres. Pour le métier et les Pilotes Prestations Client ergonomie, le domaine est naturellement l'ergonomie, ou plus précisément l'ergonomie automobile dans le cadre de processus de conception.

Une communauté : dans le cadre de la poursuite de leur intérêt dans le domaine, les membres de la communauté s'engagent mutuellement dans des activités partagées et des discussions, s'entraident, partagent des informations. Ils construisent des relations qui leur permettent d'apprendre les uns des autres, et de savoir qui détient quelle connaissance. L'apprentissage mutuel et les interactions régulières caractérisent ce type de communauté. C'est également ce qui ressort particulièrement des relations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et le métier ergonomie.

Une pratique : une communauté de pratique est plus qu'une communauté d'intérêt. C'est une communauté de praticiens, qui dans le cadre de leur pratique, partagent un « répertoire » de ressources communes, matérielles ou immatérielles : expériences, outils, jargons, documents, référentiels, etc. Dans le cas des Pilotes Prestations Client et du métier ergonomie, c'est la pratique de l'ergonomie du véhicule, dans le cadre du développement de projets véhicule qui réunit ces deux entités, et les fait partager un ensemble de ressources. Les cahiers des charges, les préconisations par exemple sont le résultat d'interactions entre le métier et les Pilotes Prestations Client. Mais bien d'autres éléments, moins visibles, constituent des supports partagés de la pratique de l'ergonomie véhicule, comme par exemple une expérience commune de problèmes surmontés, à laquelle les personnes se réfèrent pour caractériser les nouvelles situations rencontrées, etc.

Plus précisément, [Wenger, 1998] définit, de façon très opérationnelle, la « communauté de pratique » selon trois dimensions :

Son objet : une *entreprise conjointe*, c'est-à-dire moins un objectif commun qu'un travail ou une œuvre, des actions et interactions menées collectivement, réclamant les mêmes types de com-

² « Communities of practice are groups of people who share a concern, a set of problems, or a passion about a topic, and who deepen their knowledge and expertise in this area by interacting on a ongoing basis. »

pétences, dans le même domaine. Ces processus collectifs font continuellement et dynamiquement appel à des « renégociations de sens » sur l'objet de l'entreprise conjointe. Dans notre cas, cette entreprise conjointe est la participation à l'établissement et à la défense de règles, d'outils, de méthodes permettant de maîtriser le niveau d'ergonomie des véhicules conçus et produits par l'entreprise.

Son fonctionnement : dans le cadre de cette entreprise conjointe, des relations d'*engagement mutuel* se tissent, à la fois résultat et fondement de cette entreprise commune. Comme le rappelle [Chanal, 2000], cet engagement mutuel se manifeste de nombreuses manières caractéristiques : des relations mutuelles régulières, des manières communes de s'engager dans des processus, l'absence de préambule dans les conversations (comme si les interactions formaient un processus continu dans le temps), un jargon et des raccourcis dans la communication, etc.

Ses ressources : un *répertoire partagé* de ressources communes, qui se crée au cours du temps. Ces ressources, aussi bien matérielles (cahiers des charges ergonomiques ; préconisations ; notes de services ; résultats d'essais ; etc. stockés en divers endroits dont la Base Documentaire Ergonomie³) qu'immatérielles (concepts : H50%, H90%, gardes, etc. ; méthodologies, standards ; etc.) permettent la négociation de sens ou de significations dans la poursuite de ces règles, outils, méthodes permettant de maîtriser le niveau d'ergonomie des véhicules en conception.

Il reste un dernier point à souligner, sur lequel E. Wenger insiste particulièrement pour expliciter le fonctionnement des communautés de pratique, et qui illustre bien le fonctionnement effectif des entités Pilotes Prestations Client ergonomie et métier ergonomie. Il existe en effet une tension entre la participation, c'est-à-dire l'exécution de la pratique, sa réalisation, et ce que [Chanal, 2000] appelle la réification (chosification), c'est-à-dire la création/réalisation d'artefacts (matériels ou immatériels) permettant de construire, de conceptualiser la pratique et qui deviennent des ressources pour celle-ci. Les Pilotes Prestations Client ergonomie particulièrement sont partagés par cette dualité, lorsqu'ils font face aux problèmes d'intégration et de validation de l'ergonomie dans la conception d'un nouveau véhicule : ils appliquent des méthodes issues de la pratique (connaissances, compétences) du groupe, mais leur application accroît leur expérience, leurs compétences, leurs outils, en un mot leur pratique, qu'ils souhaitent alors intégrer à cette pratique commune du groupe. Cette intégration se fait nécessairement dans le cadre de travaux et d'échanges avec le métier ergonomie, garant de la validité et de la qualité des nouveaux acquis à inclure à la pratique. Mais en fait, c'est souvent l'ensemble du processus qui est suivi par le métier ergonomie, en filigrane, par l'intermédiaire des fréquentes réunions et interactions entre le métier et les Pilotes Prestations Client ergonomie.

Évidemment, cette description des relations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et le métier ergonomie, cette présentation des objets ou concepts qu'ils manipulent, la façon dont ils construisent mutuellement leurs compétences, savoir-faire, connaissances est particulièrement orientée. Elle est orientée par le parti de les présenter comme une seule et même communauté de pratique, bien qu'ils soient deux entités distinctes dans l'organigramme de l'entreprise (appartenant même à deux directions différentes jusqu'à très récemment !). Il est sans doute possible de réaliser cette description en adoptant un autre point de vue faisant au contraire mieux ressortir les divergences des deux entités, mais ce cadre de la communauté de pratique est un point de vue pertinent sur les relations Pilotes Prestations Client ergonomie - métier ergonomie, et permet d'expliquer l'absence de conflit sur le partage d'information entre ces deux entités. Les cahiers des charges et autres productions (matérielles ou immatérielles, comme les connaissances et savoir-faire, les compétences, les référentiels, etc.) circulent, les expériences se partagent, l'entraide se diffuse régulièrement et comme « naturellement ».

³voir encadré « LA BASE DOCUMENTAIRE DE L'ERGONOMIE » page 57.

Les relations que les Pilotes Prestations Client ergonomie entretiennent avec les architectes et les autres concepteurs sont très différentes. Leurs interactions sont également très fréquentes, mais du fait de l'organisation adoptée en projet, un Pilote Prestations Client ergonomie est plus ou moins seul face à un ou plusieurs concepteurs. Le cadre de la communauté de pratique ne s'applique plus dans ce cas, le registre est plus de l'ordre de relations « client-fournisseur ». Les particularités de ces relations sont abordées dans le paragraphe suivant.

2.1.2 Relations avec les architectes (concepteurs)

Rôles des architectes

Les architectes appartiennent à la DIAM (Direction de l'Ingénierie Architecture Montage), une direction de la DDIV. Ils se partagent entre architectes produit et architectes process. Les architectes produit ont pour fonction la gestion de la géométrie du véhicule : allocation des volumes des composants et pièces fournis par les concepteurs produit, figeage des interfaces, etc. Les architectes process ont en charge la spécification du processus de montage et des moyens de montages associés. Les architectes process pilotent en effet la mise en place du processus de fabrication dans les usines, puisque produit et moyens de fabrication sont conçus conjointement, dans la logique de la conception produit/process. Les architectes produit comme process sont garants de la « montabilité » des pièces, comme de leur « démontabilité » pour l'après-vente. Leur travail est de rechercher un bon équilibre, à travers de multiples compromis, entre de nombreuses contraintes, et de décliner, pour chaque pièce, les contraintes dimensionnelles jusqu'aux dessins des interfaces. La DIAM intègre toutes les phases de la conception d'un véhicule, de sa création à son industrialisation et sa vie série.

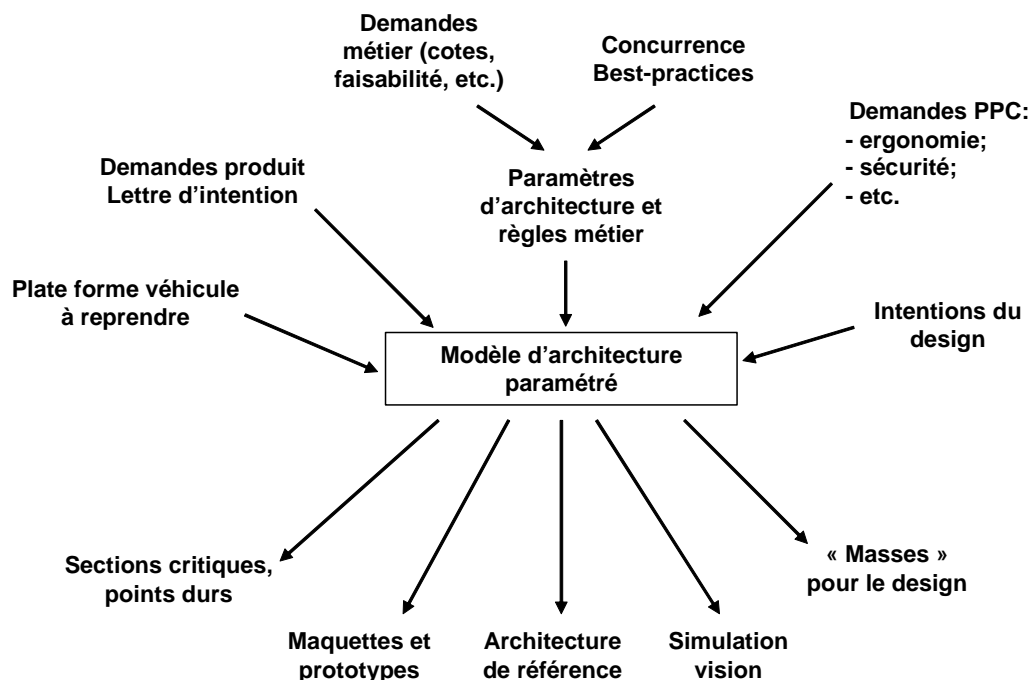


FIG. 2.2 – Le métier d'architecte au centre de la conception d'un nouveau véhicule : quelques entrées et sorties d'un modèle théorique d'architecture paramétré du véhicule (source : discussions avec des architectes)

Cette fonction confère aux architectes un rôle original, au cœur du développement de nouveaux véhicules. Ils jouent en effet le rôle très particulier, tout au long de la conception d'un nouveau véhicule, de point de convergence et de synthèse de quasiment l'ensemble des activités de création et de développement des projets. Les architectes orchestrent les différents métiers de l'Ingénierie Véhicule (IV) (comme le châssis, la carrosserie, les systèmes électriques et électroniques, etc.) en ordonnant l'espace du véhicule et en intégrant toutes les contraintes en terme de composants, de prestations clients, de design, de fabrication, etc. Les architectes sont les pilotes de la convergence – numérique *et* physique – entre prestations client, faisabilités techniques (dont la fabrication) et design. Afin d'assurer un bon déploiement de l'architecture au sein des projets, et pour rendre abordable la complexité d'un véhicule, celui-ci est découpé en quatre zones d'architecture (cf. figure 2.3) :

1. la sous-caisse et le plancher ;
2. la superstructure et les faces avant et arrière ;
3. l'habitacle, le poste de conduite et les sièges ;
4. le compartiment moteur.

Chaque zone se voit octroyer un volume précis à chaque projet, et l'architecte analyse et cherche avec les métiers concernés des solutions cohérentes avec ce volume. Ces quatre zones sont généralement subdivisées en sous-zones, dont un architecte précis peut se voir attribuer la responsabilité directe. Dans le cadre de l'intégration et de la défense de la prestation ergonomie, les zones suivies par les Pilotes Prestations Client ergonomie concernent uniquement la zone habitacle, poste de conduite et sièges, et la zone superstructure et faces avant et arrière (notamment pour les mesures de l'accessibilité au véhicule et des visions).

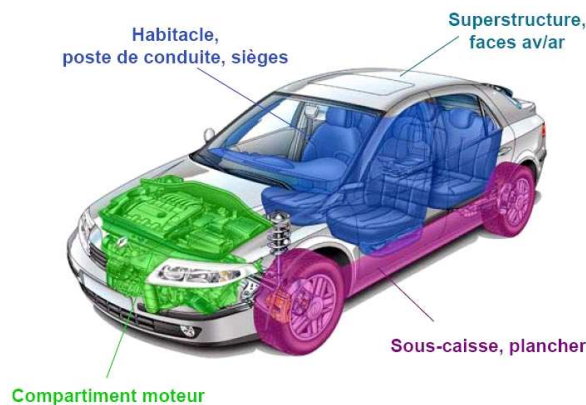


FIG. 2.3 – les quatre zones d'architecture, d'après [Renault, 2006]

Relations Pilotes Prestations Client ergonomie – architectes

L'évaluation et la validation de l'ergonomie physique dans un véhicule est principalement liée à des critères géométriques, et les interlocuteurs naturels des Pilotes Prestations Client ergonomie dans ce domaine sont les architectes. D'un point de vue organisationnel, généralement un Pilote Prestations Client ergonomie est affecté à un projet véhicule, éventuellement deux Pilotes Prestations Client ergonomie peuvent être affectés à un même projet de grande envergure où le nombre de caisses (déclinaisons des carrosseries et quelques autres éléments) est important⁴. Mais même dans ce cas, chaque Pilote

⁴Par exemple le programme Mégane qui compte actuellement sept caisses.

Prestations Client est « seul » (excepté dans les situations « de crise ») dans ses relations directes avec l'architecte responsable d'une sous-zone et son équipe de conception.

Les interactions des Pilotes Prestations Client ergonomie avec les architectes s'effectuent dans au moins trois types de contextes au cours du projet :

- de façon très formelle en début de projet, lorsque les Pilote Prestations Client de tout domaine remettent aux concepteurs leurs *cahiers des charges prestations fonctionnelles*, qui traduisent les attentes de la Direction du Produit en spécifications mesurables ;
- de façon assez formelle également lors des revues de projet, à chaque grand jalon et notamment lors des DMDR⁵ où le niveau atteint par la prestation ergonomie dans la maquette numérique est évalué et comparé aux attendus des *cahiers des charges prestations fonctionnelles* ;
- enfin, de façon plus ou moins formelle lors des réunions d'architecture ou lors de réunions libres.

Les deux premiers contextes présentés ci-dessus sont relativement bien réglés par des processus établis. Mais le véritable travail de représentation et de défense du point de vue du client se fait entre les grands jalons projet. Si c'est effectivement lors des jalons projet que les Pilotes Prestations Client analysent et évaluent le niveau atteint, et émettent officiellement des recommandations ou des alertes, c'est de fait *entre* ces jalons que se construisent réellement les chemins vers les compromis, par interaction avec les autres acteurs impliqués et par argumentations successives.

Chaque Pilote Prestations Client assiste à la plupart des réunions d'architecture, qui sont des réunions de conception animées par l'architecte responsable d'une zone, et dans lesquelles les problèmes de conception sont débattus par tous les métiers concernés (concepteurs, autres Pilote Prestations Client, etc.) Bien que les Pilotes Prestations Client ergonomie participent à la plupart de ces « réunions marathon » et y fassent entendre leur voix, sollicitent les participants, ils n'obtiennent pas toujours satisfaction quant à leurs demandes et besoins. Ceci pour deux raisons majeures : les exigences ergonomiques sont parfois passées au second plan lorsque d'importants problèmes de convergence se posent et que l'attention se focalise sur un autre domaine ; ou bien quelquefois les choix techniques ont des implications sur l'ergonomie que le Pilote Prestations Client ne détecte pas sur le moment, faute d'analyse suffisamment poussée lors de ces séances menées tambour battant, et qui ne seront découvertes que lors de phases ultérieures d'évaluation de la conception. Ces réunions sont plus des exposés de problèmes et de solutions, avec des phases argumentatives pour trouver rapidement un angle d'attaque des problèmes, que de véritables réunions de travail entre les acteurs.

On peut noter ici une caractéristique générale du rôle des métiers en conception, qui n'est pas forcément de fournir des outils d'analyse rapide (voire sommaire !) permettant d'évaluer une solution en cours de réunion. C'est un problème général posé par l'ingénierie concourante : les temporalités des métiers ne sont pas toujours en adéquation avec le temps projet [Moisdon et Weil, 1996]. Ce dilemme métiers/projet n'est pas nouveau mais devient de plus en plus criant.

C'est pourquoi les Pilotes Prestations Client ergonomie rencontrent également régulièrement les architectes dans des réunions de travail très informelles, dans lesquelles ils peuvent recueillir les informations nécessaires à l'évaluation de la prestation ergonomie entre les jalons, afin que le verdict ergonomique du véhicule en projet ne soit pas « découvert » lors du jalon officiel suivant, et que les dérives puissent être corrigées à temps. Cependant ce recueil d'information nécessaire à l'évaluation de la prestation ergonomie pose certains problèmes, notamment de continuité (nombreuses ressaisies d'informations) voire plus précisément d'extraction des informations au long du projet (principalement de la maquette numérique). Ces problèmes sont typiques de l'intégration du point de vue du client dans la conception, comme cela a été vu dans le premier chapitre. L'intégration du point de vue du client dans la conception est une action transversale et de synthèse : les données nécessaires sont

⁵DMDR : Revue numérique de projet, voir paragraphe 1.2.1 page 15.

dispersées, parfois spécifiques, en dehors des données techniques fréquemment échangées et donc parfois peu accessibles.

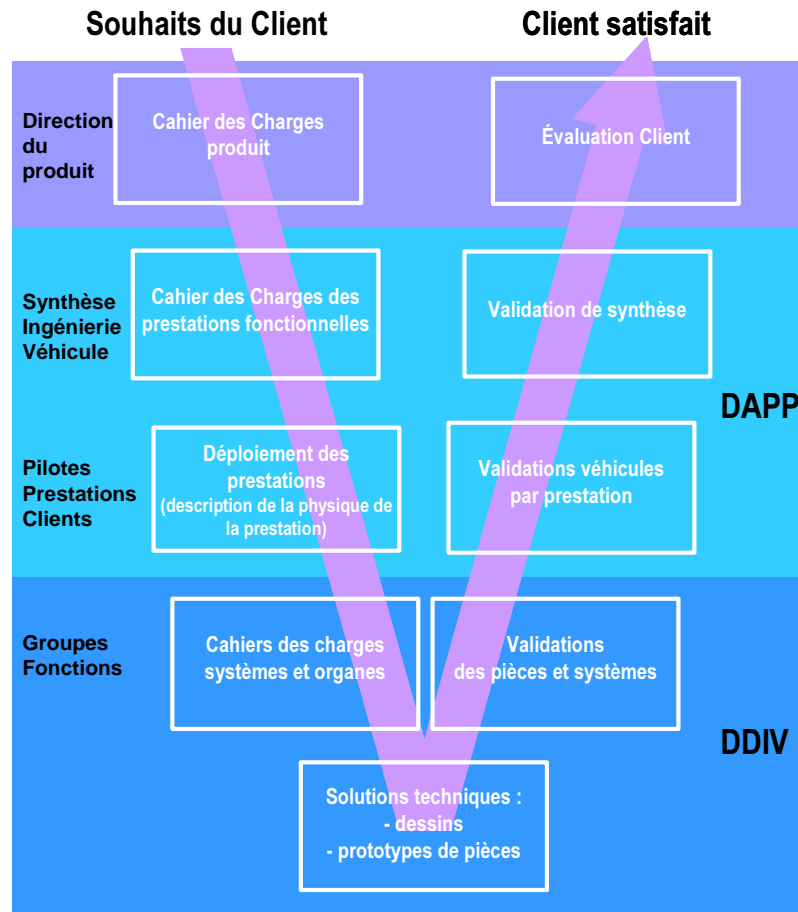


FIG. 2.4 – Le pilotage de la conception par les prestations, d'après [Renault, 2006]

2.1.3 Les Pilotes Prestations Client : des acteurs d'interface

Un acteur d'interface...

Le Pilote Prestations Client ergonomie, comme tout Pilote Prestations Client d'ailleurs, apparaît comme une officialisation de la part de Renault d'un type bien particulier d'acteur de la conception : l'acteur d'interface [Legardeur, 2001], [Boujut et Laureillard, 2002]. Le Pilote Prestations Client est visiblement un acteur charnière, intermédiaire entre plusieurs directions et plusieurs logiques. Dans le système de conception Renault, il est notamment l'acteur charnière entre les demandes, issues d'études marketing, de la Direction du Produit pour chaque nouveau véhicule et les réalisations techniques, concrètes, de la Direction du Développement de l'Ingénierie Véhicule, comme le présente la figure 2.4. Plus spécifiquement, un Pilote Prestations Client est aussi un intermédiaire entre des concepteurs en projet et un métier (ou une agrégation de métiers) référent. Comme par exemple les Pilotes Prestations Client ergonomie sont les intermédiaires entre le métier ergonomie et les architectes, dans le contexte de la défense du point de vue de l'ergonomie auprès des acteurs, des processus et des logiques du projet.

Mais un acteur d'interface est plus qu'un intermédiaire entre deux entités. Tour à tour négociateur, ambassadeur, médiateur, représentant, il est le dépositaire de connaissances et de compétences spécifiques, plus attachées à la position transversale de l'acteur qu'à ses compétences techniques : des compétences d'interface en quelque sorte [Boujut et Laureillard, 2002].

Une des caractéristiques inhérente à l'acteur d'interface est qu'il n'a pas d'autorité supérieure dans les débats, car il est du même niveau hiérarchique que les autres protagonistes [Legardeur, 2001], ce qui explique ses rôles de négociateur et de médiateur. Il est médiateur lorsqu'il aide à remettre des débats techniques pointus dans la perspective globale du développement d'un véhicule, selon un point de vue particulier qu'il représente, comme les Pilotes Prestations Client représentent le point de vue du client dans la conception. Il est négociateur parce qu'il ne peut pas imposer la coopération : il peut juste créer les conditions favorables à celle-ci, aider à rechercher des compromis difficiles, par exemple. Son rôle lui confère en effet de prendre de la hauteur par rapport aux blocages qui peuvent survenir entre les parties prenantes. L'acteur d'interface est porteur – ambassadeur – d'une certaine image de la conception [Moisdon et Weil, 1992], comme les Pilotes Prestations Client ergonomie sont porteurs de l'image « ergonomique » du véhicule. Comme on peut le remarquer dans cette description, l'acteur d'interface n'est pas nécessairement reconnu dans l'organisation en tant que tel : il peut très bien s'agir de personnes d'un domaine particulier, prenant à un moment particulier une position transversale face à un problème. Mais la politique organisationnelle de Renault a officialisé le rôle de certains de ces acteurs : les Pilotes Prestations Client.

Enfin, l'acteur d'interface est un acteur interne au collectif de la conception qui participe à la construction d'un « référentiel opératif commun » [de Terssac et Chabaud, 1990]. C'est-à-dire un espace dans lequel les partenaires de la conception peuvent élaborer conjointement des solutions ou des compromis, afin de résoudre les problèmes qui se posent à l'interface de plusieurs disciplines ou de plusieurs aires de conception. Cet espace se construit par interactions successives permettant d'ajuster les représentations, de partager un certain contexte, dans le cadre d'une co-conception [Béguin et Darses, 1998]. Ces processus font partie de ce que F. Darses [Darses, 1997], [Darses, 2004] appelle la « synchronisation cognitive », mécanisme de création de ce « référentiel opératif commun ». Bien que ce mécanisme soit à l'initiative et à la charge de tous les acteurs impliqués, les Pilotes Prestations Client jouent un rôle essentiel de questionnement et d'animation autour des perspectives globales qu'ils défendent. La synchronisation intervient sur deux points : les objets et les actions entreprises sur ces objets [Darses *et al.*, 2001]. Les Pilotes Prestations Client ergonomie ne peuvent intervenir directement que sur les objets qu'ils évaluent (un cadre de porte, des habillages, etc. qui constituent les facteurs déterminant l'accessibilité au véhicule), mais de ce fait, stimulent la formulation par les concepteurs des critères de conception, et des processus qui ont menés à cette solution. Ce qui permet une revue critique constructive et enrichissante de la conception.

... pour intégrer le point de vue du client dans la conception

La création du rôle de Pilote Prestations Client est une des réponses de Renault à la difficulté d'intégration des points de vue du client dans la conception. C'est une réponse originale au problème de continuité de l'intégration de ces points de vue (qui portent sur de nombreux domaines, amenant souvent à des contradictions) qui se posent. Les Pilotes Prestations Client apportent, tout au long de la conception d'un projet véhicule – leur intervention couvrant en effet toutes les phases de développement, jusqu'à la phase d'industrialisation, voire durant celle-ci lorsque des mises au point sont nécessaires – un suivi et une cohérence, chacun autour d'un point de vue. Ils filtrent ainsi la complexité (la richesse) de l'imbrication de l'ensemble des attentes de l'ensemble des clients, par l'intermédiaire d'une modélisation de ces attentes sous forme de prestations et de valeurs cibles. Ils permettent ainsi de maîtriser cette complexité en nivelant certains aspects de la satisfaction des clients

(Ils sont plus exigeants qu'un client pris au hasard, mais moins que l'ensemble de tous les clients !). Et leur présence favorise des processus de conception argumentatifs.

Tout au long de la conception, le client est présent de façon indirecte mais forte : les Pilotes Prestations Client sont fortement impliqués dans la défense de leurs points de vue. Cette présence indirecte évite les pièges de la participation directe des clients : surestimation de certains avis, négligence des points de vue non ou mal exprimés. Chaque Pilote Prestations Client est une synthèse d'un ensemble de considérations et d'attentes, sur un ensemble de prestations. Par exemple, le Pilote Prestations Client ergonomie représente tout le segment de clientèle visé par un projet, c'est-à-dire un ensemble de personnes de différents gabarits, pour l'ensemble desquels ils recherchent le meilleur compromis. Rompu à l'exercice, il passe en revue chaque aspect ergonomique du véhicule pour différents points de vue, alors qu'un client ordinaire n'envisagerait que le sien.

Les Pilotes Prestations Client, appuyés des métiers référents, couvrent l'ensemble des trois étapes permettant l'intégration du point de vue du client dans la conception. Les métiers ont le rôle de capture et de traduction des attentes des clients. Les Pilotes Prestations Client adaptent cette traduction aux spécificités des projets et accompagnent son intégration tout au long des développements, dans le cadre de processus argumentatifs. Les Pilotes Prestations Client sont clairement mis dans la position des clients, qui portent un regard transversal et global sur le véhicule.

Cependant, ce tableau idéal ne doit pas masquer toutes les difficultés d'intégration du point de vue du client, qui parsèment le processus de conception. Une des premières difficultés provient sans doute de la relative jeunesse de l'activité de Pilote Prestations Client : cet acteur a été créé par l'entreprise en 1999, suite à une vaste réorganisation du système de conception de Renault. L'architecture et l'ergonomie sont, en comparaison, des métiers beaucoup plus établis, dans leurs structures, leurs limites de responsabilité, leurs organisations, leurs connaissances et compétences. D'autre part, le processus s'effectue principalement « au numérique », impliquant des évaluations, des constats également « au numérique ». Les Pilotes Prestations Client ergonomie ne sont que très peu versés dans les technologies numériques de la conception : CAO, PDM, maquette numérique. Quant bien même ils le seraient, le nombre gigantesque de données, de références, d'objets qui composent la maquette numérique, sous de multiples versions et rangés en divers lieux (pas toujours dans le PDM), rend la tâche d'extraction et d'analyse de la prestation ergonomie impossible sans l'intervention des acteurs responsables de cette maquette numérique : les architectes, qui fournissent une fraction cohérente et à jour de la maquette numérique, sur laquelle les méthodes d'analyse et d'évaluation peuvent s'appliquer. La suite de ce chapitre présente les problèmes d'échange et de partage d'information qui existent entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes.

2.2 L'analyse du problème de partage d'information

Dans ce paragraphe, nous décrivons plus précisément les points faibles de l'organisation des échanges d'informations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, en particulier au point le plus sensible : l'extraction, par les architectes des informations de la maquette numérique à l'usage des Pilotes Prestations Client ergonomie, mais sans oublier la diffusion des cahiers des charges vers les architectes.

En effet, si les objectifs sont globalement bien distribués entre ces deux catégories d'acteurs, les moyens et les méthodes constituant le système de partage et de capitalisation d'information présentent des lacunes. Ils ne sont pas intégrés à un système d'information particulièrement établi et structuré, du fait en particulier de la jeunesse de l'activité de Pilote Prestations Client. Chaque Pilote Prestations Client ergonomie gère lui-même ses relations avec les architectes du projet dont la responsabilité lui a été attribuée. Il est donc apparu nécessaire en premier lieu de structurer les échanges d'informations.

2.2.1 Les échanges d'informations en projet

Les besoins d'information des Pilotes Prestations Client ergonomie

Peu avant les grands jalons du projet, les Pilotes Prestations Client ergonomie – comme tous les Pilotes Prestations Client – collectent, rassemblent et synthétisent des informations sur le projet, qui leur permettront d'émettre un avis sur le niveau atteint par les prestations qu'ils défendent, par rapport aux attentes exprimées dans les *cahiers des charges des prestations fonctionnelles*. Le recueil complet d'informations à peu près stables et représentatives de l'état du projet ne peut se faire que lorsque ce dernier se fige, au moins provisoirement et partiellement, c'est-à-dire au moment des jalons. Les processus de conception marquent alors un temps d'arrêt et les définitions des objets se fixent, pour que l'ensemble des acteurs de la conception puissent faire un état des lieux de l'avancement du projet, puis distribuent et/ou réorientent les actions à mener pour atteindre la cible.

Entre ces grands jalons officiels, lors des réunions moins formelles, les Pilotes Prestations Client ergonomie peuvent aussi être amenés à collecter et synthétiser des informations pour évaluer un point précis : par exemple, une prestation qui posait problème lors du précédent jalon, pour laquelle un réaménagement de la zone a été proposé, ou bien une prestation qui n'a pas été envisagée faute de temps.

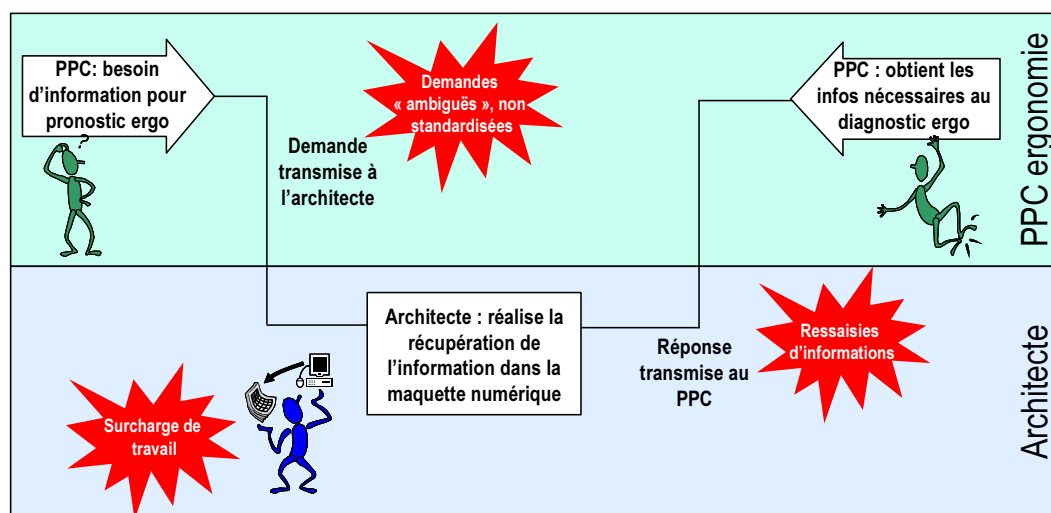


FIG. 2.5 – Les besoins d'informations du Pilote Prestations Client ergonomie transmises à l'architecte

Pour effectuer l'évaluation ergonomique du véhicule en projet (c'est-à-dire, concrètement, l'évaluation ergonomique d'éléments de la maquette numérique), les Pilotes Prestations Client ergonomie utilisent les outils et méthodes fournis par le métier ergonomie, qui permettent principalement de transformer des cotes en plusieurs notes synthétiques. Le bilan du niveau ergonomique atteint par le projet se fait principalement sur des données (cotes). Les notes apprécient de façon globale le niveau atteint par une prestation ergonomique particulière. La matière première d'analyse, pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, est donc un ensemble de mesures de cotes issues de la maquette numérique.

Les cotes étant des abstractions particulièrement dépouillées de la maquette numérique, leur analyse nécessite généralement d'être complétées par des « vues » de la maquette numérique : des plans contenant des coupes ou des projections de la zone étudiée, voire des constructions en 3D, qui permettent d'approcher de façon moins succincte la configuration ergonomique de la zone.

Cependant, l'extraction de cotes et de vues de la maquette numérique requiert un travail conséquent, nécessitant à la fois des compétences notables en ergonomie, dans la façon de prendre les cotes, et des compétences dans l'utilisation des outils numériques, sans compter une bonne connaissance de la maquette numérique.

L'organisation actuelle de l'entreprise fait que les Pilotes Prestations Client ergonomie sont demandeurs de ces informations auprès des architectes, qui doivent ainsi réaliser tout un travail d'analyse de la maquette numérique à chaque jalon projet (voir figure 2.5) pour fournir ces données. C'est donc l'architecte qui fournit aux Pilotes Prestations Client les éléments dont ils ont besoin. Or lorsque ces demandes interviennent lors de la préparation des jalons – au moment où des informations « fiables » et relativement pérennes sont disponibles ! – elles représentent une surcharge de travail difficile à gérer pour les architectes, particulièrement à ces moments du projet.

Les besoins d'information des concepteurs

Les communications d'information ne se font pas dans un sens unique, des architectes vers les Pilotes Prestations Client ergonomie. Le sens inverse de circulation est également de mise, mais ne porte pas sur les mêmes éléments et ne pose pas exactement les mêmes difficultés. Ce sens de circulation intervient dans deux types de contexte, qui ont déjà été évoqués dans ce chapitre.

D'un côté, en début de projet, les Pilotes Prestations Client ergonomie diffusent, à tous les architectes et autres concepteurs concernés, leurs *cahiers des charges des prestations fonctionnelles*, pratiquement sous la forme d'une liste de références. Le document lui-même est diffusé sur demande de l'architecte auprès d'un Pilote Prestations Client ergonomie.

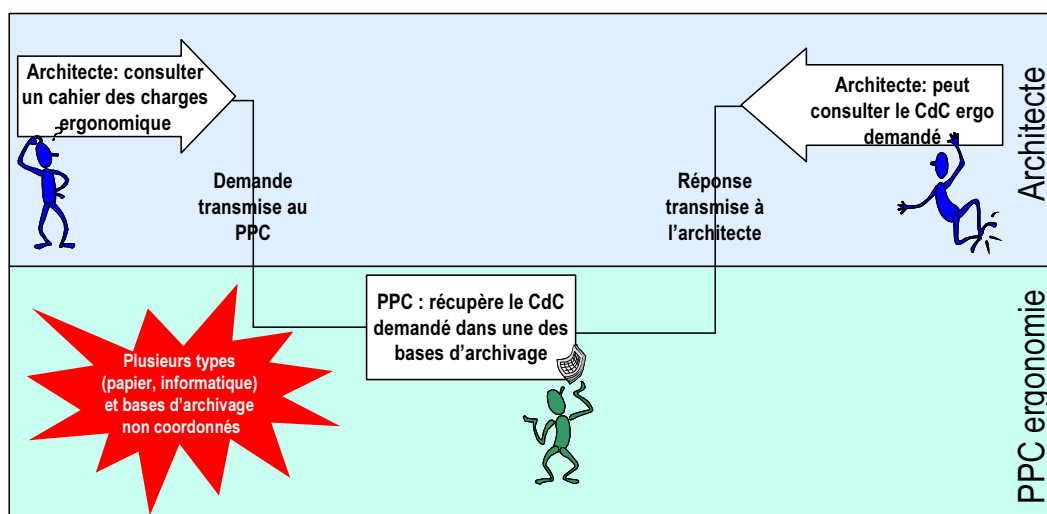


FIG. 2.6 – Les besoins d'information des concepteurs : difficultés dans le partage des cahiers des charges

Ces informations ont le côté formel et solennel de leur support : ce sont, dans le cas de l'ergonomie, principalement des cahiers des charges rédigés par le métier ergonomie (concernant la construction ou l'analyse de certaines zones du véhicule, du point de vue des prestations ergonomiques offertes) et accompagnés de listes de cotes devant respecter des minima, des maxima ou bien un intervalle de variation. Des gabarits doivent également être respectés, ainsi que des modes de construction « ergonomique » pour quelques aires particulières du véhicule (atteinte des commandes, confort postural). Ce sont des éléments très importants, qui traduisent les demandes de la Direction

du Produit (du type « l'habitabilité souhaitée aux places avant doit être au moins équivalente à celle de la voiture X ») en des spécifications utilisables et mesurables par les concepteurs. Ces éléments constituent surtout la référence, qui servira de base de discussion au cours de la conception, des attendus en matière d'ergonomie. Ce n'est pas une base immuable, sur laquelle aucun compromis n'est envisageable. Mais les dérogations feront l'objet d'après négociations entre les acteurs concernés, ce qui favorise l'exploration maîtrisée de différentes solutions techniques, par une sorte de mise en concurrence des acteurs projet, notamment les Pilotes Prestations Client, défendant chacun un point de vue particulier.

D'autre part, à chaque jalon projet, les Pilotes Prestations Client diffusent leurs conclusions sur le niveau atteint par le projet, sur les prestations qu'ils défendent. Ils alertent sur les points non respectés des cahiers des charges ou sur les dérives, chaque concepteur concerné. A partir de ces données, lorsque des éléments des cahiers des charges ne sont pas respectés, des procédures de résolution des problèmes de conception sont lancées, qui aboutiront soit à un compromis entamant d'autres contraintes pour parvenir à respecter les préconisations de l'ergonomie, soit à une dérogation au cahier des charges si la configuration obtenue s'avère être en fait le meilleur compromis possible, étant donné l'ensemble des contraintes (qualité, coûts, délais, autres prestations, faisabilité technique, etc.) Des difficultés de partage d'information n'ont pas été particulièrement relevées dans ce type d'échanges, c'est vraiment l'extraction de données de la maquette numérique, sur lesquelles les Pilotes Prestations Client ergonomie basent leur évaluation, qui pose le vrai problème.

2.2.2 Le partage des cahiers des charges ergonomiques

Dans le cas précis du partage des cahiers des charges ergonomiques (voir figure 2.6), les difficultés du partage d'information tiennent à la forme des documents partagés : un ensemble de documents de divers formats (format papier pour les cahiers des charges les plus anciens, documents informatiques, voire éléments CAO, etc.) dispersés dans différents supports d'archivages non coordonnés. Les architectes éprouvent des difficultés à consulter ces documents au cours du projet, la solution de diffusion à la demande ne répondant pas aux besoins des concepteurs de « vérifier au coup par coup » (mais immédiatement) un point dans un cahier des charges, de s'y référer plus ou moins fréquemment suivant leur expérience. . . à moins d'encombrer son bureau de l'ensemble des documents de la liste, au risque de ne pas avoir la toute dernière version !

Pour répondre à ce problème particulier de partage de documents, une base informatisée de gestion documentaire a été mise en place au sein du « périmètre ergonomie⁶ » et partagée avec les concepteurs qui le requéraient. Cette réalisation a été menée en annexe des travaux de thèse (voir encadré « La Base Documentaire de l'Ergonomie » page suivante).

2.2.3 « L'ambiguïté » des demandes d'information des Pilotes Prestations Client ergonomie

L'un des objectifs principaux de l'activité du Pilote Prestations Client ergonomie est de réaliser un diagnostic de l'ensemble des prestations ergonomiques du véhicule en projet, c'est-à-dire du véhicule sous forme de maquette numérique. Pour ce faire, il s'adresse aux architectes et sollicite des informations, en présentant sa demande sous une forme qui dépend du Pilote Prestations Client ergonomie. Ces demandes concernent principalement des cotations ergonomiques, mais également des vues (sections, coupes) intégrant éventuellement des éléments typiquement ergonomiques (abaques, gardes, etc.) et classées par prestation.

⁶Comme cela a été signalé dans la note de la page 42, le métier ergonomie (physique et cognitive) est réparti sur deux directions distinctes, c'est pourquoi le terme « périmètre ergonomie » est employé ici.

LA BASE DOCUMENTAIRE DE L'ERGONOMIE (BDE)

Un projet annexe aux recherches et travaux menés durant la thèse a été la réalisation de la *Base Documentaire Ergonomie*. L'objectif de cet outil était de répondre au besoin, exprimé par les concepteurs et notamment les architectes, de disposer aisément des cahiers des charges et autres documents de référence de l'ergonomie nécessaires à la conception, dans leur dernière version. Il fallait donc trouver un support à ce besoin d'une base informatisée de partage documentaire.

Après quelques recherches sur les solutions possibles, le choix s'est tourné vers un outil interne de l'entreprise permettant de mettre à disposition des documents sur un serveur particulier, accessible par un portail personnalisable, depuis l'Intranet de l'entreprise. Cette solution avait par ailleurs déjà été retenue par le métier ergonomie physique, pour partager (en interne au groupe) leurs documents. Une refonte de tous les systèmes de stockage des cahiers des charges a été opérée vers cet outil interne et notamment, les anciens cahiers des charges conservés sous forme d'archives papier ont tous été numérisés. La version utilisée pour le partage des documents de référence de l'Ergonomie a été baptisée « Base Documentaire Ergonomie » ou plus simplement BDE.

Le principe de fonctionnement de l'outil est simple : un document (ou plusieurs) est lié à une fiche, dont on renseigne un nombre (personnalisable) d'items (personnalisables) dans plusieurs catégories (personnalisables). Ces items sont des mots-clés permettant de classer le document initial, selon plusieurs arborescences de catégories. L'outil permet également de gérer des droits d'accès nominatifs, ce qui assure une bonne gestion de la confidentialité. L'accès aisé par un portail de l'Intranet, un moteur de recherche relativement maniable, les diverses fonctionnalités de l'outil répondent globalement bien à la demande des architectes de pouvoir consulter à la demande et rapidement les cahiers des charges, et autres documents utiles à la conception, de l'ergonomie.

La plus grande difficulté rencontrée dans la mise en place de la base documentaire a été la définition des catégories de classement, ou plus précisément, des items figurant dans chaque catégorie (ces items étant à choisir dans une liste pré-établie par catégorie, personnalisable par l'administrateur de la base mais pas par un utilisateur quelconque). Cependant, l'idée de donner une porte d'entrée adaptée à chaque catégorie d'utilisateurs, ergonomes comme architectes, a été retenue et a été un gage de succès de la base. Deux des catégories de classement sont en effet la catégorie « zone métier » (dont les items sont, entre autres, les zones ou sous-zones d'architecture) et la catégorie « prestation ergonomique ».

Ces demandes peuvent, pour certaines, être considérées comme ambiguës par les architectes. En effet, la plupart des demandes réclament la mesure d'éléments dont la définition provient de documents et de préconisations généraux issus du métier ergonomie, lesquels ne sont pas structurés pour prendre en compte les spécificités de chaque projet, ni les méthodes et objets de travail des architectes. Par exemple, si une mesure de hauteur (mesure horizontale) est demandée entre deux éléments généralement horizontaux, mais qui ne le sont plus dans le cas spécifique d'un projet, quelle hauteur faut-il considérer ? La plus courte distance ? La plus longue ? une moyenne ? (Voir figure 2.7) La réponse à cette question dépendra de la nature de la prestation et seul un ergonome pourra le préciser. Cet exemple est bien évidemment volontairement simple, mais illustre bien l'impression d'ambiguïté dans laquelle les architectes se sentent plongés lorsqu'ils explorent la maquette numérique pour fournir les données réclamées par le Pilote Prestations Client ergonomie. Il y a donc nécessité d'une interprétation (Sur l'ambiguïté des mesures ergonomiques voir également encadré page 78)

De plus, les demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie ont parfois la forme de documents parfois trop synthétiques (faisant appel à des connaissances du métier ergonomie que ne maîtrisent pas nécessairement les architectes), parfois trop longs et détaillés, (Ne précisant pas une procédure directement opérationnelle par les architectes), voire les deux ! Les architectes ne maîtrisent vraiment que les cotes ergonomiques dimensionnantes pour leur activité. Dans ce cas, ils ont la connaissance métier nécessaire pour leur mesure, puisqu'elles sont en fait des paramètres de conception.

D'autre part, ces demandes d'informations, lorsqu'elles sont trop vagues ou trop synthétiques, et dans tous les cas pas suffisamment systématiques pour qu'une expérience se crée, demandent un effort particulier aux architectes afin de s'approprier la demande et de la convertir en une démarche, voire une procédure opérationnelle permettant d'y répondre. Alors même que la réponse à cette demande ne fait pas partie des objectifs directs des architectes.

Enfin, il reste un réel décalage entre le suivi fait par le Pilote Prestations Client ergonomie, qui travaille sur un grand nombre de paramètres ergonomiques sur l'ensemble du véhicule en les groupant par prestations, et les architectes qui pilotent un vaste ensemble de données géométriques et de modèles numériques sur une zone géographique donnée du véhicule.

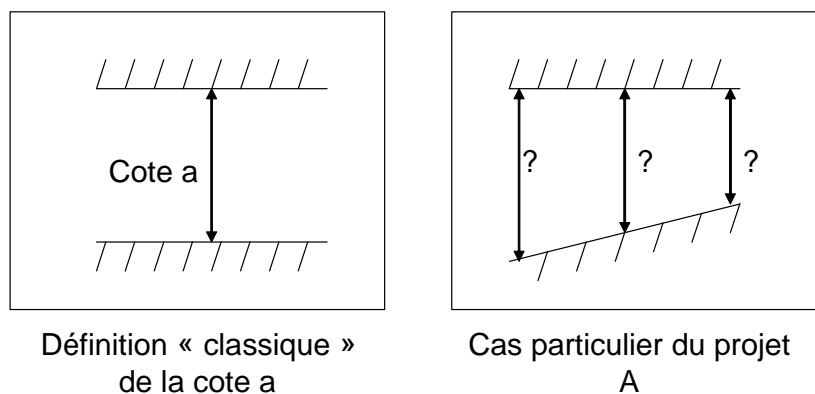


FIG. 2.7 – Définitions générales des cotes et cas particuliers des projets

2.2.4 L'éparpillement des données et les ressaisies d'informations

Une des raisons pour lesquelles les Pilotes Prestations Client ergonomie ont nécessairement recours aux architectes pour recueillir les données dont ils ont besoin est l'important éparpillement des données dans les périodes entre les jalons. Les données numériques, qui fondent la maquette numérique, sont réparties sur de nombreux acteurs, internes comme sous-traitants ou fournisseurs. seuls les architectes, points de convergence des éléments de la maquette numérique, sont capables d'avoir une vision à peu près globale, sur leur zone de responsabilité, de la « localisation » des données, dans leur version à jour. Ce sont donc eux qui fournissent aux différents métiers et Pilotes Prestations Client les éléments dont ils ont besoin, souvent par l'intermédiaire du PDM. Cependant, pour le cas de certaines prestations comme l'ergonomie, les architectes vont plus loin et réalisent également l'extraction des données.

Mais ce processus est réalisé en dehors d'un système d'information informatisé : les données extraites par les architectes sont transférées aux Pilotes Prestations Client ergonomie sous une forme qui dépend à la fois de l'architecte et du Pilote Prestations Client ergonomie : par courriel, sous la forme d'un rapport, par téléphone, de personne à personne, sous forme de plans cotés ou de listes de cotes, etc. Le caractère hétéroclite de la transmission implique de nombreuses ressaisies d'informations,

avec toutes les erreurs qu'elles peuvent entraîner, et sans un archivage autre que celui qu'effectuera le Pilote Prestations Client ergonomie, à sa façon. D'autant plus que si les architectes parlent naturellement le langage numérique, et que l'analyse de la maquette numérique ne leur pose que le problème du « quoi faire » (faut-il faire une coupe, une section, une projection de la zone pour prendre la cote ?) mais pas celui du « comment faire » (chaque architecte sait réaliser, soit une coupe, soit une projection, soit une section en CAO), les éléments transmis aux Pilotes Prestations Client ergonomie ne peuvent qu'être des éléments « 2D » ou des données. L'archivage par les Pilotes Prestations Client ergonomie est ainsi nécessairement déconnecté de la maquette numérique. Entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes existe un problème de traduction et d'interprétation 2D/3D.

2.2.5 La grille d'analyse « prestation/zone d'architecture »

Afin de rapprocher les points de vue des architectes et des Pilotes Prestations Client ergonomie sur l'analyse et l'évaluation de la maquette numérique *d'un point de vue ergonomique*, il est nécessaire de donner à chacun de ces deux métiers une porte d'entrée, ou, mieux, une vue adaptée sur la question de l'ergonomie du véhicule.

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, même dans le cas de l'ergonomie physique qui a pour objet le confort statique et dynamique, et dont l'analyse relève de cadres spatiaux et donc géométriques tout comme le métier de l'architecte, la convergence des points de vue n'est pas chose aisée. En effet, si l'ergonomie définit des cotes et des volumes pour analyser la prestation ergonomique, l'architecture construit des éléments volumiques ou surfaciques, que l'on peut ici résumer à des volumes, afin de répondre en premier lieu à l'intégration d'une multitude de contraintes d'ordre technique, technologique, esthétique ou de fabrication. Leur premier rôle est de faire en sorte que toutes les pièces « s'assemblent sans collision et avec le jeu nécessaire ». Alors que l'ergonome (Et donc le Pilote Prestations Client ergonomie, représentant l'ergonome dans le contexte des projets) travaille sur les volumes vides laissés à la disposition de l'utilisateur final et sur la disposition de certains éléments par rapport à un utilisateur, l'architecte travaille à assembler harmonieusement *entre-elles* les milliers de pièces qui constituent un véhicule.

Pour l'ergonome, les espaces vides sont traités par rapport au client, et donc subdivisés par rapport à des notions de « prestation » : accessibilité, habitabilité, visibilité, atteinte des commandes, confort postural du siège, du pédalier et du repose pied, etc. Ce qui est modélisé en CAO, ce sont les pièces, non les espaces vides. Il n'existe pas d'objet CAO spécifique à l'habitabilité, par exemple.

Pour l'architecte, même si la cible globale reste la satisfaction du client et que les concepteurs, par leur expérience, ont appris à ne pas reproduire certaines erreurs et intègrent plus ou moins implicitement de nombreuses contraintes, leur objectif premier, « opérationnel » est de construire un véhicule *réalisable* dans les contraintes de coût, délais, qualité, demandés. C'est-à-dire un véhicule *montable* (et démontable !) dans le cadre d'un processus de fabrication réalisable : les objectifs de la conception produit-process. Dans ce cadre, les espaces de travail des architectes sont subdivisés en zones d'architecture, qui ont déjà été mentionnées dans ce chapitre : sous-caisse et plancher ; compartiment moteur ; intérieur, sièges, poste de conduite ; superstructure et faces avant/arrière. Ces zones sont elles-mêmes être subdivisées en sous-zones. Ce découpage permet d'assurer la cohérence à l'intérieur des zones et de bien identifier les interfaces afin de limiter les problèmes d'ajustement entre ces zones.

Une grille d'analyse de l'ergonomie du véhicule doit donc nécessairement prendre en compte ces deux cadres conceptuels de travail : prestations, pour les Pilote Prestations Client ergonomie, et zones d'architecture, pour les architectes. Ces deux cadres sont les portes d'entrée de chacun des acteurs sur la prise en compte de l'ergonomie dans les projets véhicules.

2.2.6 La distinction analyse/évaluation

Le métier ergonomie et les Pilotes Prestations Client ergonomie ont développé de nombreux outils de diagnostic de la prestation ergonomique en projet, à partir des éléments qui sont leur base de travail : les cotes ergonomiques principalement, mais également des abaques, des gardes, des mannequins positionnés.

La partie d'évaluation est indépendante, comme cela a été signalé en début de chapitre (paragraphe 2.1.1, page 44) de la procédure d'extraction des données de la maquette numérique. L'évaluation se fait sur un ensemble de données⁷ quantitatives significatives (c'est-à-dire représentatives de la prestation) : cotations, valeurs issues de positionnements d'abaques dans la maquette numérique, etc. Elle permet de transformer ces nombreuses données en quelques notes synthétiques, d'après une grille de notation conçue par le métier ergonomie, appréciant le niveau atteint par la prestation envisagée.

La partie d'analyse est donc la plus délicate à mener, car c'est elle qui dissèque la maquette numérique pour en faire sortir ces éléments quantitatifs sur lesquels s'appuie l'évaluation. Or ce moment est porteur d'une contradiction importante : si ce sont bien les Pilotes Prestations Client ergonomie qui maîtrisent les méthodes et outils (théoriques) pour l'analyse (l'extraction) des informations de la maquette numérique, ce sont les architectes qui maîtrisent la matière à analyser et le fonctionnement des « outils d'extraction », c'est-à-dire les outils CAO.

Le diagnostic de la prestation ergonomique en projet, à chaque jalon, se fait donc dans les deux temps d'analyse et d'évaluation, mais le problème de partage d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes se pose exclusivement en phase d'analyse.

2.2.7 Conclusions sur l'analyse du problème de partage d'informations

Nous avons, dans les paragraphes précédents, localisé « géographiquement et dans le temps » (dans le cadre de l'espace-temps d'un projet véhicule) le problème de partage d'information qui se pose lors l'analyse des prestations ergonomiques de la maquette numérique. Il se pose au niveau de l'extraction des informations ergonomiques dans la maquette numérique, notamment peu avant les jalons projet.

Deux « object worlds » distincts

Les demandes d'information adressées par les Pilotes Prestations Client ergonomie aux architectes, sont parfois perçues comme ambiguës par ces derniers. Ceci pour plusieurs raisons : les demandes ne sont pas exprimées directement dans le langage de l'architecte, qui doit alors faire un effort de « traduction » ; elles manquent parfois de précision et/ou de concision *du point de vue de l'architecte* ; elles ne sont pas identiques d'un Pilote Prestations Client ergonomie à l'autre, mais au contraire dépendent des relations que le Pilote Prestations Client établit avec les concepteurs de l'équipe projet. De fait, les architectes ne sont pas (et ne peuvent pas être) des experts en analyse ergonomique de la maquette numérique, pas plus que d'un autre métier spécifique. De même, les Pilotes Prestations Client ergonomie ne peuvent être des spécialistes des outils, des processus de l'architecture et de la maquette numérique.

D'autre part, les différents acteurs entrent par deux voies différentes sur le problème d'intégration du point de vue ergonomique dans le projet véhicule. Les Pilotes Prestations Client ergonomie appréhendent l'ergonomie par des ensembles définis par le métier ergonomie, *les prestations*, qui reflètent

⁷Le terme « donnée » est à prendre ici dans le sens de « signe », « valeur », par opposition à « objet », ces données sont des valeurs alphanumériques pouvant être traitées par une base de données. Ce ne sont pas des informations complexes, comme par exemple une section cotée de la maquette numérique.

le point de vue du client. Les architectes voient l'ergonomie comme un ensemble de contraintes parmi d'autres, à intégrer à la *zone d'architecture* dont ils sont responsables.

Ces difficultés, ces distinctions sur l'appréhension de l'ergonomie dans les projets véhicule par ces deux acteurs, sont en fait le reflet des deux différents mondes, ces « object worlds », dans les termes de Bucciarelli [Bucciarelli, 1984], dans lesquels évoluent les deux types d'acteur envisagés. Un « object world » est un monde de spécialisation technique, ayant son propre dialecte, son système de symboles, ses métaphores et ses modèles, des sensibilités fortes par rapport à un métier (instruments, pratique). Ces « object worlds » donnent à chacun de ces acteurs un « regard professionnel » [Martin, 2001] (page 27) particulier sur le problème à traiter. L'architecte, lorsqu'il considère les demandes de l'ergonomie, garde toujours à l'esprit les problèmes de montage et/ou d'interaction entre les éléments. Le Pilote Prestations Client ergonomie défend le point de vue du client, par le biais des principes développés par le métier ergonomie. Ce qui semble évident pour l'ergonome est parfois ressenti comme ambigu par l'architecte et réciproquement. Leurs interactions se composent en fait de multiples traductions pour établir une base de travail et intégrer leurs deux « regards professionnels », afin de converger vers une inter-compréhension des attentes et des contraintes de chaque partie, au contraire des interactions entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et le métier ergonomie, qui évoluent dans le même « object world ».

Un système d'échange d'information en cours de formalisation

Des demandes qui ne sont pas « normalisées » ou « standardisées » au sein du groupe des Pilotes Prestations Client ergonomie, les multiples ressaisies d'information, les formes multiples que prennent les réponses des architectes aux demandes, sont, elles, le reflet de la relative jeunesse de l'activité de Pilote Prestations Client. Cette situation peut sembler étonnante, car elle est singulièrement peu formalisée. Mais Bucciarelli souligne dans [Bucciarelli, 1988], que de nombreuses situations professionnelles ne sont compréhensibles que lorsqu'elles sont abordées dans une perspective historique. La conception industrielle utilise de plus en plus des représentations virtuelles du produit au cours de la conception, et de moins en moins des représentations réelles. Et c'est sur les premières que de plus en plus les analyses sont faites. Le passage à l'évaluation au virtuel représente un effort plus important pour les ergonomes que pour les concepteurs, qui ont toujours évolué dans un univers virtuel, en travaillant sur des *projets*, des *idées*, des *concepts*. Celui qui conçoit n'est-il pas, avant d'être celui qui dessine, crée, fabrique, celui qui imagine ?

Cependant, le fonctionnement des équipes de conception est de fait en mouvement presque permanent, afin de toujours s'adapter aux évolutions du marché et des contraintes techniques, technologiques, réglementaires, etc. L'activité des Pilotes Prestations Client ergonomie est en train de s'adapter à l'évaluation au virtuel. Cette perpétuelle adaptation à des situations changeantes est courante dans les phases amont de la conception, où les degrés de liberté sont grands, les activités relativement peu formalisées (les objectifs sont clairs, mais les organisations sont mobiles) et c'est en fait la coopération qui produit l'organisation [Sardas *et al.*, 2002].

Des travaux sont évidemment en cours dans l'équipe des Pilotes Prestations Client ergonomie pour améliorer le partage d'information, mettre en place des demandes plus homogènes, tout en conservant la part nécessaire de flexibilité, pour adapter les demandes au contexte de chaque projet. Néanmoins, c'est l'extraction des données de la maquette numérique qui est difficile à gérer pour les architectes, qui n'ont jamais les moyens (demandes espacées dans le temps, qui ne touchent pas toujours les mêmes architectes car ceux-ci peuvent changer au cours du projet, notamment au passage du pré-contrat, et qui ne sont pas toujours présentées sous la même forme) pour qu'une sorte « d'expérience de l'extraction des données ergonomiques » puisse se créer, notamment sur les demandes exigeant un savoir-faire spécifiquement ergonomique.

De fait, une sorte de *système d'information informel*, peu intégré, peu informatisé, est en place dans les échanges d'information. Sa formalisation et son intégration dans un système informatique requièrent de respecter les caractéristiques du système actuel, soulignées précédemment : la grille de lecture « zone d'architecture/prestation » qui permet aux deux parties prenantes d'avoir une porte d'entrée sur l'analyse ergonomique de la maquette numérique ; un appui spécifique à la partie d'analyse ; la suppression ou la limitation des ressaisies d'information ; une présentation plus systématique des demandes pour en réduire l'ambiguïté ; un archivage connecté à la maquette numérique pour qu'il reste accessible aux architectes ; etc. Et respecter principalement la flexibilité du système actuel, construit autour de la coopération et de l'expérience des acteurs. L'objectif est de mieux structurer les échanges sans casser, mais au contraire favoriser, les dynamiques de coopération entre les acteurs dans des activités de grande incertitude et toujours singulières.

La suite du chapitre va présenter la construction de ce système d'information, en mettant en lumière les objets au centre des échanges et manipulations d'information : les « numérisations », familièrement appelées « nums », ces objets CAO qui constituent la maquette numérique.

2.3 La nécessité d'un terrain commun *au virtuel*

2.3.1 Les « nums » : des objets intermédiaires incontournables

Ils ont été peu évoqués jusqu'à présent, et pourtant, quasiment toute la conception s'organise autour de ces éléments : les « numérisations » ou « nums ». Lors des phases exploratoires des projets, les esquisses du futur véhicule partent souvent de grandes lignes, de plans de certaines zones indiquant des chaînages de cotes incontournables, de grands indicateurs. Mais les premières numérisations arrivent vite, et constituent les sources d'information ou les objets de travail de l'ensemble de l'ingénierie, des fournisseurs, des sous-traitants. Car si les plans (2D) restent les éléments contractuels, ils sont maintenant résultats (et non plus source) des numérisations. Ce sont les éléments constitutifs de la maquette numérique⁸

D'après la définition d'Alain Jeantet [Jeantet, 1998], les *objets intermédiaires (de la conception)* sont « des objets produits ou utilisés au cours du processus de conception, traces et supports de l'action de concevoir, en relation avec outils, procédures et acteurs ». Ils jouent un rôle majeur en conception, en tant que point focal de nombreuses interactions sociales [Perry et Sanderson, 1998], et ne sont pas de simples supports passifs, mais peuvent influencer le développement des produits [Boujut et Blanco, 2003].

Les « nums » sont des objets intermédiaires extrêmement centraux de la conception. Ils sont l'objectivation de la conception, sa réalisation visible, bien que virtuelle. Il existe de très nombreux autres objets intermédiaires produits et utilisés lors du développement d'un projet véhicule, mais peu d'entre eux sont aussi partagés, universels auprès de tous les acteurs de l'ingénierie.

Or, de nombreux auteurs soulignent le caractère souvent hybride des objets intermédiaires, à la fois modélisations de la « réalité » (présent ou projetée), relatifs à sa mise en forme et instruments de coordination entre les acteurs [Mer *et al.*, 1995], [Jeantet, 1998]. Les numérisations sont en effet à la fois *traduction* d'attentes et de contraintes de la conception ; *médiation* entre les diverses parties-prenantes (de l'architecte qui alloue un volume, au fournisseur qui définit techniquement la pièce, et aux autres métiers qui utilisent ces « nums » comme contrainte ou support de travail, avec tous les

⁸Pour être par ailleurs vraiment précis, il est intéressant de noter que le terme de maquette numérique employé jusqu'à présent l'a été un peu abusivement. En fait, on ne parle de maquette numérique que lorsque les numérisations sont assemblées pour faire apparaître – zone par zone – le futur véhicule et mettre à jour les problèmes d'interférence, de jeu, de montabilité, etc. lors des jalons. En dehors de ces moments, on parle simplement de « nums CATIA » !

biais que chaque médiation peut induire) ; et *représentation* du produit à venir, sur laquelle les acteurs peuvent avoir prise.

Mais justement, ce sont précisément les numérisations et les outils de CAO qui sont à l'origine du problème de partage d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. La validation au virtuel de la prestation ergonomie, prestation naturellement fondée sur la mise en situation, l'essai, l'établissement de règles empiriques d'après des études statistiques, n'est pas nécessairement évidente. Les « nums » ne donnent pas vraiment de prise aux Pilotes Prestations Client ergonomie dans leur activité, puisqu'ils ne maîtrisent pas les outils qui les font « parler ». La simple visualisation d'un assemblage de « nums », généralement appelé « composition », représentant la zone de la maquette numérique à analyser, ne suffit pas. Il faut pouvoir manipuler cette composition, y placer des éléments, comme des mannequins standard, déplacer certains éléments pour évaluer leur gêne éventuelle lors de leur utilisation, faire des sections, des coupes, des projections. Ces manipulations demandent une très bonne, voire excellente, expérience du logiciel de CAO de l'entreprise (ici CATIA®), ce qui n'est pas la compétence première que l'on demande à un Pilote Prestations Client ergonomie, au profil très orienté ergonomie, expert *dans le domaine de l'ergonomie*, mais pas dans le domaine de la conception numérique ! C'est une illustration du dilemme auquel font face les organisations en ingénierie concourante, entre des profils polyvalents pour faciliter la coopération, et des identités d'acteurs fortes, pour favoriser la robustesse des solutions [Sardas *et al.*, 2002]. Mais comme dans le cas exposé par [Boujut et Blanco, 2003], ce n'est pas la communication qui est en cause : les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes communiquent fréquemment. Simplement, les « nums » n'ont pas une forme parlante – dans le cadre de leur « object world » – pour les Pilotes Prestations Client ergonomie. La forme parlante, qui fait véritablement *sens* pour eux, est la forme analysée fournie par les architectes : somme de plans, cotations, établis suivant des règles d'ergonomie... appliquées à des objets virtuels : en quelque sorte, des « radiographies » de la maquette numérique, prises sous l'angle de l'ergonomie, et matérialisées sur des supports – autres objets intermédiaires – sur lequel les Pilotes Prestations Client ergonomie ont prise, sans rompre le lien avec les « nums », références de conception des architectes.

2.3.2 Améliorer la coopération : la synchronisation cognitive par l'intégration de points de vue

Bucciarelli le souligne dans [Bucciarelli, 1988] : « La fonction de la conception est autant une façon de faire partager à différentes personnes une perspective commune, de s'accorder sur les sujets les plus significatifs, et de trouver un consensus sur ce qui doit être fait ultérieurement, comme le sont la formation de concepts, l'évaluation d'alternatives, l'établissement des prix de revient ou le dimensionnement. » H. Rittel évoquait cet aspect de la conception en la présentant comme un processus argumentatif, où seules la confrontation et l'intégration de différents points de vue – de différentes intelligences – en particulier dans les phases de co-conception, permettent de transcender son irréductible complexité. La prise de décision en conception se fait nécessairement en environnement incertain, et les choix des acteurs, du fait de leur *rationalité limitée* [Simon, 1981] sont fragiles et contestables. Ils sont *biaisés*, selon l'expression de Schmidt [Schmidt, 1990], notamment par l'expérience des acteurs, leurs préférences et affinités, leur état d'esprit du moment, etc. La confrontation des points de vue des acteurs dans le cadre de leur coopération a alors une fonction de neutralisation de ces *biais*. Enfin, l'analyse de la dynamique de confrontation de points de vue en co-conception a montré ([Détienne *et al.*, 2005]) que cette confrontation se fait sur différents modes : analytique (analyse des critères et contraintes auxquelles répond une solution), analogique (relation à une solution préalablement éprouvée), comparative (comparaison des différentes solutions en concurrence).

Mais quel est le support de cette synchronisation ? Comment organiser la confrontation objec-

tive de points de vue ? De nombreux processus coopératifs de confrontation et d'intégration de différentes perspectives en conception existent : réunions et confrontations formelles lors des jalons-projet, réunions informelles au détour d'un couloir, discussions autour du résultat d'un test, d'un essai, établissement de divers tableaux de bord, etc. Dans cet ensemble de processus, les objets intermédiaires jouent le rôle très particulier de *catalyseur*. Ils ne sont pas en eux-mêmes la confrontation ou l'intégration, mais le *support* de celles-ci. Ils cristallisent un état de la conception et un ensemble de points de vue, autorisant les différentes parties-prenantes à s'exprimer non pas sur du conceptuel mais sur une représentation matérialisée (ne serait-ce que sur un schéma papier). Ils permettent de mettre en perspective une solution, d'appuyer et de garder trace des confrontations et des idées qui en jaillissent. Ils participent à la synchronisation cognitive, (voir le paragraphe 2.1.3 page 52). A condition, comme cela a été exposé précédemment, que ces objets intermédiaires adoptent une forme donnant prise à toutes les parties-prenantes de la conception.

Dans le cadre des relations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, la forme analysée de la maquette numérique, répartie sur de nombreux supports, joue ce rôle de catalyseur. Ces éléments, plans, cotations, sous forme numérique ou imprimée sont des extériorisations de la conception, c'est-à-dire des « matérialisations » tangibles des pensées et réflexions des concepteurs. Mais plus que tout, ils sont des objets intermédiaires réellement partagés entre les différentes parties prenantes parce que ces deux formes, numériques et papier, CAO et plans imprimés sont différentes visions d'une même entité. Ils contribuent à former ce que [Arias *et al.*, 2000] appelle des espaces d'échange, dans lesquels une inter-compréhension est recherchée. Ils ne sont pas un utopique « langage commun » : comme le soulignent Eckert et Boujut dans [Eckert et Boujut, 2003], si les objets intermédiaires sont des points de référence *partagés* pour l'explicitation et l'extériorisation des raisonnements de conception, ils ne supposent pas une interprétation *identique* mais une interprétation *compatible* : un même objet est appréhendé au travers du « regard professionnel », spécifique à un métier, que lui porte chaque acteur. Ces éléments contribuent à construire un terrain commun, auquel participent également assiduité aux rencontres, les efforts d'inter-compréhension et de traduction, etc.

2.4 Systèmes d'information et mémoire de projet : l'émergence de l'idée de constat ergonomique

2.4.1 La formalisation d'un système d'information

Le terme « système d'information » recouvre l'ensemble des moyens (organisation, acteurs, procédures, systèmes informatiques) nécessaires à la gestion, au traitement, à la diffusion et à l'exploitation des informations au sein d'une organisation. Le système d'information d'une entreprise ne se résume donc pas à son système informatique, qui n'en est que le support. Mais la structure du système d'information d'une entreprise et son organisation s'influencent mutuellement et leurs évolutions sont liées. Un système d'information a pour finalité de procurer, rapidement et efficacement, les informations dont ont besoin les utilisateurs pour mener à bien leur travail. Dans les entreprises, le mouvement le plus courant va dans le sens d'une intégration des différents sous-systèmes d'information locaux, utilisés au niveau d'une entité, dans un système d'information plus vaste et plus global, géré de façon plus centrale. Les objectifs de cette intégration étant d'éviter au maximum les redondances d'information et les ressaisies, donc d'apporter de la continuité dans la circulation et la capitalisation des informations. Néanmoins, il n'existe pas aujourd'hui de solution informatique ni d'organisation permettant un système d'information parfaitement intégré, malgré les avancées dans

les domaines des PGI⁹ et du PLM¹⁰.

La formalisation d'un système d'information pour le partage des informations circulant entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes participe de ce mouvement d'intégration. Les objectifs sont d'assurer une continuité dans les échanges d'information (pas ou peu de ressaisies, pas de redondances inutiles, continuités des représentations du produit en développement lors des passages de jalons, etc.) et de permettre un accès aisé et asynchrone (c'est-à-dire pas toujours au même moment) des informations par tous les acteurs. Cette dernière proposition soulève l'intérêt d'une mémoire de projet, partagée entre les acteurs.

2.4.2 L'intérêt d'une mémoire de projet

Une mémoire de projet de conception est une « base » partagée, qui va bien au delà d'une « simple » gestion des données techniques [Lonchamp, 2003] (page 238). L'objectif d'une mémoire de projet est en fait double : d'une part, au cours d'un projet, la mémoire de projet doit permettre à tous les acteurs de la conception d'avoir accès à l'état d'avancement du projet, afin de l'évaluer et de vérifier l'atteinte de leurs spécifications (capitalisation des caractéristiques du projet) [Rivière *et al.*, 1998]. D'autre part, elle cherche à capitaliser les informations qui expliquent le cheminement d'un projet, ses errances et ses réussites, afin de ne pas répéter les erreurs passées, et de progresser, en réutilisant les succès (capitalisation de la logique de conception). L'apprentissage par les exemples antérieurs (Learning from past cases) est d'ailleurs souvent considéré comme le principal guide dans la prise de décision en ingénierie concourante [Rivière et Matta, 1998], qui est un univers éminemment incertain et complexe.

Une mémoire de projet cherche à *indexer* [Matta *et al.*, 1999] un grand nombre d'informations pertinentes sur l'histoire et la trajectoire suivie par le projet, suivant les deux objectifs présentés ci-dessus :

- la capitalisation des caractéristiques du projet : le contexte (méthodes, exigences du moment, etc.) ; l'organisation (définition et distribution des tâches, participants, etc.) ; les objets intermédiaires produits (maquettes, prototypes, bases de données, etc.) ;
- la capitalisation de la logique de conception (Design Rationale en anglais) : les problèmes, leur résolution et l'évaluation de chacune des solutions (rejetées comme approuvées), et donc le cheminement des décisions.

Dans le cadre de l'amélioration du partage des informations de projet entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie, la constitution d'une mémoire de projet semble particulièrement pertinente, en particulier la partie « capitalisation des caractéristiques du projet ». Mais la capture de la logique de conception peut également apporter beaucoup dans la synchronisation cognitive des deux types d'acteurs, en créant une sorte de mémoire commune, mais indépendante des personnes. La capitalisation des informations partagées apparaît comme un processus important et dont il faut tenir compte, au moins pour assurer un partage efficace des informations.

2.4.3 L'approche par la « réutilisation »

La réutilisation, dans le domaine de la conception de systèmes d'information, correspond à la notion usuelle que recouvre ce terme. La réutilisation consiste simplement à employer, pour un problème (ou une situation) nouveau mais semblable par certains points à un ou plusieurs éléments de

⁹PGI : Progiciel de Gestion Intégré, ERP en anglais, pour Enterprise Resource Planning, qui gère les activités d'affaire : comptabilité, gestion de production, gestion financière, etc.

¹⁰PLM : Product Lifecycle Management ou gestion du cycle de vie produit, qui gère l'ensemble des informations produit, des phases de conception aux phases de maintenance et de recyclage, en passant par la fabrication.

problèmes (ou situations) précédemment rencontrés, certains éléments des solutions qui ont fait leurs preuves. Quand un élément de solution prouvé est utilisé plusieurs fois pour résoudre le même type de problème (pour répondre au même type de situation), il devient alors accepté, généralisé et normalisé [Gzara, 2000] (page 59). Ces éléments fondamentaux peuvent ensuite être combinés en des éléments plus sophistiqués. Dans le domaine informatique, ces éléments peuvent être des composants (métiers, architecturaux) lorsqu'ils représentent des objets techniques (piles, files d'attente, objets graphiques, etc.), ou bien des patrons (patterns en anglais) lorsqu'ils touchent plus aux méthodes de conception informatique réutilisables [Barbier *et al.*, 2002]. Émergent dans les années 60, l'industrie du composant réutilisable s'est vraiment imposée dans les années 90 et a suscité la création de bibliothèques de composants.

Dans le cadre du problème de partage d'informations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, la notion de réutilisation se rapproche de l'idée de standardisation des demandes émanant des Pilotes Prestations Client. Afin qu'une expérience de l'extraction du point de vue ergonomique de la maquette numérique se crée parmi les acteurs de l'architecture, l'homogénéisation des demandes est nécessaire. Mais l'idée de réutilisation va plus loin qu'une seule « standardisation » des demandes. Elle peut permettre de regrouper, sous une même demande, un ensemble d'éléments d'ergonomie à extraire et analyser, regroupés en fonction de la (des) zone(s) d'architecture concernée(s) et de la prestation ergonomique. Elle permet au Pilote Prestations Client ergonomie d'espérer recevoir en retour de la demande, des informations toujours sous la même forme permettant une comparaison plus facile des projets entre-eux. Elle implique une standardisation des mécanismes d'extraction des cotes. La granularité élémentaire de ces regroupements correspond aux « plus petites demandes communes » qu'adressent les Pilotes Prestations Client ergonomie aux architectes pour résoudre un même type de problème (par exemple, étudier l'accessibilité aux places arrières dans un coupé).

2.4.4 Les apports du Computer Supported Cooperative Work (CSCW)

Le domaine de recherche du CSCW a été succinctement présenté à la fin du premier chapitre (page 36), comme touchant « tout ce qui a trait avec l'informatique comme support d'activités impliquant plus d'une personne. » La singularité de l'approche du CSCW, par rapport à d'autres domaines informatiques, tient au fait qu'elle se construit autour d'un équilibre des trois ensembles suivants : (1) certaines *technologies* (environnements collaboratifs, technologies web, portails d'échanges, etc.), (2) certains *utilisateurs* (des équipes, issues du monde *professionnel*) et (3) un certain *regard* qui met en avant les relations coopératives [Kling, 1991].

Les problématiques de la conception et de la transformation du système d'information autour du partage et de la capitalisation des informations circulant entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, par certains aspects, se rapprochent des problématiques générales du CSCW. Celles-ci sont alors des guides pour la formalisation du système d'information. Notamment, [Schmidt, 1991] souligne que :

- l'action est toujours située dans un contexte et la réalité est inépuisable, elle ne peut pas être enfermée dans une planification ;
- les perspectives de l'action sont démesurées, dans le sens où elles ne peuvent parfaitement rentrer dans aucune conceptualisation unitaire.
- Tout travail coopératif est lieu d'affrontement de différentes approches et de différents intérêts.

Tous ces éléments soulignent la précarité des modèles entrés dans des systèmes de CSCW et leurs nécessaires souplesse et capacités d'évolution. Les utilisateurs de ces modèles doivent être conscients de leurs limites : les modèles du CSCW doivent être considérés comme des ressources (et non des systèmes complets) par leurs utilisateurs.

D'autre part, les recherches dans le domaine du CSCW se font principalement sur deux fronts :

- la gestion de l'*interdépendance des tâches*, dans l'objectif de faciliter conscience et reconnaissance réciproques, par le biais d'interactions adaptées ;
- la gestion d'*espaces d'information partagés* pour les concepteurs, qui y gardent une trace du travail réalisé en commun – de la co-conception – permettant aux différents acteurs de voir évoluer leur travail, d'être conscient et de mieux appréhender les apports et les interactions entre les différents points de vue.

Mais comme le signale K. Schmidt ([Schmidt, 1998]), l'interdépendance des tâches est souvent d'un niveau de complexité si élevé que la seule mise à disposition d'équipements (dispositif « statique ») pour favoriser une conscience réciproque et des interactions adaptées est insuffisante. Afin de rendre plus dociles ces « wicked problems » ([Rittel et Webber, 1984]), d'autres moyens sont nécessaires, comme ce que K. Schmidt nomme des « mécanismes de coordination » (*coordination mechanisms*), qui sont des dispositifs plus « dynamiques ». Un mécanisme de coordination est simplement un protocole coopératif accompagné, soutenu, matérialisé par un artefact générique, qui deviendra objet intermédiaire lors de la coopération effective. Un tel mécanisme offre une « pre-computation » au sens de H. Simon ([Simon, 1981]), c'est-à-dire une « pré-compréhension » (pré-analyse) du contexte et de la problématique, en situant immédiatement le cadre (les frontières), et les processus impactés, de la coopération. Ces mécanismes de coordination participent à la synchronisation cognitive permettant la construction de référentiels opératifs communs.

2.4.5 Émergence du *constat ergonomique*

Pour être tout à fait précis, le terme de *constat* faisait partie du vocabulaire des Pilotes Prestations Client ergonomie bien avant que l'étude relatée dans ce document ne débute. Ce paragraphe décrit à proprement parler l'émergence d'une définition précise et conceptuelle du *constat ergonomique*.

Les principes guides ou explicatifs

Dans le cadre de la rationalisation des échanges d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, l'objectif de standardisation des demandes était relativement naturel. Les principes cités précédemment ont servi de guides – a priori – ou de justification – a posteriori – dans la construction de cette rationalisation, qui a fait émerger les éléments centraux du partage et de la capitalisation des informations : les *constats ergonomiques*.

La formalisation et l'informatisation du *système d'information informel* découlaient spontanément des volontés de tous les acteurs de le rendre plus cohérent, plus lisible et plus efficace, encadré par des procédures reconnues par tous. Les principes de mémoire de projet (principalement dans le cadre du partage de données projet) et de réutilisation de demandes standard, afin de créer une expérience de l'extraction des données ergonomiques du côté des architectes, semblent des conséquences logiques de ce mouvement. Les mises en garde émanant des travaux du CSCW ont permis de prendre du recul par rapport aux attentes, fortes, d'un système de partage d'information simplifié. L'accent a plutôt été mis sur sa cohérence et sa compréhension par les acteurs, puisque, comme le faisait remarquer D. Norman en parlant du principe d'*Activity Centered Design* (cf. page 29), l'Homme s'adapte aux systèmes artificiels plus parce qu'ils répondent de façon cohérente à un besoin (utilité) que parce qu'ils sont simples à utiliser (usage). Du principe d'un mécanisme de coordination, appuyé sur un (ou plusieurs) artefact générique a émergé le concept de *constat ergonomique*.

La méthodologie suivie : les trois étapes de recueil de l'existant

La formalisation du système de partage d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes a commencé naturellement par des travaux de systématisation (c'est-à-dire

de standardisation) des demandes adressées aux architectes. Ces travaux se sont inspirés des travaux de Matta, Ribière et Corby [Matta *et al.*, 1999] sur le recueil des besoins lors de la constitution d'une mémoire de projet. Trois étapes marquent l'évaluation de la prestation ergonomie lors des projets : (1) clarification (des besoins, des exigences) ; (2) génération des demandes d'information ; (3) évaluation des réponses à ces demandes.

De ce canevas générique, le processus suivant a été tiré, dans l'objectif particulier de produire des « solutions » (des demandes d'analyse « ergonomiques » de la maquette numérique) réutilisables. Ce processus en trois étapes a été mené de façon itérative dans le groupe des Pilotes Prestations Client ergonomie.

Explicitation des connaissances du domaine : dans le cadre de la pratique des Pilotes Prestations Client ergonomie, recensement le plus exhaustif possible des éléments nécessaires à l'analyse de l'ergonomie au cours des projets, et définition claire de chacun de ces éléments. Ce recensement fait particulièrement intervenir les connaissances et savoir-faire partagés avec le métier ergonomie.

Génération de solutions (réutilisables) : pour chaque (sous-) prestation ergonomique, détermination du *plus petit commun dénominateur*¹¹, parmi les demandes adressées par chaque Pilote Prestations Client ergonomie aux concepteurs, communes à plusieurs types de projets-véhicule. Ces solutions correspondent alors à des demandes-types, cohérentes par rapport à une prestation ergonomique (ou une partie de cette prestation). Elles indiquent un format-type des réponses attendus par les Pilotes Prestations Client ergonomie. Ce format-type des réponses est un artefact générique, dont l'instanciation donnera des objets intermédiaires de la conception partagés par chaque partie-prenante.

Instanciation de ces solutions : chaque demande-type est transmise à l'architecte concerné, qui la traite : mesure de cotes, mise en place d'éléments pour l'analyse ergonomique de la maquette numérique, réalisation de vues, etc. La réponse suit le format-type des réponses. Il est ainsi possible d'évaluer la pertinence et la cohérence des demandes-types, et de les retravailler si nécessaire.

Ceci est bien évidemment une présentation idéale, épurée, du processus de standardisation des demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie. La demande-type, qui devient un des outils de travail élémentaires du Pilote Prestations Client ergonomie, constitue un *constat ergonomique*.

Le constat ergonomique

Le *constat ergonomique* est une analyse-type d'une zone précise de la maquette numérique (pouvant concerner plusieurs zones d'architecture), faisant sens du point de vue d'une prestation ergonomique, répétable dans de nombreuses catégories de projets-véhicule. Elle correspond à un *plus petit commun dénominateur* pour l'analyse d'une prestation. Cette analyse-type mentionne les cotes et leurs méthodes de construction, les éléments typiquement ergonomiques à mettre en place dans la maquette numérique, les travaux à mener (sections, projections, etc.), les données spécifiques du projet à intégrer (jalon projet, type de projet, date, etc.). Elle cherche à mentionner également les zones et les objets impactés par l'analyse (porte d'entrée pour les architectes) dans le cadre de l'analyse de tout ou partie d'une prestation ergonomique (porte d'entrée pour les Pilotes Prestations Client ergonomie) permettant de saisir l'objectif – donc l'utilité – de l'analyse, au delà de la mesure de cotes dont la définition est parfois loin d'être naturelle pour des non-ergonomes. Chaque constat ergonomique est

¹¹Ou plus précisément, l'enveloppe de toutes les demandes possibles exprimées par les différents Pilotes Prestations Client ergonomie, pour une (sous-) prestation, moins les spécificités attachées aux particularités des projets

accompagné de visuels présentant les résultats attendus de l'analyse, sorte de contrat implicite entre les différentes parties. Les figures 3.2 page 81 et 3.4 page 82 illustrent cette présentation.

L'instanciation d'un constat lors de l'analyse d'un projet réel fournit a priori des informations invariablement sous la même forme : des objets intermédiaires dont la forme est connue à l'avance, facilitant une inter-compréhension des attentes de chacun. Dans ces éléments, la séparation analyse/évaluation est bien respectée : les Pilotes Prestations Client ergonomie utilisent les résultats de l'instanciation pour mener l'évaluation de la prestation. L'ambiguïté des demandes est atténuée par la standardisation des demandes à travers ces constats ergonomiques. Et une mémoire de projet peut se constituer autour de ces constats instanciés, qui permettent une indexation aisée des informations pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, en saisissant également le contexte de l'analyse (les données spécifiques du projet).

2.5 Conclusions

Dans ce chapitre, nous avons vu comment l'intégration du point de vue du client dans la conception automobile – dans le cadre de l'ingénierie concourante – se traduisait (aussi) par une problématique de partage et de capitalisation de l'information en projet. Il est vrai que seul le cas de Renault, et son organisation particulière (avec la création de l'acteur Pilote Prestations Client), qui plus est dans le cas particulier de la prestation ergonomie, ont été analysés. Mais une généralisation, consistant à présenter l'intégration du point de vue du client aussi et surtout comme l'intégration de points de vue métier dans la conception, ne semble pas abusive.

Les principaux acteurs du partage des informations ergonomiques dans la conception (métier ergonomie, architectes, Pilotes Prestations Client ergonomie) ont été présentés. Le rôle particulier d'acteur d'interface du Pilote Prestations Client ergonomie a été souligné, ainsi que ses relations privilégiées avec le métier ergonomie, puisque, par de nombreux aspects, ces deux entités forment une seule et même communauté de pratique.

La problématique de partage d'information a été analysée dans ce chapitre, notamment « l'ambiguïté » des demandes émanant des Pilotes Prestations Client ergonomie, ressenties par les architectes ; l'éparpillement des données et les ressaisies d'information ; les deux « objects worlds » distincts dans lesquels évoluent architectes et ergonomes en général, avec les difficultés que pose la validation de la maquette numérique.

L'émergence du *constat ergonomique*, correspondant à une standardisation et une systématisation des demandes exprimées par les Pilotes Prestations Client ergonomie a été succinctement présenté dans ce chapitre. Les ingrédients ayant participé à son émergence ont été présentés : la nécessité d'une formalisation du système d'information de partage et de capitalisation des données ergonomiques ; l'intérêt d'une mémoire de projet partagée ; les principes de réutilisation ; les apports du domaine du CSCW, notamment en ce qui concerne les mécanismes de coordination basés sur des objets intermédiaires permettant une « pre-computation » du contexte.

Cette présentation rapide du constat ergonomique sera complétée dans le prochain chapitre, qui présentera le constat ergonomique *générique*, saut supplémentaire dans la généralisation et la standardisation des demandes, faisant directement intervenir l'architecte afin de prendre en compte son point de vue. Car cette émergence du constat ergonomique, présentée dans ce chapitre, correspond principalement au travail de standardisation mené par les Pilotes Prestations Client ergonomie, et même si ceux-ci ont cherché à prendre en compte les besoins des architectes (notamment, en spécifiant pour chaque constat la zone d'architecture concernée), nous verrons que l'apport des architectes fut complémentaire du travail mené par les Pilotes Prestations Client ergonomie, et particulièrement fructueux.

Chapitre 3

L'émergence d'un nouvel outil : le constat ergonomique *générique*

Dans ce chapitre, nous décrivons le concept de constat ergonomique *générique*, rappelant ses origines, décrivant sa conception, définissant ses objectifs et principes de fonctionnement et, enfin, retraçant son intégration dans le progiciel de CAO/IAO CATIA V5®, solution logicielle choisie par Renault.

Le constat ergonomique, dans sa version intégrée à CATIA® et réellement partagée aussi bien par les architectes que les Pilotes Prestations Client ergonomie, à laquelle nous ajoutons le qualificatif de *générique*, n'a pas été *inventé* par le travail de thèse, il a plutôt *émergé*, ainsi que nous l'avions précisé au chapitre précédent. Plus précisément, il a été matérialisé, structuré, puis conceptualisé, dans le but de rationaliser les échanges entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. C'est la conceptualisation des pratiques et de l'organisation du travail des Pilotes Prestations Client ergonomie couplées à celles des architectes, par le biais d'une intervention extérieure (recherche-intervention) qui a permis la génération et la semi-automatisation des constats ergonomiques, que nous verrons dans ce chapitre. Le *constat ergonomique générique*, résultat de cette semi-automatisation, n'est pas LA solution optimisant les échanges d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, mais une pierre utile participant à la construction d'un système de travail plus rationnel et coopératif.

3.1 Un nouvel outil pour l'extraction du point de vue ergonomique dans la maquette numérique

3.1.1 Intégration de points de vue métier dans le processus de conception

L'hypothèse fondamentale de cette thèse est donc que l'intégration du point de vue du client, dans la conception de projets de grande complexité et soumis à des contraintes fortes, tels la conception automobile, passe par l'intégration des points de vue des métiers. En effet, dans ce type de projets, il est impossible de faire intervenir directement et/ou fréquemment les utilisateurs finaux au long de la conception. Les métiers sont alors les garants de l'existence d'une pluralité de vues sur le produit en conception, notamment dans le cadre de l'ingénierie concourante qui cherche à confronter et intégrer au plus tôt les perspectives des différents métiers, jusqu'à la fabrication. Cependant, l'existence de cette pluralité de vues n'implique pas nécessairement que le point de vue du client sera vraiment intégré. Cette problématique fait d'ailleurs l'objet de nombreuses recherches, présentées au premier chapitre. L'approche de Renault est de responsabiliser (mandater) un nouveau type d'acteur, le Pilote Prestations Client, sur l'atteinte des objectifs du projet en terme de « prestations » offertes par le véhicule. Cet acteur a par définition un rôle transversal, qui transcende les frontières techniques et fonctionnelles des projets.

D'autre part, l'intégration de ces points de vue métier dans la conception passe par l'action d'acteurs particuliers de la conception, les acteurs d'interface. Tout intervenant dans le projet peut endosser ce rôle lorsqu'il s'intéresse plus aux questions d'interface entre différentes zones, entre différentes techniques, entre différents acteurs aux métiers et expertises distinctes qu'aux problèmes techniques de sa zone. Dans le cas de Renault, ce rôle d'interface a été officialisé au sein de l'organisation justement pour ce nouveau type d'acteur, le Pilote Prestations Client. Son rôle de défense, au long de la conception, du point de vue du client, prend appui sur un ou sur quelques métiers. Ainsi, il défend le point de vue du client par le biais d'une conceptualisation de ce point de vue en différentes *prestations*. Le fait que le Pilote Prestations Client soit porteur de ces « points de vue prestations » et que son rôle soit transversal aux fonctions techniques lui confère une place particulière dans la conception, propice à ce rôle d'interface.

Cependant, malgré une organisation dont la logique est adaptée à l'ingénierie concourante, l'intégration des points de vue reste problématique, étant donné la complexité de ce type de projets, et la pression mise sur les contraintes « qualité, coûts, délais, » lors des développements. La confrontation des perspectives, l'argumentation, et donc la communication, sont des processus incontournables de l'activité projet. Cependant il est également nécessaire que les acteurs qui entrent en interaction, lorsqu'ils appartiennent à des métiers, ou plus généralement à des communautés de pratique différents, bâtissent ensemble une représentation commune, partagée, cohérente (mais pas nécessairement *identique*) de la situation. Cette représentation partagée, que [de Terssac et Chabaud, 1990] appellent un « référentiel opératif commun » va plus loin qu'une seule communication. Elle doit permettre une inter-compréhension des attentes et contraintes de chaque partie prenante. Cette inter-compréhension réclame du temps pour se construire [Luzi, 1997], temps qui n'est pas suffisamment disponible en projet. Il est donc nécessaire de mettre en place des outils qui permettent une « pre-computation » (au sens de [Simon, 1981], voir paragraphe 2.4.4, page 67) du contexte.

3.1.2 Partage et capitalisation d'information : le poids de la conception numérique

Le partage et la capitalisation d'information sont au cœur de cette intégration du point de vue des métiers dans la conception. Dans les projets industriels complexes, s'appuyant de plus en plus sur des outils de conception numérique, le volume des informations utilisées (échangées, stockées, pilotantes

ou pilotées, etc.) est gigantesque. Ces informations sont de plus souvent éparpillées ; elles sont parfois peu accessibles car implicitement contenues dans des modèles dont elles doivent être extraites ; enfin, elles doivent être réactualisées en fonction des avancées des projets.

La conception au numérique possède de nombreux avantages : moindre coût de modification des objets de la conception (éléments du produit comme du processus de fabrication), partage et mise à disposition de ces objets en plusieurs lieux en même temps, pour des usages par différents métiers, historisation et traçabilité des différentes versions, réutilisation d'objets, etc. Cependant, elle crée aussi des difficultés car elle impose un outillage spécifique – CAO, FAO, outils de modélisation, visualisation, simulation au virtuel – et une perspective particulière – la réalité virtuelle – sur la conception. Or tous les métiers ne sont pas (encore) rompus à ces outils et à cette perspective particuliers. Cela entraîne des difficultés dans les échanges d'information entre les acteurs de la conception et les métiers. Ces difficultés concernent aussi bien l'extraction des informations par le biais de ces outils particuliers, que l'interprétation des demandes d'extraction ou leurs réponses.

Le cas de l'intégration de la prestation ergonomie dans la conception de nouveaux véhicules Renault est représentatif de ces difficultés. Les informations nécessaires pour l'analyse ergonomique du véhicule en projet doivent être extraites de la maquette numérique ou plus généralement de « nums », qui sont des objets centraux de la conception sous la responsabilité des architectes (concepteurs). L'analyse de ces informations extraites et l'évaluation ergonomique du projet sont faites par les Pilotes Prestations Client ergonomie, représentant du métier ergonomie dans les processus de conception. Or il subsiste des problèmes d'ambiguïté dans les échanges d'information entre les Pilotes Prestations Client et les architectes. L'« object world » (au sens de [Bucciarelli, 1984] voir paragraphe 2.2.7, page 60) du Pilote Prestations Client ergonomie se compose notamment d'une expérience et d'une pratique « physique » (par le biais d'essais sur des maquettes physiques par exemple), et sur la transposition de règles d'ergonomie dans des rapports, dans lesquels les représentations sont en deux dimensions. En revanche, les architectes évoluent principalement dans un monde virtuel, souvent en trois dimensions et où maintenant les plans et autres versions en deux dimensions de la conception sont des résultats de constructions faites à partir de numérisations 3D, et non plus l'inverse ! Ces deux acteurs n'utilisent pas les mêmes types d'objets intermédiaires pour appréhender le véhicule en développement, ce qui est emblématique de la différence de leurs points de vue sur le projet. Ces perspectives divergentes entraînent des ambiguïtés dans leurs échanges, et impliquent un effort de traduction, d'interprétation entre ces deux acteurs.

L'analyse de ce problème de partage d'information, présenté dans le chapitre précédent, a fait ressortir la nécessité de construire entre les deux parties prenantes un terrain commun *au virtuel*, c'est-à-dire autour des numérisations, éléments incontournables de la conception. Les ingrédients de ce terrain commun (ou représentation partagée, ou « référentiel opératif commun ») ont été mis en évidence : une double approche zone d'architecture/prestation et une séparation analyse/évaluation de l'ergonomie en projet. La rationalisation du système d'information informel établi entre les architectes et les Pilotes Prestations Client, ainsi que la standardisation des objets de travail de ces derniers, les demandes adressées aux architectes, ont fait émerger un nouvel outil, le *constat ergonomique*, sorte de « demande-type » pour l'analyse de la maquette numérique.

3.1.3 Les limites du constat ergonomique

Les constats ergonomiques sont ainsi le résultat d'une standardisation des demandes d'information adressées par les Pilotes Prestations Client ergonomie aux architectes. Le premier intérêt d'une telle standardisation est de créer un cadre stable d'échange d'information : il pose les limites, les frontières pourrait-on dire, de ce terrain commun nécessaire à une inter-compréhension des deux protagonistes. Un deuxième intérêt est que le travail mené par les Pilotes Prestations Client ergonomie

a permis, en cherchant à affranchir au maximum les demandes du type de projet (c'est-à-dire du contexte) à analyser, de synthétiser, condenser et préciser celles-ci. Ainsi, chacune de ces demandes forme un corps cohérent indépendant des autres et du contexte, et répond à un besoin d'information ciblé par rapport à une prestation. Le niveau est suffisamment générique pour être répétable dans la plupart des projets.

Mais le principal intérêt de l'outil constat ergonomique est de mettre en place un début de mécanisme de coordination dynamique, ([Schmidt, 1998], voir paragraphe 2.4.4 page 67) dépassant la seule mise à disposition d'information entre les deux parties. Le constat ergonomique devient en lui-même un artefact générique de la conception, dont l'instanciation (la réalisation) sur un projet en fait un objet intermédiaire de la conception, représentation de celle-ci partagée entre les acteurs.

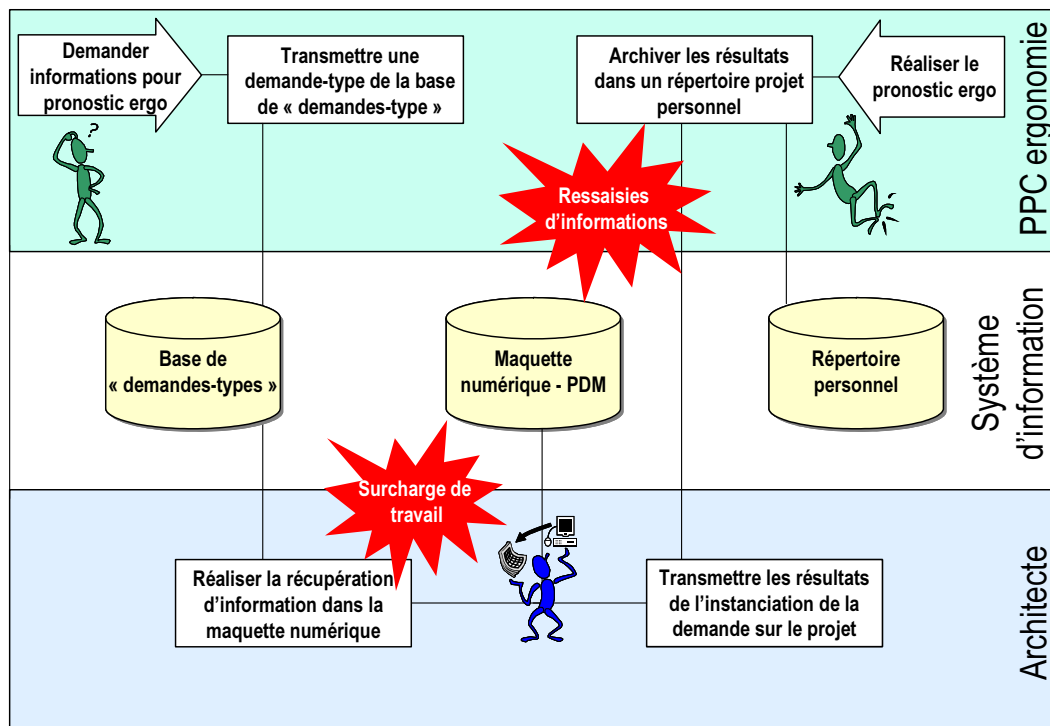


FIG. 3.1 – La mise en place du constat ergonomique ne résout pas toutes les difficultés

Cependant comme le présente le schéma de la figure 3.1, la mise en place du constat ergonomique ne résout pas toutes les difficultés du partage d'information. L'extraction des données ergonomiques reste de la responsabilité de l'architecte, ce qui représente une importante charge de travail. Et le problème de la continuité (ressaisies d'informations, liens cassés entre les données et les numérisations – la version du projet – dont elles sont issues, etc.) n'est pas non plus résolu. Enfin, l'ambiguïté des demandes n'est pas complètement levée par la standardisation en constats ergonomiques. En effet, le travail de standardisation et de rationalisation des demandes n'a été effectué que par les demandeurs : les Pilotes Prestations Client. Les architectes ne sont pas intervenus dans la conception des constats ergonomiques : les Pilotes Prestations Client ergonomie ont cherché à prendre en compte leur point de vue en fonction de l'expérience qu'ils en ont, mais les architectes n'ont pas directement pris part aux développements.

L'intégration du point de vue du client dans la conception, contexte de cette thèse, a ici connu une mise en abyme inattendue. Le principe d'un « référentiel opératif commun », créé, « matérialisé » par

la mise en place d'un mécanisme de coordination, et le partage d'un artefact générique, semblait être la bonne piste pour cette intégration du point de vue du client (par le biais de l'intégration de points de vue métier, dans le cadre de la conception de produits complexes, ainsi que cela a été présenté ci-dessus). Cependant, la création de ce nouvel outil et du système d'information associé, réclamait, pour répondre plus justement à la fois aux exigences des Pilotes Prestations Client et à celles des architectes, pour cerner au mieux leurs points de vue, de faire participer également ces derniers à la conception. Elle réclamait également, pour améliorer la continuité des analyses, de se rapprocher des outils utilisés par les architectes.

L'ensemble de ces observations, mais surtout la recherche d'une possible automatisation des constats ergonomiques, ont conduit à de nouveaux développements, tirant parti du mouvement de l'entreprise vers un nouveau progiciel de CAO : CATIA V5®. En fait, il est même plus exact de dire que c'est la recherche d'une informatisation des constats (et la possibilité d'une automatisation, véritable gage d'allègement de leur charge de travail) qui a véritablement initié le mouvement d'implication des architectes dans la conception de ces constats.

3.2 Le constat ergonomique vu par l'architecte

3.2.1 Le caractère réutilisable de l'analyse par constat

Dans le chapitre précédent, nous avons vu l'émergence du principe de constat ergonomique. Le constat est, du point de vue du Pilote Prestations Client ergonomie, une « demande-type » ou une « analyse-type », lui permettant d'obtenir les informations issues des projets, nécessaires pour faire une analyse ergonomique de l'état du projet. Ces informations, dans l'absolu, peuvent aussi bien être extraites de la maquette numérique que d'une maquette physique. La demande-type est structurée et standardisée afin de simplifier et de faciliter la compréhension, par les architectes, des attentes des Pilotes Prestations Client ergonomie en terme d'informations. Une schématisation d'un constat ergonomique est présentée figure 3.2 page 81. C'est un cadre pour les échanges Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes.

Ainsi, du point de vue de l'ergonomie, le constat ergonomique est bien un élément réutilisable : c'est la répétition de la demande d'un même noyau élémentaire et structuré d'informations nécessaires au pronostic ergonomique. L'évaluation se fait autour de paramètres caractéristiques permettant de comparer un à un les véhicules. Or l'ergonomie physique est résolument centrée sur l'humain : elle considère, comme nous l'avons indiqué précédemment, le véhicule comme un tout dont seul l'intéresse le « relief » (sièges, volant, commandes, ouvertures, etc.) et l'espace disponible, permettant aux utilisateurs de disposer d'un maximum – ou d'un minimum – de confort. Les cotes ergonomiques sont mesurées dans les espaces laissés libres, entre les « obstacles », quel qu'ils puissent être : elles mesurent l'interaction entre l'utilisateur (conducteur comme passager) et le véhicule.

Le point de vue de l'architecte est tout autre. Le véhicule n'est pas un tout continu mais un assemblage, spécifique à chaque projet, de milliers de pièces. L'analyse demandée par les Pilotes Prestations Client ergonomie prend appui sur certains obstacles, qui ne sont pas nécessairement constitués des mêmes pièces à chaque projet – c'est à l'architecte de déterminer les pièces requises – et le travail nécessaire pour mener à bien cette analyse est toujours à faire. D'autant que le contexte du projet rend (presque) chaque analyse singulière : le travail à réaliser ne se résume pas à l'application de procédures, mais réclame une compréhension du contexte et parfois une interprétation de la définition des cotes ou de certains autres éléments. Une illustration de ce travail d'interprétation figure dans l'encadré de la page 78 « DE L'AMBIGUÏTÉ DE LA MESURE DES COTES ERGONOMIQUES ».

On voit bien ici que si la répétabilité du constat ergonomique est une réalité du point de vue de l'ergonomie, elle est moins évidente du point de vue de l'architecte. Et si la standardisation des

demandes aide à créer auprès des architectes une expérience de l'analyse ergonomique de la maquette numérique, elle doit également prendre en compte le point de vue de l'architecte pour éviter les ambiguïtés et gagner en généricité.

Pour rendre plus réutilisable un constat du point de vue de l'architecte, les investigations ont fait surgir (au moins) trois ensembles de conditions :

- définir très précisément la construction des cotes ergonomiques (notamment celles complexes et/ou propres au domaine de l'ergonomie). L'objectif est de lever les ambiguïtés, de rendre mécanique l'extraction des cotes, et de réduire la part d'interprétation de la mesure (qui doit être réservée aux Pilotes Prestations Client dont c'est le métier).
- conceptualiser les « éléments » de la maquette numérique ayant un rôle spatial et fonctionnel, participant à l'ergonomie du véhicule, en se libérant de la liste des pièces physiques pouvant participer à ces ensembles, puis définir la construction des cotes et la mise en place d'éléments ergonomiques par rapport à ces éléments¹. Il est de toute façon illusoire, dans de nombreux cas, d'essayer de lister exhaustivement l'ensemble des pièces qui pourraient « faire » la cote.
- définir les constructions (cotes et éléments ergonomiques à placer) par rapport à des paramètres de référence du projet (points Hx, Har, paramètres connus et fixés tôt dans le projet tel la longueur hors-tout, etc.), qui peuvent être considérés comme des invariants au cours du projet.

Il est à présent nécessaire de signaler que ces investigations ont été menées avec l'idée sous-jacente d'une « automatisation (informatique) » de ces constats, afin de réduire le travail répétitif de l'analyse, en vue de diminuer la charge de travail des architectes. En effet, ces constats constituent chacun une sorte de « grille d'analyse » identique pour plusieurs projets et cette analyse est réalisée dans la maquette numérique. La question d'une possible automatisation informatique de ces constats s'est posée : « *Puisque ces constats peuvent devenir, sous certaines conditions, vraiment réutilisables, n'est-il pas possible d'informatiser ces outils pour que ce soit la machine et non pas l'Homme qui se charge des aspects répétitifs de l'analyse ?* ». Ce projet d'informatisation des constats ergonomiques s'est révélé particulièrement fructueux, comme nous le verrons par la suite.

C'est la recherche de cette automatisation qui a conduit à énoncer ces conditions supplémentaires : augmenter la précision des constructions pour séparer ce qui est informatisable de ce qui ne l'est pas ; mettre un intermédiaire entre les constructions et les pièces de la maquette numérique, en définissant des « rôles ergonomiques » aux éléments de la maquette numérique, afin de s'abstraire de la singularité de chaque projet ; enfin, repérer dans l'espace les constructions par rapport à des « invariants » des projets. Cependant, cette recherche de l'informatisation des constats, ainsi que les conditions qui ont surgit, restent particulièrement liées à l'intégration du point de vue des architectes, artisans de l'extraction des données ergonomiques de la maquette numérique.

3.2.2 Les possibilités de la CAO paramétrée

Le changement de progiciel de CAO de l'entreprise (passage de CATIA V4® à CATIA V5®) constituait une opportunité à saisir pour concevoir et mettre en place de nouveaux outils, car elle impliquait des bouleversements à de nombreux niveaux. En effet la CAO, de par sa portée, ses implications sur les méthodes et raisonnements de conception et de fabrication, est plus qu'un simple outil : elle influence la conception. C'est un élément extrêmement fédérateur pour les concepteurs, car c'est autour des objets fournis par la CAO (les « nums ») que la plus grande partie de la conception se joue. Et notamment dans les phases amont, la maquette numérique « est » la voiture.

¹Un exemple très parlant pour illustrer cette condition : la ligne d'accessibilité. Pour analyser l'accessibilité au véhicule, le métier ergonomie a conceptualisé depuis longtemps la ligne d'accessibilité sur laquelle de nombreuses cotes d'accessibilité s'appuient. Cette ligne est définie dans l'encadré « LE VOCABLE DU MÉTIER ERGONOMIE » page 45.

Enfin, c'est ce passage à CATIA V5® qui a beaucoup alimenté les discussions avec les ingénieurs IAO et les concepteurs à l'origine des initiatives sur l'informatisation des constats ergonomiques.

Le paramétrage, cœur de CATIA V5®

Malgré les dénominations des deux progiciels, le passage de CATIA V4® à CATIA V5® était en fait un changement radical de l'outil CAO, loin d'une simple montée de version, d'un passage de la version 4 à la version 5. L'entreprise passait à un tout autre progiciel qui devait être déployé dans l'entreprise et être intégré, tant par les acteurs que par le système d'information en place (notamment le PDM).

La logique de fonctionnement des deux progiciels est totalement différente. La version 4 permet de dessiner en 3D des pièces (solides et surfaces, ainsi que des éléments filaires), mais sans historique : le produit obtenu est figé. Dans la version 5, comme dans de nombreux autres progiciels de CAO actuels, le paramétrage et la mémorisation de l'historique des manipulations sont devenus le cœur du fonctionnement. Lors de la conception d'un élément, chaque manipulation (création d'un point, d'une droite, d'une surface, d'un solide, ajout ou suppression de matière, etc.) est enregistrée dans un « arbre de conception » et il est toujours possible de modifier les paramètres qui ont conduit à l'élément. Par exemple, si une droite est paramétrée dans l'espace par un point et une direction, la modification des coordonnées du point modifieront le lieu de la droite, mais pas la direction.

De plus, la conservation de l'historique de la conception et le paramétrage ont une autre conséquence : comme un résultat final peut être obtenu par des manipulations très différentes, la façon de construire devient tout aussi pertinente que le résultat, sinon plus. Par exemple, la droite dont nous parlions pourrait être définie et donc paramétrée de nombreuses autres manières : par le passage par deux points dans l'espace, par la normale à un plan et un point, par l'intersection de deux plans. Et ce n'est qu'un exemple très simple, que dire du nombre de possibilités pour obtenir la surface d'une pièce aussi compliquée qu'un tapis d'habitable ou une insonorisation de planche de bord ! Ainsi, cette possibilité de revenir sur les paramètres des objets conçus, s'ils sont conçus et définis par les « bonnes » grandeurs, permet de modifier à moindre frais la conception le cas échéant, comme ajuster le diamètre ou la position d'un trou, l'angle d'un chanfrein, l'intervalle de tolérance d'un jeu, etc.

Ces possibilités d'historisation et de paramétrisation de la conception modifient radicalement la logique de développement des éléments de la maquette numérique. La version 5 de CATIA® offre à la conception en 3D une sorte de dimension temporelle (une « quatrième dimension » ?), supplémentaire, sur laquelle il est possible d'agir.

Le projet de déploiement et d'exploitation de CATIA V5®

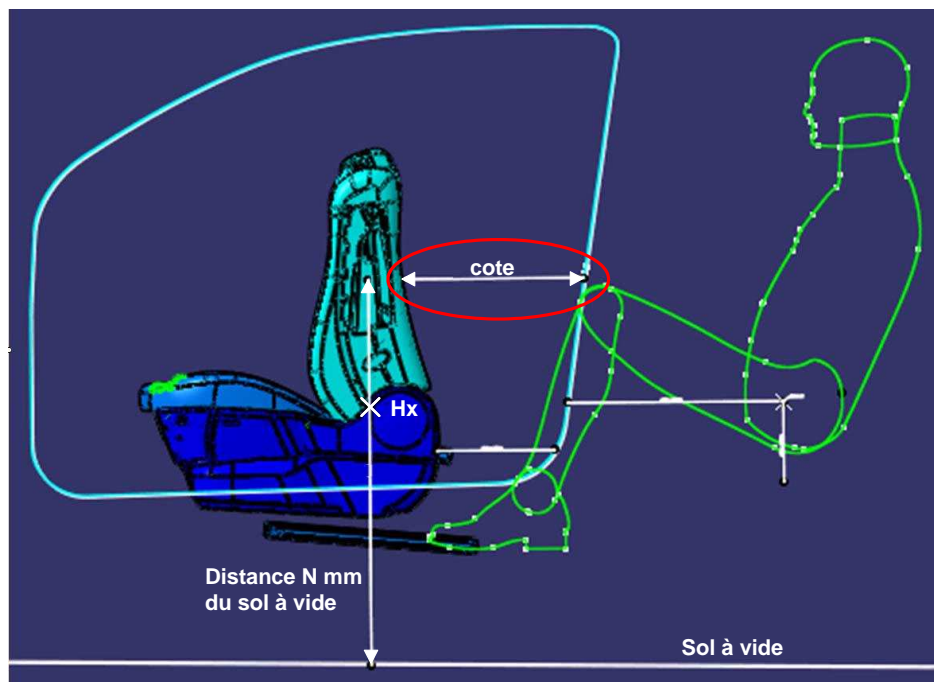
Étant donné les implications du changement de progiciel CAO en terme d'organisation (formation des utilisateurs, adaptation des standards de conception au nouvel outil, compatibilité et cohérence au sein des projets déjà lancés, adaptation des outils en interface avec la CAO, qu'il s'agisse des outils des fournisseurs, des usines, ou autre, notamment le PDM de l'entreprise), le déploiement de CATIA V5® a fait l'objet d'un projet en plusieurs phases, étalées sur plusieurs mois : études préliminaires avec planification des adaptations des outils, déploiement restreint puis déploiement industriel. Le déploiement restreint a notamment commencé avec un projet véhicule, afin de ne pas perturber les projets préalablement en cours utilisant CATIA V4®. Ce qui implique aujourd'hui une cohabitation des deux versions de CATIA® et a des conséquences sur la création de l'outil *constat ergonomique générique*.

DE « L'AMBIGUÏTÉ » DE LA MESURE DES COTES ERGONOMIQUES

La plupart des cotes ergonomiques sont définies en deux dimensions et de telle sorte qu'elles puissent être utilisables à la fois sur des environnements réels (un véhicule de la concurrence) et sur des environnements numériques. La majorité d'entre elles sont regroupées dans le *livret des cotes ergonomiques* qui associe un schéma à chaque cote définie.

Mais la définition d'une cote reste parfois ambiguë, ou plutôt, inachevée, dans le sens où elle ne couvre pas tous les cas de figure (Ce qui amènerait à la complexifier pour des cas de figure qui ne se représenteront peut-être jamais). C'est en fait à l'acteur (celui qui mesure la cote, qu'il soit architecte, ergonome, etc.) de compléter et d'interpréter précisément la manière de prendre la cote, mais cela n'est pas possible lorsque l'on demande la réalisation systématique de cette cote par une machine.

Prenons l'exemple d'une cote d'accessibilité (cf. schéma ci-dessous) aux places arrières, dans un véhicule trois portes. L'objectif de cette cote est d'évaluer la gêne du buste du passager lors de son accès aux places arrières. Cf encadré page 45 pour la définition des termes employés dans cet exemple.



Cette cote est définie de la façon suivante : distance horizontale entre le dossier du siège avant et la ligne d'accessibilité, mesurée dans un plan à N mm du sol à vide.

La définition de cette cote est imprécise :

- le sol à vide étant *incliné* dans le repère véhicule, la hauteur du plan de coupe à N mm du sol à vide n'est pas bien déterminée ;
- la cote s'appuie en fait sur *l'extrémité arrière de la section* (à N mm du sol) du siège.
- la cote se prend dans *un plan Y constant*, et il est donc nécessaire de projeter la section du siège et la ligne d'accessibilité dans un même plan pour mesurer cette cote ;

Dans le *livret des cotes ergonomiques*, un dessin complète la définition, la section à N mm du sol à vide se prend à la verticale du Hx. Moyennant une ou deux interprétations supplémentaires à partir du dessin, un acteur humain peut réaliser la prise de cote. En revanche, il est nécessaire d'être beaucoup plus précis lorsque l'on souhaite « informatiser » la définition de la cote.

L'équipe-projet en charge de la gestion de cette transition était composée de responsables IAO de l'IV et de la DTSI (Direction des Technologies et des Systèmes d'Information) et a travaillé sur les modifications d'organisation induites par le changement d'outils, a planifié les tests et le déploiement, a suivi les projets de modification d'outils périphériques afin d'assurer leur compatibilité, etc.

De plus, dans le cadre du passage à CATIA V5®, l'équipe a lancé un chantier tout à fait nouveau pour l'entreprise, allant bien plus loin que la simple adaptation de procédures et d'outils existants à un nouvel environnement CAO. Il a été proposé aux différents métiers de la conception (métiers de l'architecture, de la caisse assemblée peinte, des systèmes électriques et électroniques, etc.) de créer de nouveaux outils métier, basés sur la technologie du *modèle générique* (knowledge template) proposé par CATIA V5®, avant même que ces métiers ne commencent à utiliser CATIA V5® sur un projet. Ce chantier visait à utiliser au mieux les possibilités du progiciel dès les premiers déploiements et les premières utilisations en projet. Il permettait de plus aux acteurs projets de se familiariser avec le nouveau progiciel et de découvrir la logique de fonctionnement et les possibilités offertes.

Enfin, c'est ce chantier en particulier qui a permis de faire émerger l'idée, émise par les architectes, d'une possible automatisation, et de ses conditions de réalisation, de par les nombreuses discussions et débats, avec les experts CAO de la DTSI, avec les architectes, sur la réalisation des constats demandés par les Pilotes Prestations Client ergonomie.

L'outil *modèle générique*

Parmi les outils proposés par CATIA V5®, le modèle générique permet de capturer et mémoriser des méthodologies de conception à travers l'encapsulation² de celles-ci, dans leur contexte d'utilisation, à l'intérieur d'un objet CAO [Dassault-Systèmes, 2003]. Par contexte d'utilisation, nous entendons l'environnement CAO (Pièces, assemblages) dans lequel la méthodologie est appliquée.

Un modèle générique est constitué d'un (pour un modèle constitué d'un seul « produit » pouvant néanmoins contenir plusieurs pièces) ou plusieurs fichiers (pour un modèle basé sur un assemblage de « produits ») CAO. Il contient des éléments CAO auxquels sont associés des connaissances formalisées via :

- des formules et règles de paramétrage des éléments (Par exemple, tel paramètre est proportionnel à tel autre) ;
- des tables de paramétrage, permettant de définir des alternatives de composants ;
- des vérificateurs de la cohérence de composants vis à vis de règles métier ;
- éventuellement des optimisations, qui permettent d'optimiser des composants (Par exemple, imposer à deux composants d'entrer en contact sans connaître précisément la taille des deux composants ni le lieu des points de contact) ;
- éventuellement des réactions, permettant d'attribuer un comportement au modèle générique ;
- éventuellement des jeux d'équations et d'inéquations.

Ces éléments seront détaillés lors de la présentation générale du *constat ergonomique générique* en fin de chapitre.

Le modèle générique est apparu comme le support le mieux adapté à l'automatisation/informatisation des constats ergonomiques demandés par les Pilotes Prestations Client ergonomie : un modèle générique permet d'encapsuler un ensemble de procédures (comme la mesure d'une cote, la mise en contact de deux éléments, etc.) autour d'un environnement générique (par exemple, l'environnement générique d'un cadre de porte pour l'analyse de l'accessibilité au véhicule, l'environnement

² Terme emprunté au langage de programmation objet, signifiant ici regroupement/combinaison d'éléments pour créer une nouvelle entité indépendante et réutilisable, mais qui ne laisse pas nécessairement accès directement à tous les éléments la composant. Comme en programmation orientée objet, l'entité nouvelle est vue plus ou moins comme une boîte noire ayant certaines propriétés et ayant un comportement spécifié, suivant le degré d'accès à ses composants.

générique d'un levier de vitesse, etc.) en faisant de cet ensemble un tout cohérent (comme un constat ergonomique est un tout cohérent par rapport à l'analyse d'une prestation ou d'une sous-prestation). Il autorise également la sortie (1) de « rapports » présentant les valeurs atteintes par certaines variables, les paramètres entrés, etc. et (2) de plans et vues de l'environnement étudié.

Le modèle générique peut ensuite être *instancié* sur un environnement issu d'un projet effectif, c'est-à-dire que chaque élément « générique » de l'environnement « générique » est remplacé par l'élément « réel » du projet « réel » jouant le même rôle. Les procédures, les sorties du modèle (plans, rapports, etc.) sont paramétrées, s'ajustent alors à ce nouvel environnement.

3.2.3 La phase de prototypage

Le modèle générique semblait le support le mieux adapté, mais encore fallait-il transformer cette impression en certitude, avant de lancer un projet de « développement » de constats ergonomiques génériques. C'est pourquoi une phase de prototypage a au préalable été lancée. Cette phase de prototypage comprenait deux constats, relativement simples mais représentatifs des types de demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie :

- le constat d'accessibilité aux places avant, en vue latérale uniquement ;
- le constat de garde au levier de vitesse, en vue latérale uniquement.

C'est à l'occasion de cette phase de prototypage que s'est organisé et mis en place le processus plus général de développement de constats ergonomiques génériques, dont une version « idéale » sera présentée au paragraphe 3.3.1 ci-après (page 82).

Dans les sous-paragrophes suivants, nous décrivons simplement les *constats ergonomiques* tels qu'ils ont été exprimés par les Pilotes Prestations Client ergonomie, et leur transposition en *constats ergonomiques génériques*, par le biais du support informatique et CAO des modèles génériques de CATIA V5®.

Accessibilité aux places avant - vue latérale

Le souhait des Pilotes Prestations Client ergonomie, pour ce constat, était d'obtenir les grandes cotes d'accessibilité aux places avant du véhicule, ainsi que trois vues de l'entrée de porte. Ces cotes et visuels font notamment intervenir les objets ergonomiques suivants : (1) la ligne d'accessibilité, qui est la ligne (courbe gauche fermée) la plus intérieure du cadre de porte, prenant en compte tous les obstacles possibles ; (2) la ligne de sol à vide et (3) un mannequin H50. Les objets ergonomiques sont projetés dans un plan XZ, dans lequel sont effectués les mesures des cotes et les mises en place du mannequin. L'objectif de ce constat est de vérifier les dimensions, dans une perspective latérale, de passage des segments corporels. Ce constat ergonomique est résumé sur la figure 3.2.

Le constat ergonomique générique correspondant reprend chaque procédure de mesure de cote, ainsi que les procédures ergonomiques de mise en place d'éléments (pied en position ergonomique de sortie du véhicule, etc.). Il fournit en sortie un plan, faisant figurer l'ensemble des cotes et vues demandées par les Pilotes Prestations Client ergonomie, et rappelant les paramètres d'instanciation du constat (date de l'instanciation, paramètres de positionnement du mannequin, etc.). Il fournit également en sortie un fichier texte rappelant ces paramètres ainsi que les valeurs des cotes. Ce fichier peut être interprété comme une table de base de données et peut donc servir à remplir de façon automatique le tableau de bord des Pilotes Prestations Client ergonomie (tableau récapitulatif des principales cotes d'ergonomie, pour chaque jalon d'un projet).

La figure 3.3 présente une vue du constat ergonomique générique « accessibilité aux places avant, vue latérale », dans sa version 3D sous CATIA V5®. La ligne d'accessibilité, qui est une courbe 3D, est effectivement projetée dans un plan XZ, ainsi que la ligne de sol à vide. Le mannequin est

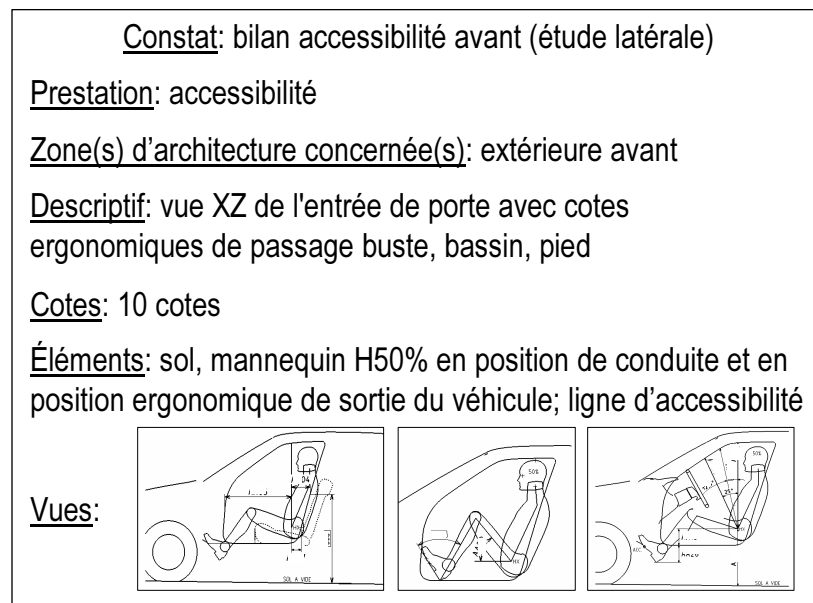


FIG. 3.2 – Schématisation du constat ergonomique « accessibilité aux places avant, vue latérale »

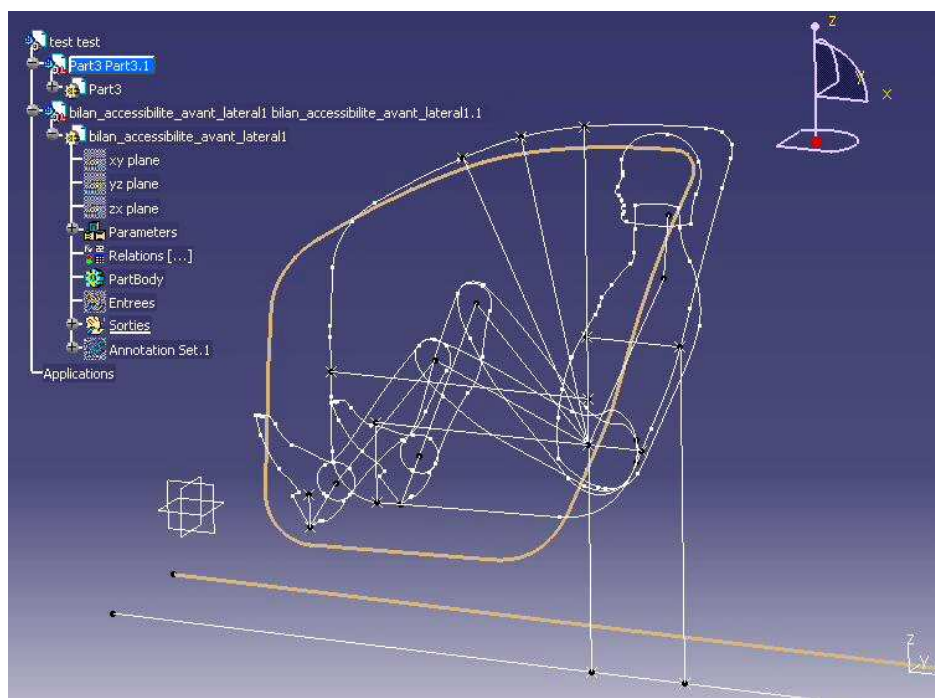


FIG. 3.3 – Copie d'écran du constat ergonomique générique « accessibilité aux places avant, vue latérale »

positionné dans ce plan, et les cotes y sont mesurées. Un plan et un rapport (non représentés ici) complètent le constat. Les paramètres de positionnement du mannequin figurent dans l'arbre de conception, situé à gauche sur la figure.

Garde autour du levier de vitesse

Le souhait des Pilotes Prestations Client ergonomie, pour ce constat, était de générer automatiquement divers types de gardes (correspondant à des homothéties de surfaces) autour d'un ensemble formé par l'union de toutes les positions possibles du levier de vitesse, puis de réaliser des sections dans des plans XZ à différentes valeurs de Y du repère véhicule. L'objectif du constat est de vérifier qu'aucun obstacle n'interfère avec ces gardes, qui marquent les frontières des volumes balayés par la main du conducteur sur le pommeau de vitesse, lors des opérations de changement de vitesse.

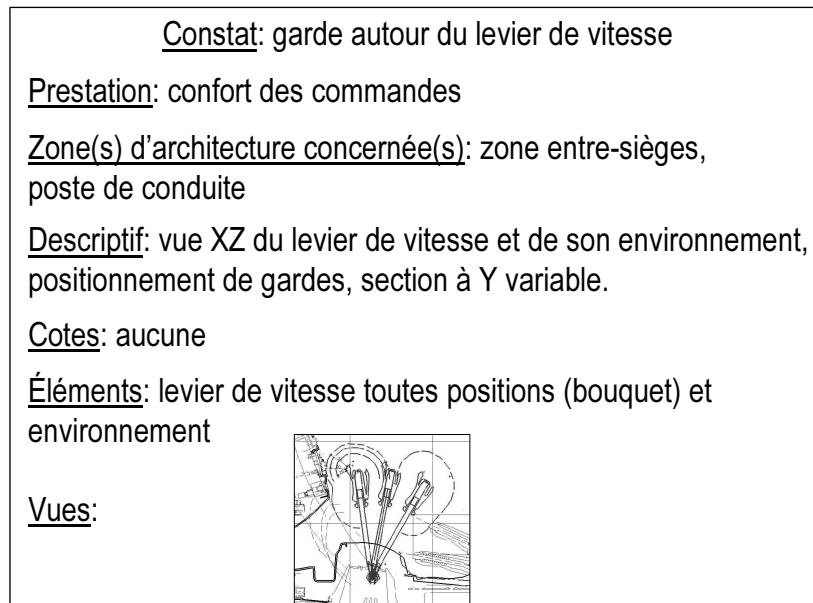


FIG. 3.4 – Schématisation du constat ergonomique « garde au levier de vitesse, vue latérale »

La figure 3.5 présente une vue de ce constat, dans sa version modélisée dans CATIA V5®. Le constat ergonomique générique correspondant génère automatiquement les gardes souhaitées, autour d'un « bouquet » de leviers de vitesse (les numérisations du pommeau de vitesse dans toutes ses positions sont rassemblées dans un même fichier). Il produit également un plan de section XZ à la valeur Y souhaitée, qui permet de visualiser précisément les interférences. Le plan de section apparaît sur la figure, symbolisé par un quadrilatère centré sur un point, au niveau de la surface de garde entourant le bouquet de leviers de vitesses.

3.3 La conception des constats ergonomiques génériques

3.3.1 Le processus général

Le processus de conception des constats ergonomiques génériques s'est inscrit dans le cadre du déploiement de CATIA V5® et, plus précisément, dans le canevas de conception et d'industrialisation des modèles génériques. Cependant, il a été adapté aux particularités que présentait l'informatisation de constats ergonomiques : objets d'évaluation et non de conception, ils ont deux clients finaux, les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, dont les attendus sont très différents. En effet, si les Pilotes Prestations Client ergonomie sont les instigateurs de la conception de constats ergonomiques, et sont les clients finaux des résultats de l'instanciation de ces constats, ils ne sont

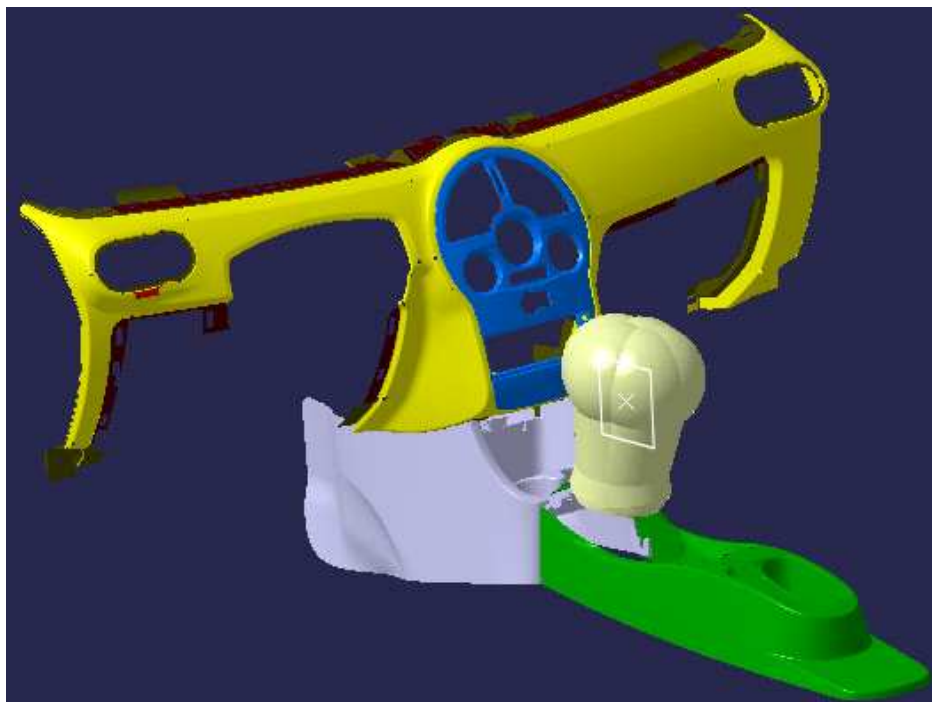


FIG. 3.5 – Copie d'écran du constat ergonomique « garde au levier de vitesse, vue latérale »

en quelque sorte que des utilisateurs secondaires (cf. page 16) de leur version informatisée. Ils utilisent les constats ergonomiques génériques presque exclusivement par l'intermédiaire de tiers, les architectes, qui en sont les utilisateurs primaires.

L'ensemble du processus de conception des constats ergonomiques génériques a été suivi et piloté par un médiateur (que l'on peut qualifier d'acteur d'interface), qui assurait la continuité des demandes de chaque protagoniste, et les représentait lorsqu'ils ne pouvaient pas assister aux réunions. Le processus s'est inscrit dans le cadre du développement de modèles génériques pour l'Ingénierie Véhicule (IV) dont leur déroulement (planning, documents de référence, etc.) était précisément déterminé.

L'identification des besoins

Le processus commence très ordinairement avec l'identification des besoins de l'ergonomie. Chaque demande est organisée autour d'un constat ergonomique, pour lequel il est nécessaire de préciser certains éléments, ainsi que cela a été mentionné précédemment.

Notamment, les éléments suivants sont explicités :

- la zone d'architecture concernée, mais surtout, les éléments de la voiture intervenant dans le constat ;
- les procédures et règles de positionnement des éléments ergonomiques (mannequins, gardes, abaques, etc.) ;
- les procédures de mesure des cotes ;
- les vues et rapports souhaités en sortie de l'instanciation du constat automatisé.

Cette première partie du processus ne fait intervenir que les Pilotes Prestations Client ergonomie et/ou le métier ergonomie (ainsi que le médiateur, qui recueille puis synthétise les besoins des personnes ne pouvant pas assister aux réunions programmées), et conduit à un premier document appelé

« expression partielle des besoins ». Ce document est une sorte de cahier des charges fonctionnel, en ce sens qu'il précise les éléments de départ (les entrées : environnement, éléments ergonomiques) et les éléments finaux (les sorties : cotes, vues, rapports, etc.), en précisant les méthodologies formelles pour passer des entrées aux sorties, mais sans aucunement suggérer ni imposer de mécanisme informatique permettant de réaliser ces méthodologies.

Ce premier document est diffusé aux ergonomes et aux architectes pour validation et/ou consolidation, ainsi qu'au spécialiste informatique, de la DTSI, en charge des développements CAO. Les architectes vont notamment apporter une information essentielle pour la spécification des constats ergonomiques génériques : ils vont préciser la nature des éléments de la maquette numérique qui constituent l'environnement dans lequel s'applique le constat. Préciser la nature des éléments signifie simplement indiquer la forme sous laquelle ils sont représentés en CAO : sont-ils des corps volumiques pleins (des « solides »), des surfaces, des éléments filaires (lignes, courbes, points) ? Cette définition est à la fois indispensable pour le fonctionnement de l'outil modèle générique – car le remplacement des éléments génériques par des éléments du projet ne peut s'effectuer que si les éléments sont de même nature – et très délicat à définir par l'architecte – car la nature des éléments peut évoluer au cours d'un projet ou entre différents projets³.

La phase de réglage et d'élaboration de la maquette

À l'issue (voire en parallèle) de cette diffusion, les travaux de réalisation du modèle générique commencent : l'« expression de besoins partielle » est discutée et précisée (notamment avec les apports des architectes) avec le développeur CAO, une description du processus de réalisation du constat « à la main » est détaillée, et dans le même temps est lancée la réalisation d'une première maquette du constat, sur la base du document et des discussions engagées. La maquette correspond à une réalisation simplifiée du constat informatisé, dans laquelle par exemple tous les plans ne sont pas complets, certaines cotes ne sont pas mesurées, etc. et permet de se figurer la forme et les fonctionnalités du constat achevé. En fait, la maquette est une sorte de constat ergonomique générique inachevé, incomplet, *en devenir*, puisque la maquette, une fois achevée, deviendra le constat ergonomique générique attendu⁴.

Les discussions ont pour but de mettre au même niveau de compréhension l'ensemble des parties prenantes, notamment le développeur CAO qui ne connaît pas les spécificités de l'ergonomie et de l'architecture des projet véhicule. Elles ont pour double objectif de créer un « référentiel opératif commun » sur ce projet, et de conduire à la production d'un second document, l'« expression de besoins finalisée ». Ce second document fait office de contrat portant sur les fonctionnalités qui seront offertes par le modèle générique (son « utilité »), mais pas sur son fonctionnement propre (son « utilisabilité »).

Lors de la présentation de la maquette, les architectes se concentrent plus particulièrement sur le fonctionnement du constat ergonomique générique (manipulations, temps de chargement, etc.), alors que les Pilotes Prestations Client ergonomie s'intéressent surtout à la forme que prennent les sorties du modèle générique, mais également au respect des méthodologies et procédures encapsulées dans l'outil.

De fait, on remarque ici que les discussions ne s'engagent jamais aussi bien que lors de la présentation de la maquette, alors qu'elle ne devient disponible généralement qu'en même temps qu'est finalisé ce second document.

³une pièce surfacique peut n'être définie que par quelques courbes, précisées en des sections particulières, en début de projet ; ou bien un élément volumique peut n'être à certains moments représenté que par une surface-enveloppe.

⁴L'objet final n'est en réalité que le prolongement d'un prototype, c'est l'un des paradoxes de la conception d'objets virtuels.

La phase de recette

Le processus de conception du modèle générique se conclut officiellement par une étape particulière, dite de « recette », lors de laquelle le constat ergonomique est testé sur des données de test, afin de valider qu'il respecte les attendus (en terme d'entrées/sortie et de respect des méthodologies ergonomiques) exprimés dans l'« expression de besoins finalisée ».

Si le constat ergonomique respecte les attendus, la recette est donc validée, et le constat est « remis » au métier ergonomie (qui est le garant des outils utilisés par les Pilotes Prestations Client ergonomie) par la DTSI. Pratiquement, il est mis à disposition dans le système d'information CAO de l'entreprise, dans un répertoire temporaire sur un serveur dédié, avant d'être transféré dans le PDM suivant une hiérarchie de classement que le métier et les Pilotes Prestations Client ergonomie doivent définir. S'il ne respecte pas les attendus, une nouvelle recette sera organisée lorsque le modèle aura été corrigé.

Les itérations suivantes

En fait, la recette n'a que rarement marqué la finalisation du processus de conception des constats ergonomiques génériques. Les acteurs concernés n'assistant pas toujours régulièrement aux réunions de présentation de la maquette ou de mise au point de l'« expression de besoins finalisée », la recette permet de les réunir autour de l'objet. A de rares exceptions près, les constats ergonomiques génériques répondaient aux exigences lors des recettes. Simplement, une fois les exigences et les attentes des divers protagonistes « matérialisées » en un objet manipulable, de nouvelles idées, propositions, perspectives, etc. émergeaient. Parfois, ces idées, propositions, perspectives se révélaient tout simplement aussi essentielles – aux yeux des utilisateurs – que l'ensemble des besoins précédemment exprimés. Elles n'avaient simplement pas percé auparavant, pour de nombreuses raisons : difficulté de se représenter le fonctionnement de l'objet, découverte de nouvelles fonctionnalités de la CAO, etc. D'autant plus que lors de la recette l'objet présenté était complet, et ne réclamait pas d'effort d'imagination pour compléter les fonctionnalités tronquées de la maquette. Ou bien encore, parfois, une erreur de définition, correspondant à une définition erronée ou inadaptée au contexte, ayant malencontreusement échappé aux différents protagonistes et inscrite dans l'« expression de besoins finalisée », était détectée lors de la recette.

L'ensemble des points soulevés lors de la recette impliquaient généralement une évolution de l'objet. Et l'on s'est aperçu qu'après la recette commençait en réalité la véritable phase de mise au point, de réglage fin de l'objet. Les modifications étaient généralement marginales par rapport au fonctionnement global du constat ergonomique générique, mais n'étaient pas sans importance, bien au contraire. Ces itérations, non prévues (Une procédure de demande d'évolution des modèles génériques est prévue dans le cadre de l'exploitation de CATIA V5® dans l'entreprise, mais plus dans une optique de maintenance des modèles que de mise au point et de rectification immédiatement après la phase de conception !), ont pourtant été essentielles à l'appropriation des constats ergonomiques génériques par les différentes parties prenantes.

3.3.2 Quelques attributs du processus de conception des constats génériques

La conception de ces modèles CAO, les *constats ergonomiques génériques* a fait intervenir dans le processus les utilisateurs finaux, architectes comme Pilotes Prestations Client. Le chantier de développement des modèles génériques reposait quasi entièrement sur cette intervention. Imposé par la direction de l'Ingénierie Véhicule, et piloté par la DTSI, le chantier de développement de modèles génériques reposait sur deux principes : l'implication (libre) des experts de l'Ingénierie Véhicule, mais un planning non négociable une fois le projet validé et donc lancé. Ces experts étaient sollicités pour

standardiser des éléments de leur métier, en les intégrant dans des modèles génériques. Ils restaient cependant libres de faire développer les modèles qu'ils jugeaient nécessaires et/ou intéressants⁵. Le planning de développement comportait des délais impératifs, afin de prévenir des dérives dans les développements.

Deux facteurs ont de fait enclenché un cercle vertueux de participation aux développements des constats ergonomiques génériques : la transcription des demandes d'analyse ergonomique dans un outil (et un langage) parlant pour les architectes ; et de là, l'appréhension de l'intérêt qu'ils pourraient retirer de leur implication dans le projet, et leur motivation. Ces caractéristiques sont décrites plus précisément ci-après.

Un processus de conception organisé autour de la participation des utilisateurs

Comme cela a été indiqué précédemment, le processus de conception des constats ergonomiques génériques a été fondamentalement organisé autour de la participation des utilisateurs, et de leurs besoins, origine même des développements. La réussite des conceptions résidait a priori dans l'implication forte des clients, étant donné qu'aucune étude préalable ne définissait les attendus et que le principe reposait sur l'enregistrement et la mise en forme de connaissances et savoir-faire d'experts dans des modèles de CAO. Toutes les phases, du recueil du besoin à la livraison du produit, tenaient dans un planning serré de deux à quatre mois. Cette participation était plus aisée à mettre en place que dans un projet de plus grande complexité, car les clients étaient parfaitement définis, et ils étaient beaucoup plus proches – physiquement, mais aussi d'un point de vue relationnel – des concepteurs (les experts de la DTSI) de ce projet informatique, que ne le sont les clients des concepteurs d'un projet automobile. Toutefois, la participation n'a pas été constante, parce que ces développements se superposaient à l'activité normale, et la présence d'un intermédiaire (représentant des clients !) tout au long du processus a influencé négativement le taux de participation aux réunions (autres que la recette). Cela explique les problèmes découverts lors de cette phase de recette, et les nécessaires itérations suivantes pour « mettre au point » l'objet.

Cependant, ce n'est pas ce principe – l'intervention des utilisateurs – qui a été prépondérant dans le succès ou les difficultés du processus dans le cas de la conception des constats ergonomiques génériques. En effet, le contexte était particulier : deux types de clients, aux souhaits et aux « regards professionnels » très différents. De plus, les Pilotes Prestations Client ergonomie ne maîtrisaient pas l'outil CAO, entraînant des demandes parfois infaisables. La conception des modèles génériques reposait sur l'enregistrement et l'organisation de connaissances et savoir-faire d'experts dans des modèles de CAO : la répartition de ces connaissances et savoir-faire sur deux types d'acteurs, appartenant à des communautés de pratiques relativement éloignées, ne facilitait pas leur développement.

Ce qui a vraiment été prépondérant dans la réussite du développement d'un modèle, par rapport à un autre, c'est l'inter-compréhension des contraintes et des besoins des uns et des autres, Pilotes Prestations Client ergonomie, architectes, développeurs, car elle menait à un consensus. La participation aux réunions a juste favorisé cette inter-compréhension. La maquette a été un support autrement plus parlant : même présentée successivement aux uns puis aux autres, elle permettait de faire la synthèse des attentes. Et présentée en même temps, elle permettait d'ouvrir les débats.

Un processus marqué par les problématiques de la CAO

L'informatisation des demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie a permis d'impliquer les architectes dans ce projet. Tout d'abord, cette informatisation impliquait une levée des ambiguïtés dans la définition des cotes et mise en place d'éléments d'ergonomie dans la maquette numérique.

⁵La seule justification exigée était la preuve de la rentabilité du modèle par rapport au processus IAO sans ce modèle.

L'informatique ne sait pas interpréter les mesures ! Les procédures informatiques sont nécessairement méthodiques et complètes. Les données d'entrée sont précises. Cela a permis de mettre à jour certaines difficultés éprouvées par les architectes. D'autre part, le passage à une définition des demandes dans un modèle de CAO était beaucoup plus proche de l'« object world » des architectes que la version papier. Les architectes se sentaient plus à l'aise avec un modèle CAO, et les contraintes de leur outil de travail (problèmes de plantage des stations, délais d'exécution des procédures ou de mise à jour des éléments, etc.) étaient non seulement mises en évidence, mais également partagées par les Pilotes Prestations Client ergonomie, par le biais des constats ergonomiques génériques !

L'intégration des demandes (standardisées) de l'ergonomie dans l'univers des architectes a été très fructueuse. Elle a permis à ces derniers de s'exprimer sur les demandes qui leur étaient faites, et de mettre en évidence la charge que celles-ci représentaient. Cela leur a permis également de redéfinir les frontières de leur intervention : grâce à ces modèles, ils ne sont plus responsables de la mise en œuvre des procédures typiquement ergonomiques, mais peuvent se concentrer sur leur périmètre de responsabilité : la qualité de la maquette numérique.

Ceci n'a pu se produire que parce que l'automatisation des constats ergonomiques représentait une véritable plus-value dans leur travail, dont ils ont pris conscience grâce aux deux prototypes réalisés. Non seulement ces modèles CAO pouvaient alléger leur charge de travail lors du passage des jalons projet, mais ils permettaient aussi de faire des pré-analyses entre les jalons. L'automatisation des constats s'en est trouvée renforcée et a été également poussée par la communauté des architectes.

Un processus porté par le rapprochement des expériences et des savoirs

Les déclarations précédentes le mettent en lumière : le processus de conception a été porté par le rapprochement des Pilotes Prestations Client ergonomie et des architectes. Il aurait pu être négligé par les architectes : la réalisation des évaluations de l'ergonomie du projet véhicule est de la responsabilité des Pilotes Prestations Client ergonomie et la participation à ce projet de développement de constats ergonomiques génériques exigeait encore d'accorder du temps à une activité qui ne participait pas directement à la réalisation de leurs objectifs. Il aurait également pu être délaissé par les Pilotes Prestations Client ergonomie, tant l'univers CAO leur est peu naturel. Mais la motivation des uns et des autres l'a emporté sur ces considérations. L'inter-compréhension qui s'est créée entre les deux parties prenantes n'est pas étrangère à cette motivation.

Ce problème de l'inter-compréhension des savoirs en ingénierie collaborative a été soulevé par [Leclair et Luzi, 1997]. En effet, dans ce type de conception, les interactions sont nombreuses et les savoirs et savoir-faire s'entrecroisent sans qu'aucun acteur ne soit, la plupart du temps, prédominant ni en mesure d'imposer son point de vue. C'est le régime des prescriptions réciproques⁶ de [Hatchuel *et al.*, 2002], où l'inter-compréhension des problématiques et des contraintes de chaque acteur, se posant au niveau des interfaces, est essentielle. P. Leclair et F. Luzi présentent trois types de dispositifs permettant de *favoriser* (et non d'*assurer*) cette inter-compréhension des savoirs.

D'une part, les dispositifs formels de capitalisation et de transfert des savoirs peuvent contribuer à des apprentissages croisés. La Base Documentaire de l'Ergonomie (Voir encadré « LA BASE DOCUMENTAIRE DE L'ERGONOMIE » page 57) est un dispositif de ce type. Mais dans le cadre de l'inter-compréhension entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, elle ne joue qu'un rôle mineur. Comme l'expliquent les auteurs, ce genre de dispositif n'est généralement pas assez « opérationnel » (direct, rapide, pour répondre à une question, éclairer un point ambigu) dans les temporalités très contraintes des projets.

⁶Prescriptions réciproques : ensemble des préconisations échangées par les acteurs, visant à rendre compatibles leurs interactions, mais sans que personne n'ait autorité sur les autres.

D'autre part, les dispositifs de rapprochement physique des acteurs, et de densification de leur réseau d'information peuvent être mis en place. Ainsi, le processus de conception des constats ergonomiques, sans que ce soit programmé, a participé à ces deux mécanismes, de façon fortuite pourrait-on dire. Le processus a rapproché physiquement les acteurs, mais ils sont, dans le cadre de leur activité professionnelle, déjà fréquemment en contact. Quelle était la différence ici ? Le contexte de leurs relations était, dans ce cadre, assez différent du contexte habituel : lors du processus de conception des constats ergonomiques génériques, ils étaient tous deux clients de la conception, alors qu'ordinairement, les Pilotes Prestations Client ergonomie sont plutôt clients (ou « appréciateurs ») de la conception réalisée par les architectes. De plus, les débats autour de la définition des cotes et des procédures ergonomiques avaient pour support l'informatisation des constats ergonomiques. Les Pilotes Prestations Client ergonomie ont été directement impliqués dans les problématiques de la conception numérique et des outils CAO associés.

3.3.3 Conclusions sur le processus de conception des constats ergonomiques génériques

Le processus de conception a en lui-même apporté des avancées dans la problématique de partage d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. Organisé autour de la participation des acteurs, et marqué par les problématiques de la CAO, familières aux architectes, il a permis un rapprochement des acteurs et a favorisé une meilleure compréhension des contraintes de chaque protagoniste. Il a également montré que, pour mettre en place une représentation partagée de la situation (un « espace opératif commun »), le rapprochement physique est nécessaire mais n'est pas suffisant, ou du moins n'est pas le seul facteur y contribuant. Le travail de conception d'un objet partagé, ici le constat ergonomique générique, faisait sens pour chaque interlocuteur, mais surtout a été mené en commun, dans le cadre de relations de prescriptions réciproques et non unilatérales comme dans leurs relations habituelles, où le Pilote Prestations Client ergonomie « évalue » et « valide » la conception dont sont responsables les architectes.

Revenons sur l'idée de cercle vertueux. Ce processus de conception de nouveaux outils de l'ergonomie mais partagés avec les architectes, est en fait imbriqué dans tout un réseau, bien plus vaste, de processus et de relations communs aux Pilotes Prestations Client ergonomie et aux architectes. Ce processus, en plus et indépendamment de son objectif principal (la création de nouveaux outils de conception collaborative), a contribué à améliorer l'inter-compréhension des deux protagonistes et a donc participé à la construction, sans cesse renouvelée, de l'espace (ou référentiel) opératif commun de ceux-ci. Ce qui contribue alors à améliorer le processus de conception décrit précédemment et ses « produits » : les constats ergonomiques génériques. Le cercle vertueux a été enclenché ici lorsque chaque protagoniste a perçu précisément les plus-values qu'il pouvait tirer de la coopération. Cette perception a été favorisée par le fait qu'ils étaient tous deux dans la même position face à la conception (en position de client/utilisateur) et par le fait que les représentations étaient parlantes pour chaque partie.

La mise en abyme évoquée précédemment est également éclairante. Les constats ergonomiques génériques participent au mouvement de création d'outils de conception collaborative, visant à aider l'intégration du point de vue du client (via, ici l'intégration du point de vue d'un métier, l'ergonomie) dans la conception de produits complexes, en ingénierie concourante. Mais la création de ces outils émerge également d'un processus de conception, collaborative qui plus est, et dans lequel l'intégration du point de vue des clients est essentielle. Cette mise en abyme illustre que même à un niveau de complexité moindre que ceux évoqués dans le premier chapitre, les ingrédients de cette intégration restent les mêmes :

- équilibre entre les tendances cartésiennes et les tendances systémiques : le processus de conception des constats ergonomiques était parfaitement planifié, calibré, chaque étape était parfaitement définie. Et les objets à concevoir restaient d'une complexité tout à fait maîtrisable (pour la plupart). Cela n'a pas pu empêcher, même lorsque l'implication des participants était substantielle, de faire émerger des besoins bien après l'achèvement de phase de recueil des besoins (d'où les itérations supplémentaires) ;
- couverture des différentes étapes du processus de conception : le processus a montré l'importance de couvrir l'ensemble des phases de conception, et de ne pas s'arrêter aux phases de définition des attentes.
- degré d'implication/intervention du client dans la conception : qu'elle ait été directe ou indirecte (par le biais du médiateur), l'implication forte du client dans la conception des constats ergonomiques génériques a positivement influencé le développement d'un produit adapté aux demandes, ou, plus modestement, un produit compris et admis (dans sa forme et ses fonctionnalités) par ses utilisateurs. Lorsque l'implication a faibli (réunions manquées, informations non ou mal transmises au médiateur, etc.), cela s'est ressenti lors de la phase de recette.
- prise en compte des trois actions : capturer, traduire, intégrer. Le processus de conception des constats ergonomiques génériques a montré que, s'il réunissait effectivement ces trois actions, l'enchaînement de ce cycle était nécessairement itératif, sous peine de manquer un besoin exprimé tardivement.

Enfin, un dernier point mérite d'être soulevé. Il est possible de considérer, si l'on adopte un point de vue macroscopique sur l'organisation de l'entreprise, que le passage de demandes d'information, peu formalisées, à des « constats ergonomiques génériques » procède du principe mis en évidence par [Subrahmanian *et al.*, 2003] : les objets intermédiaires de la conception sont affectés par les (ou bien sont le reflet des) changements qui interviennent à l'intérieur ou l'extérieur d'une entreprise : ici, par exemple, le passage à CATIA V5® comme logiciel de CAO a contribué à cette transformation, de façon presque directe puisque ce changement de logiciel a directement influencé le support des échanges d'information.

3.4 Le concept de constat ergonomique générique

Ce paragraphe présente une description fine du constat ergonomique générique, sous plusieurs angles d'approche différents : le constat ergonomique générique comme un patron d'analyse générique de l'ergonomie du véhicule numérique ; le constat ergonomique comme support d'un nouveau mécanisme de coordination entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes ; le constat ergonomique comme scénario d'usage ergonomique adapté au véhicule sous forme numérique. Il présente également l'intégration du constat ergonomique générique dans un modèle conceptuel global d'analyse de l'ergonomie de la maquette numérique.

3.4.1 Un patron d'analyse de l'ergonomie du véhicule au numérique

Le constat ergonomique générique constitue, par construction même, un patron d'analyse ergonomique du véhicule. Chaque constat s'applique, tel un patron, sur une zone déterminée du véhicule, et concerne une prestation ergonomique particulière. Il fournit, pour cette prestation, une analyse de la zone du véhicule d'un point de vue ergonomique. Il est dit générique parce qu'adaptable à de nombreux projets véhicule, et pas seulement à un même projet au long de son développement.

Le constat ergonomique générique se définit fonctionnellement par rapport à trois types d'informations :

Des éléments d'entrée : ils comprennent des objets (des « nums ») issus directement (comme des éléments de construction : panneau de porte, assise de siège, éléments du tableau de bord, etc.) ou indirectement (comme une ligne d'accessibilité) de la maquette numérique, c'est-à-dire un environnement numérique 3D. Ils comprennent également des paramètres (coordonnées de points particuliers, dimensions particulières du véhicule, etc.).

Des éléments, opérations et règles encapsulés : ces items englobent d'une part des objets d'ergonomie (mannequins, surfaces-enveloppes) qui se positionnent par rapport aux éléments d'entrée, via des règles encapsulées dans le modèle (Par exemple, des contraintes de contact, de parallélisme, de distance, angulaires, etc.). D'autre part, ils comprennent des opérations entre objets – extérieurs comme encapsulés – notamment des mesures (de cotes, de jeu, d'interférence), des constructions et des procédures d'optimisation, contraintes par des règles (par exemple, amener deux éléments en contact sans savoir par avance quels points des deux éléments seront finalement en contact). Ils contiennent enfin souvent des mises en plan définies par des règles particulières.

Des éléments de sortie : ils comprennent au moins un environnement numérique 3D « analysé », c'est-à-dire faisant figurer les éléments ergonomiques positionnés par rapport aux éléments d'entrée, ainsi que les résultats des opérations réalisées dans le constat ergonomique générique. Ils contiennent généralement des plans et/ou des rapports résumant les valeurs atteintes par les cotes mesurées et les paramètres d'entrée utilisés lors de l'instanciation du constat. Il est important de remarquer que l'environnement 3D est entièrement accessible, notamment les règles ayant été appliquées pour la mesure des cotes. Cependant, ces règles sont « masquées » (mais pas effacées) afin de simplifier l'affichage.

Cette énumération permet de préciser les projets auxquels un constat ergonomique générique est adaptable : il est adaptable à tous les projets véhicule dont les éléments à analyser correspondent à l'ensemble des données d'entrées nécessaires au constat ergonomique.

Cependant, le format des éléments d'entrée est contraint du fait du support (l'outil *modèle générique*) adopté pour le constat ergonomique générique. En effet, comme cela a été signalé précédemment (paragraphe 3.3.1 page 84), les éléments numériques dits « d'entrée » préexistent dans le modèle générique, comme faisant partie d'un environnement générique. Ils seront remplacés lors de l'instanciation par les éléments d'entrées, pour former l'environnement d'analyse. Or ce remplacement ne se fait qu'entre éléments de même format (solide : volume plein, surface, courbe, ligne, point). Cette contrainte est dictée par le support, mais peut se comprendre d'un point de vue informatique : une surface n'a pas les mêmes propriétés qu'une courbe ou qu'un élément volumique plein. Cependant, il existe des situations où les propriétés mises en jeu ne sont pas significatives pour l'opération demandée (par exemple, une mesure de distance se définit de la même façon entre une surface et un élément volumique, entre deux surfaces ou deux « solides »). Cette contrainte impose donc aux architectes de « préparer » les éléments d'entrée du constat ergonomique générique, pour leur donner le « bon » format lorsque ce n'est pas le cas (les définitions des pièces de la maquette numérique évoluent au long des projets, et suivant les besoins des acteurs).

Le résultat de l'instanciation d'un constat ergonomique générique est donc tout d'abord un *constat*, c'est-à-dire le résultat de l'examen d'une évolution, celle de la maquette numérique, et par là celle du projet, d'un point de vue ergonomique. C'est un bilan ergonomique de l'état de la conception, pouvant être effectué de manière semi-automatique (étant donné la nécessité de « préparer » les éléments mis en entrée de l'objet constat ergonomique générique). Mais l'intérêt du constat ergonomique générique est que la forme de son résultat est connue à l'avance, qu'il est répétable et indépendant de l'acteur le réalisant. C'est donc bien un patron d'analyse de l'ergonomie de la maquette numérique.

3.4.2 Un mécanisme de coordination entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes

Le constat ergonomique générique est également, au delà d'un patron d'analyse, le support d'un nouveau mécanisme de coordination entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie. Il permet de rassembler ces deux acteurs autour d'un artefact partagé, et donne ainsi une sorte de cadre à leurs échanges. Les rôles sont distribués pour l'utilisation du constat ergonomique générique : les architectes ont pour responsabilité de fournir l'environnement numérique sur lequel celui-ci sera instancié ; étant donné leur maîtrise de la CAO en général, ce sont eux qui manipuleront concrètement le constat ergonomique générique ; les sorties de l'instanciation – l'analyse ergonomique – seront étudiées et évaluées par le Pilote Prestations Client ergonomie du projet ; puis des retours seront faits à l'architecte, lui permettant de situer l'état de la conception par rapport aux cibles ergonomiques. La figure 3.6 résume ce mécanisme de coordination.

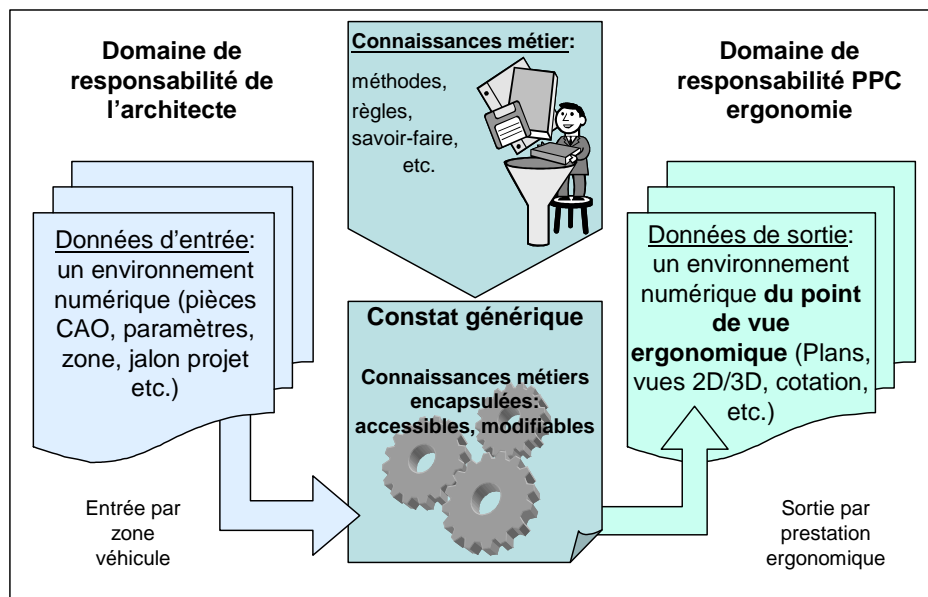


FIG. 3.6 – Le constat ergonomique générique comme mécanisme de coordination

Le constat ergonomique générique, comme généralement les objets intermédiaires de la conception [Boujut, 2001], procure aux acteurs à la fois :

- un cadre spatial** : les éléments nécessaires à l'analyse – l'environnement numérique – peuvent être anticipés par les architectes ;
- un cadre temporel** : la durée de réalisation de l'analyse peut être mieux maîtrisée, et les interactions entre les acteurs plus aisément prévues ;
- un cadre organisationnel** : les rôles sont distribués et connus à l'avance ;
- un cadre conceptuel** : éliminant les tâches opérationnelles, il permet aux acteurs de s'abstraire du contexte et de se concentrer sur l'ergonomie du projet, en favorisant une représentation organisée et adaptée de celle-ci.

Mais le constat ergonomique générique, par ses aspects génériques et la forme répétable (donc pouvant être aisément anticipée) de ses sorties, apporte plus encore aux acteurs de la conception. Le mécanisme de coordination créé par le constat ergonomique générique favorise en effet une meilleure

coopération entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie pour plusieurs raisons. Le constat ergonomique donne un cadre précis, sans être trop contraignant, aux échanges, et il soulage les architectes d'une charge de travail conséquente, même si tout n'est pas parfait (notamment en ce qui concerne la préparation des données). Mais surtout, par son caractère générique, il permet une « pre-computation » (voir paragraphe 2.4.4 page 67) de l'état ergonomique du projet, pour une prestation particulière. La métaphore de la « radiographie » de la maquette numérique, d'un point de vue ergonomique est une nouvelle fois éclairante (voir paragraphe 2.3.1 page 63). Si chaque radiographie est unique, puisque dépendant du patient et de sa pathologie, elle permet de présenter une zone du corps toujours sous la même forme, de s'abstraire d'éléments superflus, de rentrer au cœur du problème. Elle permet de se concentrer sur les éléments pertinents pour le diagnostic, et de repérer, le cas échéant, avec précision le problème, d'en constater l'étendue, la forme. Elle participe ainsi au diagnostic, non seulement en faisant voir le problème, mais aussi en permettant sa comparaison avec des situations analogues, et même si elle n'est pas le seul outil intervenant dans celui-ci. Ainsi, le constat ergonomique générique permet de « radiographier » une partie de la maquette numérique, de faire ressortir les éléments ergonomiques pertinents pour l'analyse et de toujours les présenter sous une même forme, attendue.

Enfin, un dernier point expliquant son rôle de coordination, est le fait que le constat ergonomique générique peut, suivant le souhait de l'utilisateur, être considéré comme une boîte blanche ou une boîte noire. En effet, les opérations et règles encapsulées dans le constat ergonomique générique, et réalisées lors de son instanciation, ne sont pas effacées, par choix des Pilotes Prestations Client ergonomie⁷. Elles ne sont pas non plus immédiatement accessibles, afin de ne pas polluer l'utilisateur (qu'il soit architecte, Pilote Prestations Client ergonomie, ou autre !) avec une somme conséquente d'informations : ces méthodes sont « rangées » dans l'arborescence du *modèle générique*. Le fait que les méthodes d'ergonomie ne soient pas inaccessibles permet aux architectes d'émettre des remarques sur le fonctionnement, de repérer les erreurs lorsque celles-ci se produisent (par exemple, lorsque les données d'entrée n'ont pas la forme appropriée) et de façon plus générale, de comprendre – sans avoir à mettre en pratique ! – l'organisation du constat. Mais l'utilisateur peut tout à fait employer le constat ergonomique comme une boîte noire, afin de gagner du temps. Cette flexibilité dans la mise à disposition des méthodes déterminant le constat ergonomique a participé à son adoption par les architectes, et à son partage équilibré avec les Pilotes Prestations Client.

3.4.3 Un scénario d'usage ergonomique adapté à la maquette numérique

Le constat ergonomique peut être considéré comme un *scénario*⁸ d'analyse ergonomique du véhicule numérique. Il présente en effet, pour chaque constat, des situations d'usage du véhicule, et des mesures de leur ergonomie. Ces situations d'usage sont des déclinaisons d'une prestation. Par exemple, pour juger la prestation d'accessibilité au véhicule, les ergonomes ont spécifié un certain nombre de situations d'usage : l'accessibilité directe aux places avant ou arrière, l'accessibilité aux places arrière dans le cas des « coupés » (sans portes arrière), l'accessibilité en environnement restreint, lorsqu'un mur ou un autre véhicule gênent l'ouverture des portes (dans un parking par exemple), l'accessibilité au troisième rang le cas échéant, etc. Et pour chacune de ces situations d'usage, un ensemble d'« événements » ou d'« actions » est envisagé : passage de la tête, du buste, des jambes, etc. Ces actions sont en fait modélisées et représentées par des éléments schématiques,

⁷Il existe plusieurs niveaux de confidentialité dans l'outil *modèle générique*. Certains modèles génériques agissent tels des boîtes noires, et le résultat numérique fourni ne permet pas de remonter aux règles appliquées. Cependant la communauté ergonomie estimait suffisantes les règles d'accès aux constats ergonomiques génériques stockés dans le PDM, voir le chapitre 4 suivant

⁸Un scénario au sens du *Scenario-Based Design*, méthode présentée au premier chapitre, paragraphe 1.3.6 page 31.

de type cote ou éléments numériques d'ergonomie, afin de synthétiser les attentes des clients en des éléments, autant que possible, quantitatifs et/ou comparables.

Le constat ergonomique générique joue surtout un rôle de scénario dans la perspective où il permet de considérer, d'appréhender un vaste ensemble d'informations, aux origines, natures et rôles très divers (l'ensemble des « nums » qui constitue une zone du véhicule, qui peuvent provenir de métiers très différents) d'un unique point de vue, l'ergonomie. Il permet en fait d'agréger, de donner une continuité à des éléments qui forment un ensemble discret, aux multiples frontières : entre zones, entre métiers, entre technologies, etc. Il offre enfin une représentation critique de la réalité et permet de mettre à jour, de façon quasi-immédiate les imperfections ou les manques. Bien que restant éloigné des techniques beaucoup plus immersives de la « réalité-virtuelle », le constat ergonomique générique permet de plonger le concepteur dans les cas d'usage de sa conception, en les rendant explicites et en les reliant directement aux éléments de conception impliqués dans ces usages.

Le grand intérêt du scénario comme support à l'intégration du point de vue du client dans la conception n'est pas qu'il garantisse des résultats, ni qu'il assure une méthodologie pour envisager de façon exhaustive les possibilités. Ce n'est pas une méthodologie parfaitement systématique, que l'on pourrait suivre comme une procédure menant à un résultat garanti. Mais comme le soulignent les auteurs de ce domaine de recherche (Voir [Jarke *et al.*, 1998], [Carroll, 1999]), sa grande force réside dans sa capacité à susciter une réflexion de la part des concepteurs, une prise de recul. Le constat ergonomique générique permet d'appréhender de façon dynamique et continue le produit en cours de création, et non sous un angle statique, fractionné par spécification.

Le constat ergonomique générique répond aux cinq challenges de la conception cités par J. Carroll (voir également le paragraphe 1.3.6 page 31) :

- dans le contexte de la conception où, du fait des délais, l'action prend le pas sur la conception, le constat ergonomique générique permet d'apporter rapidement une mise en perspective des réalisations, du point de vue de l'ergonomie ;
- le système de conception est ouvert et indéterminé, mais le constat ergonomique générique est une base de discussion, bien plus qu'un guide de conception ;
- le constat ergonomique permet d'envisager concrètement les conséquences des développements, du point de vue de l'ergonomie qui est une prestation transversale à de nombreux métiers ;
- les constats ergonomiques permettent de relier des connaissances techniques à des situations d'usage types, et donc éventuellement de faire progresser les premières à la lumière des secondes ;
- enfin, les constats ergonomiques permettent de garder, ou plutôt de rappeler régulièrement, au long de la conception, le véritable objectif de l'ensemble des travaux entrepris : la satisfaction des exigences du clients final, et ici les exigences en terme d'ergonomie. Les constats ergonomiques génériques sont un point de convergence dans la conception, alors que sa complexité et sa taille font qu'aucun être humain n'est en mesure de l'appréhender entièrement.

3.4.4 Intégration des constats ergonomiques génériques dans un modèle global d'analyse ergonomique

Le constat ergonomique générique s'inscrit en fait dans un système plus global d'intégration de l'ergonomie dans la conception. Cette intégration est construite par l'articulation de nombreux modèles et concepts d'analyse et d'évaluation en ergonomie. Ces modèles et concepts sont en premier lieu les productions de la communauté de pratique formée autour de l'ergonomie. Mais cet ensemble de savoirs est également construit par les interactions avec d'autres métiers (architectes, concepteurs de fonctions particulières, etc.)

Ce système d'intégration de l'ergonomie dans la conception est décrit sur la figure 3.7. C'est une représentation idéale et conceptuelle, car d'une part les mécanismes d'interactions sont plus complexes que ceux présentés, et d'autre part le modèle global d'analyse et de validation de l'ergonomie en projet reste un horizon plus qu'une cible. Ce schéma est inspiré des travaux de [Bigand, 2005]. Nous faisons le parallèle ici entre la démarche ascendante d'intégration de modèles, à l'aide d'une bibliothèque de patrons, présenté par M. Bigand, et la démarche, également ascendante d'intégration des modèles de l'ergonomie dans un système plus global, à l'aide d'une sorte de « bibliothèque » de constats ergonomiques génériques, qui peuvent également être considérés comme des patrons.

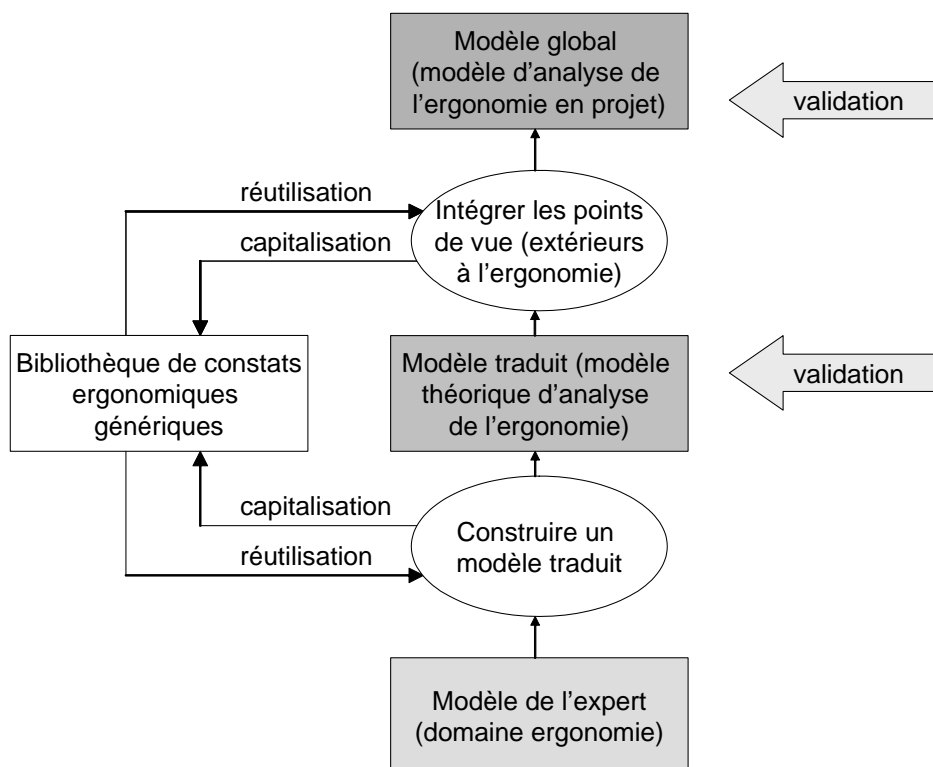


FIG. 3.7 – Intégration des constats ergonomiques dans un modèle global d'analyse de l'ergonomie en projet, inspiré de [Bigand, 2005]

L'origine des modèles et concepts utilisés pour l'analyse et la validation de l'ergonomie dans le domaine du produit automobile est la traduction, par des experts, de règles et concepts généraux d'ergonomie en des règles et concepts adaptés à l'ergonomie automobile. Ce sont ce que l'on appelle des modèles d'experts. Ces modèles sont transformés en spécifications utilisables par des concepteurs : ils deviennent des modèles traduits. Cette première opération donne lieu à la création de constats ergonomiques génériques, qui sont capitalisés, et pourront être réutilisés pour construire de nouveaux modèles de spécification.

Ces modèles de spécification, lors de leur utilisation, sont confrontés aux points de vue, aux modes de fonctionnement, aux objectifs, à la culture d'autres métiers. Ces confrontations entraînent un raffinement et une modification des modèles, afin de les adapter au système global de conception. Cette seconde opération participe également à la construction de constats ergonomiques génériques (plus dans une logique de raffinement que de création pure).

Le système global d'analyse et de validation de l'ergonomie dans la conception n'est pas la

somme de constats ergonomiques génériques, d'autres éléments entrent dans sa constitution : des éléments spécifiques à un projet particulier, des procédures qui sont trop compliquées ou trop simples pour être informatisées, etc. L'ensemble de tous ces éléments participant à l'analyse de l'ergonomie du produit automobile en projet, et intégrant divers points de vue (pas uniquement ceux de l'ergonomie) constituent le modèle global d'analyse et de validation de l'ergonomie en projet automobile.

3.4.5 Exemples

Les quelques exemples présentés et décrits ci-après permettent d'éclairer les différents angles d'approche du concept de constat ergonomique générique, présenté dans ce chapitre.

Le constat « accessibilité aux places avant - vue latérale », comme patron d'analyse

Le constat ergonomique générique réalisé lors de la phase de prototypage, « accessibilité aux places avant - vue latérale » (voir figure 3.2 page 81) est tout à fait représentatif de sa fonctionnalité de patron d'analyse. Il permet, à partir de données d'entrée relativement simples (une ligne d'accessibilité et une ligne de sol à vide, quelques paramètres de positionnement), de mener très rapidement une analyse de l'accessibilité aux places avant. Cette analyse est aisément réutilisable et peut être répétée sur une autre version d'entrée de porte, pour comparer les solutions, par exemple.

Le constat « garde aux jambes conducteur », comme mécanisme de coordination

Ce constat ergonomique générique, « garde aux jambes conducteur » est typique du support apporté par ces objets dans l'amélioration de la coopération entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. L'espace disponible pour les jambes du conducteur est fonction de son environnement (panneaux de porte, colonne de direction, éventuelle console centrale, etc.) mais aussi du positionnement du conducteur, qui est lui fonction du réglage du siège, et du gabarit du conducteur (ces deux paramètres sont seulement indirectement reliés, car les plages de réglage du siège sont plus ou moins limitées, et sont souvent discrètes).

Cette prestation d'habitabilité est donc extrêmement délicate à évaluer étant donné le nombre de paramètres et de configurations possibles. Elle a souvent posé problème, malgré la construction, par le métier ergonomie, d'enveloppes de cuisses et de jambes « utiles⁹ » pour évaluer la prestation. Mais ces enveloppes étaient compliquées à mettre en place. Le constat ergonomique générique permet de positionner ces enveloppes de jambes et cuisses de conducteurs de différents gabarits dans différentes positions de conduite, par le biais d'un paramétrage simple. Les éventuelles interférences entre ces enveloppes et l'environnement sont automatiquement évaluées. Les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie peuvent ainsi dialoguer directement autour d'une représentation, parlante pour chaque protagoniste, interactive, de la prestation.

Le constat « accessibilité en environnement restreint », comme scénario d'usage du véhicule

Enfin, le constat « accessibilité en environnement restreint » explicite l'utilisation du constat ergonomique comme un scénario d'usage. L'accessibilité en environnement restreint concerne la situation d'accessibilité aux places avant du véhicule dans le cas où la porte ne peut être totalement ouverte, gênée par un mur par exemple. Ce volet de la prestation accessibilité au véhicule envisage un grand nombre d'événements permettant de le qualifier : passage du buste, passage du genou, équilibre du

⁹C'est-à-dire qui prennent en compte un « volume de confort », englobant l'ensemble des positionnements d'un échantillon de personnes de même gabarit. Ces enveloppes sont plus larges que des enveloppes de jambes seules.



FIG. 3.8 – Le constat « garde aux jambes », comme mécanisme de coordination

buste en entrée, etc. Ces événements sont modélisés par un ensemble d'éléments d'ergonomie à positionner en fonction de la configuration du véhicule dont la porte avant doit être ouverte, posée contre un mur fictif dont on choisit la distance au véhicule. Le constat ergonomique permet de paramétrer la distance au mur, la position initiale du conducteur et quelques éléments configurant la prestation, permettant ainsi aux architectes comme aux Pilotes Prestations Client ergonomie d'envisager les différentes situations d'usage, et de les analyser rapidement.

3.5 Conclusions

Dans ce chapitre, nous avons suivi la transformation du constat ergonomique – objet standardisant et regroupant des demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie en des entités cohérentes vis-à-vis d'une prestation, et réutilisables – en *constat ergonomique générique*. Le constat ergonomique générique est un pas supplémentaire vers la standardisation et la genericité du concept, étant donné qu'il intègre également le point de vue de l'architecte. Cette intégration a en fait été obtenue indirectement, dans le cadre du déploiement de CATIA V5®. Les architectes étaient en effet plus intéressés par l'informatisation des constats ergonomiques, et le profit qu'ils pourraient en tirer, que par la perspective de contribuer à la construction d'entités de référence pour l'analyse de l'ergonomie dans la maquette numérique.

Néanmoins, le processus de conception de ces constats ergonomiques génériques a impliqué la

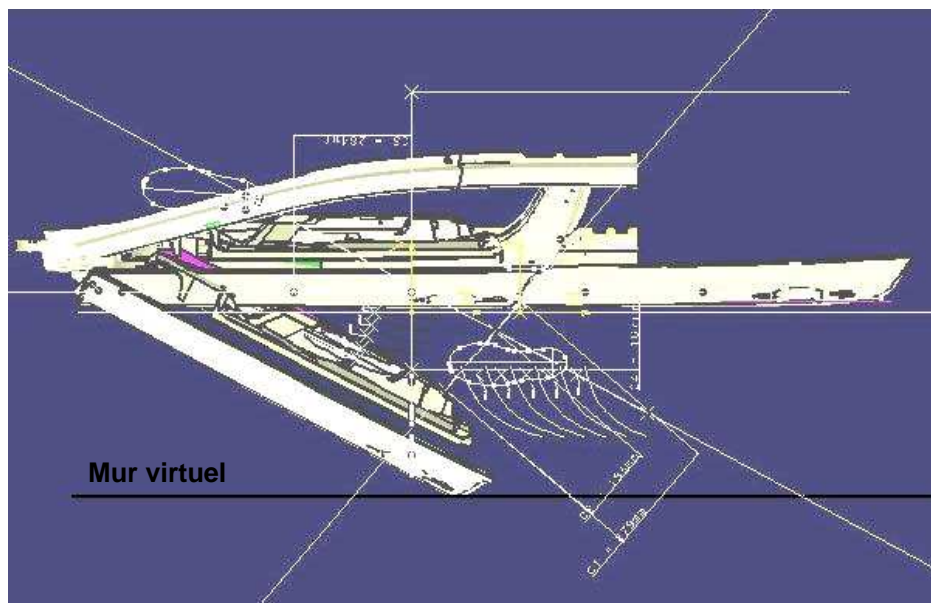


FIG. 3.9 – Le constat « accessibilité en environnement restreint », comme scénario d'usage du véhicule

participation des utilisateurs finaux, c'est-à-dire à la fois des architectes et des Pilotes Prestations Client ergonomie. Les concepteurs étaient ici des ingénieurs de la DTSI, et l'équipe projet était emmenée par un « médiateur ». Ce processus de conception a contribué à créer autour de l'équipe un « espace opératif commun », où les contraintes et les perspectives des uns et des autres ont été mutuellement mieux reconnues et comprises. Il a même été porté par un cercle vertueux où le rapprochement des savoirs et l'amélioration de l'inter-compréhension, favorisés par les travaux menés autour de la conception des constats ergonomiques génériques, ont augmenté l'implication et la motivation des acteurs pour le processus.

L'informatisation et l'intégration du constat ergonomique générique dans la CAO ont permis de gagner en généricité. Celui-ci apparaît comme à la fois un patron d'analyse de la maquette numérique (ce qui est le rôle originel pour lequel il a été créé), mais aussi comme un mécanisme de coordination entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes (notamment parce qu'il permet une « pre-computation » du contexte, sur laquelle tous les acteurs ont prise), et comme un scénario *au virtuel* des usages du véhicule, d'un point de vue ergonomique.

Le chapitre suivant va présenter de façon plus détaillée l'intégration de ce nouvel outil dans le système de conception Renault, et exposera les conséquences de cette intégration.

Chapitre 4

Usages des constats ergonomiques génériques

Dans ce chapitre, nous détaillons les usages des constats ergonomiques et leur intégration dans le système de conception Renault, notamment dans le PDM GDG d'EDS® en vigueur dans l'entreprise. Nous aborderons son adaptation aux processus d'échanges dans les projets, et nous préciserons son rôle de mécanisme de coordination évoqué dans le chapitre précédent.

4.1 Insertion physique et technique dans le système de conception Renault

Ce paragraphe décrit simplement l'intégration technique de ce nouvel outil de conception, le constat ergonomique générique, dans le système d'information CAO. Les possibilités et les contraintes du PDM ont influencé la structure de rangement, qui a également des conséquences sur les procédures d'utilisation, et donc sur l'organisation humaine, qui sera abordée dans le paragraphe suivant (4.2).

4.1.1 Quelques caractéristiques du PDM Renault

Fonctionnement général et gestion de la maquette numérique

Le PDM Renault gère très classiquement les données techniques produites par les activités de conception. Il permet le stockage avec versionnement des pièces dessinées ; la gestion des droits d'accès et de modification ; la gestion des structures produit, etc. C'est donc un gigantesque répertoire de numérisations et de données associées.

Mais le PDM Renault gère également le « montage » de la maquette numérique, ce qui est là un choix d'entreprise. La maquette numérique correspond à une arborescence d'« assemblages » au numérique, réalisée *dans le PDM*, d'ensemble de pièces, celles-ci étant prises dans leur dernière version validée. Chaque « assemblage » correspond à une sous-zone du futur véhicule et est couramment appelé « composition ». Une *composition* peut intégrer une ou plusieurs autres compositions, et la maquette numérique correspond en fait à une « super-composition ».

Pour rappel, ce montage est effectué à chaque DMDR¹. Plusieurs pièces, représentant plusieurs solutions techniques, peuvent être montées en même temps, afin de les comparer. La maquette numérique ainsi « remontée » est passée en revue, zone par zone. Pour chaque zone, tous les acteurs impliqués sont réunis et examinent ensemble les problèmes se posant dans l'état de la conception : c'est une solution organisationnelle pour faire converger le projet vers une même représentation, partagée, d'une seule solution.

Le PDM gère le « squelette » de l'arborescence de la maquette numérique, c'est-à-dire enregistre la liste des pièces participant à chaque *composition*, ainsi que leur position par rapport au repère véhicule, via des matrices de position. Le logiciel de CAO CATIA V5® permet également de gérer des assemblages², appelés *produits* (*CATProducts*), mais le choix technique (lié autant à l'histoire des outils CAO utilisés dans l'entreprise qu'à des soucis de sécurité des données ou de gestion des versionnements) a été de laisser cette gestion dans le PDM. Cependant, cette possibilité de création d'assemblages dans CATIA V5® a été exploitée dans le cadre du développement de *modèles génériques*, ce qui a eu des conséquences sur leur rangement dans le PDM, et notamment sur le rangement des constats ergonomiques génériques.

Une structure de rangement supplémentaire : le classeur

Dans tous les cas, les arborescences des assemblages, pour les maquettes numériques des différents projets, sont rangés dans le PDM. Chaque élément, pièce, document, objet de conception et *composition* se voit attribuer un numéro unique lors de son enregistrement. Néanmoins, étant donné le nombre gigantesque de références stockées (Aucune référence entrée dans le PDM ne peut être effacée, la base ne fait donc que croître de jour en jour !) et étant donné qu'en phase de conception

¹DMDR : Revue numérique de projet, voir paragraphe 1.2.1 page 15.

²Ce qui n'était pas le cas avec CATIA V4®.

les intitulés (champs) des enregistrements ne sont pas normalisés (Beaucoup d'enregistrement correspondent à des « brouillons »), le moteur de recherche est insuffisant : une structure de classement supplémentaire (en plus du numéro d'archivage et des quelques champs renseignés) est disponible : le classeur.

Le classeur est une structure très souple. C'est une sorte de répertoire, créé à la racine du serveur, dans lequel peuvent être « glissés » des enregistrements lorsqu'ils sont créés. Il peut être laissé libre en écriture, ou bien les modifications peuvent être réservées à son créateur. Des liens vers ce classeur sont facilement créés en « glissant » le classeur dans d'autres classeurs (lorsqu'ils ne sont pas réservés en modification) : le classeur se comporte alors comme un « raccourci³ ». Le lien affiché est celui d'un classeur, et pour l'utilisateur, les classeurs constituent une arborescence de répertoires, contenant des documents, des pièces, des *compositions*, d'autres classeurs-répertoires, etc. Tout concepteur peut créer les classeurs qu'il souhaite, et les intituler à sa guise. Il peut aussi créer, sur sa fenêtre d'accueil (personnalisable) du PDM, autant de liens qu'il le souhaite, vers autant de classeurs. Il existe néanmoins des classeurs « officiels », dont la structure de l'arborescence est fixée. Pour accéder à un classeur, il suffit d'en connaître les références (intitulé – qui n'est pas unique – créateur et date de création) et de l'ajouter à sa fenêtre d'accueil, ou de se déplacer dans une arborescence : tous les classeurs sont publics (visibles et explorables par tous), la sécurité étant mise au niveau des fichiers et non des classeurs. Ces structures arborescentes, composées de liens entre classeurs constituent une partie très importante de l'organisation du PDM, et même si leur organisation n'est pas parfaite (mais il n'existe pas de classement parfait, certains éléments pouvant être rangés en plusieurs – ou aucun ! – endroits). En l'absence de celles-ci, il serait très difficile de retrouver les fichiers (les « nums ») recherchés, notamment les fichiers enregistrés plusieurs jalons (voire plusieurs projets !) auparavant, ou concernant une zone de la maquette numérique mal connue par l'utilisateur.

Les classeurs de rangement de la maquette numérique

Les *compositions* de la maquette numérique sont rangées dans une arborescence officielle, connue de tous les acteurs de l'Ingénierie Véhicule. La structure de rangement des *compositions* est résumée sur la figure 4.1 (page 102).

Pour un projet donné, à chaque jalon, des compositions sont réalisées et classées par grandes zones d'architecture. Ce sont les architectes qui ont la responsabilité du classement des éléments de la maquette numérique. Rappelons qu'une composition est une sorte de liste appelant des numérisations (pièces) rangées dans le PDM, avec leur positionnement par rapport au repère véhicule. A chaque jalon, une ou plusieurs *compositions* sont rangées par zone d'architecture, dans les classeurs du niveau zone d'architecture. Ces *compositions* représentent des sous-ensembles de la maquette numérique. La structure de rangement des *compositions* a eu des conséquences sur le rangement des instances (résultats de leur instanciation) de constats ergonomiques génériques, qui seront exposées au paragraphe 4.1.3 ci-dessous.

4.1.2 Intégration des constats ergonomiques génériques dans le PDM

Pour ranger ces nouveaux objets de conception (ou plus précisément ces « objets d'analyse de la conception »), une nouvelle structure de classeurs a été créée. Cette structure devait répondre à une double exigence : compatibilité avec les préconisations de rangement des *modèles génériques*, dans le cadre du projet de déploiement de ces nouveaux outils et des règles imposées par la DTSI, et adéquation avec les demandes spécifiques de la communauté de pratique ergonomie.

³Comme un « raccourci » informatique : c'est un pointeur.

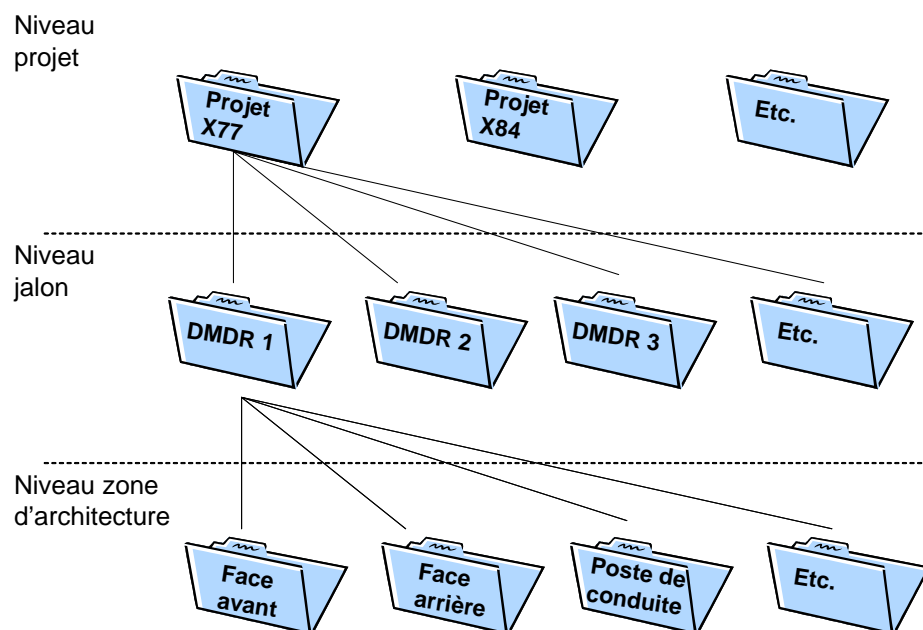


FIG. 4.1 – Structure du rangement des éléments de la maquette numérique (métier architecture)

Les constats ergonomiques génériques sont basés sur une solution CAO de *modèles génériques* CATIA V5® employant d'une part des assemblages : les *CATProducts*⁴ et d'autre part des plans. Les *CATProducts* ne pouvaient donc pas être rangés tels quels dans le PDM, étant donné que le PDM ne connaît pas d'assemblages « extérieurs » (il ne permet d'enregistrer que des fichiers, et reconstitue lui-même les assemblages). Cette solution d'utilisation de *CATProduct* a été mise en œuvre pour de nombreux *modèles génériques* développés au sein de l'entreprise. Deux solutions de rangement ont été implémentées par la DTSI pour intégrer des *CATProduct* dans le PDM :

- rebâtir l'assemblage dans le PDM (Transformer le *CATProduct* en *composition*) ;
- compresser et réunir le fichier *CATProduct* et les numérisations associées en un seul fichier archive⁵ pouvant être enregistré dans le PDM comme une sorte de « boîte noire ».

Cette dernière solution a été plébiscitée par les ergonomes et les Pilotes Prestations Client ergonomie. Elle présente cependant un défaut : même si une seule des numérisations doit être modifiée, c'est toute l'« archive » qui doit être ré-archivée et prendre un indice de version, alors que ce processus est long et complexe. Mais les constats ergonomiques génériques sont des objets relativement stables, cet inconvénient n'est donc pas particulièrement gênant. En revanche, la solution est extrêmement simple du point de vue de l'instanciation, ce qui représentait un atout indéniable aux yeux de la communauté de pratique de l'ergonomie qui souhaitait que les constats ergonomiques soient d'un usage aisé, afin que les architectes ne « renoncent » pas à leur emploi pour des raisons de complexité d'utilisation, gourmand de temps.

La structure de rangement adoptée pour les constats ergonomiques génériques est décrite figure 4.2. Le niveau « version anthropométrique » a été mis en place car actuellement deux versions de man-

⁴Les *CATProducts* sont également des listes de numérisations (pièces) en position. Le fichier *CATProduct* en lui-même ne contient pas de numérisations.

⁵Ici, le terme « archive » désigne le type de fichier contenant les autres fichiers. L'« archive » est un *conteneur* informatique, pouvant contenir plusieurs fichiers compressés (non altérés), mais est différent d'un répertoire informatique : c'est bien un fichier, et non un pointeur.

nequins de référence cohabitent. En effet, de récentes campagnes de mesures anthropométriques ont été menées en France et en Europe, afin d'actualiser les données anthropométriques utilisées par l'industrie (Textile en particulier, mais automobile également !). Les résultats de la campagne permettent de faire une projection sur les percentiles dans les prochaines années, et donc de mettre à jour les dimensions des mannequins de référence fournis par l'ergonomie et utilisés par de nombreux métiers de l'Ingénierie Véhicule. C'est la version « années 2015 ». Cependant, des projets actuellement en cours utilisent encore l'ancienne version (« années 2000 »), qu'il faut donc maintenir et laisser accessible. Enfin, au niveau des fichiers, il est à noter que sont rangés dans le même répertoire « constat » les couples « fichier archive du constat ergonomique générique et sa notice d'emploi ». Cette organisation a été soutenue par les ergonomes (une autre solution de stockage des notices d'emploi de *modèles génériques* avait été mise en place par la DTSI, utilisant les fonctionnalités d'aide de CATIA V5®, mais ne convenait pas aux ergonomes) afin que les constats soient associés aux documents présentant leurs règles de fonctionnement, les entrées nécessaires et leur format, les données et document fournis en sortie.

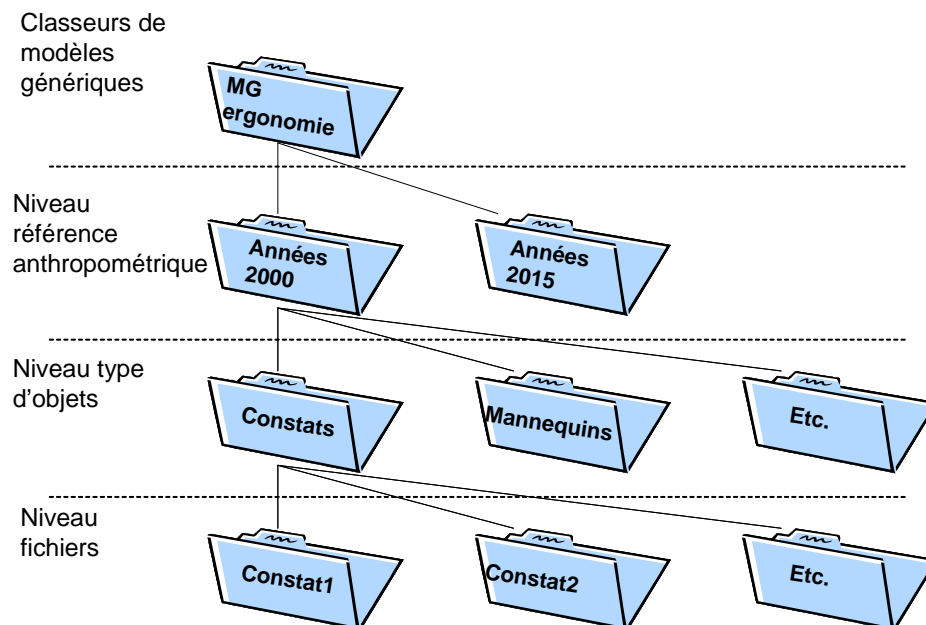


FIG. 4.2 – Arborescence adoptée pour le rangement des constats ergonomiques génériques dans le PDM

Du point de vue confidentialité, étant donné que la structure de rangement est stable, la règle suivante a été adoptée : les utilisateurs ayant accès à un projet en cours (donc classé confidentiel), quel qu'il soit, et quelque soit la zone d'architecture les concernant, se voient attribuer les droits d'accès aux documents. Si ces utilisateurs ont accès à un ou plusieurs autres projets, c'est qu'ils y ont été habilités suivant des règles strictes, qu'ils soient prestataires ayant signé un accord de confidentialité ou qu'ils fassent partie du personnel de l'entreprise. Il n'y avait pas de raisons, selon la communauté de pratique ergonomie, pour augmenter la confidentialité de ces données étant donné que les constats ergonomiques génériques ne contiennent pas la partie d'évaluation, et que si la « technique » (les procédures de mesure des caractéristiques ergonomiques) est contenue dans les modèles, ni leurs origines ni leurs objectifs ne sont clairement explicités.

4.1.3 Rangement des instances de constat dans le PDM

La question du rangement des *résultats* de l'instanciation des constats ergonomiques génériques était plus épineuse que celle des constats. Les résultats de l'instanciation ont la même forme que les modèles d'origine, ce sont donc des assemblages, pouvant être enregistrés dans le PDM sous forme d'archive. Le problème ne se pose donc pas sur ce point technique. Le problème concerne un éventuel « lieu » de stockage. En effet, les constats sont effectués au fil des projets, au moment des jalons, ils sont ancrés dans la temporalité des projets au contraire des constats ergonomiques génériques. Leur archivage doit respecter ces caractéristiques.

La création d'une nouvelle structure, particulière, équivalente à celle créée pour l'archivage de parties de la maquette numérique, faisant intervenir des niveaux « projet » et « jalon » a été envisagée. Mais cette structure est déconnectée de la maquette numérique, éloignée de l'univers des architectes qui naviguent régulièrement dans la structure de stockage des *compositions* de la maquette numérique. Le risque est ici que la structure ne soit pas utilisée, ou utilisée simplement comme un archivage figé, car déconnecté de la source des analyses.

Une autre proposition a été faite, émanant des architectes : puisque les instances de constat sont liées à la maquette numérique, à un jalon et à un projet, pourquoi ne pas les insérer dans la structure existante ? Mais cette proposition soulève d'autres problèmes : les constats ergonomiques génériques sont des objets transversaux, ne respectant pas toujours les frontières des zones d'architecture. Il n'est pas possible de les ranger directement avec les *compositions* de la maquette numérique. Une solution dérivée de cette proposition a été envisagée, mentionnée figure 4.3. Il s'agirait de créer un répertoire de plus dans chaque répertoire jalon de la structure d'archivage des *compositions* de la maquette numérique, intitulé « analyses ergonomiques », dans lequel seraient glissées les instances de constats. Cette proposition a également l'avantage de simplifier les règles de confidentialité : les données d'analyse ergonomique enregistrées le seraient au même niveau que les *compositions* de la maquette numérique : tant que le projet n'est pas entré en phase de commercialisation, seules les personnes habilitées ont accès aux données du projet. Cependant, les responsables IAO de l'architecture ne sont pas favorables à cette solution car elle détourne la structure de sa fonction première : l'archivage simple de la maquette numérique. La structure est une référence bien connue et stable, et toute modification doit être justifiée.

Actuellement aucune solution officielle de rangement n'a été arrêtée, la discussion reste ouverte. Les instances de constats sont stockées dans des emplacements provisoires. Néanmoins, la solution mentionnée figure 4.3 reste la plus intéressante, car elle permet d'archiver les points de vue ergonomiques sur la maquette numérique en lien avec la maquette numérique. Cela pourrait être également intéressant pour d'autres points de vue, nous y reviendrons au chapitre 5 (au paragraphe 5.2.2 page 127).

4.1.4 Analyse de l'intégration technique des constats ergonomiques génériques

Le constat ergonomique générique en lui-même n'a posé aucun problème pour être inséré dans le PDM. C'est un outil stable (bien que pouvant évoluer), pouvant être rangé dans une structure fixe sous la responsabilité du métier ergonomie. Le choix de l'enregistrement dans le PDM sous forme de fichier archive, s'il est contraignant pour les mises à jour des objets, est particulièrement adapté à l'usage des architectes, qui souhaitent utiliser des outils (1) n'exigeant pas une charge (mentale comme physique, les deux étant souvent liées) trop importante mais (2) ne se résumant pas non plus à l'application de procédures entièrement automatisées où l'architecte perd la compréhension – le sens – de ce qu'il applique.

En revanche, les instances de constat sont plus délicates à ranger. Elles ne sont plus tout à fait des objets de l'ergonomie, mais deviennent des objets du projet, sans que les frontières des responsabilités

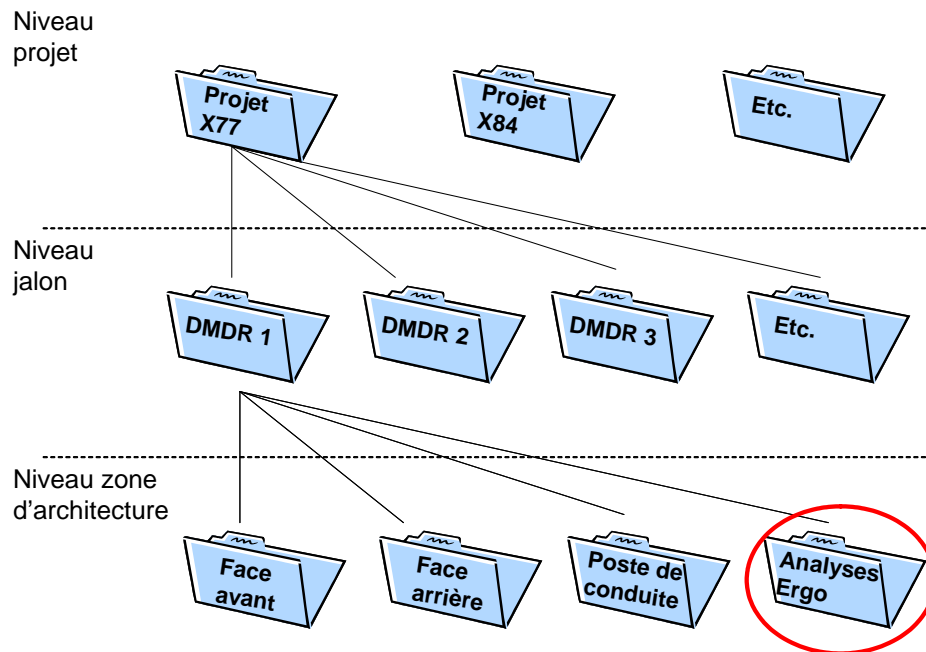


FIG. 4.3 – Arborescence proposée pour le rangement des résultats de l'instanciation des constats ergonomiques génériques dans le PDM

de l'archivage soient bien définies. Ce sont par essence des objets-frontières, qui dans leur usage immédiat et premier aident à créer une représentation partagée du produit en conception, sous l'angle de l'ergonomie. Mais ces objets doivent-ils ensuite être enregistrés, mémorisés pour la collectivité⁶ ? Et en cas de réponse positive, où doivent-ils être rangés ? Les réponses à ces questions ne sont pas anodines. Ce sont deux des grandes problématiques du domaine du *Knowledge Management (KM)* : quoi et comment mémoriser ? Étant donné que l'objectif de la mémorisation reste la réutilisation. Sur les milliers de documents, objets, brouillons, comptes-rendus, productions de toutes sortes que comporte un projet, il est essentiel d'identifier les « bonnes » connaissances à transférer [Frank *et al.*, 2002]. Les résultats des analyses ergonomiques sont depuis longtemps organisés et archivés par les Pilotes Prestations Client ergonomie. Ces informations permettent de créer des références pour les analyses. Mais l'automatisation et l'informatisation des constats ont bouleversé la donne : les instances de constats, tous comme leurs origines, sont techniquement bien plus fortement liés à la maquette numérique que ne l'étaient les réponses aux demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie. C'est pourquoi l'ancien mode d'archivage (stockage par les Pilotes Prestations Client ergonomie des plans et des rapports) semble insuffisant : les instances de constat sont des objets naturels du PDM, comme les constats, et stockés en lien avec la maquette numérique, elles permettent de conserver le contexte de l'analyse, de pouvoir rejouer le scénario. Leur stockage dans le PDM améliore la continuité dans les échanges d'information, évite des ressaisies. Cependant, en tant que nouvelle catégorie d'objet archivable dans le PDM, une nouvelle structure de rangement doit être inventée, ou bien la structure actuelle doit être adaptée, et cette alternative est encore en discussion actuellement.

Dans tous les cas, la création des constats ergonomiques génériques, et leur intégration au PDM a contribué au rapprochement physique entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes en les rassemblant autour d'outils centraux du travail des architectes : CATIA V5®, pour la création

⁶L'archivage individuel est plus une question de l'ordre de l'organisation professionnelle personnelle.

de « nums », notamment de la maquette numérique, et GDG, le PDM pour le stockage de ces éléments. Cette intégration prévient notamment les ressaisies d'information, et augmente encore la structuration des échanges d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes.

4.2 Insertion organisationnelle dans le système de conception Renault

Ce paragraphe décrit l'intégration du constat ergonomique générique dans l'activité des Pilotes Prestations Client ergonomie. L'arrivée d'un nouvel outil au sein d'un groupe de travail bouleverse inévitablement ses activités. Les perturbations peuvent être minimales ou modifier totalement les modes de fonctionnement, suivant son degré d'utilisation et de recouvrement/regroupement de fonctions précédemment dissociées ou réalisées par le biais d'autres outils. Dans le cas de l'intégration des constats ergonomiques génériques dans l'activité des Pilotes Prestations Client, les perturbations, si elles n'ont pas été minimales, ont néanmoins été tout à fait maîtrisées parce que le système d'information mis en place était adapté au mode de fonctionnement des Pilotes Prestations Client ergonomie.

4.2.1 Usages avec les architectes

Dans les relations avec les architectes, la plus grande modification a été de passer de demandes d'information à des demandes d'utilisation d'un nouvel outil.

En effet, lorsque l'analyse ergonomique de la maquette numérique passe par des demandes « classiques » (C'est-à-dire non standardisées)⁷, celles-ci sont transmises par mail, par téléphone, par l'intermédiaire d'un support papier, puis l'architecte entame la procédure de recueil des informations : lecture et compréhension de la demande, rassemblement dans une session CATIA® de l'ensemble des « nums » nécessaires, réalisation des mesures, mise en place des éléments ergonomiques, élaboration des vues puis mise en plan, transmission des informations au Pilotes Prestations Client ergonomie. Dans le cas de l'envoi d'une demande standardisée (une demande de *constat ergonomique*), l'enchaînement de ces étapes reste le même, seul le premier temps est allégé car la répétition de demandes sous une même forme évite de refaire la phase d'interprétation de la demande. Ainsi, la partie effective d'analyse ergonomique de la maquette reste majoritairement effectuée par l'architecte seul, parce que longue. Le Pilote Prestations Client ergonomie n'est pas présent durant cette phase, et il reçoit donc les informations après le travail de l'architecte. Le dépouillement des informations vient ensuite, puis la phase de mise en commun avec l'architecte. Les relations sont plus du type donneur d'ordre - fournisseur, sur un mode très séquentiel. Dans ce mode de fonctionnement, la co-conception n'est pas possible, excepté éventuellement pour des demandes très restreintes.

En revanche, l'utilisation des constats ergonomiques génériques apporte des avancées intéressantes pour améliorer cette organisation. D'une part, l'utilisation de ces objets permet de s'affranchir de la compréhension des méthodologies de construction ergonomiques. Toutes les opérations CAO nécessaires sont effectuées par le constat automatisé : seule reste l'activité de rassemblement des éléments dans la session CATIA®. En revanche, le constat ergonomique reste un objet sensible à l'environnement numérique sur lequel il est instancié (la nature des « nums », leur niveau minimum de définition, etc. sont imposés). Il exige également des manipulations particulières à effectuer : un seul « clic » ne réalise pas le constat, quelques manipulations restent nécessaires). Ces manipulations sont définies dans la notice d'emploi du constat ergonomique générique (rangé en lien avec le constat

⁷Toutes les demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie n'ont pas été traduites en constats ergonomiques, encore moins en constats ergonomiques génériques. Certaines le seront, mais de nombreuses demandes sont foncièrement liées à un projet et à ses particularités, et ne pourront jamais l'être. Des demandes dites « classiques » coexisteront nécessairement avec toutes les standardisations mises en place.

dans le PDM), mais souvent, le Pilote Prestations Client ergonomie est présent pour guider l'architecte. La principale raison de cette présence est que lorsqu'un constat ergonomique générique est utilisé, la partie d'analyse de la maquette ne réclame plus vraiment de concentration et d'attention de sa part pour être réalisée. La majeure partie du travail est effectué par l'ordinateur, nécessitant simplement un contrôle des manipulations effectuées. De ce fait, les deux parties peuvent se réunir pour travailler ensemble, car l'architecte n'est pas accaparé par l'activité d'analyse. Plusieurs solutions peuvent être passées en revue et comparées, d'autres problèmes abordés, etc. L'utilisation des constats ergonomiques génériques n'impose pas un travail coopératif, mais elle l'autorise, facilite son émergence en permettant de rendre globalement simultanées des activités qui étaient auparavant nécessairement séquentielles.

Dans les faits, le constat ergonomique générique peut être utilisé comme une demande non « automatisée » mais il laisse la possibilité de réunir le Pilote Prestations Client ergonomie et l'architecte pour que, ensemble, ils réalisent cette analyse, et la discutent, la modifient, l'explorent, échangent sur leurs contraintes et leurs besoins. Cette possibilité est exclue dans un fonctionnement séquentiel, qui n'est pas assez interactif.

4.2.2 Usages avec le métier ergonomie

Le métier ergonomie est responsable des outils d'ergonomie en usage dans l'entreprise. C'est donc le métier ergonomie qui est devenu le responsable de la gestion courante des constats ergonomiques génériques stockés dans le PDM : il assure la maintenance des objets, leur suivi (lors d'éventuelles « montées de version » du logiciel CATIA V5®), leur évolution, leur mise à disposition des utilisateurs. C'est également lui qui est responsable des développements futurs, complétant petit à petit la base de constats ergonomiques génériques, en fonction des besoins exprimés par les Pilotes Prestations Client ergonomie (La phase de développement des constats étant toujours suivie par les Pilotes Prestations Client).

Ainsi, le constat ergonomique générique constitue un nouvel élément du répertoire partagé de la communauté de pratique formée autour de l'ergonomie. Il procède d'un processus de réification⁸ d'éléments de pratique des Pilotes Prestations Client ergonomie. Ce processus de réification a été mené avec l'aide des experts du métier (qui interviennent dans le processus de conception des constats ergonomiques génériques, notamment dans la phase de définition des besoins, mais aussi dans la validation des objets), et devient une nouvelle ressource pour l'action.

De fait, la construction d'une base de constats ergonomiques génériques, répondant à un manque d'outils pour la pratique des Pilotes Prestations Client ergonomie, les a fait passer d'un rôle relativement passif d'utilisateurs/demandeurs d'outils d'ergonomie, à un rôle où eux-mêmes pouvaient être les concepteurs de leurs propres outils, sans être dépendants du métier ergonomie (excepté en terme de validation et d'expertise, mais en tout cas pas en terme d'initiation, de pilotage et de gestion d'un projet de développement d'outils). C'est le manque de temps qui entrave souvent les volontés des Pilotes Prestations Client ergonomie dans la création d'outils pour aider leur pratique, mais aussi une sorte d'identification à un rôle d'utilisateur des outils fournis par le métier ergonomie – les véritables experts – eux-mêmes n'étant que des généralistes. La réussite du projet de développement des constats ergonomiques génériques, voire les résultats obtenus lors de la standardisation des demandes vont peut-être les inciter à consacrer plus de temps à la deuxième alternative de la dualité participation/réification, particularité des communautés de pratique, évoquée par [Chanal, 2000]. Dans tous les cas, la création des constats ergonomiques génériques a enrichi le répertoire partagé de la communauté de pratique ergonomie, et a permis de mettre en lumière l'intérêt (et la *possibilité*) de la formalisation (réification) des connaissances des Pilotes Prestations Client, ces acteurs au rôle

⁸Cette notion est définie paragraphe 2.1.1 page 47.

particulier d'interface entre métier ergonomie et projets véhicule, dont l'activité est plus tournée vers la participation.

4.2.3 Organisation du cycle de vie des constats ergonomiques génériques

Ainsi, le constat ergonomique générique, comme l'ensemble des outils développés par la communauté de pratique de l'ergonomie, passe sous la responsabilité du métier ergonomie, une fois réalisé, « validé », et enregistré dans le PDM, dans la structure de rangement spécifique à ces outils, à la fin du processus de conception. Il peut ensuite être utilisé comme outil d'analyse de la maquette numérique, notamment lors des jalons projet. Cependant, son cycle de vie ne se résume pas aux deux phases « création » puis « utilisation » (Voir la figure 4.4 ci-dessous).

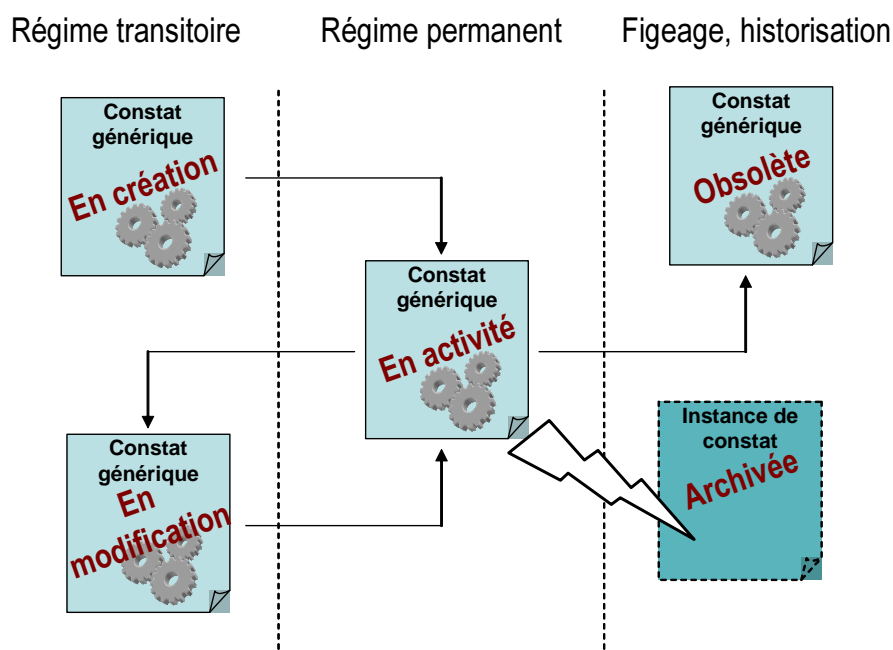


FIG. 4.4 – Cycle de vie du constat ergonomique générique et lien avec ses instances

En effet, le constat ergonomique générique, comme cela a été signalé précédemment, est un outil stable mais pouvant (et devant) néanmoins évoluer au cours du temps. Deux types de changements peuvent les faire évoluer :

- des changements intervenant à l'extérieur du domaine de l'ergonomie : évolution des technologies, du design et donc de la forme des automobiles, mais également évolution du gabarit des utilisateurs, etc.
- des changements intervenant à l'intérieur du domaine de l'ergonomie : création de nouvelles cotes, de nouveaux éléments numériques pour l'analyse de l'ergonomie, etc.

Lorsqu'une évolution est lancée, le constat repasse en mode conception. Les modifications sont réalisées par un informaticien de la DTSI et suivies par un Pilote Prestations Client ergonomie ou un ergonome. Lorsque les modifications apportées sont validées, le constat ergonomique générique est réenregistré dans la structure de rangement, en prenant un indice de versionnement. Dans le cas où les changements impliquent (1) un grand nombre de constats, comme cela a été le cas dans la période même de la conception des premiers constats – concernant la modification des tailles des mannequins ergonomiques de référence, en lien avec les résultats de l'étude de l'évolution morphologique des

populations française et européennes – ou (2) des modifications majeures, les constats ergonomiques génériques peuvent être rangés dans de nouveaux classeurs.

Dans le cas de l'évolution des mannequins ergonomiques, ceux-ci tenant le rôle de références dans la mesure de l'ergonomie physique, et rendant du coup les autres mannequins obsolètes, ainsi que les outils leur étant liés, le bouleversement était si grand (Ne touchant pas, bien évidemment, uniquement les constats ergonomiques génériques) et les conséquences si nombreuses que deux structures de rangement, comme signalé sur la figure 4.2, ont été construites en parallèle. La structure « années 2000 » reste la référence pour les projets en cours (ne pouvant pas changer de référence en cours de projet), et la structure « années 2015 » devient la référence pour les projets lancés depuis peu et ceux à venir.

Cet exemple permet d'aborder la gestion de la fin du cycle de vie du constat ergonomique générique – le moment où il sera définitivement jugé obsolète. Lorsqu'un constat arrive en fin de vie, il est sorti de la structure qu'il occupe pour être rangé dans un nouveau classeur signalant son obsolescence, afin que les utilisateurs potentiels ne puissent pas avoir de doutes sur sa validité. Ce n'est pas un simple versionnement : le constat lui-même étant périmé, il est sorti des structures habituelles. Pour le cas des constats ergonomiques génériques de la structure « années 2000 », c'est toute la structure qui sera progressivement abandonnée, au fur et à mesure que les projets passeront en phase d'industrialisation.

4.2.4 Analyse de l'insertion organisationnelle des constats ergonomiques génériques

L'organisation (la structure) de l'intégration du constat ergonomique générique et de ses instances, dans le système d'information du système de conception, participe également à la construction d'une représentation partagée du véhicule en projet, comme le fait l'objet constat ergonomique générique.

Rapprochement physique et poids des phases de transition

D'une part, l'insertion des constats et de leurs instances dans le PDM (et dans le logiciel de CAO CATIA®) participe simplement à un rapprochement physique des outils de l'ergonomie et de l'architecture. Les procédures d'accès, de transfert vers une session CATIA®, les fonctionnalités, les règles et contraintes à respecter, sont celles du PDM : elles sont « naturelles » aux architectes. Connaissant la structure de stockage (le simple nom du classeur), un architecte peut de façon immédiate et aisée avoir accès au constat ergonomique générique qu'il souhaite – dans les limites définies par les règles de confidentialité. Les outils d'analyse de l'ergonomie, toujours accessibles, sont d'autant mieux adoptés par les architectes. La connaissance, par avance, de l'endroit où rechercher un document augmente la probabilité de son utilisation (ou de sa réutilisation). Le cas du rangement des instances de constat n'est pas encore réglé, mais une fois qu'il sera stabilisé, la connaissance implicite de sa localisation participera également à sa réutilisation, en tant que référence d'un état ergonomique de la conception d'un véhicule.

D'autre part, du fait justement des discussions et des négociations qu'a suscitées (et suscitent encore) l'intégration des constats ergonomiques génériques et de leurs instances dans le système de conception, l'inter-compréhension des contraintes et des besoins de chaque partie-prenante a été améliorée. De même que le processus de conception des constats ergonomiques génériques a rapproché les architectes des Pilotes Prestations Client ergonomie en les amenant à négocier les caractéristiques de leur coopération, le processus de création et de négociation de nouveaux espaces de capitalisation dans le PDM rapproche ces deux acteurs par le biais de la négociation d'une organisation. Les constats et leur structure d'accès et d'utilisation sont communément acceptés car ils apportent un mieux à chaque partie-prenante : ils allègent les charges de travail, ils standardisent et structurent les modes d'échanges d'information, ils facilitent la coopération des acteurs, etc. Mais ils sont d'autant

mieux partagés qu'ils ont été conçus en impliquant la participation de chacun de ces acteurs. Ces phases transitoires de passage d'une organisation à une autre, par le biais ici de l'introduction d'un nouvel outil et de l'organisation associée, sont des phases essentielles pour l'acceptation de ceux-ci. La participation des futurs utilisateurs leur permet de prendre rapidement en main un outil et une organisation dont ils maîtrisent tôt les contraintes. Dès lors que ces phases transitoires se passent bien, une sorte de boucle de transmission des savoirs (où se trouvent les outils, comment les utiliser, dans quels cas les utiliser) peut s'initialiser parmi les architectes, avec comme condition de pérennité, l'animation par les Pilotes Prestations Client ergonomie autour de ces procédures d'analyse de la maquette numérique, du point de vue ergonomique.

Evolution des rapports entre les différents acteurs

Enfin, l'insertion des constats ergonomiques génériques et de leurs instances dans la maquette numérique modifie pratiquement les rapports des Pilotes Prestations Client ergonomie avec les architectes d'une part, et avec les ergonomes d'autre part.

Les Pilotes Prestations Client ergonomie peuvent établir plus aisément des moments de co-conception avec les architectes, alors qu'au moment des jalons, les contacts étaient plus établis sur un mode séquentiel et les rapports sur un mode de prescription dans une seule direction. L'apport fondamental de l'utilisation des constats ergonomiques génériques est ici : plutôt que de dissocier les phases d'analyse par l'architecte et d'analyse par le Pilote Prestations Client ergonomie, le constat permet de rassembler ces deux phases en une seule, et de faire réellement travailler ensemble ces deux acteurs, qui peuvent explorer ensemble plusieurs scénarios en modifiant ensemble les paramètres, étudier les implications d'une modification, etc. Tout un ensemble d'actions qui sont trop compliquées à mettre en œuvre en mode séquentiel, car les idées, les explorations se font sur un mode opportuniste, interactif. Dans cette modification des rapports entre Pilotes Prestations Client ergonomie et architectes, une composante clé mérite d'être citée : le constat ergonomique générique constitue une *transition douce* vers des rapports plus interactifs car il ne les impose pas. En effet, les constats ergonomiques génériques peuvent tout aussi bien être utilisés sur un mode séquentiel. Ceci vient du fait qu'ils ont été créés en collant étroitement aux bonnes pratiques des Pilotes Prestations Client ergonomie. Ce nouveau mode de fonctionnement a naturellement émergé sans être imposé. Mais c'est justement ce suivi étroit des pratiques des Pilotes Prestations Client ergonomie qui a permis l'acceptation de ces nouveaux outils, et de leur acceptation et de leur utilisation naissent de nouveaux usages, particulièrement intéressants ici du point de vue de la coopération.

Les constats ergonomiques génériques et leur intégration dans le système de conception, en tant qu'outils tangibles d'analyse de la conception confèrent un nouveau rôle aux Pilotes Prestations Client ergonomie, par rapport aux experts du métier ergonomie. Ils en font des créateurs, des concepteurs, réellement impliqués dans les processus de réification. Non pas qu'ils n'aient jamais participé à ce type de processus, mais la plupart du temps ils ne participaient qu'en tant que simples consultants. Dans le cas de la création des constats ergonomiques génériques, ils ont endossé le rôle d'initiateurs, de pilotes de la conception (dans le cadre de la participation des futurs utilisateurs au processus de conception), d'évaluateurs, etc. Mais surtout, ces objets créés correspondent à la matérialisation du savoir et du savoir-faire particulier dont ils sont détenteurs : savoir et savoir-faire d'interface. Les constats ergonomiques génériques sont essentiellement des objets de synthèse, des objets à la frontière entre les projets et le métier ergonomie, entre le monde virtuel de la maquette numérique et le monde de l'ergonomie physique. Ils sont la matérialisation des compétences d'interface des Pilotes Prestations Client ergonomie. Ils sont des objets directement issus de leur pratique. C'est pourquoi ils confèrent aux Pilotes Prestations Client ergonomie un rôle de créateur-concepteur d'outils pour la communauté de pratique de l'ergonomie, à part entière.

4.3 Un système d'information fondé sur les constats ergonomiques génériques, pour l'analyse de l'ergonomie en projet

L'analyse de la maquette numérique à l'aide de ces nouveaux outils, les constats ergonomiques génériques, a été évoquée depuis le début de ce chapitre. Ce paragraphe a pour but de décrire précisément les procédures d'échanges d'informations ayant pour support ces objets. Il décrit également les améliorations apportées par les constats ergonomiques génériques dans le travail d'évaluation de la maquette numérique et dans le travail de comparaison des différentes solutions techniques d'un point de vue spécifique, celui de l'ergonomie. Ces descriptions sont mises en perspective par rapport aux problèmes d'échange d'informations soulevés dans le deuxième chapitre.

4.3.1 La procédure d'échange d'informations par l'utilisation des constats ergonomiques génériques

Les constats ergonomiques génériques ont été particulièrement conçus pour l'analyse de la maquette numérique au moment des jalons projet (même s'ils peuvent très bien être utilisés à d'autres périodes des projets, comme cela sera montré par la suite). A cette période, le Pilote Prestations Client ergonomie – comme tous les Pilotes Prestations Client – cherchent à obtenir les informations utiles leur permettant de préparer le diagnostic du projet suivant leur prestation, l'ergonomie. Généralement, ils se concentrent sur quelques zones-clés, identifiées comme posant des difficultés pour l'atteinte du niveau de prestation exigé par la direction du produit.

Lorsque les données dont le Pilote Prestations Client a besoin sont recouvertes par un constat ergonomique générique, il adresse une demande à l'architecte responsable de la zone de recueillir ces informations par le biais du constat en question. Il précise l'environnement numérique sur lequel devra être instancié le constat, et peut (comme cela a été précisé dans les paragraphes précédents) accompagner l'architecte lors de l'utilisation du constat. La demande d'information correspond alors plus à une demande d'utilisation d'un outil, sur une zone précise. Cette zone pouvant couvrir plusieurs zones d'architecture, la récupération des données d'entrée peut réclamer du temps à l'architecte, lorsque celles-ci sortent de son domaine de responsabilité. Mais ces données restent généralement en interface avec sa zone.

Une fois l'environnement d'entrée, sur lequel le constat doit être réalisé, entièrement rappelé dans une session CATIA®, la procédure d'instanciation du constat ergonomique générique peut être lancée. Comme cela a été mentionné précédemment, le Pilote Prestations Client ergonomie peut être présent lors de cette activité.

Les résultats de l'instanciation (les modèles 3D comprenant les mesures de cotes, les objets ergonomiques mis en place ; les plans éventuels ; les rapports) peuvent être enregistrés dans le PDM⁹. Les Pilotes Prestations Client récupèrent les informations qui leur sont nécessaires (les fichiers des plans, les rapports) et peuvent les archiver dans leur propre système de classement, mais la source, faisant référence, de ces informations est enregistrée dans le PDM.

La figure 4.5 résume cette procédure d'échange d'informations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, dans le cadre de l'analyse et de l'évaluation de la maquette numérique, par l'utilisation de constats ergonomiques génériques.

⁹Ces objets sont actuellement enregistrés dans une structure provisoire, la structure définitive n'étant pas arrêtée. Rappelons que les classeurs ne sont que des liens, permettant d'organiser les recherches dans le PDM. Mais il n'est pas nécessaire d'utiliser un quelconque classeur pour enregistrer des fichiers dans le PDM. L'unité élémentaire d'enregistrement, correspondant à un numéro unique, dans laquelle est enregistrée le fichier, peut très bien n'être liée à aucun classeur.

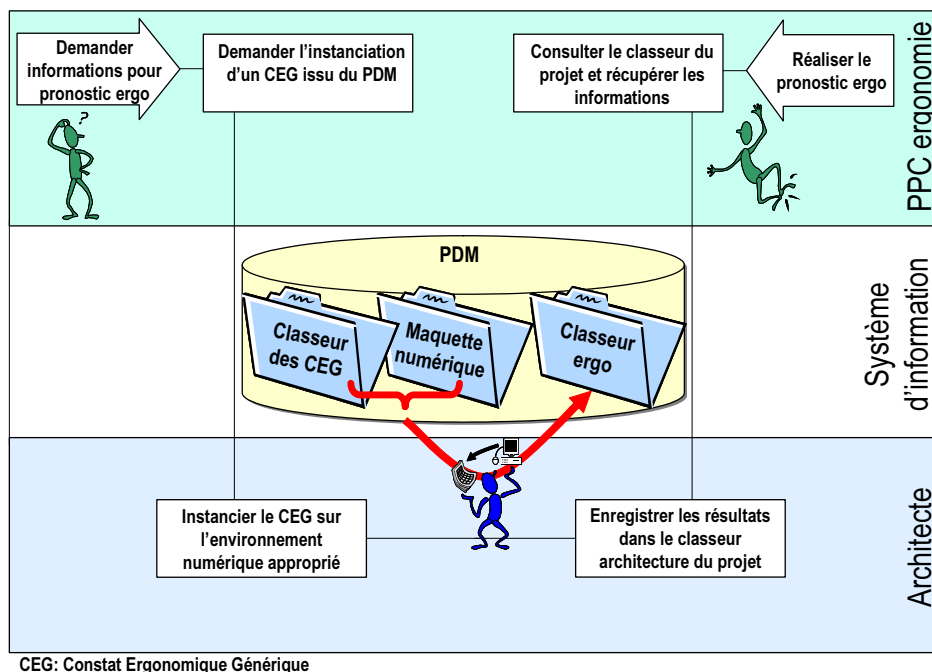


FIG. 4.5 – Le processus d’analyse de la maquette numérique utilisant les constats ergonomiques génériques

4.3.2 Usages courants des instances de constats ergonomiques génériques

L'évaluation de l'ergonomie d'un projet par rapport aux cibles produit

Les instances des constats ergonomiques génériques fournissent notamment des données pré-formatées, directement utilisables par les outils et méthodes d'évaluation ergonomique développés par le métier ergonomie. Ces outils et méthodes, comme cela a été présenté au chapitre 2 (paragraphe 2.1.1 page 44) correspondent à une échelle de mesure du niveau de service (du niveau de satisfaction) atteint par une prestation, pour une catégorie (morphologique) de population donnée.

Les outils d'évaluation quantitatifs utilisent comme données d'entrée un ensemble de données chiffrées (valeurs de cotes et niveaux mesurés par des abaques, etc.), mesurant différents éléments d'une même prestation, et transforment celles-ci en une note globale et synthétique. Ces notes sont directement comparables aux cibles projet¹⁰, qui correspondent, elles, aux traductions quantitatives des demandes de la Direction du Produit. Les données chiffrées nécessaires sont directement fournies par les rapports produits lors de l'instanciation des constats. Ces données sont par ailleurs fournies sous forme de tables de base de données, dans l'objectif de mettre en place un outil de synthèse automatique de celle-ci, afin de pouvoir les comparer de façon quasi-immédiate aux cibles projet.

Les méthodes et outils d'évaluation qualitative fonctionnent principalement à partir des plans fournis. Ils permettent, en utilisant des gabarits par exemple, de juger qualitativement le niveau atteint par une prestation. C'est un complément important des outils et méthodes quantitatifs, qui, s'ils sont particulièrement objectifs, sont également particulièrement restrictifs. Dans le cadre de l'utilisation des constats ergonomiques génériques, lorsque l'analyse faite par l'architecte se fait en présence du Pilotes Prestations Client ergonomie, l'environnement numérique 3D résultant est également utilisé

¹⁰Les cibles projet peuvent être, et de fait sont souvent, des véhicules de la concurrence, dont les caractéristiques ergonomiques, pour une prestation donnée, sont mesurées par le métier ergonomie.

comme outil d'évaluation qualitatif. Dans ce cas, l'environnement numérique 3D est significatif pour les Pilotes Prestations Client parce qu'il contient les éléments qui font sens pour eux, des éléments qui leur permettent de « voir » le projet avec des yeux d'ergonomes.

Pour cet objectif d'évaluation de l'ergonomie du projet par rapport aux cibles, au moment des jalons projet, le nouvel outil mis en place, et son intégration dans le système de conception, répondent globalement aux attentes des Pilotes Prestations Client ergonomie. Les constats ergonomiques génériques permettent d'obtenir les informations nécessaires, et sous la forme adéquate, à un diagnostic ergonomique, en demandant moins de ressources aux architectes.

La comparaison objective de solutions techniques entre-elles, du point de vue ergonomique

Un des apports les plus significatifs du constat ergonomique générique est la possibilité qu'il offre de comparer de façon totalement objective plusieurs solutions techniques, depuis un point de vue particulier, celui de l'ergonomie. Lors des phases amont de la conception, plusieurs « designs » sont en concurrence, et sont à l'origine des différentes solutions que les Pilotes Prestations Client doivent évaluer, d'autant plus que l'ingénierie développe également en parallèle quelques solutions. Ces différents modèles du véhicule en projet convergent petit à petit au fur et à mesure des jalons projet.

Lorsqu'une analyse est réalisée « à la main », elle peut toujours être considérée (lorsqu'elle est complexe, qu'elle demande de nombreuses manipulations, etc.) comme dépendante de l'acteur la réalisant. L'intérêt de l'informatique est, outre qu'elle réalise les tâches répétitives sans état d'âme, que cette réalisation est parfaitement objective. De plus, elle peut être exécutée rapidement et de façon systématique sur les différentes solutions techniques définissant les directions possibles que pourrait emprunter le projet véhicule. L'utilisation des constats ergonomiques génériques permet de comparer de façon objective ces directions, du point de vue de l'ergonomie, et pour une prestation donnée (accessibilité aux places avant, espace disponible pour les jambes du conducteur, etc.). Cette comparaison n'implique évidemment pas que la « meilleure » solution d'un point de vue ergonomique sera choisie, car de nombreuses contraintes entrent en jeu. Néanmoins, le choix d'une solution se fait en toute connaissance de cause et ses points faibles sur certaines prestations ergonomiques sont connus, ce qui permet de les faire passer au premier plan. C'est en fait l'objectif des jalons projet : réunir les acteurs pour faire un état des écarts constatés par rapport aux cibles prévues, et concentrer les actions sur la réduction de ces écarts. Encore faut-il que ces problèmes soient mis en lumière ! Le constat ergonomique générique, en simplifiant et automatisant les analyses, et en leur donnant un cadre d'utilisation précis et accessible (Les constats sont rangés dans le PDM, dans une zone précise et stable) est une avancée dans ce domaine. Cependant, toutes les difficultés sont loin d'être résolues, puisque toutes les analyses ne peuvent être informatisées, et puisque de nouvelles configurations, avec leurs spécificités, sont inévitablement apportées par les évolutions technologiques, mais également par les évolutions des attentes des clients, etc.

La figure 4.6 présente schématiquement la procédure de comparaison objective de solutions techniques, par le biais du constat ergonomique générique.

4.3.3 Les avancées permises par le nouveau système d'information

L'objectif premier de cette étude était d'améliorer le partage des informations « projet » circulant entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie, afin que ces derniers obtiennent, dans les temps impartis, les données nécessaires pour réaliser, lors des jalons, le pronostic ergonomique du véhicule en projet. De ce point de vue, le système d'information mis en place, principalement fondé sur les constats ergonomiques, est une réussite. Les constats ergonomiques génériques n'incluent pas

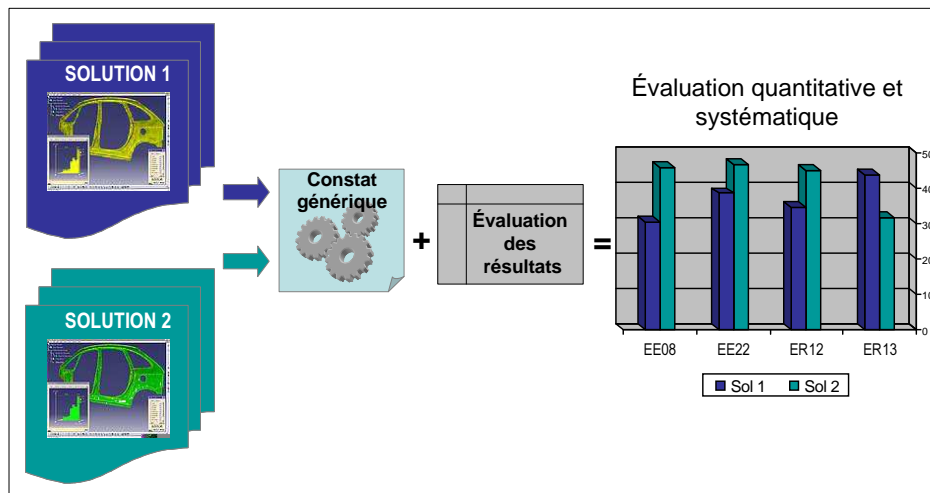


FIG. 4.6 – Le constat ergonomique générique permet la comparaison de solutions techniques d'un point de vue ergonomique

directement la partie d'évaluation ; cependant, ses sorties pré-formatées sont aisément utilisées par les Pilotes Prestations Client ergonomie.

D'autre part, le constat ergonomique générique permet une comparaison aisée des différentes solutions techniques coexistantes à une période du projet véhicule. Cette potentialité de l'outil est peu mise en avant, cependant elle est très intéressante. Elle permet même de s'abstraire des outils d'évaluation si la comparaison souhaitée entre plusieurs alternatives n'est que *relative* et non *absolue*.

En réponse aux caractéristiques et difficultés du partage d'information entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, détaillés au chapitre 2, le système d'information mis en place, permet de :

- limiter l'éparpillement des données, en spécifiant une source de référence, le PDM ;
- limiter également le nombre de ressaisies d'information : comme une unique source fait référence, la consultation des données, même au delà de la durée du jalon, l'accès est aisé et fiable ;
- lever un certain nombre d'ambiguïtés, lors de l'informatisation des constats ergonomiques, et de rendre les analyses ergonomiques plus systématiques, plus objectives ;
- séparer l'analyse de l'évaluation, conformément au mode de travail de la communauté de pratique ergonomie, ce qui simplifie les constats ergonomiques génériques et permet leur diffusion dans les projets sans précaution de confidentialité autre que celles en vigueur, étant donné qu'ils contiennent peu d'informations sensibles ;
- donner à chaque acteur une entrée sur l'analyse de l'ergonomie en projet : par prestation pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, par zone d'architecture (même si plusieurs zones peuvent être concernées par un même constat) pour les architectes ;
- soulager la charge imposée aux architectes dans le cadre de l'analyse de la prestation ergonomie au moment des jalons ;
- enfin, structurer et cadrer les échanges d'information, ainsi que leur enregistrement dans un système pérenne et organisé, le PDM.

Les constats ergonomiques génériques, s'ils ne résolvent pas tous les problèmes de partage d'information, apportent une réelle fluidité dans les échanges, et une pérennité des résultats des analyses.

Tout n'est évidemment pas standardisable, automatisable : chaque projet apporte ses spécificités. Les technologies progressent : les formes, le design évoluent en fonction de la créativité des designers et des possibilités techniques ; mais également les concepts d'utilisation (véhicule sans clé, sièges minces ou rabattables, pare-brise panoramique, etc.). Les attentes et les goûts évoluent également, et la concurrence n'est pas en reste. Cependant, les efforts de standardisation de ce type, en automatisant, en systématisant, en régularisant des activités, permettent de dégager des ressources, qu'elles soient temporelles, humaines, « intellectuelles », pour se concentrer sur le non standardisable, le nouveau, le non maîtrisé.

4.4 Les « effets de bord » provoqués par la mise en place des constats ergonomiques génériques

La création d'un nouvel outil, le constat ergonomique générique, et son intégration dans le système de conception de l'entreprise, ont eu des effets plus ou moins imprévus, décrits dans ce paragraphe. D'une part, les constats ergonomiques génériques participent à la constitution, au fil de l'eau, d'une mémoire de projet. D'autre part, les architectes, utilisateurs directs de ces nouveaux outils, les ont parfois si bien pris en main qu'ils les ont détournés de leur usage premier (l'analyse) pour en faire des outils d'aide à la conception.

4.4.1 Constitution d'une mémoire de projet

Le projet d'amélioration du partage des informations projet circulant entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes n'a pas eu pour objectif de créer, ni même d'initier la constitution d'une mémoire de projet. Les principes et concepts avancés par ce vaste domaine de recherche ont été succinctement abordés au paragraphe 2.4.2 page 65. Ils ont principalement servi de principe directeur pour explorer la capitalisation des informations projet, notamment le principe de « capitalisation des caractéristiques du projet », permettant de donner un accès asynchrone aux informations aux divers protagonistes du projet. Mais l'intérêt d'une capitalisation de la logique de conception avait été soulevé à ce moment.

Cependant, comme le signale [Schmidt, 1998], la capitalisation de la logique de conception est un sujet sensible, pouvant occasionner des controverses au sein de équipes de conception qui ne voient pas nécessairement les contraintes et les compromis sous le même angle. Cela peut même, éventuellement, nuire à la qualité de la coopération, d'autant que cette activité réclame un temps non négligeable. La conception d'un nouveau système d'information pour le partage des données projet entre les architectes et les Pilotes Prestations Client, fondé sur l'utilisation des constats ergonomiques génériques, ne s'est pas orienté vers la capture systématique des logiques de conception. Cela est possible : dans chaque classeur du PDM contenant une instance de constat ergonomique générique il est possible de glisser un rapport supplémentaire, « expliquant », par exemple, les résultats de l'analyse ergonomique menée et le contexte de la conception l'entourant, l'évolution remarquée depuis la précédente analyse, les raisons ayant conduit à l'adoption d'un compromis, etc. Mais le constat ergonomique générique a été conçu pour soulager la charge de travail de l'architecte, et même les Pilotes Prestations Client ergonomie n'étaient pas particulièrement favorables à cette démarche de capitalisation, également pour des raisons de création d'une nouvelle charge de travail.

Néanmoins, l'idée d'archiver les résultats de chaque analyse (les instances de constat) dans le PDM, afin de servir de source d'information unique et fiable, a suscité l'intérêt de chaque partie. Cet archivage et les choix organisationnels du rangement ont été abordés au paragraphe 4.1.3 page 104, mais vont être précisés dans ce paragraphe. En effet, cet archivage ne comptait pas une charge de

travail particulièrement conséquente et permettait dans le même temps d'archiver et de partager aisément les données issues des analyses ergonomiques. Les différents acteurs ont donc a priori approuvé le principe du rangement.

Et en fait, l'organisation de cet archivage a ouvert des perspectives qui n'avaient pas été envisagées dans les objectifs de l'amélioration du partage d'information. En effet, si l'organisation est structurée de sorte à stocker les instances de constat en lien avec la maquette numérique, le contexte des analyses restera alors lié aux analyses. Or ce contexte est précieux pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, qui utilisent régulièrement des raisonnements ou des enseignements basés sur des cas passés pour convaincre leurs interlocuteurs. C'est-à-dire que, au delà des analyses et des évaluations ergonomiques – relativement abstraites –, les Pilotes Prestations Client ergonomie utilisent leur expérience et celle des architectes pour appuyer leur argumentation (la « base » de la conception collaborative, d'après H. Rittel, voir paragraphe 1.1.5 page 12, permettant de surmonter la complexité de la conception) et en donnant des perspectives tangibles à leurs propositions. Ainsi, les précédents projets permettent d'illustrer les dérives fréquentes de certaines cotes (et de la prestation), ou la perception qu'ont les clients de problèmes qui semblent peu critiques. Les cas passés permettent aux Pilotes Prestations Client ergonomie de mettre en perspective les positions qu'ils défendent, en appui des analyses et évaluations menées via les outils de l'ergonomie. Ils permettent également de prévoir, d'anticiper des difficultés.

Or, si l'instance de constat contient à la fois les éléments de l'environnement numérique ayant été fourni en entrée, et l'ensemble des mesures et procédures ergonomiques appliquées lors de l'instanciation, l'environnement d'entrée peut être relativement dépouillé. Il est parfois retravaillé (par exemple pour obtenir la ligne d'accessibilité) et tous ses éléments ne correspondent pas nécessairement directement à des éléments de la maquette numérique ; de plus, seuls les éléments pertinents pour l'analyse peuvent avoir été intégrés à l'environnement d'entrée. Il n'est donc qu'un pâle reflet du contexte de la maquette numérique à ce jalon. Mais si les liens entre l'instance de constat, et la maquette numérique sont préservés, par exemple en respectant la structure d'archivage schématisée sur la figure 4.3 page 105, alors le lien entre le contexte de l'analyse et l'analyse est conservé.

Pour résumer, si l'instance de constat conserve l'environnement sur lequel le constat a été instancié en plus de l'ensemble des mesures et éléments ergonomiques, il s'agit d'un environnement allégé, qui ne présente qu'une vision réduite du contexte de l'analyse. L'archivage de ces instances en lien avec la maquette numérique permet de retrouver aisément le contexte global de l'analyse, ayant conduit à la configuration de l'environnement enregistré dans l'instance. Par exemple, pour retrouver ce contexte global il est possible de rassembler dans une même session CATIA® l'instance du constat et les *compositions* de la maquette numérique lui correspondant (jalon projet et zone(s) d'architecture concernée(s)) pour mener des comparaisons avec une configuration ultérieure.

Ceci n'est évidemment pas une organisation suffisante permettant de capturer et de capitaliser parfaitement la logique de conception tout au long des développements du projet véhicule. Mais le fait de garder les liens entre analyse et maquette numérique permet de pouvoir reconstruire facilement, a posteriori, le contexte global dans lequel l'analyse a été menée. Cette capitalisation des analyses (des instances) en lien avec la maquette numérique est un grand pas vers la construction d'une mémoire de projet partagée à la fois par les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie. En effet, jusqu'à présent, les résultats des analyses étaient (et sont toujours) conservés par le Pilote Prestations Client ergonomie dans ses archives propres, et en grande partie partagé avec les autres Pilotes Prestations Client, dans un répertoire informatique spécifique. Mais ces objets (résultats des analyses), étant totalement déconnectés de la maquette numérique, perdaient ainsi beaucoup de poids lorsqu'ils étaient support de l'argumentation des Pilotes Prestations Client ergonomie. La date, la version exacte de la

maquette, les « nums » (donc les pièces) sur laquelle avait été effectuée l'analyse : coupes, projections, mesures de cotes, etc. Toutes ces informations étaient perdues.

Une capitalisation dans le PDM, avec une structure d'archivage pratique, évite de perdre ces données, et permet de les situer dans leur contexte. Cette possibilité offre aux Pilotes Prestations Client ergonomie la possibilité d'une véritable référence, dynamique et en 3D, à une base de cas permettant de soutenir leur argumentation. La figure 4.7 présente de façon détaillée la proposition d'intégration des instances de constats ergonomiques génériques dans les classeurs de la maquette numérique, et leur capitalisation au fil des développements des projets.

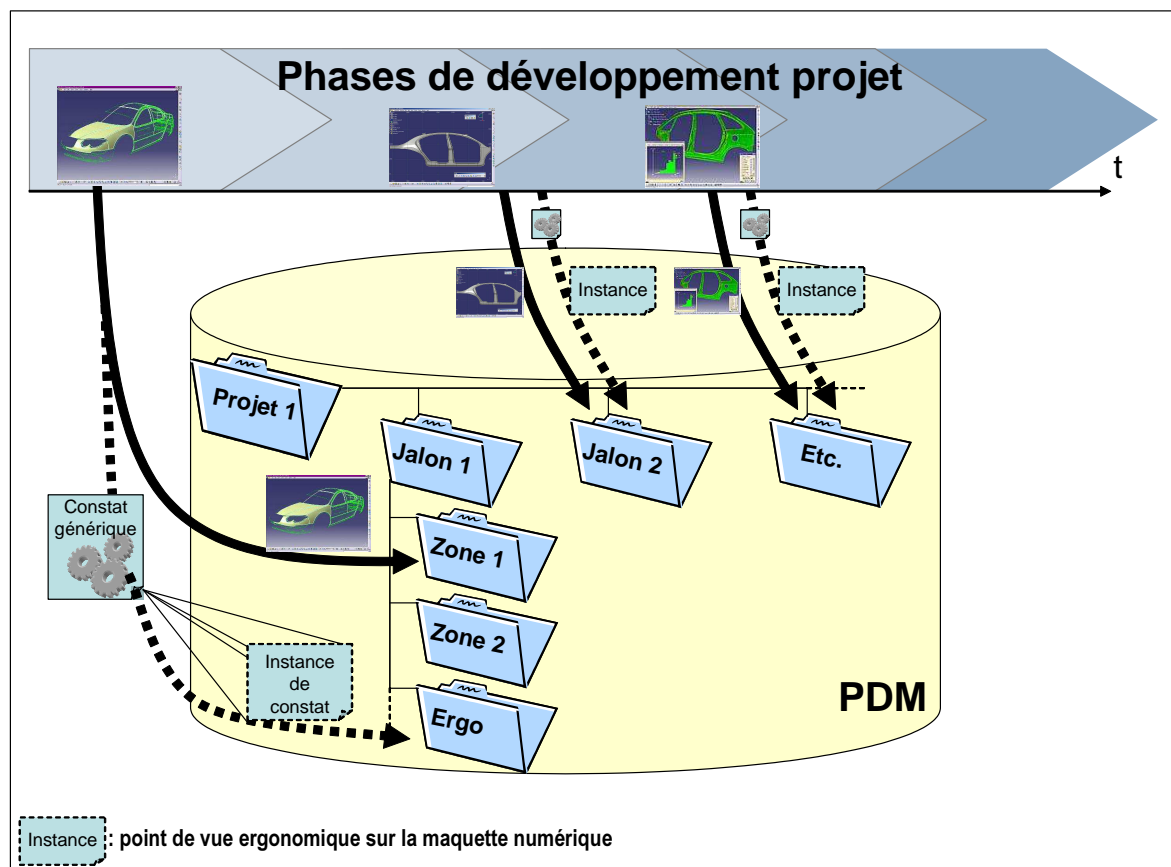


FIG. 4.7 – Une proposition d'intégration du constat générique dans le PDM

La métaphore des « radiographies » de la maquette numérique est une nouvelle fois intéressante. Le classement des radiographies d'un patient, par ordre chronologique et en lien avec sa pathologie, éclaire le médecin et lui permet d'émettre des diagnostics dans des cas similaires, par exemple moins avancés, même si chaque sujet est différent. La pratique de l'ergonomie dans le suivi de projets véhicule est semblable à la pratique du médecin : à l'aide de ses outils et de son expérience, appuyée par un répertoire de cas, il diagnostique et pronostique, fait des recommandations. Une mémoire de cas partagée, dont les cas sont enregistrés en contexte, est un support précieux car elle permet de justifier ou réfuter, dans tous les cas mettre en perspective, les arguments échangés entre les parties.

4.4.2 Détournement d'usage par les concepteurs

Les constats ergonomiques génériques sont des outils qui, bien que CAO, ont été créés pour répondre à des besoins typiquement ergonomiques. Il n'y a que quelques rares préconisations (c'est-à-dire des évaluations par rapport à l'échelle de notation de l'ergonomie, créée par le métier ergonomie) dans ces outils. Ils sont précisément destinés à mener des « constats », c'est-à-dire à analyser, à disséquer, à un instant donné, une zone de la maquette numérique, d'un point de vue particulier, le point de vue de l'ergonomie. Ils ne servent pas à aider à construire la maquette numérique mais bien à l'analyser.

Or certains des constats ergonomiques génériques ont été rapidement détournés de leur objectif de constatation, pour être transformés par les architectes en des outils véritablement d'aide à la conception. Un outil d'aide à la conception désigne un outil permettant de guider la construction ou l'agencement des éléments de la maquette numérique, ce sont par exemple d'anciennes pièces, ou des modèles sur étagères qui sont adaptés au cas envisagé. Le métier ergonomie fournit des éléments *d'aide à une conception ergonomique* (Par exemple des surfaces enveloppe qui permettent de positionner les commandes par rapport à la position et au gabarit du conducteur), mais les constats ergonomiques génériques ne s'inscrivent pas du tout dans cette démarche puisqu'ils exigent un environnement d'entrée pour être instanciés.

Et pourtant... Pourtant certains architectes ont rapidement pris en main et détourné de leur usage premier des constats ergonomiques génériques, mêmes si tous ne sont pas concernés par ce détournement. Dans un premier temps, les architectes ont rapidement perçu l'intérêt du constat ergonomique générique qui leur permettait de mener rapidement, et sans l'intervention du Pilotes Prestations Client ergonomie, une analyse de la zone d'architecture qu'ils étaient en train de concevoir. Cela leur permettait d'anticiper le jalon suivant, de connaître par avance, de façon approximative, le niveau atteint par leurs constructions. Car en effet, si l'évaluation n'est pas incluse dans les constats ergonomiques génériques, l'architecte responsable d'une zone sait en revanche généralement si le Pilote Prestations Client ergonomie préconise que des cotes augmentent ou diminuent, etc. Et il a la possibilité de comparer deux analyses successives.

D'autre part, certains architectes ont directement utilisé des constats ergonomiques génériques comme des outils leur permettant de construire une zone particulière. Notamment, un architecte a utilisé un constat analysant l'espace disponible au niveau de la tête des passagers arrière (constat ergonomique générique « garde aux têtes arrière ») pour dessiner une partie de la garniture de toit arrière. Comment a-t-il outrepassé le problème posé par la nécessité de fournir un environnement d'entrée ? Simplement en utilisant des éléments « factices », créés très rapidement pour l'occasion, correspondant grossièrement à la solution envisagée. Une fois le constat instancié, et le mannequin avec ses gardes au niveau de la tête mis en place, l'architecte peut construire la garniture, en respectant une sorte de cahier des charges en trois dimensions. De même, d'autres constats ont été détournés pour, par exemple, construire les crans d'ouverture d'une porte (ce qui correspond à ouvrir la porte et l'arrêter à une certaine distance de la voiture, *comme si* elle s'appuyait contre un mur). Le constat ergonomique générique « accessibilité en environnement restreint » (Voir le paragraphe 3.4.5 page 95 ainsi que la figure 3.9 page 97) a été particulièrement dévoyé de son objectif initial, qui est, en résumant, d'analyser les dimensions et formes de la porte pour évaluer si, dans un environnement restreint, elle s'ouvrira suffisamment pour laisser passer le conducteur. Ici, plusieurs « murs fictifs » ont été positionnés, afin de déterminer la plus petite distance offrant une accessibilité correcte, afin de sélectionner l'angle d'ouverture correspondant au premier cran.

Ce détournement d'usage par les architectes témoigne sans doute d'une bonne appropriation des outils par les architectes. Si les Pilotes Prestations Client ergonomie doivent veiller à ce que les

constats ergonomiques génériques ne soient pas utilisés abusivement, cette appropriation est de bonne augure pour leurs relations et le partage d'un terrain commun, *au virtuel*

4.5 Conclusions

Dans ce chapitre, l'intégration dans le système de conception du constat ergonomique générique a été décrite. Et l'organisation de l'accès à l'outil ou à ses instances participe, comme l'outil lui-même, au partage de représentations sur la maquette numérique, entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. En effet, ce partage de représentations, cette synchronisation cognitive¹¹ provient :

- de l'utilisation d'un outil standardisant et encapsulant des savoirs et savoir-faire métier, permettant de réaliser les tâches fastidieuses automatiquement et de se concentrer ainsi sur les problèmes de conception (et non les problèmes de l'analyse !);
- de la permanence de l'accès à l'outil et à ses résultats, permettant de lier les activités courantes à celles passées, dont le contexte (et donc le sens) a été préservé.

Le constat ergonomique générique, intégré dans le système de conception, répond globalement aux problèmes soulevés dans le chapitre 2. Il permet de rapprocher, sur un terrain particulier (l'analyse de l'ergonomie de la maquette numérique), les deux acteurs. Il crée un « référentiel opératif commun¹² » et rapproche les « object worlds¹³ » des deux acteurs en les amenant à partager un même système d'information et un même outil.

Et si des applications inattendues ont été mises à jour, elles sont plutôt une marque de l'appropriation du système par l'ensemble des acteurs, et montre que ses possibilités peuvent encore être augmentées, au delà de celles prévues.

Le prochain chapitre va présenter une synthèse et une généralisation du système d'information et du constat ergonomique générique.

¹¹ Voir [Darses, 1997], [Darses, 2004] paragraphe 2.1.3 page 52.

¹² Voir [de Terssac et Chabaud, 1990] paragraphe 2.1.3 page 52.

¹³ Voir [Bucciarelli, 1984] paragraphe 2.2.7 page 60.

Chapitre 5

Perspectives et généralisation : le constat générique

Dans ce chapitre, après un retour sur les principes du système d'information fondé sur le constat ergonomique générique, les perspectives ouvertes par ce nouvel outil intégré au système de conception de l'entreprise seront discutées. Une généralisation sera ensuite abordée, présentant succinctement quelques applications à d'autres domaines que l'ergonomie véhicule.

5.1 Les apports du constat ergonomique générique à l'intégration du point de vue du client dans la conception

5.1.1 Introduction

Les contraintes pesant sur la conception industrielle automobile s'accroissent avec l'intensification et la mondialisation de la concurrence : lutte des prix, course à l'innovation, accélération du rythme de mise sur le marché et par ricochet raccourcissement des phases de conception, gains de productivité incessants, etc.

Ces contraintes se répercutent évidemment au niveau des projets et des acteurs de la conception, modifiant repères et marges de manœuvre de ces derniers. La complexité irréductible de la conception – faire toujours mieux (innovations, qualité croissante, amélioration des prestations, etc.) avec moins (moins de temps, moins de budget, etc.) – est un challenge pour les équipes de conception. L'intelligence collective de l'entreprise et des équipes de conception naît de la confrontation et de la coopération de chaque intelligence individuelle, et relève chaque jour ce défi, non seulement en fabriquant de nouvelles solutions de conception, mais aussi en inventant de nouvelles formes d'organisation, de coopération, adaptant ou renouvelant modes et outils de travail.

Dans ce contexte de concurrence accrue, un des facteurs de différenciation est la conception de produits répondant précisément aux attentes des clients. Les attentes des clients par rapport à un produit comme l'automobile sont extrêmement diverses (sécurité, consommation, pollution, confort, etc.) mais sont surtout transversales aux découpages techniques et géographiques. L'intégration du point de vue du client dans la complexité croissante de la conception est un challenge pour les constructeurs automobile.

La création de nouveaux acteurs, les Pilotes Prestations Client, est la réponse organisationnelle de Renault à l'intégration du point de vue du client dans la conception, laissant la part belle à l'intelligence collective et à l'auto-organisation. Mais ces nouveaux acteurs, acteurs d'interface par excellence, doivent se constituer une base d'outils, de méthodes et de compétences adaptée à leur rôle particulier. Dans le cas particulier des Pilotes Prestations Client ergonomie, le constat ergonomique générique est une proposition d'outils intéressante, dont l'émergence et l'insertion dans le système de conception ont été discutées dans les chapitres précédents. Ce paragraphe 5.1 a pour objectif de faire une synthèse sur les apports de cet outil, le constat ergonomique générique (intégré au système de conception), dans le cadre de l'intégration du point de vue du client dans la conception.

5.1.2 Un système de réalisation et de partage de représentations sur le projet

Le constat ergonomique générique est le support de représentations du produit en conception, partagées par les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. D'une part, lors de son instanciation, le constat ergonomique générique fournit aux Pilotes Prestations Client ergonomie les éléments, sous une forme qui fait sens pour eux, dont ils ont besoin pour analyser la prestation ergonomie. Mais il met aussi tout simplement en forme l'environnement que les architectes ont fourni en entrée. Ils ont ainsi accès immédiatement à une vision de leur travail analysé par l'ergonomie, dans un contexte global qui correspond au point de vue « conceptualisé » (par l'ergonome dans la maquette numérique) du client. L'instanciation offre à chaque acteur soit une mise en forme (pour les architectes), soit une caractérisation (pour les Pilotes Prestations Client ergonomie) de son univers. L'instanciation génère des objets intermédiaires de la conception, mais qui ont une forme régulière, connue d'avance, répétable, aisément comparable. Cette régularité permet une pre-computation¹ de

¹ Voir [Simon, 1981] paragraphe 2.4.4 page 67.

la situation, parce qu'elle permet de plonger chaque acteur dans le contexte de l'analyse sans besoin d'explications autres que celles liées justement au contexte (les méthodes d'analyse, l'objectif des mesures, la prestation envisagée, etc. : tous ces éléments sont déjà compris dans le constat ergonomique générique). Cette pre-computation est également une clé du partage des représentations, permettant aux différents acteurs de se concentrer sur les résultats et le contexte (les entrées et les sorties), et non sur les outils ou les méthodes (éléments encapsulés dans le constat ergonomique générique). Et comme tout objet intermédiaire de la conception, ces instances de constat ne sont pas seulement des représentations. Ils peuvent être également traduction et médiation [Jeantet, 1998] de la conception, pour les architectes et les Pilotes Prestations Client. Ils sont traduction lorsqu'ils permettent de transformer une perspective ergonomique pour le client en une perspective opérationnelle pour le concepteur. Ils sont médiation lorsqu'ils mettent en relation des logiques hétérogènes, celle des Pilotes Prestations Client ergonomie (orientée client, transversale) et celle des architectes (orienté produit, géométrique, de fabrication).

D'autre part, chaque constat ergonomique générique en lui-même (sans être instancié), constitue également une représentation partagée. Il contient à la fois les points de vue des Pilotes Prestations Client ergonomie et des architectes, sur le processus particulier d'analyse de l'ergonomie dans la maquette numérique. C'est en effet un objet CAO qui (1) encapsule des règles et des éléments de mesure ergonomiques et (2) est instanciable sur un environnement numérique familier aux architectes, dont ils ont la responsabilité. C'est aussi un objet concrétisant (au numérique) la rencontre (et la frontière) des activités de l'ergonomie et de l'architecture. En constituant une analyse « générique » d'un environnement « générique », le constat ergonomique générique peut être considéré comme un « objet intermédiaire générique » de la conception. Par « objet intermédiaire générique » nous entendons un type d'objet intervenant au cours de la conception, ayant des rôles de représentation, de traduction, de médiation de la conception, existant à un niveau abstrait et prenant corps lors de leur utilisation (instanciation) en projet, comme par exemple les plannings. Ces objets sont génériques car ils existent en dehors des projets, mais n'ont de portée que s'ils se « remplissent » du contexte d'un projet.

Enfin, le constat ergonomique générique constitue un objet intermédiaire générique du « référentiel opératif commun² » aux Pilotes Prestations Client ergonomie et aux architectes. Ce référentiel n'est pas un système figé, au contraire : c'est un système dynamique, toujours en construction, qui se nourrit des solutions élaborées en commun par les deux ensembles d'acteurs. C'est le terrain commun où les différentes représentations, formulations, interprétations deviennent conciliables, compatibles, afin de résoudre les problèmes se posant dans l'espace de responsabilité partagé par les deux types d'acteurs, en procurant à chacun un schéma d'action collective. Ainsi, cette base de représentation, formulations, interprétations (le référentiel) compatibles (commun) est orientée vers l'action (opératif), vers la résolution de problèmes à la frontière entre deux parties. Le constat ergonomique générique participe à la construction de ce référentiel, d'une part lors de sa conception (en réunissant les différents acteurs sur des problèmes communs et nécessitant une réalisation conjointe) et d'autre part lors de son utilisation (en provoquant un travail collaboratif). Plus précisément, le constat ergonomique générique participe à la « synchronisation cognitive³ » des deux acteurs. Cette synchronisation intervient sur le domaine de l'ergonomie, mais adapté à la maquette numérique, c'est-à-dire *au virtuel*.

Ainsi, le constat ergonomique générique, comme d'ailleurs ses instances, sont des éléments du référentiel opératif commun aux Pilotes Prestations Client ergonomie et aux architectes permettant la résolution des problèmes posés par l'intégration de la prestation ergonomie dans la maquette numérique.

²Voir [de Terssac et Chabaud, 1990] paragraphe 2.1.3 page 52.

³Voir [Darses, 1997], [Darses, 2004] paragraphe 2.1.3 page 52.

5.1.3 Un support de l'argumentation en conception

D'un angle plus pratique, le constat ergonomique générique, et plus particulièrement ses instances, sont également des supports de l'argumentation des Pilotes Prestations Client au long des projets. Comme le souligne H. Rittel⁴, la résolution des problèmes de conception industrielle, irréductiblement complexes, est essentiellement l'affaire de la confrontation et de la coopération d'intelligences humaines, faisant émerger ce que l'on qualifie d'intelligence collective. La résolution de ce type de problèmes ne peut pas être (totalement) planifiée, centralisée car elle surpasse toute intelligence individuelle. Et elle « laisse la part belle aux acteurs » (par rapport aux outils ou par rapport aux planifications). Le processus de conception peut alors être vu principalement comme un processus argumentatif, dans lequel la confrontation des points de vue et la négociation permettent d'atteindre les compromis qui feront passer, lors du processus de conception, des idées à leur concrétisation.

Le constat ergonomique générique et ses instances permettent d'envisager la conception sous un angle particulier, celui de l'ergonomie, en s'abstrayant d'autres problématiques. Mais surtout, le point de vue de l'ergonomie est envisagé de façon transversale, *en contexte*, sur un environnement parlant pour les architectes. La concrétisation de ce point de vue, directement « mis en scène⁵ » dans une instance de constat, permet au Pilote Prestations Client ergonomie de plonger l'architecte dans les conséquences de sa conception. Et ces conséquences sont chiffrées, et peuvent aisément être comparées à d'autres configurations réelles comme un véhicule de la concurrence. En ce sens, les instances de constats ergonomiques génériques sont d'excellents supports de l'argumentation des Pilotes Prestations Client ergonomie. La capitalisation des instances de constat ergonomique générique dans le PDM donne plus de poids encore à ces possibilités de comparaison. En enregistrant l'évolution d'une prestation, la capitalisation fournit des éléments particulièrement adaptés. Il est ainsi possible de comparer la situation analysée, à un jalon de la conception, à la situation d'une instance d'un projet comparable à un jalon équivalent : non seulement cette comparaison permet de comparer deux objets semblables (deux maquettes numériques, et non une maquette numérique et un véhicule), mais elle met en évidence les dérives possibles (puisque le « film » du projet comparable est connu jusqu'à sa fin) et permet d'anticiper les problèmes. La permanence des instances (donc des analyses ergonomiques) dans le PDM contribue également à soutenir l'argumentation des Pilotes Prestations Client.

Le constat ergonomique générique n'est pas un outil de conception (sauf lorsqu'il est « détourné » de son usage premier, voir paragraphe 4.4.2 page 118), il ne permet pas (et n'est pas fait pour cela) de maîtriser la complexité de la conception a priori, mais permet d'en tirer parti a posteriori. En effet, comme le principe du scénario, l'objectif est bien plus de contraindre les acteurs à prendre du recul sur leur travail, qu'à suivre une quelconque procédure de résolution de problème. Le scénario fait le pari de stimuler l'intelligence humaine plutôt que la guider. C'est ainsi que le constat ergonomique générique, intégré dans le système de conception, avec ses instances, participe au soutien de l'argumentation des Pilotes Prestations Client ergonomie dans des projets, et par là au soutien de l'intégration du point de vue ergonomique dans la conception.

5.1.4 Un rouage de la coopération

Le constat ergonomique générique comme mécanisme de coordination

Sur un projet automobile, des centaines de personnes interviennent pour le faire passer de l'état d'idée (de projet) à l'état de produit manufacturé. La coopération est un élément essentiel du mode projet, notamment dans les phases amont de la conception, dans lesquelles les activités ne sont pas

⁴Voir [Rittel, 1984] paragraphe 1.1.5 page 12.

⁵Les constats ergonomiques génériques ne sont-ils pas des *scénarios* ? Voir paragraphe 3.4.3 page 92.

parfaitement structurées. La coopération permet alors d'articuler, de coordonner, de façon parfois opportuniste, et toujours dynamique, ces activités. Dans ces phases amont, c'est d'ailleurs plutôt la coopération qui crée l'organisation, et non l'inverse⁶. Toutefois, il faut noter que la coopération peut aller d'une simple coordination des activités à des collaborations beaucoup plus denses.

Notamment, les Pilotes Prestations Client sont, dans la définition même de leur activité et de leur rôle, en constante interaction avec les concepteurs : pour recueillir les informations dont ils ont besoin, pour faire appliquer leurs recommandations, en un mot, pour suivre l'évolution de la prestation dont ils ont la responsabilité. Dans le cadre de la prestation ergonomie (physique), les Pilotes Prestations Client ergonomie sont plus particulièrement en interaction avec les architectes. Leurs rapports sont fréquemment de l'ordre de la demande et de la prescription unilatérales : les Pilotes Prestations Client ergonomie sollicitent les informations dont ils ont besoin auprès des architectes, puis, après avoir réalisé leur diagnostic, émettent des recommandations ou des alertes. Ces rapports sont définis par les objectifs de chacune des parties (intégration du point de vue ergonomique dans la conception pour les uns, synthèse géométrique produit/process pour les autres) et sont peu encadrés. La coopération peut en particulier se résumer à une simple coordination des acteurs, sans qu'aucune partie ne s'implique particulièrement dans le travail (et les contraintes) de l'autre.

Dans ce contexte, le constat ergonomique générique (et le système d'information dont il est le cœur) fournit un cadre souple aux échanges d'informations entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, qui permet de favoriser la coopération – sans l'imposer.

C'est tout d'abord un cadre parce qu'il fournit un support aux informations échangées, il assure leur partage et leur capitalisation dans le PDM. Mais aussi parce qu'il est un élément organisateur des interactions entre ces deux acteurs. Leurs échanges d'information se fait « autour » du constat ergonomique générique et de la maquette numérique. Lors de l'utilisation d'un constat ergonomique générique pour réaliser une analyse de la maquette numérique, les éléments et les responsabilités de l'analyse sont distribués sans ambiguïté : la préparation de l'environnement numérique d'entrée (précisément défini) revient à l'architecte ; l'évaluation des données de sortie et le diagnostic ergonomique reviennent au Pilote Prestations Client ; quant au travail d'extraction des données de la maquette numérique, il revient à... la machine ! (Plus exactement, à CATIA V5® par l'intermédiaire du constat ergonomique générique, que la machine fait « tourner »)

Mais ce cadre d'échange, parmi d'autres (les réunions dites « d'architecture », et les réunions officielles autour des jalons, par exemple, constituent autant de cadres à leurs interactions) a une vertu particulière, qui a été présentée au paragraphe 4.2.1 page 106 : il favorise la coopération des acteurs, en rendant possible la simultanéité des tâches qui, sans le constat ergonomique générique, sont nécessairement séquentielles. Il encourage ainsi la co-conception.

Le constat ergonomique générique constitue ainsi un rouage (parmi d'autres) de la coopération. Il constitue le cœur d'un *mécanisme de coordination* au sens de [Schmidt, 1998]. Un *mécanisme de coordination* est, au sens où nous le prenons, un processus qui se forme :

1. selon des modalités et une organisation librement choisies par les acteurs ;
2. autour d'un *artefact générique*, partagé par les acteurs, et qui permet d'articuler la coopération.

Ainsi, les Pilotes Prestations Client ergonomie et architectes (1) choisissent leur mode d'interaction : lieu, fréquence, durée, etc., dans le cadre de l'exploitation commune de (2) cet objet intermédiaire générique partagé qu'est le constat ergonomique générique, pour l'analyse de l'ergonomie au cours des projets. En cadrant leurs échanges, le constat ergonomique générique stimule et articule la coopération de ces acteurs.

⁶Sur la dualité organisation/coopération, voir [Sardas *et al.*, 2002] et paragraphe 2.2.7 page 61.

Les enjeux de la participation

Dans cet examen des contributions du constat ergonomique générique aux processus de coopération liant les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes, la phase de conception de ces objets a une place remarquable, qu'il faut mentionner. D'autant plus qu'elle est moins éphémère qu'il n'y paraît. Elle semble n'intervenir uniquement qu'en début du cycle de vie du constat ergonomique générique ; cependant, si cet objet est stable, il n'est pas pour autant figé. Les phases de modification du constat ergonomique générique ré-instaurant, en plus léger, le contexte de la conception et la participation des différents acteurs à un processus de développement de l'objet.

La participation des futurs utilisateurs au processus de conception a en fait deux avantages. Le premier est qu'il permet de créer un outil mieux adapté aux attentes de chaque partie. En impliquant les acteurs dès l'idée de l'outil, la participation au processus de conception favorise sa prise en main : le passage de la phase de conception à la phase d'utilisation se fait naturellement. Le second avantage est que ces phases de construction d'un outil partagé, auxquelles participent les différentes parties, améliorent leur inter-compréhension. En fait, cette phase de conception rassemble dans une situation commune (plutôt que dans un rapport prescripteur/exécutant) les différents acteurs et leur permet d'exprimer leurs problématiques (contraintes, attentes) en dehors du rythme des projets et des rapports qu'ils entretiennent habituellement.

Cette inter-compréhension favorise à son tour des relations plus coopératives : c'est le cercle vertueux évoqué aux paragraphes 3.3.2 et 3.3.3 respectivement pages 86 et 88.

5.2 Les perspectives ouvertes par le système d'information mis en place

La création des constats ergonomiques génériques et leur intégration dans le système de conception de l'entreprise ont également ouvert de nouvelles perspectives aux acteurs engagés dans le projet, dont deux sont esquissées dans ce paragraphe.

5.2.1 L'outillage d'acteurs d'interface : les Pilotes Prestations Client ergonomie

Le Pilote Prestations Client est, comme cela a été détaillé dans le deuxième chapitre, typiquement un acteur d'interface, dont les savoirs et compétences spécifiques (d'« interface ») commencent seulement à être pleinement reconnus. Et dans la vie de l'entreprise, le Pilote Prestations Client est également un acteur « neuf », puisque cette fonction a été officiellement créée il y a quelques années. Ces deux faits expliquent le peu d'outillage spécifique, adapté à son activité, dont dispose le Pilote Prestations Client. Mais cet outillage est actuellement en cours de constitution et le constat ergonomique générique en est un exemple caractéristique.

Le constat ergonomique générique est en fait un complément de l'organisation mise en place pour l'introduction du point de vue du client dans la conception. Des trois étapes de cette introduction (« capturer », « traduire », « intégrer » : voir paragraphe 1.3.2 page 18), le constat ergonomique générique en tant qu'outil couvre un peu la deuxième⁷, mais principalement la troisième. La répartition des responsabilités dans ces étapes est alors la suivante :

1. capture des besoins clients : métier ergonomie ;
2. traduction en spécifications pour la conception : Pilotes Prestations Client et métier ergonomie éventuellement ;

⁷Le constat ergonomique générique couvre la partie traduction si l'on considère que sa conception est une traduction de points de vue ergonomiques en spécifications. Mais lors de son utilisation, il n'est pas à proprement parler une traduction : il est une application de cette traduction, pour l'analyse de l'intégration du point de vue du client dans la conception.

3. intégration dans la conception : coopération architectes et Pilotes Prestations Client ergonomie, dont un des supports est le constat ergonomique générique.

Ce dernier item illustre bien la position que doivent avoir les outils d'interface : ce sont des outils de coopération, faisant le lien entre plusieurs métiers. Or cet outillage spécifique d'interface n'a suscité que peu d'intérêt jusqu'à présent de la part des acteurs de la conception, en raison sans doute de leur caractère particulier, procédant d'activités et de savoirs particuliers : les activités et savoirs d'interface.

Mais la réussite de ce projet d'amélioration du partage d'information entre les Pilotes Prestations Client et les architectes a surtout montré que des outils d'interface étaient réalisables (à condition de faire intervenir les « deux côtés » de l'interface !), et qu'ils pouvaient être fructueux pour les activités de conception. Pour les Pilotes Prestations Client ergonomie, ce projet a mis en évidence le fait que certains éléments (outils comme processus) de leur activité pouvaient être standardisés, même s'ils étaient très liés aux contextes des projets. Le constat ergonomique générique a montré la régularité se cachant derrière les contextes différents de chaque demande d'information, et les perspectives offertes par la réutilisation. Ce projet a motivé d'autres travaux (autre la poursuite, mais sur un rythme moins élevé, de réalisation de constats ergonomiques génériques) en collaboration avec des architectes, pour la réalisation d'objets partagés. Par exemple, il a motivé la modification, en commun, de cahiers des charges ergonomiques, qui sont également des objets partagés entre les architectes et les Pilotes Prestations Client ergonomie. Une nouvelle architecture du PDM a par ailleurs été construite pour y regrouper tous les futurs outils de l'ergonomie (Pilotes Prestations Client et métier).

5.2.2 Intérêt de l'intégration des instances dans le PDM

Un des grands intérêts du système d'information mis en place est sa capacité à enregistrer au fil de l'eau des analyses ergonomiques de la maquette numérique (via les instances de constat) *en contexte*. Cette capitalisation permet de créer des cas de référence, dont la trajectoire est connue, et mettant en perspective les caractéristiques ergonomiques des nouveaux projets. Cependant le contexte enregistré directement dans l'instance de constat est « allégé ».

Une perspective intéressante, et qui a été évoquée au chapitre précédent (paragraphe 4.1.3 page 104), concerne l'archivage de ces instances (qui sont des vues particulières de la maquette numérique) en lien direct avec la maquette numérique. C'est ce qui permet de garder le lien, de façon très simple, avec le contexte global de l'analyse. Mais c'est aussi une possibilité offerte aux architectes et à tous les concepteurs, d'avoir accès à une vue particulière de la maquette numérique tout au long de sa conception.

Et une perspective plus large encore se profile alors naturellement : pourquoi ne pas offrir à d'autres prestations – et pas uniquement à la prestation ergonomie – la possibilité d'archiver leurs « vues » sur la maquette numérique, au long des développements projet ? Ces vues devraient être des résultats d'analyse provenant d'un métier (d'une prestation), réalisées directement sur la maquette numérique, mais n'auraient pas nécessairement à être des « constats métier génériques » (c'est-à-dire une généralisation à d'autres métiers du concept de constat ergonomique générique, voir paragraphe 5.3 page 128). L'objectif serait d'offrir un accès multi-vues direct sur la maquette numérique, à tous les acteurs de la conception. La figure 5.1 schématise cette proposition d'arborescence de classeurs, créant, dans chaque « classeur-jalon », un classeur par métier (prestation) dans lequel pourraient être enregistrés les « vues » du métier (de la prestation) sur la maquette numérique. L'intérêt d'une telle organisation est (1) de mettre en place un système de partage des informations qui concernent aussi bien le métier que les concepteurs CAO (un terme plus générique qu'architecte) et (2) de capitaliser ces informations en contexte.

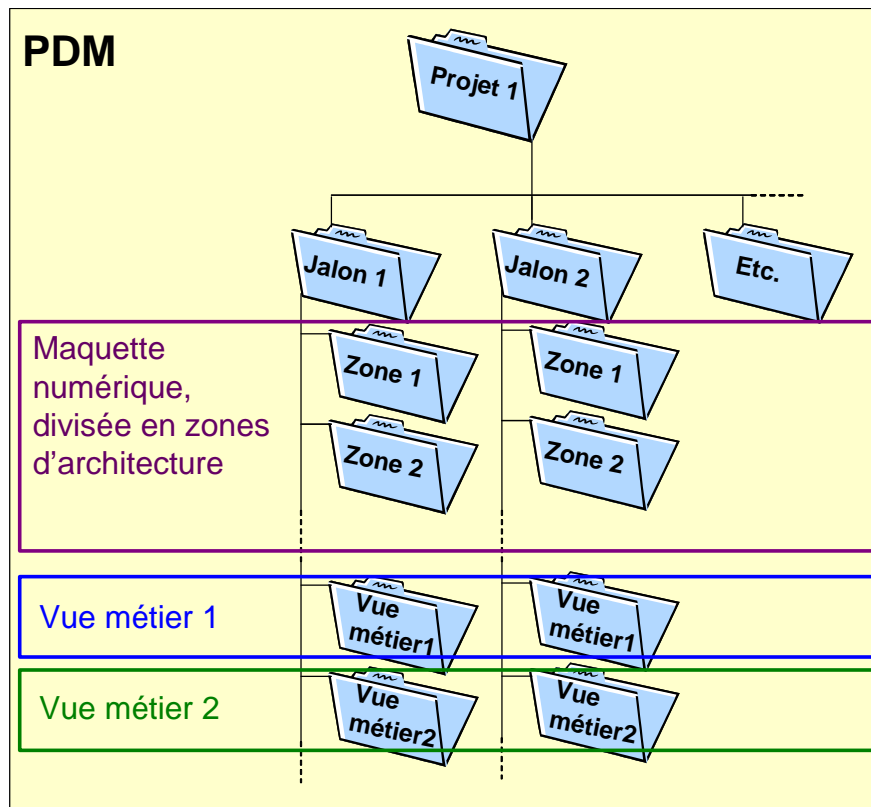


FIG. 5.1 – Une proposition d'accès multi-vues à la maquette numérique

Cependant, cette proposition de structuration est particulièrement débattue, car elle implique des modifications dans une structure stable depuis plusieurs années : la structure de rangement de la maquette numérique.

En effet, quels métiers, quelles prestations pourraient être intégrées à cette structure ? D'autant plus que pour les partisans d'une arborescence simple, l'intérêt d'un accès multi-vues est principalement une source de complexité. Et que pour les métiers, c'est aussi une forme d'engagement par rapport à la fourniture d'informations, de leur point de vue, sur la maquette numérique. Le débat sur les meilleures formes de capitalisation de l'information, dans le but de la réutiliser, est loin d'être clôt. Mais c'est le lot de toute organisation de la conception, régulièrement remodelée par des équipes qui adaptent dynamiquement leurs pratiques aux contraintes et aux progrès, internes et externes à l'entreprise (progrès des technologies, contraintes du marché, etc.)

5.3 Du constat ergonomique générique au constat métier générique

Ce paragraphe a pour objectif de présenter des pistes de généralisation du concept de constat ergonomique générique, et du système d'information qui lui est rattaché, à la fois d'un point de vue technique, mais également d'un point de vue organisationnel. Les aspects généralisables du processus de conception des constats ergonomiques génériques sont également présentés.

5.3.1 Généralisation du concept de constat

Le passage du « constat ergonomique générique » au « constat métier⁸ générique », d'un point de vue conceptuel, est assez naturel. Par rapport à la définition proposée dans le troisième chapitre, un « constat métier générique » serait une sorte d'« analyse-type de la maquette numérique⁹, *informatisée*, standardisant et encapsulant un ensemble de procédures, mesures, règles, méthodes d'analyse de ce métier (pour résumer, des éléments de son savoir et de son savoir-faire), autour d'un objectif particulier donnant une cohérence, une cohésion à l'ensemble ». Le terme *informatisé* (c'est-à-dire intégré à la CAO) a ici son importance : il permet de passer d'une standardisation abstraite (sorte de « constat métier ») à une standardisation directement applicable dans la maquette numérique (un « constat métier *générique*»), donc opérationnelle et permettant de s'abstraire des connaissances et savoir-faire d'analyse du métier, pour se concentrer sur les *résultats* de l'analyse.

L'objectif serait que le constat métier générique joue les trois rôles mis en évidence en fin de troisième chapitre (paragraphe 3.4 page 89 et suivantes) :

- un patron d'analyse de la maquette numérique, du point de vue d'un métier ;
- un mécanisme de coordination entre les concepteurs projet et les représentants d'un métier, toujours autour de la maquette numérique ;
- un scénario d'usage de la maquette numérique, par rapport à ce métier.

Au numérique, une solution technique possible sur laquelle fonder un constat métier générique peut être évidemment le modèle générique (knowledge template) de CATIA V5®, mais toute solution logicielle de CAO paramétrée peut convenir, étant donné que l'instanciation revient à l'application d'une analyse générique sur un environnement numérique générique, devant être remplacé par l'environnement à analyser.

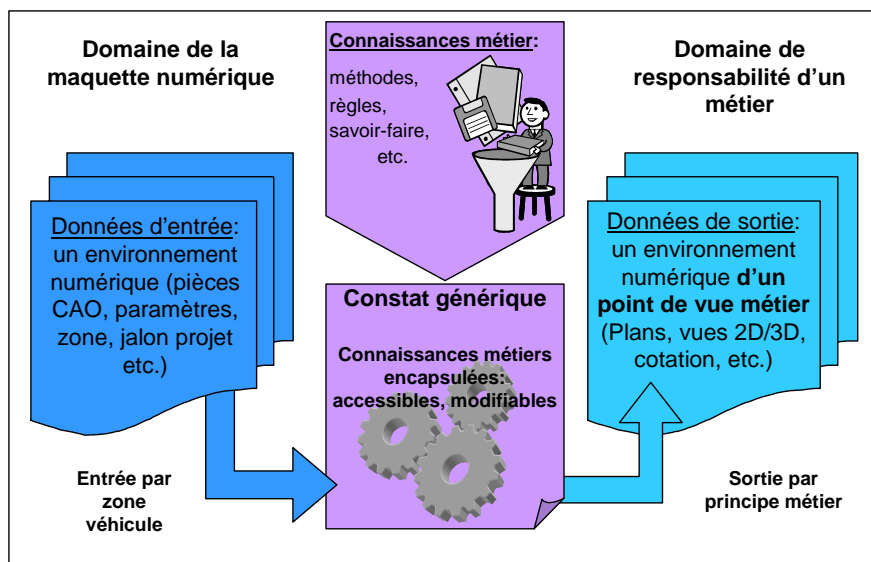


FIG. 5.2 – Un objet intermédiaire support de la coordination entre le projet et les métiers

La figure 5.2 résume le fonctionnement théorique d'un constat métier générique, qui doit permet

⁸Il serait également possible de parler de « constat prestation générique ». Nous avons choisi le terme métier car il correspond à un ensemble de savoirs et de savoir-faire techniques cohérents et ayant généralement une histoire dans l'entreprise, au contraire des prestations, qui reposent sur un ou plusieurs métiers et correspondent à des activités transverses relativement jeunes.

⁹Nous restons dans le contexte d'une conception au numérique, faisant intervenir une maquette numérique.

d'extraire un point de vue métier de la maquette numérique.

De même que pour les constats ergonomiques génériques, les instances (les résultats, les sorties) des constats métier génériques correspondent à des *vues* de la maquette numérique pouvant être archivées dans un PDM, suivant un schéma similaire à celui présenté sur la figure 5.1. Cet archivage correspond à une intégration et une capitalisation, dans le système de conception, de différents points de vue sur la maquette numérique, qui peut s'effectuer au long de la conception. L'intérêt de l'archivage des points de vue en contexte a été précédemment discuté. Un point intéressant peut néanmoins être soulevé : l'archivage des constats métier génériques correspond à l'archivage d'analyses standardisées. Cet état standardisé est très intéressant, car il facilite les comparaisons dans les processus de conception. Mais ces analyses standard ne peuvent jamais couvrir l'ensemble des analyses effectuées par un métier, pour évaluer la maquette numérique. La perspective esquissée au paragraphe précédent – l'archivage de « vues » non nécessairement standard de la maquette numérique – est un complément d'un système d'information fondé sur ce type d'objets, les constats métier génériques.

5.3.2 Préconisations pour la conception de constats métier génériques

Concernant la conception de constats métier génériques, le processus de conception planifié et quantifié doit être organisé par le métier. L'intérêt d'une participation des futurs utilisateurs à la conception, notamment en terme d'appropriation, a été souligné précédemment, nous n'y reviendrons pas.

En revanche, le processus en trois étapes présenté au chapitre 2 (paragraphe 2.4.5 page 67) mérite d'être rappelé. Ce processus, schématisé sur la figure 5.3, avait été évoqué pour la création des constats ergonomiques (non informatisés). Mais les trois étapes peuvent être réinterprétées pour la création de constats informatisés, car elles résument les trois phases par lesquelles passe la conception de constats métier génériques :

1. la phase de collecte des informations *réutilisables* permettant de créer des constats métier génériques, qui est une phase typiquement sous la responsabilité du métier ;
2. la phase de conception proprement dite, faisant participer les concepteurs CAO et le métier, et peut conduire à reprendre la phase précédente de collecte d'informations ;
3. l'instanciation des constats métier génériques sur la maquette numérique, et l'enregistrement des instances de constat dans le PDM, ce qui permet notamment de tester les objets créés, et de les renvoyer en phase de modification s'ils ne correspondent pas aux attentes, ou qu'un progrès possible a émergé de leur utilisation.

Ces étapes constituent, pour être plus précis, deux boucles itératives, ce que figurent les flèches rétroactives.

5.3.3 Application à d'autres domaines

Pour conclure ce chapitre, une évocation des domaines où le concept de constat métier générique peut être appliqué permet de ne pas rester à un stade totalement conceptuel. Ces suggestions ne sont pas approfondies et ne sont donc que des pistes d'utilisation de cet outil qui vient d'être ébauché.

Dans le domaine automobile, un autre métier/prestation pour lequel le concept de constat métier générique pourrait s'avérer très fructueux, notamment dans les phases très amont de la conception, est la sécurité passive. C'est en effet un métier particulièrement orienté par la géométrie, comme l'est le métier ergonomie physique. Dans les phases de projet proprement dites, lorsque la définition de la maquette numérique est suffisamment avancée, l'analyse de la prestation se fait par simulation (éléments finis) des crashes. En revanche, dans les phases amont, lorsque les lignes de la voiture ne

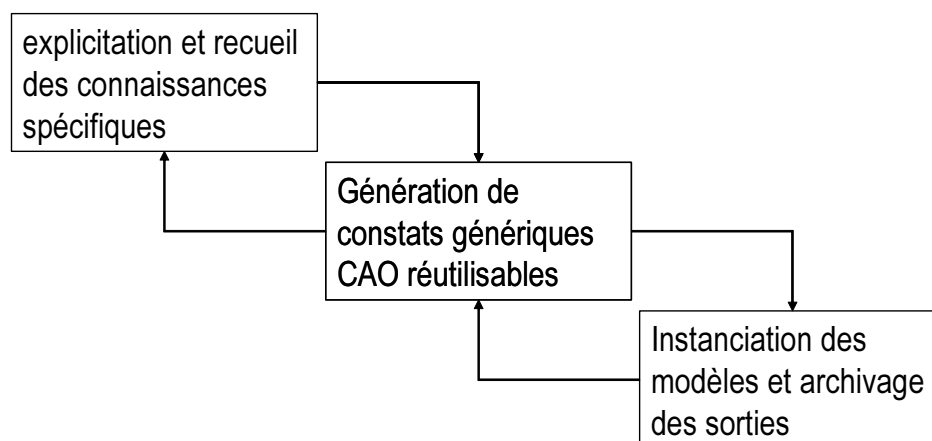


FIG. 5.3 – Un processus en trois étapes

sont pas encore vraiment fixées et que les éléments de la maquette numérique ne sont pas encore suffisamment précisément définis, de nombreuses pré-analyses sont menées sur des dimensions, des volumes, et notamment en rapport avec les mannequins de l'ergonomie. Ces pré-analyses présentent des points communs avec les constats ergonomiques, et semblent être techniquement adaptables en constats métier génériques.

Un autre domaine dans lequel le constat métier générique peut être aisément transposé est le domaine aéronautique. Notamment, la prestation ergonomie physique reste une prestation incontournable dans la conception des cabines de pilotage, ou des cabines passagers (de première classe !). La conception aéronautique étant basée sur des maquettes numériques, les constats métier génériques doivent pouvoir s'appliquer à ce domaine en tant que patrons d'analyse des maquettes numériques aéronautiques.

Un dernier domaine d'application de ces objets peut sans doute être la conception architecturale (ou urbanistique). En effet, celle-ci utilise de plus en plus des maquettes numériques pour la création des structures. Dans ce domaine encore, l'application de constats métier génériques, tour à tour patrons d'analyse (de l'ergonomie d'un bâtiment, par exemple), mécanismes de coordination (entre les architectes et les ingénieurs) et scénarios d'usage semblent adaptés aux besoins de partage d'information dans le domaine de la conception architecturale.

Conclusion générale

Le produit automobile reste un produit éminemment complexe. Et sa conception est un véritable challenge, que relèvent chaque jour les acteurs de cette immense aventure, prouvant ainsi la puissance de création et d'organisation de l'intelligence collective.

Dans cette thèse, nous avons vu que la conception automobile, dont l'organisation découle des principes d'ingénierie concourante et de gestion de projet, se tourne aujourd'hui de plus en plus vers les technologies numériques, pour des raisons de coûts et de raccourcissement des délais de conception. Cependant, ce virage vers le tout numérique ne va pas sans poser de problèmes entre les différents métiers de la conception. Cette étude avait plus particulièrement pour cadre le contexte de l'intégration du point de vue du client dans la conception. En effet, un des objectifs premiers de la conception est que le produit conçu correspondent aux attentes et aux besoins des futurs clients. Et une des façons les plus sûres de réaliser un tel produit est de prendre en compte et d'intégrer ces attentes et ces besoins (ce « point de vue ») dès les phases amont de la conception, sans relâcher l'attention tout au long des développements.

L'intégration du point de vue du client dans la conception est un vaste domaine de recherche, qui a été brièvement exploré au premier chapitre. Des méthodes et principes explorés (méthode d'analyse de la valeur, méthode QFD, principes de *User-Centered Design* et de *Participatory Design*), plusieurs axes d'analyse ont été dégagés, notamment la décomposition de cette intégration en trois étapes : (1) capturer (les besoins/attentes des clients) ; (2) traduire (ces besoins/attentes en spécifications) ; (3) intégrer et vérifier (ces spécifications). Mais ce tour d'horizon a surtout permis de souligner deux clés de cette intégration :

- la continuité, de sorte que les spécifications et l'ensemble du processus d'intégration impliquent la réalisation d'un produit en cohérence avec les attentes du client ;
- les interfaces, qui sont les zones où se posent justement des problèmes de continuité.

Le choix organisationnel de l'entreprise, dans l'objectif de maîtriser ces deux clés, a été de créer de nouveaux acteurs, les Pilotes Prestations Client, dont le rôle est de représenter et défendre le point de vue du client tout au long de la conception. Ces acteurs, dont la fonction est relativement récente, dépendent d'un ou plusieurs métiers référents, dont ils sont les représentants auprès des concepteurs projet, au long des développements du produit en conception. Ils sont clairement des acteurs d'interface, entre métiers et projets. Leur activité se concentre autour de l'analyse et de l'évaluation de la conception du point de vue de la prestation qu'ils défendent, ils travaillent donc directement avec des informations issues des projets. Du fait de leur relative jeunesse et de leur position intermédiaire particulière, l'activité de ces acteurs est encore peu outillée, et rencontre des problèmes typiques de cette situation d'interface. Le cas de la prestation ergonomie (physique) a été plus particulièrement étudié dans le deuxième chapitre : ainsi, si les Pilotes Prestations Client ergonomie forment avec les acteurs du métier ergonomie une seule et même communauté de pratique, ils éprouvent des difficultés à partager et échanger des informations avec les architectes. Les architectes sont les concepteurs projet responsables en particulier de la maquette numérique, qui contient les données nécessaires aux

Pilotes Prestations Client ergonomie pour le suivi de la prestation ergonomie.

Ainsi, l'intégration du point de vue du client dans la conception automobile – dans le cadre de l'ingénierie concourante – se traduit (aussi) par une problématique de partage et de capitalisation de l'information en projet. Et plus généralement, l'intégration du point de vue du client passe aussi et surtout par l'intégration de points de vue métier dans la conception.

La problématique de partage d'information a été analysée dans le deuxième chapitre. D'une part « une ambiguïté » dans les demandes émises par les Pilotes Prestations Client ergonomie est ressentie par les architectes ; d'autre part les données sont « éparpillées » et les ressaisies d'information fréquentes ; les deux « objects worlds » dans lesquels évoluent architectes et ergonomes sont manifestement distincts ; enfin, la validation de la maquette *numérique* pose des difficultés.

L'émergence du *constat ergonomique*, correspondant à une standardisation des demandes exprimées par les Pilotes Prestations Client ergonomie a été la première réponse à ces problèmes de partage d'information. Plus précisément, le *constat ergonomique* est un objet standardisant et regroupant des demandes des Pilotes Prestations Client ergonomie en des entités cohérentes vis-à-vis d'une prestation, et réutilisables. Les ingrédients ayant participé à son émergence ont été : (1) la nécessité d'une formalisation du système d'information de partage et de capitalisation des données ergonomiques ; (2) l'intérêt d'une mémoire de projet partagée ; (3) les principes de réutilisation ; (4) les apports du domaine du CSCW, notamment en ce qui concerne les mécanismes de coordination basés sur des objets intermédiaires permettant une « pre-computation » du contexte. Mais cet outil, correspondant principalement au travail de standardisation mené par les Pilotes Prestations Client ergonomie uniquement, prenait insuffisamment en compte le point de vue des architectes, et ses limites sont rapidement apparues.

Dans le contexte de bouleversements conséquents de la CAO dans l'entreprise (Passage à un nouveau logiciel, CATIA V5®), le constat ergonomique a été informatisé et transformé en *constat ergonomique générique*. Le constat ergonomique générique est un saut supplémentaire dans la standardisation et la généricité du concept, étant donné qu'il intègre également le point de vue de l'architecte. Cette intégration est plus le résultat de l'intérêt des architectes pour une informatisation des constats ergonomiques (dont ils appréhendaient directement les avantages) que de leur intérêt pour la construction d'entités de référence pour l'analyse de l'ergonomie dans la maquette numérique. Néanmoins, le processus de conception de ces constats ergonomiques génériques en impliquant la participation des utilisateurs finaux, architectes comme Pilotes Prestations Client ergonomie, a favorisé l'inter-compréhension des différents acteurs. Ce processus de conception a contribué à créer autour de l'équipe un « espace opératif commun », où les contraintes et les perspectives des uns et des autres ont été mutuellement mieux reconnues et comprises. Ce processus a même été porté par un cercle vertueux où le rapprochement des savoirs et l'amélioration de l'inter-compréhension, favorisés par les travaux menés autour de la conception des constats ergonomiques génériques, ont augmenté l'implication et la motivation des acteurs pour le processus.

L'informatisation et l'intégration du constat ergonomique générique dans la CAO ont permis de gagner en généricité. Le constat ergonomique générique apparaît à la fois comme (1) un patron d'analyse de la maquette numérique, comme (2) un mécanisme de coordination entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes – en permettant une « pre-computation » du contexte, sur laquelle tous les acteurs ont prise – et comme (3) un scénario *au virtuel* des usages du véhicule, d'un point de vue ergonomique.

Le constat ergonomique générique a été intégré au système de conception, notamment dans le PDM. Le processus d'intégration (organisation de l'accès à l'outil ou à ses instances) a participé également au partage de représentations sur la maquette numérique, entre les Pilotes Prestations Client ergonomie et les architectes. En effet, le partage de représentations, qui est une synchronisation cognitive, a émergé aussi de la permanence de l'accès à l'outil et à ses résultats, liant les résultats courants

aux informations passées.

Ce système d'information, fondé sur le constat ergonomique générique, intégré dans le système de conception permet ainsi de rapprocher Pilotes Prestations Client ergonomie et architectes, sur un terrain particulier, l'analyse de l'ergonomie de la maquette numérique. Il participe à la construction du « référentiel opératif commun » et rapproche les « object worlds » des deux acteurs en les amenant à partager un même système d'information et un même outil. Enfin, les détournements d'usage observés sont plutôt une marque de l'appropriation du système par l'ensemble des acteurs.

La synthèse des principes du constat ergonomique générique et du système d'information associé, les perspectives qu'il ouvre et les généralisations qu'il permet, montrent la richesse de ce concept, pour l'intégration de points de vue métier dans la conception numérique. Et outre ces aspects industriels, ce concept ouvre également des perspectives de recherche intéressantes. D'une part, il pose la question de la transposition des évaluations du réel au virtuel. Pour pouvoir étendre le concept de constat métier générique à des domaines qui ne reposent pas purement sur des aspects géométriques (Comme l'étaient une majorité des cas d'analyse de la prestation ergonomie *physique*), une analyse de cette transposition, des écarts, des similitudes, des équivalences, apparaît comme un axe de recherche essentiel. D'autre part, il serait intéressant de mettre à jour les apports spécifiques de la création d'un objet intermédiaire *générique* partagé, de type constat ergonomique générique, dans la constitution d'un référentiel opératif commun, afin de démêler et d'évaluer ses facultés de motivation et de coordination, et de généraliser ces apports le cas échéant.

Une toute dernière idée peut être ajoutée ici. La capitalisation dans le PDM écrit (c'est-à-dire laisse des traces) une partie de l'histoire commune des Pilotes Prestations Client ergonomie et des architectes. Cette histoire commune est une source de légitimité, qui enrichit également le référentiel opératif commun des deux acteurs. Mais ces traces ne contribuent-elles pas aussi tout simplement à la mémoire (au sens courant) collective, qui est l'un des piliers de l'intelligence collective ?

Annexe A

Glossaire

| | |
|-------|---|
| AFAV | Association Française pour l'Analyse de la Valeur |
| CAO | Conception Assistée par Ordinateur |
| CSCW | Computer Supported Cooperative Work |
| DAO | Dessin Assisté par Ordinateur |
| DAPP | Direction de l'Amont, des Projets et des Prestations |
| DDIV | Direction du Développement de l'Ingénierie Véhicule |
| DIAM | Direction de l'Ingénierie Architecture Montage |
| DICAP | Direction de la Caisse Assemblée Peinte |
| DIESC | Direction de l'Ingénierie des Equipements Systèmes Chassis |
| DIESE | Direction de l'Ingénierie Electrique et Systèmes Electroniques |
| DIM | Direction de l'Ingénierie Moteur |
| DMDR | Digital Mock-up Design Review (revue numérique de projet) |
| DREAM | Direction de la Recherche, des Etudes Avancées et des Matériaux |
| DTSI | Direction des Technologies et Systèmes d'Information |
| ERP | Entreprise Ressource Planning (PGI en français) |
| FAO | Fabrication Assistée par Ordinateur |

| | |
|------|--|
| GDG | Gestion des Données Géométriques (Nom du PDM Renault) |
| GFE | Groupe Fonction Élémentaire |
| IAO | Ingénierie Assistée par Ordinateur |
| IHM | Interface Homme-Machine |
| IPAO | Ingénierie de Process Assistée par Ordinateur |
| IV | Ingénierie Véhicule |
| PD | Participatory Design |
| PDM | Product Data Management |
| PGI | Progiciel de Gestion Intégrée |
| PLM | Product Lifecycle Management (gestion du cycle de vie produit) |
| PPC | Pilote Prestation Client |
| QFD | Quality Function Deployment |
| SGDT | Système de Gestion de Données Techniques |
| TQM | Total Quality Management |
| UCD | User Centered Design |

Annexe B

Descriptif des constats ergonomiques génériques réalisés

Constat « accessibilité arrière »

Le constat « accessibilité arrière » permet de mesurer l'accessibilité aux places arrière du véhicule, à partir de la ligne d'accessibilité arrière et de la position du siège arrière. Il positionne le mannequin en position accessibilité arrière et mesure les grandes cotes d'accessibilité arrière en latéral et en transversal.

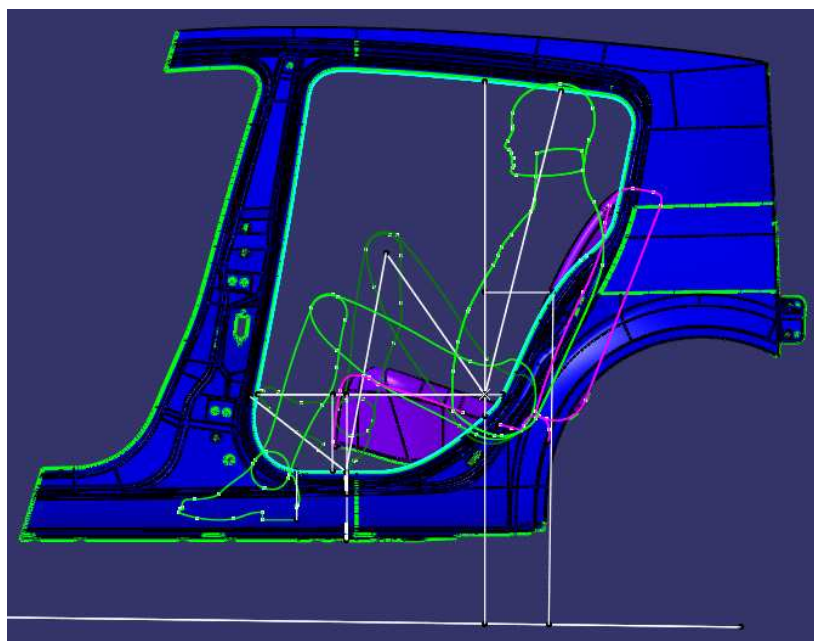


FIG. B.1 – Une vue du constat « accessibilité arrière »

Constat « accessibilité arrière dans les véhicules type coupé »

Le constat « accessibilité arrière dans les véhicules type coupé » mesure l'accessibilité aux places arrière du véhicule lorsque celui-ci ne possède pas de porte à l'arrière et que l'accès se fait donc par l'avant. Il mesure les cotes par rapport à la ligne d'accessibilité avant et au siège avant rabattu (La version siège rabattu en tablette est également prise en compte).

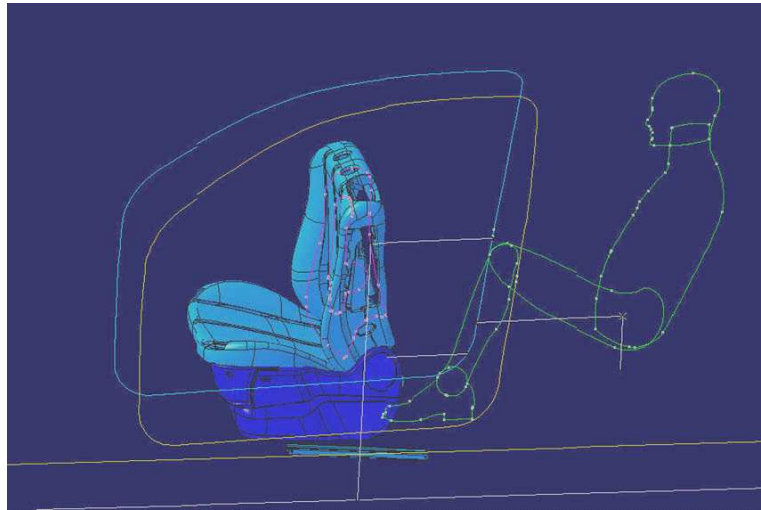


FIG. B.2 – Une vue du constat « accessibilité arrière dans les véhicules type coupé »

Constat « accessibilité avant vue latérale »

Le constat « accessibilité avant vue latérale » a été décrit au chapitre 3, paragraphe 3.2.3 page 80.

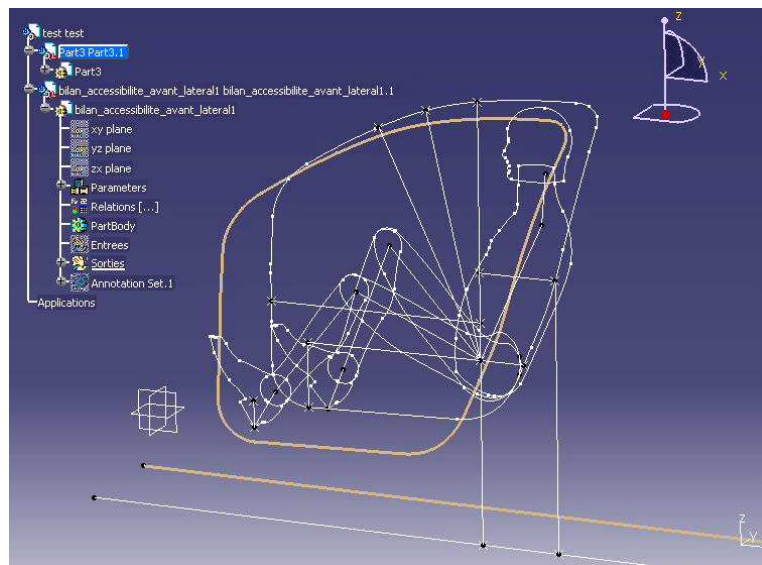


FIG. B.3 – Une vue du constat « accessibilité avant vue latérale »

Constat « accessibilité avant vue transversale »

Le constat « accessibilité avant vue transversale » analyse l'accessibilité aux places avant du véhicule dans un axe transversal : par rapport à la position assise du conducteur ou du passager, il mesure le passage de la tête et de la jambe par rapport à l'entrée de porte.

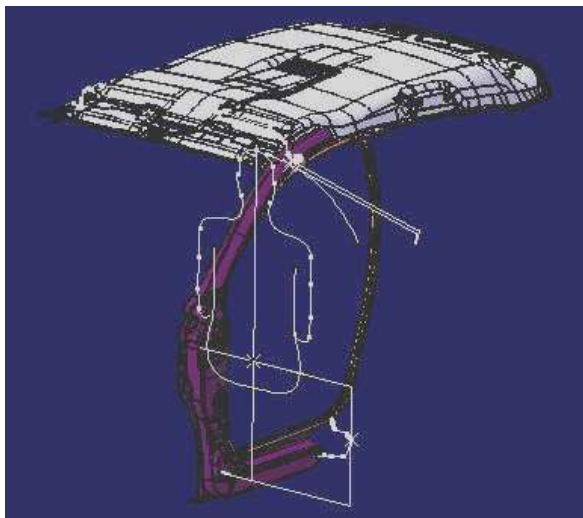


FIG. B.4 – Une vue du constat « accessibilité avant vue transversale »

Constat « accessibilité en environnement restreint »

Le constat « accessibilité en environnement restreint » a été décrit au chapitre 3, paragraphe 3.4.5 page 95.

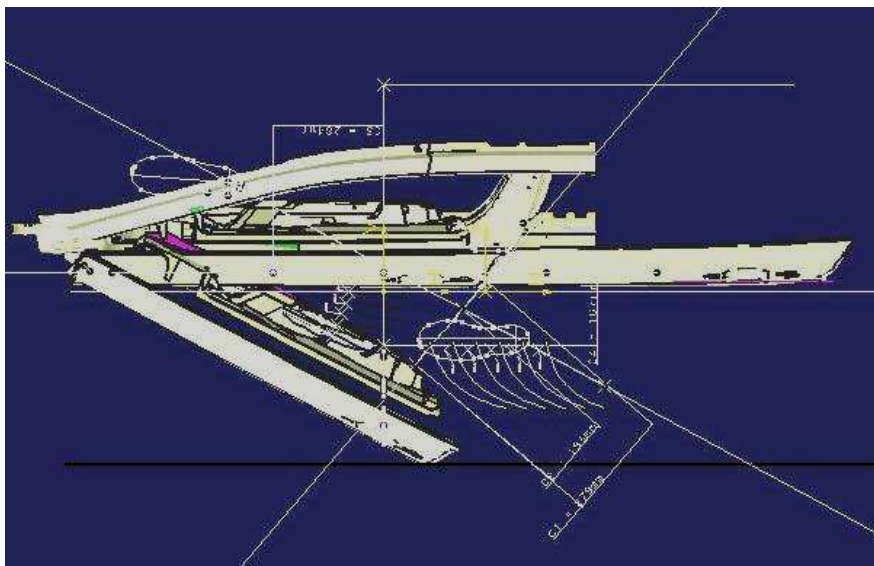


FIG. B.5 – Une vue du constat « accessibilité avant en environnement restreint »

Constat « construction de la courbe d'accessibilité »

Le constat « construction de la courbe d'accessibilité » est un peu spécifique. Son objet est de fournir, à partir des éléments d'entrée de porte, la ligne d'accessibilité. C'est un complément des constats d'accessibilité, il soulage les architectes de la construction de cette courbe.

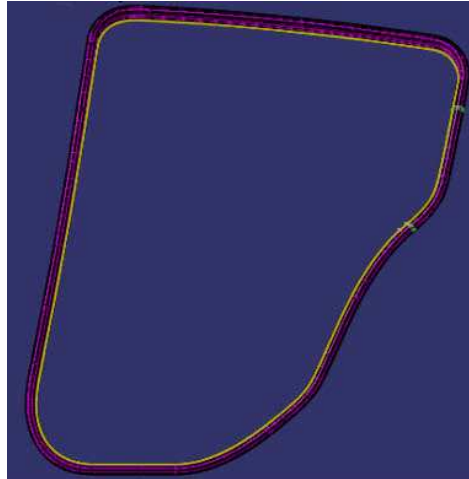


FIG. B.6 – Une vue du constat « construction de la courbe d'accessibilité »

Constat « espace jambes conducteur »

Le constat « espace jambes conducteur » a été décrit au chapitre 3, paragraphe 3.4.5 page 95.

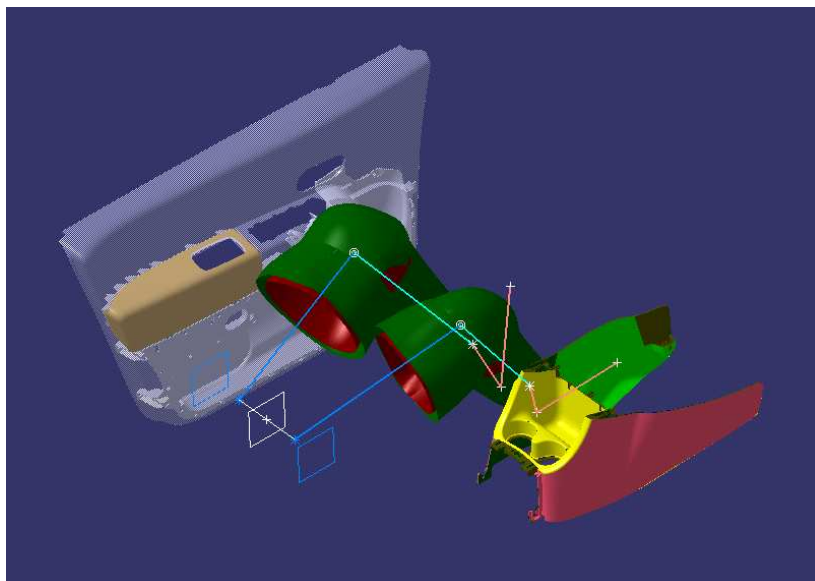


FIG. B.7 – Une vue du constat « espace jambes conducteur »

Constat « espace pieds passager avant »

Le constat « espace pieds passager avant » analyse l'espace disponible pour les pieds du passager avant, au niveau du repose-pieds. Il mesure les déplacements possibles latéraux et transversaux, ainsi que les angles « semelle-tibia » (confort postural des jambes) des mannequins mis en position.

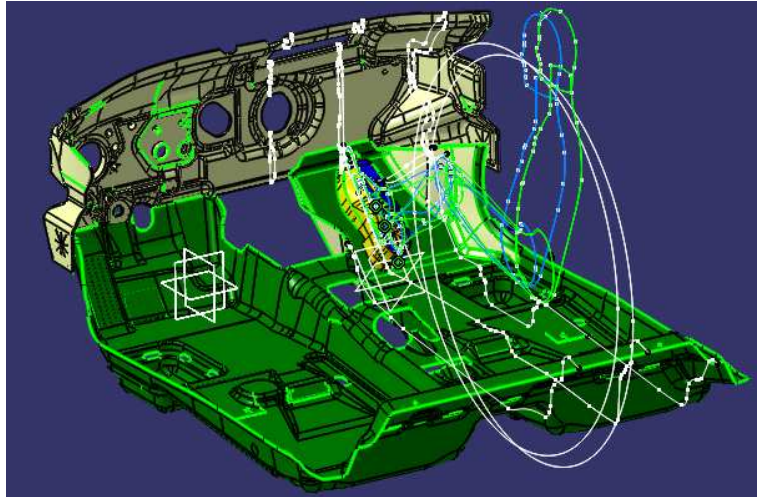


FIG. B.8 – Une vue du constat « espace pieds passager avant »

Constat « garde au levier de vitesse »

Le constat « garde au levier de vitesse » a été décrit au paragraphe 3.2.3 page 82.

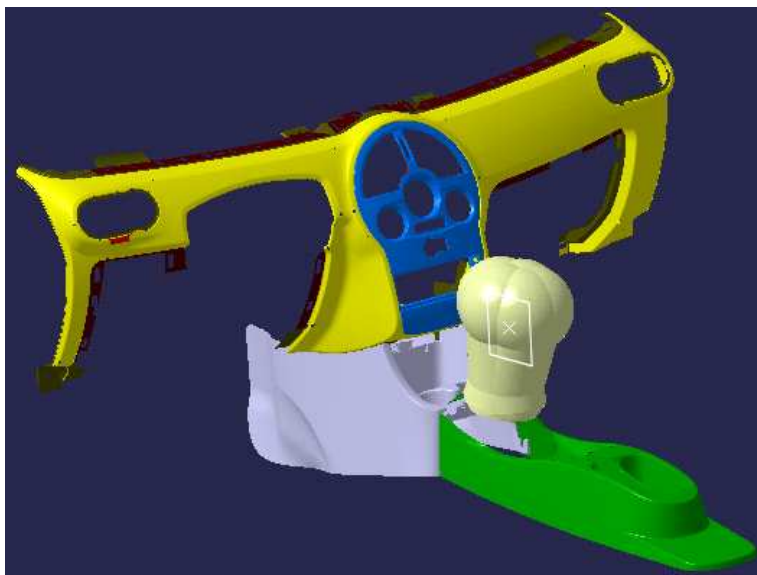


FIG. B.9 – Une vue du constat « garde au levier de vitesse »

Constat « garde aux têtes passagers arrière »

Le constat « garde aux têtes passagers arrière » analyse l'espace disponible (latéral et transversal) au niveau de la tête des passagers arrière, en fonction de leur gabarit et de leur positionnement.

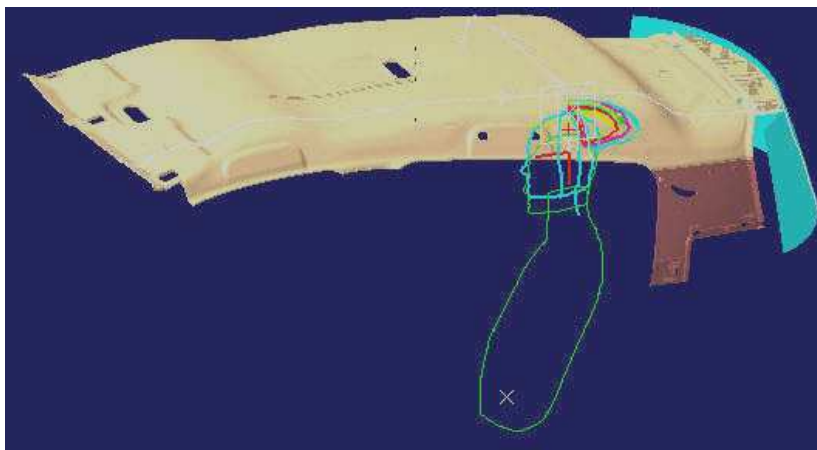


FIG. B.10 – Une vue du constat « garde aux têtes passagers arrière »

Constat « analyse globale de la vision arrière »

Le constat « analyse globale de la vision arrière » mesure des cotes de vision arrière sur des données d'entrée particulières. Ces données correspondent à la « convergence angulaire » des lignes de contours vus des ouvertures arrière du véhicule. Les ouvertures arrière correspondent à la lunette arrière et aux vitres arrière, fixes et/ou mobiles. Une convergence angulaire correspond à la conversion des coordonnées des points des lignes d'entrée (les contours vus) en coordonnées polaires. Ces coordonnées polaires sont alors retranscrites dans un plan.

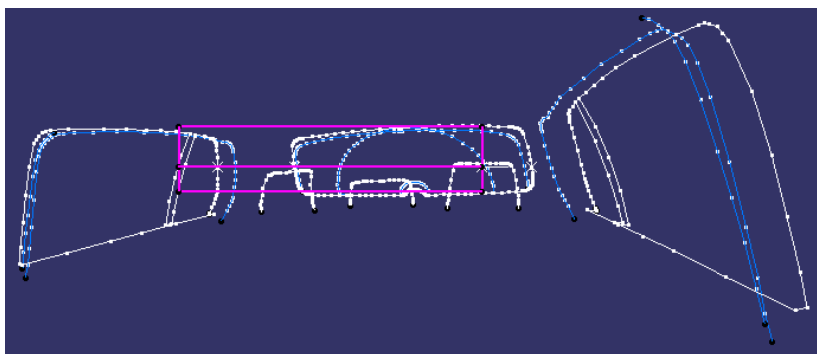


FIG. B.11 – Une vue du constat « analyse globale de la vision arrière »

Constat « analyse globale de la vision avant »

Le constat « analyse globale de la vision avant » mesure des cotes de vision avant sur le même type de données d'entrée que le constat « analyse globale de la vision arrière ».



FIG. B.12 – Une vue du constat « analyse globale de la vision avant »

Annexe C

Cahier de spécifications détaillées du constat « espace jambes conducteur »

Le constat « espace jambes conducteur » se compose de plusieurs fichiers CATIA V5® ordonnés par le biais d'un produit (*Product*) appelé « Espace_ jambes_ transversal_ avant.CATProduct ». Ce constat produit en sortie un environnement 3D « analysé » et un rapport, mais pas de plan.

A - Entrées du constat

Position « ergonomique » du conducteur :

- les coordonnées du point Hx (X, Y, Z) ;
- les coordonnées des points talon et pédale droite (X, Y, Z) ;
- les coordonnées des points talon et pédale gauche (facultatifs, car il est possible de construire le pied gauche comme étant le symétrique du pied droit par rapport au plan Hx).

Paramètres concernant le projet :

- le nom du projet ;
- le jalon.

Informations numériques 3D :

- le volume enveloppe jambe droite sous forme de deux surfaces ;
- le volume enveloppe jambe gauche sous forme de deux surfaces ;
- la console centrale sous forme de surface ;
- le panneau de porte conducteur sous forme de surface.

B - Sorties du constat

(1) Un modèle numérique 3D contenant :

- le volume enveloppe de la jambe droite et de la jambe gauche dans le repère du véhicule ;
- l'environnement dans le repère du véhicule ;
- le jeu ou l'interférence de la zone console centrale :
 - avec la jambe droite, enveloppe niveau satisfaisant ;
 - avec la jambe droite, enveloppe niveau minimal.
- le jeu ou l'interférence de la zone panneau de porte conducteur :
 - avec la jambe gauche, enveloppe niveau satisfaisant
 - avec la jambe gauche, enveloppe niveau minimal

(2) Un rapport sous forme de fichier texte contenant le nom du projet, la date, le jalon, les valeurs de jeu et d'interférence.

C - Processus

Préparation des données

- L'utilisateur ouvre le Produit « Espace_jambes_transversal_avant.CATProduct » par le biais de GDG et fait un « File -> Send To » de l'ensemble des fichiers ouverts vers l'emplacement de son choix.
- Il peut maintenant travailler directement sur les fichiers copiés au nouvel emplacement.

Description du processus intégré à l'objet générique

Le processus est le suivant :

1. L'utilisateur saisit les paramètres d'entrée de construction des jambes (coordonnées des points Hx, pédale droite, talon droit, pédale gauche, talon gauche).
2. Les axes du mannequin se reconstruisent à partir des points dont les coordonnées ont été saisies précédemment, et les enveloppes de jambes (minimales et satisfaisantes) se positionnent automatiquement autour de ces axes.
3. L'utilisateur insère les éléments de l'environnement dans les *Products* vides prévus à cet effet.
4. Il met à jour les quatre mesures et lance les quatre études de clash. Les paramètres de sortie se mettent alors à jour.
5. Le basculement du paramètre « Extraire_fichier_texte » à Oui lance l'écriture du fichier texte de sortie. Ce fichier est sauvé à l'emplacement spécifié dans la fenêtre qui apparaît à l'écran (répertoire courant de l'utilisateur).

Technologies employées

- Generative Shape Design (GSD)
- Assembly Design (ASD)
- Knowledge Advisor (KWA)
- VB Script

D - Description du Produit « Espace_jambes_transversal_avant »

Le Produit « Espace_jambes_transversal_avant » est le Produit de plus haut niveau. Il contient les CATParts de construction filaire des jambes du mannequin, des enveloppes minimales et des enveloppes satisfaisantes (Voir figure C.1).

- Le sous-produit « Jambes » contient les trois composants « Construction_filaire_jambes » (qui contient les paramètres de construction des axes de jambes), « Enveloppes_minimales » et « Enveloppes_satisfaisantes ». Chaque composant contient une CATPart.

- Le Sous-produit « Environnement » contient deux Sous-produits vides, « Zone_console_centrale » et « Zone_panneau_de_porte_conducteur », prêts à recevoir respectivement les éléments (à insérer par l'utilisateur sous forme de CATProducts ou de CATParts) de la console centrale et du panneau de porte côté conducteur.
- Dans « Parameters », on distingue les paramètres d'entrée (paramètres à renseigner avant l'écriture du fichier texte) et les paramètres de sortie (paramètres contenant les valeurs de jeu et d'interférence qui seront écrites dans le fichier texte).
- Dans « Relations », on retrouve les formules liant les mesures aux paramètres de sortie, une macro VB (qui écrit le fichier texte de sortie) et une réaction (qui lance la macro).
- Dans « Applications », on retrouve les quatre mesures de jeu et les quatre études d'interférence.



FIG. C.1 – Arborescence du produit de plus haut niveau

Le sous-produit « Jambes »

Le Produit « Jambes » contient trois composants, chacun contenant une CATPart :

- la CATPart « Construction_filaire_jambes » ;
- la CATPart « Enveloppes_minimales » ;
- la CATPart « Enveloppes_satisfaisantes ».

La CATPart « Construction_filaire_jambes »

Cette CATPart contient l'ensemble des constructions filaires paramétrées, ainsi que les enveloppes de jambes, dans des sets géométriques. Elle contient également des paramètres et des relations. Ces éléments figurent sur la figure C.2 (mal nommée sur le schéma : « Construction_jambes » au lieu de « Construction_filaire_jambes »).

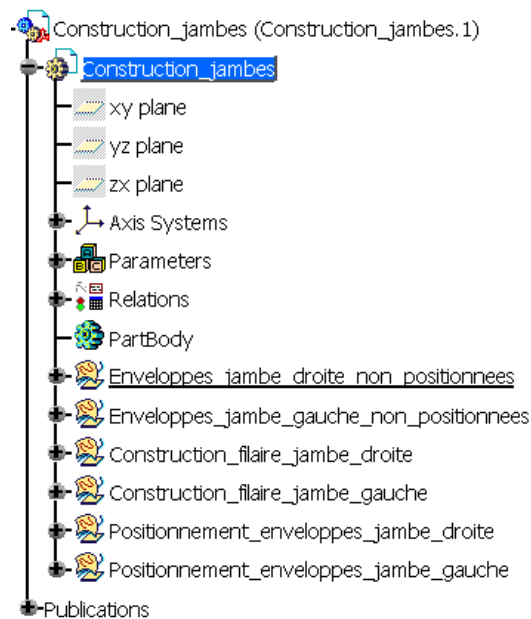


FIG. C.2 – La CATPart « Construction_filaire_jambes »

PARAMÈTRES

Les paramètres sont rangés dans trois sets selon qu'ils concernent le point Hx, le pied droit ou le pied gauche (Voir la figure C.3).

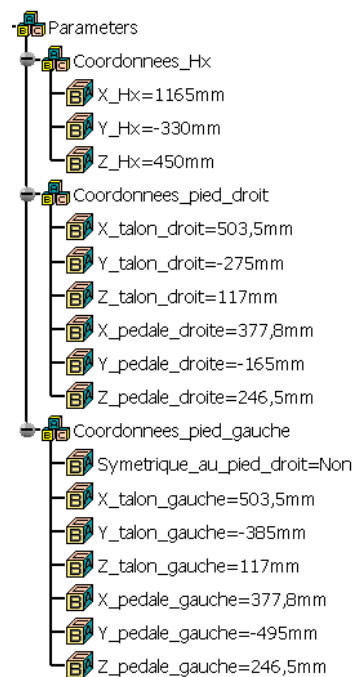


FIG. C.3 – Les paramètres de la CATPart « Construction_filaire_jambes »

- Le set « Coordonnees_ Hx » contient les trois coordonnées du point Hx.
- Le set « Coordonnees_ pied_ droit » contient les trois coordonnées du point talon droit et les 3 coordonnées du point pédale droite.
- Le set « Coordonnees_ pied_ gauche » contient les trois coordonnées du point talon gauche, les trois coordonnées du point pédale gauche et le paramètre « Symetrique_ au_ pied_ droit » qui permet de choisir la manière de construire le pied gauche selon la valeur qu’il prend :
 - s’il est à Non, l’utilisateur doit saisir les coordonnées des points talon et pédale gauche.
 - s’il est à Oui, alors le pied gauche est défini comme étant le symétrique du pied droit par rapport au plan Hx. Les paramètres de coordonnées des points du pied gauche ne sont alors plus accessibles à l’utilisateur.

Ce fonctionnement est piloté par la règle « Regle_ coordonnees_ pied_ gauche » (cf. ci-dessous).

RÈGLES ET RELATIONS

Le set de règles et relations est rappelé sur la figure C.4.

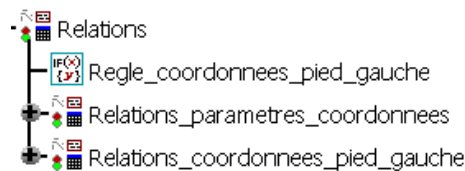


FIG. C.4 – Les règles et relations de la CATPart « Construction_ filaire_ jambes »

N.B. : le code détaillé (code CATIA®) des règles ne sera pas rapporté ici car il présente peu d’intérêt. Seules les explications des règles et relations sont citées.

1. La règle « Regle_ coordonnees_ pied_ gauche » : selon la valeur du paramètre « Symetrique_ au_ pied_ droit », active ou désactive les relations sur les paramètres de coordonnées des points talon et pédale du pied gauche (relations qui se trouvent dans le set de relations « Relations_ coordonnees_ pied_ gauche »). Lorsque les formules sont activées (paramètre « Symetrique_ au_ pied_ droit » à Oui), alors les paramètres du pied gauche sont inaccessibles à l’utilisateur, et inversement.
2. Le set de relations « Relations_ parametres_ coordonnees » contient les formules liant les paramètres d’entrée (coordonnées des points) aux entités géométriques concernées.
3. Le set de relations « Relations_ coordonnees_ pied_ gauche » contient les formules agissant sur les paramètres de coordonnées des points du pied gauche. Ces formules sont activées ou désactivées par la règle « Regle_ coordonnees_ pied_ gauche » selon la valeur du paramètre « Symetrique_ au_ pied_ droit ». Si celui-ci est à Oui, alors les formules sont activées. Les coordonnées en X et Z sont alors les mêmes que pour le pied droit. Les coordonnées en Y valent : $Y_{Gauche} = 2Y_{Hx} - Y_{Droite}$ (Symétrie par rapport à l’axe Y du Hx).

SETS GÉOMÉTRIQUES

Ces six sets géométriques (trois paires : droite et gauche) sont représentés sur la figure C.2

Les sets géométriques « Enveloppes_ jambe_ droite_ non_ positionnees » et « Enveloppes_ jambe_ gauche_ non_ positionnees » contiennent les axes et les enveloppes de jambes non positionnées par rapport au Hx paramétré par l’utilisateur. Les enveloppes sont uniquement bien positionnées

par rapport aux axes (en bleu sur la figure C.5). Dans la suite, on reconstruit les axes de manière à ce qu'ils soient paramétrés et on repositionne les enveloppes sur ces nouveaux axes.

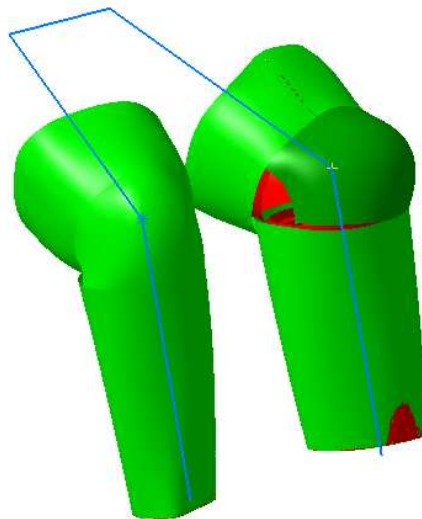


FIG. C.5 – Les enveloppes de jambes droite et gauche

Les sets géométriques « **Construction_filaire_jambe_droite** » et « **Construction_filaire_jambe_gauche** » contiennent l'ensemble des constructions paramétrées (points et axes) permettant de positionner les enveloppes des jambes droite et gauche. Les jambes filaires sont définies selon les schémas C.6 et C.7 (les valeurs numériques ont été volontairement cachées)

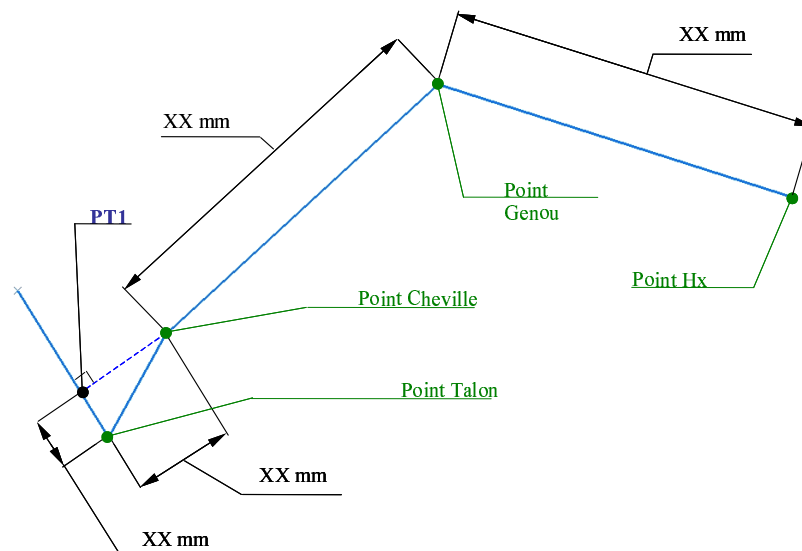


FIG. C.6 – Dimensions d'une jambe

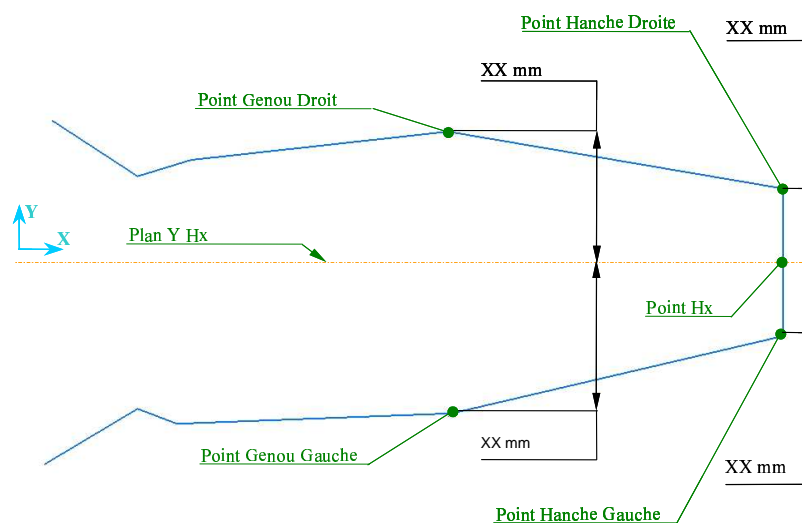


FIG. C.7 – Positionnement d'une jambe

Le set géométrique « **Construction_filaire_jambe_droite** » contient les éléments filaires paramétrés de la jambe droite (figure C.8).

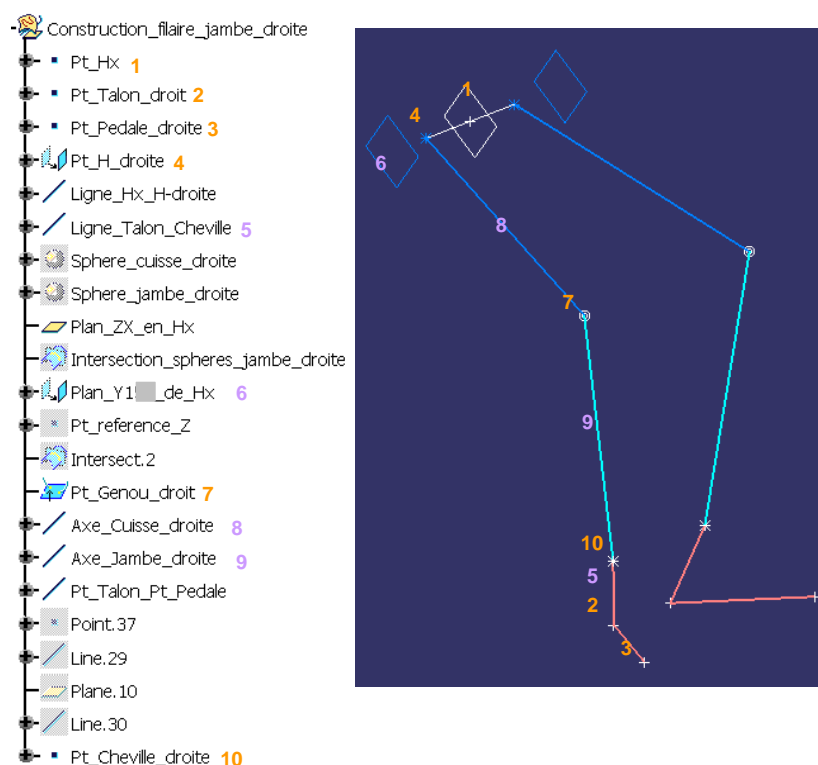


FIG. C.8 – Set géométrique de construction filaire de la jambe droite

Les paramètres d'entrée saisis par l'utilisateur permettent de construire les points Hx (1), talon

et un avec l'axe X suivant l'axe de jambe. Ces repères servent de repères de départ pour la transformation que doivent subir les enveloppes.

- Deux repères centrés sur le point genou construit à partir des axes paramétrés : un avec l'axe X suivant l'axe de cuisse et un avec l'axe X suivant l'axe de jambe. Ces repères servent de repères de destination pour la transformation que doivent subir les enveloppes.

Pour les enveloppes de cuisse et de jambe, minimales et satisfaisantes, on effectue une transformation « axis to axis » à partir du repère de départ vers le repère de destination.

Pour les enveloppes de genou, on effectue une simple translation de l'ancien point genou (point sans historique) vers le nouveau point (point genou construit à partir des axes paramétrés).

Toutes les enveloppes positionnées sont publiées.

Les CATParts « Enveloppes_minimales.CATPart » et « Enveloppes_satisfaisantes.CATPart »

Une fois les enveloppes positionnées par rapport aux axes paramétrés dans la CATPart « Construction_filare_jambes », il est nécessaire de pouvoir séparer les enveloppes minimales et les enveloppes satisfaisantes dans deux CATParts différentes, afin de pouvoir utiliser chaque entité « CATPart » pour faire des études d'interférence et des mesures entre un type d'enveloppe et l'environnement.

Une CATPart « Ensemble_enveloppes_minimales » est créée, qui contient des copies avec liens des surfaces d'enveloppes minimales issues de la CATPart « Construction_filare_jambes ». Ces copies avec liens sont faites entre les deux CATParts, sans passer par le Produit. De même une CATPart « Ensemble_enveloppes_satisfaisantes » est créée, qui contient des copies avec liens des surfaces d'enveloppes satisfaisantes issues de la CATPart « Construction_filare_jambes ».

Le sous-produit « Environnement »

Le sous-produit « Environnement » contient deux (sous-)sous-produits vides prêts à recevoir les CATParts ou CATProducts de l'environnement, respectivement la console centrale et le panneau de porte côté conducteur (Voir figure C.10). Ces sous-produits, bien qu'ils soient vides, sont utilisés dans les mesures et les études d'interférence pré-définies.

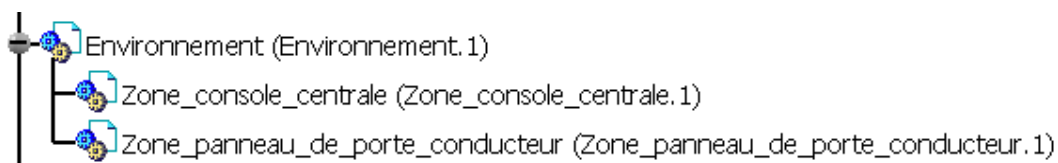


FIG. C.10 – Le sous-produit Environnement

Les paramètres du produit de plus haut niveau

Les paramètres du produit de plus haut niveau (« Espace_jambes_transversal_avant.CATProduct ») sont répartis en deux sous-ensembles : les paramètres dits d'entrées, et les paramètres dits de sortie. Tous ces paramètres figurent dans le rapport texte (la deuxième sortie du constat).

Les paramètres dits d'entrée servent uniquement lors de la génération du fichier texte de sortie. « Nom_projet » et « Jalon » apparaissent à l'intérieur du fichier. Le contenu de « Nom_fichier » se



FIG. C.11 – Les paramètres du produit « Espace_jambes_transversal_avant.CATProduct »

retrouve au début du nom du fichier qui sera généré. Lorsque le paramètre « Extraire_fichier_texte » passe à Oui, l'écriture du fichier texte se lance.

Les paramètres dits de sortie sont rangés dans deux sets de paramètres, selon qu'ils représentent des mesures de jeu ou des mesures d'interférence. Les paramètres « Interference_enveloppes_... » récupèrent le résultat de l'étude d'interférence (valeur de pénétration de l'enveloppe dans l'environnement) correspondante. Les paramètres sont arrondis au millimètre près, d'où la formule utilisant l'outil d'arrondi (round). Les paramètres « Jeu_enveloppes_... » récupèrent le résultat de la mesure « MeasureBetween » (valeur de jeu entre l'enveloppe et l'environnement) correspondante. Les paramètres sont également arrondis au millimètre près.

Les règles et relations du produit de plus haut niveau

La réaction « Reaction_lancement_macro_ecriture_fichier_texte » se déclenche au changement de valeur du paramètre « Extraire_fichier_texte » (dans les paramètres d'entrée au niveau Produit). Elle lance la macro « VB_Script_ecriture_fichier_texte » et remet le paramètre « Extraire_fichier_texte » à la valeur Non.

La Macro « VB_Script_ecriture_fichier_texte », qui est une macro Visual Basic (extérieure à CATIA®), écrit dans un fichier texte les huit valeurs des paramètres dits de sortie (4 valeurs de jeu et 4 valeurs d'interférence). L'en-tête du fichier contient également les paramètres dits d'entrée : nom du projet, jalon, date.

N.B. : le code détaillé de cette macro en VB ne sera pas rapporté ici.

Le set de relations « Relations_parametres_sortie » contient les huit formules liant les huit paramètres de sortie aux mesures, en les arrondissant au millimètre près.

Les applications du produit de plus haut niveau

Les applications de mesure des jeux

Les mesures de jeu sont effectuées à l'aide de l'outil « MeasureBetween », en ne cochant que la case de distance minimum (Minimum Distance). Chacune des mesures se fait entre une CATPart enveloppe (minimale ou satisfaisante) et un CATProduct d'environnement (Console centrale ou panneau de porte). Par exemple, « Jeu_enveloppes_minimales_console_centrale » mesure la distance entre la CATPart « Ensemble_enveloppes_minimales » et le CATProduct « Zone_console_centrale ».



FIG. C.12 – Les applications de mesure des jeux

Les applications de mesure des interférences

Les calculs d'interférences sont effectués à l'aide de l'outil « Check Clash ». Pour chaque étude d'interférence, on choisit le type « Contact + Clash » et « Between two selections » pour avoir la possibilité de sélectionner les CATParts ou CATProducts entre lesquels on souhaite mesurer l'interférence. Par exemple, pour l'étude « Interference_enveloppes_minimales_console_centrale », les deux sélections sont la CATPart « Ensemble_enveloppes_minimales » et le CATProduct « Zone_console_centrale ».

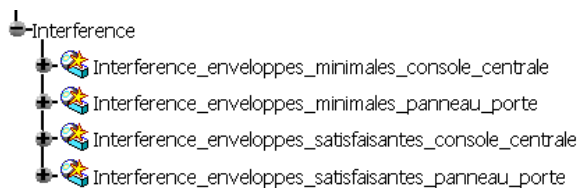


FIG. C.13 – Les applications de mesure des interférences

E - Remarques

Ce constat a été choisi pour présenter un cahier de spécifications détaillées car il ne livre pas de données confidentielles. En effet, dans ce constat, une large part des connaissances est encapsulée directement dans les enveloppes de jambes, qui sont des résultats d'essais, et qui ne sont pas accessibles. D'autre part, les données numériques de positionnement ont été effacées. Il donne cependant une bonne illustration de la définition technique détaillée d'un constat ergonomique générique.

Bibliographie

- [Abrás *et al.*, 2004] ABRAS, C., MALONEY-KRICHMAR, D. et PREECE, J. (2004). *Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, chapitre User-centered Design. Bainbridge, W., Great Barrington, Massachusetts, Etats-Unis.
- [Akao, 1997] AKAO, Y. (1997). QFD : Past, Present and Future. *In : International Symposium on QFD 97*, Linköping, Suède.
- [Arias *et al.*, 2000] ARIAS, E., EDEN, H., FISCHER, G., GORMAN, A. et SCHARFF, E. (2000). Transcending the individual human mind - creating shared understanding through collaborative design. *ACM Transaction on Computer-Human Interaction*, 12(1):84–113.
- [Bailetti et Litva, 1995] BAILETTI, A. J. et LITVA, P. F. (1995). Integrating customer requirements into product designs. *Journal of Product Innovation Management*, 7(1):3–15.
- [Bannon et Schmidt, 1989] BANNON, L. J. et SCHMIDT, K. (1989). CSCW : Four Characters in Search of a Context. *In : Proceedings of the First European Conference on Computer Supported Cooperative Work ECSCW'89*, Londres, Royaume-Uni.
- [Barbier *et al.*, 2002] BARBIER, F., CAUVERT, C., OUSSALAH, M., RIEU, D., BENNASRI, S. et SOUVEYET, C. (2002). Composants dans l'ingénierie des systèmes d'information : concepts clés et techniques de réutilisation. *In : Deuxièmes assises nationales du GDR I³*, Nancy, France.
- [Bardram, 2000] BARDRAM, J. E. (2000). Scenario-based design of cooperative systems - redesigning an hospital information system in denmark. *Group Decision and Negotiation*, 9(3):237–250.
- [Bernard-Boussières, 2000] BERNARD-BOUSSIÈRES, J. (2000). *Aide à l'élaboration du cahier des charges fonctionnel : pour une meilleure expression du besoin*. AFNOR pratique.
- [Bevan, 1995] BEVAN, N. (1995). Usability is Quality of Use. *In : Proceedings of the 6th International Conference on Human Computer Interaction*, Yokohama, Japon.
- [Béguin et Darses, 1998] BÉGUIN, P. et DARSE, F. (1998). Les concepteurs au travail et la conception des systèmes de travail : points de vue et débats. *In : Deuxièmes journées Recherche et Ergonomie*, Toulouse, France.
- [Bigand, 2005] BIGAND, M. (2005). *Intégration de modèles pour l'ingénierie des systèmes de conception*. Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, France.
- [Blanc, 2005] BLANC, S. (2005). Cours d'analyse de la valeur. Disponible sur : <http://perso.crans.org/~blancsev/AV.pdf>. Eléments de cours.
- [Blomberg et Henderson, 1990] BLOMBERG, J. L. et HENDERSON, A. (1990). Reflections on Participatory Design : Lessons from the Trillium Experience. *In : CHI '90 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 353–360, Seattle, Washington, United States. ACM Press.

- [Bouchard et Tollenaere, 1997] BOUCHARD, H. et TOLLENAERE, M. (1997). Les SGDT : concepts fondamentaux et approche didactique. *In : Deuxième congrès Franco-Québécois de Génie Industriel*, Albi, France.
- [Bouillon, 2003] BOUILLON, J.-L. (2003). Pour une approche communicationnelle des processus de rationalisation cognitive des organisations : contours, enjeux et perspectives. *In : Première Conférence Internationale en Sciences de l'Information et de la Communication*, Université de Bucarest, Roumanie.
- [Boujut, 2001] BOUJUT, J.-F. (2001). *Des outils aux interfaces : pour le développement de processus de conception coopératifs*. Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- [Boujut et Blanco, 2003] BOUJUT, J.-F. et BLANCO, E. (2003). Intermediary Objects as a Means to Foster Co-operation in Engineering Design. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2):205–219.
- [Boujut et Laureillard, 2002] BOUJUT, J.-F. et LAUREILLARD, P. (2002). A co-operation framework for product-process integration in engineering design. *Design Studies*, 23(6):497–513.
- [Bucciarelli, 1984] BUCCIARELLI, L. L. (1984). An ethnographic perspective on engineering design. *Design Studies*, 9(3):185–190.
- [Bucciarelli, 1988] BUCCIARELLI, L. L. (1988). Reflective practice in engineering design. *Design Studies*, 5(3):159–168.
- [Buchanan, 1992] BUCHANAN, R. (1992). Wicked Problems in Design Thinking. *Design Issues*, 8(2):5–21.
- [Carroll, 1999] CARROLL, J. M. (1999). Five reasons for a scenario-based design. *In : Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA.
- [Chanal, 2000] CHANAL, V. (2000). Communautés de pratique et management par projet : à propos de l'ouvrage de Wenger : Communities of practice : Learning, meaning and identity. *Management*, 3(1):1–30.
- [Ciccantelli et Magidson, 1993] CICCANTELLI, S. et MAGIDSON, J. (1993). From experience : Consumer idealized design : Involving consumers in the product development process. *Journal of Product Innovation Management*, 10(4):341–347.
- [Coutellier et Nadot, 2000] COUTELLIER, D. et NADOT, Y. (2000). L'impact du travail collaboratif sur la formation et le travail des ingénieurs. *Mécanique et Industries*, 1(6):539–544.
- [Dai et al., 1996] DAI, F., FELGER, W., FRÜHAUF, T., GÖBEL, M., REINERS, D. et ZACHMANN, G. (1996). Virtual prototyping examples for automotive industries. *In : Virtual Reality World*, Stuttgart, Allemagne.
- [Darses, 1997] DARSES, F. (1997). L'ingénierie concourante : un modèle en meilleure adéquation avec le processus cognitif de la conception. *In : Ingénierie concourante : de la technique au social*. P. Brossard, C. Changevrié et P. Leclair, Economica : Paris.
- [Darses, 2004] DARSES, F. (2004). *Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : contribution de la psychologie ergonomique*. Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Paris V - René Descartes, France.
- [Darses et al., 2001] DARSES, F., DÉTIENNE, F. et VISSER, W. (2001). Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique. *In : EPIQUE, Actes des journées d'étude en psychologie ergonomique*, Nantes, France.

- [Dassault-Systèmes, 2003] DASSAULT-SYSTÈMES (2003). Les knowledge templates sous Catia V5. *CAD magazine N°112/113*, pages 46–48. Disponible sur : <http://www.cad-magazine.com/astuce/pdf/dassault1.pdf>.
- [de Terssac et Chabaud, 1990] de TERSSAC, G. et CHABAUD, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In : *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, pages 109–139. J. Leplat et G. de Terssac, Toulouse, France, octares édition.
- [Détienne et al., 2005] DÉTIENNE, F., MARTIN, G. et LAVIGNE, E. (2005). Viewpoints in co-design : a field study in concurrent engineering. *Design Studies*, 26(3):215–241.
- [Eckert et Boujut, 2003] ECKERT, C. et BOUJUT, J.-F. (2003). The Role of Objects in Design Co-operation : Communication through Physical or Virtual Objects. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2):145–151.
- [ErgoLab, 2004] ERGO LAB (2004). La conception centrée utilisateur. Disponible sur : <http://www.ergolab.net/articles/conception-centree-utilisateur.html>.
- [Eyherabide, 2004] EYHERABIDE, M. (2004). Peut-on piloter le renouvellement des métiers par la gestion des compétences ? In : *Quatrième conférence intermédiaire « Savoirs, Travail et Organisations »*, Université de Versailles SQ, France.
- [Frank et al., 2002] FRANK, C., GARDONI, M. et TOLLENAERE, M. (2002). Le management et l'évaluation des connaissances pour des processus de recherche industrielle. In : *Colloque IPI*, Grenoble, France.
- [Gautier et Giard, 2000] GAUTIER, F. et GIARD, V. (2000). Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur le cycle de vie, lors de la conception de produits nouveaux. *IAE de Paris-Grégor-Cahier de recherche 2000.01*.
- [Giard et Midler, 1994] GIARD, V. et MIDLER, C. (1994). Management et gestion de projet : une étude des mutations en cours. *IAE de Paris-Grégor-Cahier de recherche 1994.02*.
- [Giard et Midler, 1996] GIARD, V. et MIDLER, C. (1996). Management et gestion de projet : bilan et perspectives. *IAE de Paris-Grégor-Cahier de recherche 1996.11*.
- [Griffin et Hauser, 1991] GRIFFIN, A. et HAUSER, J. R. (1991). The voice of the customer. Rapport technique, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Sloan School of Management.
- [Gzara, 2000] GZARA, L. (2000). *Les patterns pour l'ingénierie des systèmes d'information produit*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- [Hatchuel et al., 2002] HATCHUEL, A., LE MASSON, P. et WEIL, B. (2002). De la gestion des connaissances aux organisations orientées conception. *International Social Science Journal*.
- [Herstatt et Verworn, 2004] HERSTATT, C. et VERWORN, B. (2004). The « Fuzzy Front End » of Innovation. In : *Bringing Technology and Innovation into the Boardroom*, pages 347–373. EITIM.
- [Holloway, 1997] HOLLOWAY, M. (1997). User centered design : Economics vs. idealism. In : *NSF Workshop on Human-Centered Systems (HCS) : Information, Interactivity, and Intelligence*, Arlington, VA, USA. Disponible sur : <http://www.ifp.uiuc.edu/nsfhcs/abstracts/holloway.txt>.
- [Holtzblatt et Beyer, 1993] HOLTZBLATT, K. et BEYER, H. (1993). Making customer-centered design for teams. *Communication of the ACM*, 36(10):93–103.
- [Holtzblatt et Beyer, 1996] HOLTZBLATT, K. et BEYER, H. (1996). Contextual design : Using customer work models to drive system design. In : *The 1996 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI96*, Vancouver, Canada.

- [Howard, 2003] HOWARD, T. (2003). Review of : *User-centered Design : an integrated approach*. *IBM Systems Journal*, 42(4):702–703.
- [Jarke *et al.*, 1998] JARKE, M., BUI, X. T. et CARROLL, J. M. (1998). Scenario management : An interdisciplinary approach. *Requirements Engineering*, 3(3-4):155–173.
- [Jeantet, 1998] JEANTET, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. éléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail*, 03:291–316.
- [Katz-Haas, 1998] KATZ-HAAS, R. (1998). Ten guidelines for user-centered web design. *Usability Interfaces*, 5(1).
- [Kaulio, 1993] KAULIO, M. A. (1993). Customer, consumer and user involvement in product development : A framework and a review of selected methods. *TOTAL QUALITY MANAGEMENT*, 9(3-4):141–149.
- [Kensing et Blomberg, 1998] KENSING, F. et BLOMBERG, J. (1998). Participatory Design : Issues and Concerns. *Computer Supported Cooperative Work*, 7(1):167–185.
- [Kling, 1991] KLING, R. (1991). Cooperation, Coordination and Control in Computer-Supported Work. *Communication of the ACM*, 34(12):83–88.
- [Le Masson et Magnusson, 2003] LE MASSON, P. et MAGNUSSON, P. R. (2003). User involvement : from ideas collection toward a new technique for innovative service design. In : *World Congress on Mass Customization and Personalization (MCPC)*, Munich, Allemagne.
- [Leclair et Luzi, 1997] LECLAIR, P. et LUZI, F. (1997). Le problème de l'inter-compréhension des savoirs dans l'ingénierie concourante. In : *Ingénierie concourante : de la technique au social*. P. Brossard, C. Chanchevrièr et P. Leclair, Economica : Paris.
- [Lefebvre *et al.*, 2003] LEFEBVRE, P., ROOS, P. et SARDAS, J.-C. (2003). Gestion des compétences, gestion des connaissances et enjeux identitaires en conception : pour une approche unifiée de la dynamique métier. In : *Compétences et connaissances dans les organisations*. SEES, Lausanne, Suisse.
- [Legardeur, 2001] LEGARDEUR, J. (2001). *Méthodes et outils pour l'innovation produit/process : le cas de l'intégration des matériaux composites SMC*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- [Lonchamp, 2003] LONCHAMP, J. (2003). *Le travail coopératif et ses technologies*. Hermès Sciences.
- [Luzi, 1997] LUZI, F. (1997). La prise en compte des fabricants dans le projet. la démarche socio-technique chez renault. In : *Ingénierie concourante : de la technique au social*. P. Brossard, C. Chanchevrièr et P. Leclair, Economica : Paris.
- [Marsot, 2002] MARSOT, J. (2002). Conception et ergonomie - méthodes et outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à mains. In : *Les notes scientifiques et techniques de l'INRS*. INRS. NS 0219.
- [Martin, 2001] MARTIN, G. (2001). *Intégration et confrontation des points de vue dans le cadre de la conception en ingénierie concourante*. Thèse de doctorat, CNAM, France.
- [Matta *et al.*, 1999] MATTA, N., RIBIÈRE, M. et CORBY, O. (1999). Définition d'un modèle de mémoire de projet. Rapport de recherche n° 3720, INRIA.
- [Mer *et al.*, 1995] MER, S., JEANTET, A. et TICHKIEWITCH, S. (1995). Les Objets Intermédiaires de la conception : modélisation et communication. In : *Le communicationnel pour concevoir*, pages 21–41. J. Cealen et K. Zreik, Europia, Paris.

- [Midler, 1993] MIDLER, C. (1993). *L'auto qui n'existait pas - management des projets et transformation de l'entreprise*. Inter Edition.
- [Midler, 1995] MIDLER, c. (1995). Projectification of the firm, the renault case. *Scandinavian Journal of Management*, 11(4):363–375.
- [Midler, 1997] MIDLER, C. (1997). Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception. *Annales des Mines : les interfaces hommes-technologies*.
- [Minel, 2003] MINEL, S. (2003). *Démarche de conception collaborative et proposition d'outils de transfert de données métier : application à un produit mécanique, le siège automobile*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, France.
- [Moisdon et Weil, 1992] MOISDON, J.-C. et WEIL, B. (1992). Groupes transversaux et coordination technique dans la conception d'un nouveau véhicule. In : *Cahiers du centre de Gestion Scientifique*. Ecole des Mines.
- [Moisdon et Weil, 1996] MOISDON, J.-C. et WEIL, B. (1996). Dynamique des savoirs dans les activités de conception : faut-il compléter la gestion de projet ? *Revue Française de Gestion Industrielle*, 15(3-4):23–31.
- [Montrelay, 2004] MONTRELAY, F. (2004). Créer de la valeur en intégrant les dimensions service et client. *Le journal du Management*. Disponible sur : <http://management.journaldunet.com/0409/040950-montrelay.shtml>.
- [Muñoz Zarate, 2002] MUÑOZ ZARATE, S. (2002). *Coordination, Intégration et Innovation dans le système de conception international de l'industrie automobile : Le cas Valeo thermique Moteur*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France.
- [Naumann, 1995] NAUMANN, E. (1995). Creating customer value. White Paper. Disponible sur : <http://www.naumann.com/whitepaper.pdf>.
- [Norman, 2005] NORMAN, D. (2005). Human-centered design considered harmful. *Interactions*, 12(4):14–19.
- [Penman, 1996] PENMAN, R. (1996). Wicked problems in communication. *Communication News*, 9(4). Disponible sur : <http://www.communication.org.au/>.
- [Perry et Sanderson, 1998] PERRY, M. et SANDERSON, D. (1998). Co-ordinating Joint Design Work : The Role of Communication and Artefacts. *Design Studies*, 19(3):273–288.
- [Philip et Rourke, 2006] PHILIP, R. et ROURKE, C. (2006). Beyond usability testing : user-centered design and organisational maturity. White Paper, MERCURYTIDE. Disponible sur : <http://www.mercurytide.com/knowledge/white-papers/beyond-usability.htm>.
- [Pitta et al., 1996] PITTA, D. A., FRANZAK, F. et PREVEL KATSANIS, L. (1996). Redefining new product development teams : learning to actualize consumer contributions. *Journal of Product and Brand Management*, 5(6):48–60.
- [Renault, 2006] RENAULT (2006). Management du Système de Conception Renault (SCR). Document interne à l'usage du personnel et des clients de Renault. Version 2.
- [Rivière et Matta, 1998] RIBIÈRE, M. et MATTA, N. (1998). Virtual enterprise and corporate memory. In : *First Workshop on Building, Maintaining, and Using Organizational Memories*, Brighton, Royaume-Uni.
- [Rivière et al., 1998] RIBIÈRE, M., MATTA, N. et COINTE, C. (1998). A proposition for managing project memory in concurrent engineering. In : *International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications*, Churchill, Australie.

- [Rigail, 2001] RIGAIL, P. (2001). De l'expression à l'analyse des besoins dans les systèmes d'information. *La Valeur*, 88. Disponible sur : <http://www.formes-et-technologies.com/publications.html>.
- [Rittel, 1984] RITTEL, H. W. J. (1984). *Second-generation Design Methods*, chapitre 5.2, pages 317–327. John Wiley and Sons, Inc., New York, Etats-Unis.
- [Rittel et Webber, 1984] RITTEL, H. W. J. et WEBBER, M. M. (1984). *Planning Problems are wicked Problems*, chapitre 2.3, pages 135–144. John Wiley and Sons, Inc., New York, Etats-Unis.
- [Saidane *et al.*, 2003] SAIDANE, M., BAIZET, Y., BLANCO, E., POURROY, F. et RIEU, D. (2003). Vers un méta-outil de capitalisation et d'organisation de simulations. In : *Inforsid*, Nancy, France.
- [Sardas *et al.*, 2002] SARDAS, J.-C., ERSCHLER, J. et de TERSSAC, G. (2002). *Coopération et organisation de l'action collective*, chapitre 4, pages 69–90. René Soënen et Jacques Perrin (dir.), Hermès, France.
- [Schmidt, 1990] SCHMIDT, K. (1990). Analysis of cooperative work : a conceptual framework. Rapport technique Risø-M-2890, Risø National Laboratory, Danemark.
- [Schmidt, 1991] SCHMIDT, K. (1991). Riding a tiger, or computer supported cooperative work. In : *Second European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Amsterdam, Pays-Bas.
- [Schmidt, 1998] SCHMIDT, K. (1998). Cooperative design : Prospects for CSCW in desing. *Design Sciences and Technology*, 6(2):5–18.
- [Simon, 1981] SIMON, H. A. (1981). *Sciences des systèmes - Sciences de l'artificiel*. Dunod. Deuxième édition française (1991) de la traduction de l'ouvrage paru sous le titre « The Sciences of the Artificial », édition de 1981.
- [Steuer, 1992] STEUER, J. (1992). Defining Virtual Reality : Dimensions Determining Telepresence. *Journal of communication*, 42(4):73–93.
- [Storvik, 1999] STORVIK, J. (1999). Overview of PDM. In : *Introduction of STEP/PDM in SMEs*, Monte da Caparica, Portugal. Disponible sur : <http://www.uninova.pt/~escn/storage/Seminar.pdf>.
- [Subrahmanian *et al.*, 2003] SUBRAHMANIAN, E., MONARCH, I., KONDA, S., GRANGER, H., MILLIKEN, R. et WESTERBERG, A. (2003). Bondary objects and prototypes at the interfaces of engineering design. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2):185–203.
- [Syarief et Hibino, 2003] SYARIEF, A. et HIBINO, H. (2003). Evaluating the Semantic Approach through Horst Rittel's Second-Generation System Analysis. In : *6th Asian Design Conference*, Tsukuba, Japon.
- [Tassinari, 2003] TASSINARI, R. (2003). *Pratique de l'analyse fonctionnelle*. DUNOD, 3ème édition.
- [Vanalli et Cziulik, 2003] VANALLI, S. et CZIULIK, C. (2003). Seven steps to the voice of the customer. In : *International Conference on Engineering Design (ICED 03)*, Stockholm, Suède.
- [Vitte et Lamothe, 2001] VITTE, F. et LAMOTHE, J. (2001). Analyse fonctionnelle des produits. Disponible sur : http://www.ac-nantes.fr:8080/peda/disc/sti/echange/tsa/analyse_fonctionnelle/analy_fonct.htm. Eléments de cours.
- [Wenger, 1998] WENGER, E. (1998). Communities of Practice : Learning as a Social System. *Systems Thinker*, 9(5).
- [Wenger *et al.*, 2002] WENGER, E., MCDERMOTT, R. et SNYDER, W. M. (2002). *Cultivating Communities of Practice*. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, Etats-Unis.

- [Winkelman et Fauvel, 2001] WINKELMAN, P. M. et FAUVEL, O. R. (2001). Some useful metaphors for the designing engineer. *In : International Conference on Engineering Design ICED01*, Glasgow, Ecosse.
- [Winograd, 1997] WINOGRAD, T. (1997). From computing Machinery to Interaction Design. *Beyond Calculation : The Next Fifty Years of Computing*, pages 149–162.
- [Winograd et Woods, 1997] WINOGRAD, T. et WOODS, D. D. (1997). The challenge of human-centered design. *In : NSF workshop on human-centered systems(HCS) : information, interactivity and intelligence*, Arlington, VA, USA. Brouillon du compte rendu du groupe de travail sur le Human-Centered Design. Disponible sur : http://www.ifp.uiuc.edu/nsfhcs/bog_reports/bog3.html.
- [Wixon et al., 1990] WIXON, D., HOLTZBLATT, K. et KNOX, S. (1990). Contextual design : an emergent view of system design. *In : CHI '90 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 329–336, Seattle, Washington, United States. ACM Press.
- [Yannou et Petiot, 2004] YANNOU, B. et PETIOT, J.-F. (2004). Propagating the voice of the customer into the conceptual design process. *In : Integrated Design and Manufacture in Mechanical Engineering (IDMME 2004)*, Bath, Royaume-Uni.

