

Analyse Fonctionnelle et Conception Intégrée

Guy Prudhomme, Peggy Zwolinski

Laboratoire Sols Solides Structures

BP 53

38041 Grenoble cedex 9, FRANCE

E-mail: Peggy.Zwolinski@hmg.inpg.fr

Guy.Prudhomme@ujf-grenoble.fr

Résumé

Dans cet article, nous analysons d'une part comment la méthode Analyse Fonctionnelle s'adapte par rapport au contexte industriel en évolution, et d'autre part si elle est propice à générer une démarche de conception de type intégrée. Après avoir examiné les concepts de l'Analyse Fonctionnelle et leurs évolutions, nous analysons la mise en usage de la méthode et de ses outils. Nous nous appuyons sur l'exemple de la conception d'un manipulateur de traction freinage pour la conduite ferroviaire, et regardons en particulier les aspects liés à la liaison fonctions/structure du produit, à la coordination des activités de conception et à l'intégration des points de vue métier.

Abstract

In this paper, we analyse how the functional analysis method adapt oneself to the industrial context in evolution and then, if this method is able to generate an integrated design approach. We firstly examine concepts issued from the functional analysis method and their evolutions, and then, we secondly analyse the use of the method and of its tools. To do that, we consider an example concerning the design of a speed control device in a train, to point out different aspects as the relation between functions and structure of the product, co-ordination of the design activities and integration of expert's knowledge and skills.

1 Introduction

Les entreprises sont aujourd'hui confrontées à un problème de compétitivité qui se traduit par la nécessité de concevoir des produits de qualité, au sens où le produit doit répondre au plus près des besoins du client, au moindre coût et dans les délais les plus courts possibles. Pour s'adapter à ce nouveau contexte économique, elles ont dû modifier leurs démarches de conception et leur organisation. La démarche de conception intégrée, mise en œuvre dans un environnement d'ingénierie simultanée[1], tend de plus en plus à remplacer les modèles de conception séquentiels. Cette problématique d'intégration a d'abord été entendue comme une intégration des connaissances, ce qui suppose pouvoir mettre à la disposition des concepteurs des bureaux d'études des outils dans lesquels sont intégrées les connaissances des métiers avants du cycle de vie du produit. La mise en œuvre de ces outils permet alors de soumettre le produit, virtuellement défini, à des évaluations (tests, simulations, ...) pour prendre des décisions identiques à celles que prendraient les acteurs métiers, si on les consultait à ce moment de la conception. Or, du fait que les connaissances manipulées par les métiers sont contextuelles, dynamiques, en perpétuelle évolution, on ne sait pas actuellement comment les prendre en compte pour les intégrer dans des outils génériques et de durée de vie correcte. Pour remédier à cela, l'intégration a donc été pensée non pas relativement aux connaissances, mais aux acteurs qui les portent et sur lesquels la conception est distribuée [2]. Le fait que la conception devienne collective pose alors le problème de la coopération et de la coordination des acteurs ainsi mis en relation [3], ainsi que des outils mis à leur disposition pour permettre cette collaboration.

Parallèlement à cette évolution de la problématique d'intégration, diverses méthodes¹ [4] [5] [6] d'aide à la conception ont vu le jour, fournissant des outils et préconisant une certaine organisation des activités de conception. Parmi ces méthodes, celle qui nous intéresse plus particulièrement ici est l'Analyse Fonctionnelle (AF). Dans cet article, nous nous attachons à analyser d'une part comment cette méthode AF a elle aussi évoluée, notamment ses concepts, pour s'adapter au contexte de compétitivité du monde industriel (paragraphe 2), et d'autre part si elle est propice à générer une démarche² de conception de type intégrée. Pour cela, nous présentons un exemple de mise en usage de la méthode AF, représentatif des différentes observations que nous avons réalisé (paragraphe 3), et une analyse (paragraphe 4) qui, partant de cet exemple, nous conduit à proposer un modèle de coordination des activités effectives de conception qui prend en compte l'intégration des acteurs.

2 Les concepts de l'Analyse Fonctionnelle et leurs évolutions

L'analyse Fonctionnelle (AF) se définit [5] comme une méthode *qui décrit complètement les fonctions et leurs relations, qui sont systématiquement caractérisées, classées et évaluées*. Originellement (normes de 1985), elle est considérée comme une étape initiale de la conception d'un système mécanique, ayant comme objectif de déterminer le besoin à satisfaire pour l'utilisateur ou le demandeur. Elle s'appuie sur les concepts de **Besoin**, de **Fonction de service** (qui se décline en fonction d'usage, partie rationnelle du besoin, et fonction d'estime, partie subjective du besoin), de **contrainte** définie comme une *limitation à la liberté du concepteur-réalisateur d'un produit*. La **caractérisation des fonctions** doit conduire à définir des paramètres (**critères d'appréciation**) qui, associés à des échelles de valeur (**niveaux**) et à des taux d'échanges possibles sur ces niveaux (**flexibilités**), seront des références pour l'évaluation des performances du produit en cours de conception. Les outils mis à disposition pour définir le besoin utilisateur sont l'aide à l'expression du besoin (Bête à cornes), le contrôle de validité, le graphe des interactions (Pieuvre), le tableau de caractérisation des fonctions [7]. Menée en groupe qualifié de pluridisciplinaire, au sens où le *groupe de travail doit regrouper toutes les compétences requises pour traiter le travail*, l'AF est vue comme conduisant l'ensemble des acteurs métiers ainsi réunis à interroger les besoins client et à les consigner dans le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF). Les Fonctions de service ainsi définies sont alors déclinées en **Fonctions Techniques** (Utilisation de l'outil FAST), puis à terme en différentes solutions par les concepteurs de bureau d'études. Dans cette acceptation de l'AF, ce sont les attentes et contraintes du client qui sont premières et qui vont devenir des prescriptions pour l'ensemble des acteurs participant à la conception et à la réalisation, les obligeant à optimiser, chacun dans leur propre métier, leurs propres contraintes. Le modèle de coordination des activités de conception suggéré ici est un modèle qui a les caractéristiques d'un modèle séquentiel.

Concernant l'évolution des normes définissant l'AF, celles de 1996 font explicitement apparaître deux concepts nouveaux : Ceux de **point de vue**, qualifiés d'externe ou d'interne, et celui de **cycle de vie**. Le point de vue externe, celui du client, de l'utilisateur, ne *s'intéresse au produit que comme une boîte noire, capable de fournir des services dans son environnement durant son cycle d'utilisation*. Il conduit à l'AF Externe, parfois nommée AF du besoin, qui doit *explicitement les services que devra rendre le produit*. Le point de vue interne est *celui du concepteur en charge de fournir le système qui répondra aux besoins identifiés*. Il conduit à l'AF interne, parfois nommée AF Technique, qui *permet d'analyser les ressources nécessaires et leur affectation au regard du service à rendre*. Le cycle de vie, *ensemble des situations dans lesquelles se trouve le produit au cours de sa vie, de l'expression du besoin à son retrait de service*, inclus le cycle d'utilisation, *ensemble de situations du produit dans sa phase d'utilisation qui peuvent être d'emploi effectif ou de non emploi (stockage, livraison, entretien)*. Parallèlement le concept de contrainte évolue, défini maintenant comme *caractéristique, effet ou disposition de conception, qui est rendu obligatoire ou qui a été interdit pour quelque raison que ce soit*. Ainsi est suggéré le fait que ce sont les contraintes de tout le cycle vie qui doivent être considérées, les contraintes que nous qualifierons d'externe et qui concernent les finalités (effets) comme les contraintes que nous qualifierons d'internes et qui concernent les solutions (disposition de conception).

Selon notre analyse de l'évolution des normes, les deux types de contraintes (externes et internes) sont alors à considérer de manière simultanée au moment de la définition des besoins, besoins qui ne sont plus uniquement ceux du client, mais ceux de tous les acteurs du cycle de vie du produit. La notion de client ne renvoie alors plus au seul client externe, auquel doit répondre l'ensemble des acteurs métiers de la conception-fabrication. Tous les acteurs du cycle de vie doivent être considérés comme

¹ Précisons que nous entendons par méthode un modèle générique d'organisation des différentes activités de conception. Ces méthodes sont organisées autour d'outils, c'est à dire de moyens mis à la disposition des concepteurs pour conduire ces activités.

² La mise en usage de la méthode et de ses outils dans un contexte réel conduit à une organisation observable des activités que nous qualifions de démarche.

des clients, externes et internes, tendus vers un même objectif : celui de la réalisation consensuelle du produit, rejoignant ainsi les principes de conception intégrée. Qu'en est-il des pratiques de conception s'appuyant sur l'AF ? Comment modéliser l'organisation des activités de conception issue de la mise en usage de cette méthode ? Pour répondre à ces questions, nous avons observé différents projets utilisant l'AF. Nous vous présentons ci-après les résultats, représentatifs de l'ensemble de ceux obtenus sur les différents projets, de l'observation de l'un d'entre eux.

3 Conception d'un manipulateur de Traction/Freinage

Le projet concerne le développement d'un manipulateur de traction freinage destiné aux locomotives électriques. A l'origine de cette étude, un groupe de travail pluridisciplinaire avait pour objectif de réfléchir à la conception du futur poste de conduite du TGV. Ce groupe réunissait des concepteurs de bureau d'études, des ergonomes, des exploitants ainsi que des conducteurs appartenant à différentes régions de France.

L'étude a commencé par une analyse fine de l'activité de conduite menée sur des TGV existants (Figure 1) et du recueil d'un grand nombre de données relatives à la conduite : nombre de manipulations sur les commandes, temps de manipulation, stratégies de conduite,... Ainsi, les besoins liés à la régulation de la vitesse, ont été déterminés au cours de verbalisations avec des mécaniciens et lors d'observations sur des dispositifs existants. Ces études ont favorisé la prise en compte des contraintes liées à la régulation de la vitesse (horaires, conditions climatiques, état du matériel, confort des passagers,...) et des objectifs à atteindre avec la commande (réguler avec précision, rapidité, sécurité,...).

Cette première étape, a permis d'acquérir une bonne connaissance du métier de conducteur TGV et de l'usage des dispositifs actuellement utilisés concernant la régulation de la vitesse (Fig. 1 et 2) : le manipulateur de freinage pneumatique, le « cerclo », qui se présente sous la forme d'un volant et qui sert à réguler les efforts de traction/freinage électriques, et les boutons poussoirs (BP) d'arrêts d'urgence. Elle a été complétée par une recherche d'informations sur les dispositifs existants.



Figure 1 : Cabine de conduite d'une rame TGV Atlantique

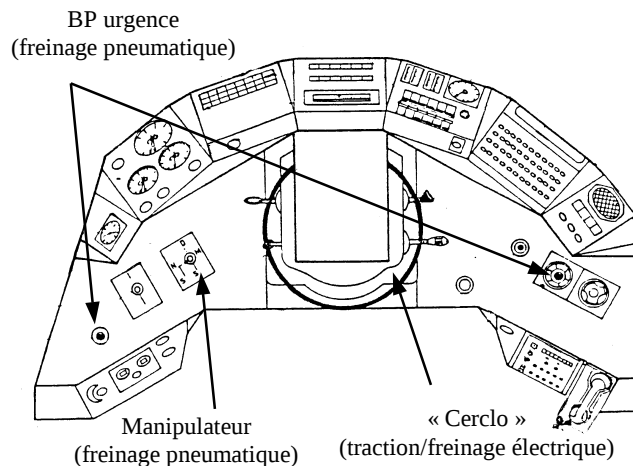


Figure 2 : Le poste de conduite du TGV Atlantique et ses manipulateurs de traction et freinage

Au cours des discussions en groupe projet, un grand nombre d'informations ont été mises en évidence concernant les évolutions futures du métier de conducteur, les attentes actuelles des conducteurs, les dispositifs en cours de développement,... Ainsi, les membres du groupe projet ont pu progressivement se construire une représentation commune des nouvelles fonctions à assurer par le dispositif et des modifications nécessaires au bon fonctionnement de l'outil principal de régulation de la vitesse.

La mise en place de scénarios liés à l'utilisation de la commande (exemple Fig. 3), a permis de définir les caractéristiques fonctionnelles du futur manipulateur de régulation de la vitesse.

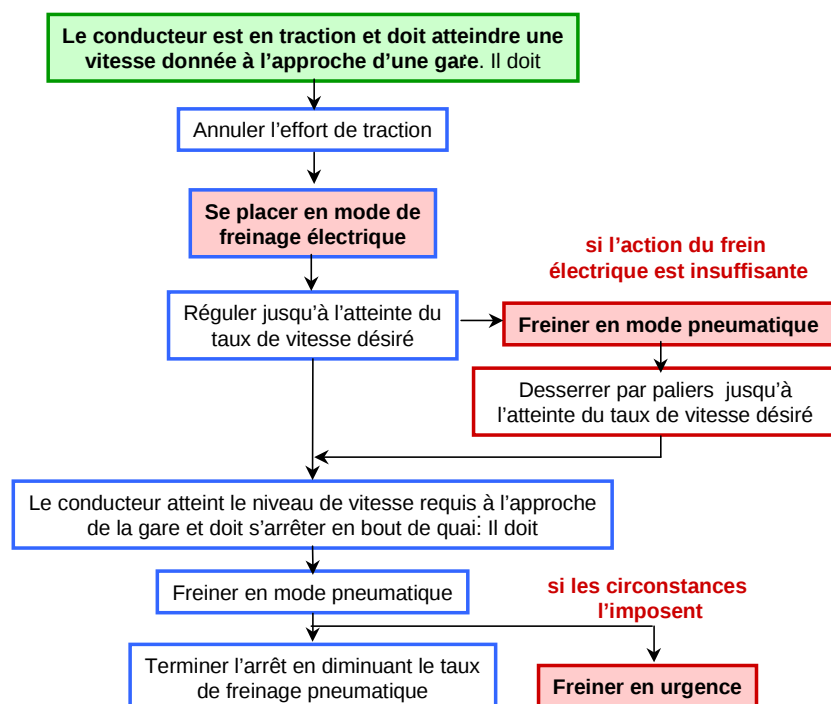


Figure 3 : Scénario, illustrant une arrivée en gare

A titre d'exemple, nous avons fait figurer un extrait du tableau de synthèse des contraintes futures à respecter (Tab.1), qui a participé à l'élaboration du cahier des charges fonctionnel des futurs dispositifs. Il apparaît à ce niveau de l'étude, que les contraintes sont issues des analyses faites sur l'existant, ainsi que sur des premiers choix de principes techniques (cf. le choix d'une commande vertical de type joystick).

Dispositif concerné	Résultat de l'analyse	Contraintes à respecter dans le futur
Manipulateurs traction / freinage	• Commandes de traction/freinage dissociées. La séparation des modes de freinage doit être remise en cause • Concept circulaire actuel issu de l'ancienne technologie (manipulation d'un rhéostat) • Procédure de changement de fonctions complexe en termes de nombre d'actions. Action de déverrouillage et du passage par la position 0 systématique injustifiés pour changer de fonction • Le manipulateur permet de conduire indifféremment de la main droite ou de la main gauche. • Le freinage électropneumatique actuel permet de réguler l'effort de freinage de manière satisfaisante	• La même commande devra intégrer tous les modes de freinage • Le manipulateur de traction sera de type vertical (encombrement mini) à déplacement rotatif • Le passage d'un mode à un autre devra être direct, sans action préalable sur une autre commande, quel que soit l'ordre de transition. Le passage par 0 s'il est nécessaire ne devra pas impliquer d'actions supplémentaires • Les efforts mis en jeu lors des manipulations devront être adaptés et faisables de la main droite ou de la main gauche • Le principe de freinage électropneumatique actuel à impulsion devra être conservé

Tableau 1 : Extrait du tableau de synthèse lié au cahier des charges fonctionnel

Des propositions de principes de solutions ont alors été faites, s'inspirant en particulier d'autres dispositifs existants, notamment dans le domaine de l'aéronautique. Les différentes évaluations ont alors conduit le groupe projet à retenir un concept de manipulateur fonctionnant par impulsion, la durée des impulsions permettant de réguler les niveaux de traction ou de freinage souhaités. Ce manipulateur réunit ainsi les trois fonctions liées à la régulation de la vitesse (Fig. 4) : la gestion de l'effort de traction et de freinage électrique (+,-), la gestion de l'effort pneumatique (FCG : Frein Conduite Générale) ainsi que le freinage d'urgence (URG).

Les modifications apportées présentent donc un changement considérable par rapport aux dispositifs actuels (passage d'un manipulateur rotatif à une commande de type manette, contrôle visuel des niveaux sur écran,...). Il a donc fallu préciser les

niveaux des critères d'appréciation des Fonctions Techniques, tels que la position de la commande par rapport au conducteur ou les intensités des efforts de manipulation, en lien avec les critères d'appréciation des Fonctions de Service. Concernant cet exemple précis de la quantification des efforts de manipulation, le groupe projet a dû mener différentes expérimentations sur bancs d'essais afin de définir avec plusieurs conducteurs les niveaux d'intensité des efforts liés à l'utilisation de la nouvelle commande, en relation bien sûr avec la tâche de conduite (cf. photo Fig. 4). En effet, si ce type de données peut exister dans le domaine de l'aéronautique, elles restent difficilement applicables dans le domaine du ferroviaire où l'environnement est très différent.

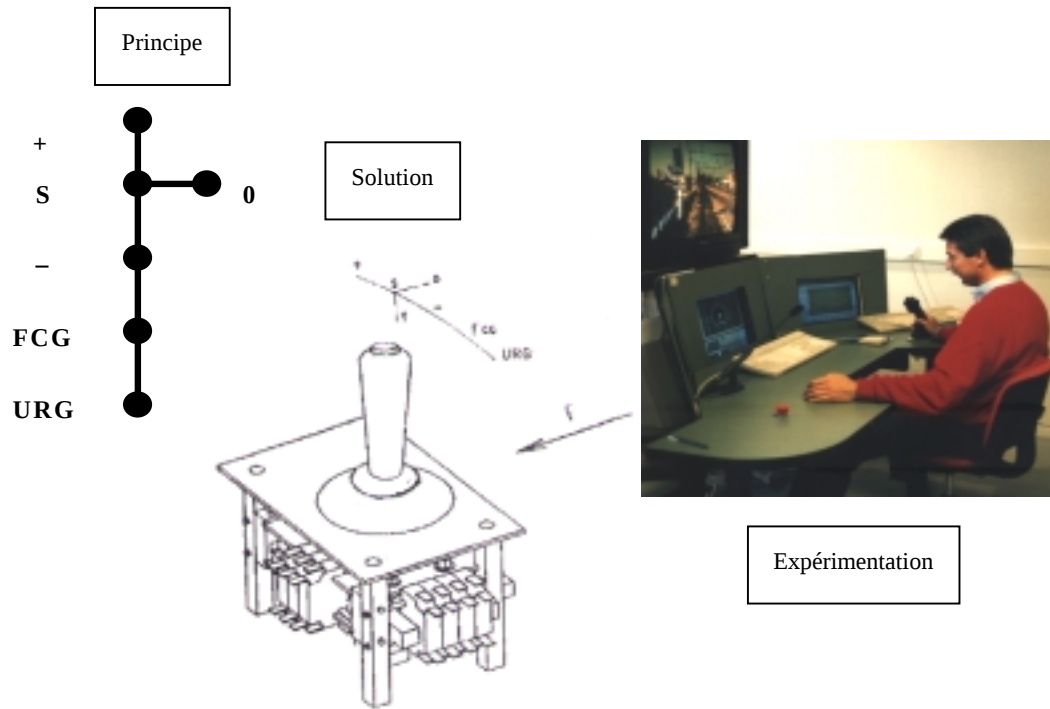


Figure 4 : Simulations pour la détermination du niveau d'un critère.

Ainsi, l'examen des scénarios probables d'utilisation et de la maquette du futur du système en cours de conception a permis d'identifier de nouveaux critères d'appréciation concernant les fonctions techniques et les fonctions de service [8]. On a ainsi pu faire varier quelques paramètres techniques du système et vérifier à chaque fois si celui-ci répondait toujours, en externe, aux besoins des conducteurs. Les simulations menées ont ainsi permis de déterminer les niveaux acceptables concernant plusieurs critères afin de venir enrichir le cahier des charges précédemment établi (Fig. 5).

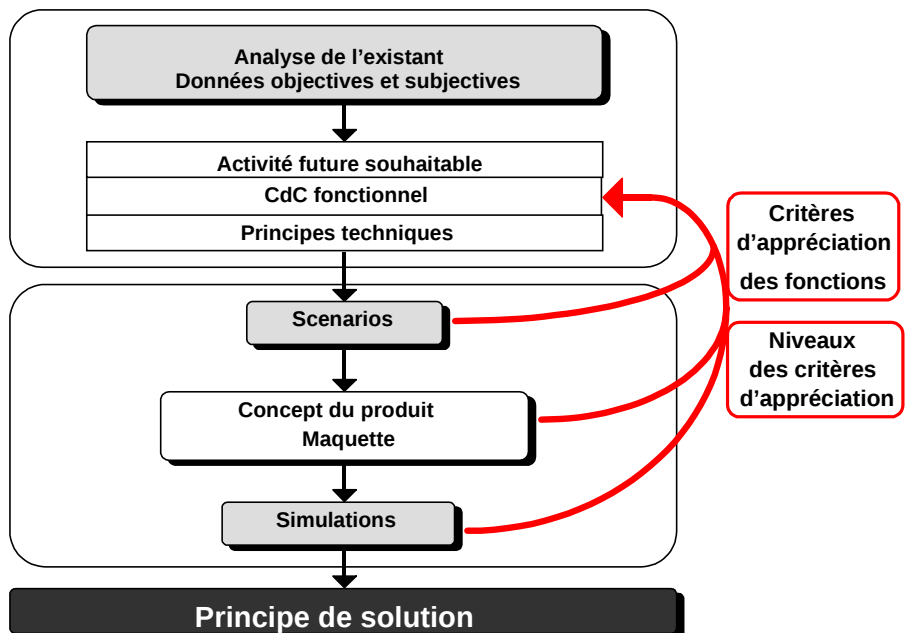


Figure 5 : Progression vers la solution et évolution du cahier des charges

4 Mise en usage des outils de la méthode AF

L'AF, telle qu'elle est présentée par la norme, est une méthode **fonctionnelle**, permettant l'expression du besoin en termes de finalités sans référence aux solutions susceptibles d'y répondre, **structurée**, car faisant progresser logiquement du besoin à ce qui le satisfait, du résultat à obtenir aux éléments à mettre en place pour l'obtenir. Dans cette partie, à l'appui de l'exemple décrit ci-dessus, nous nous attachons à mettre en évidence que la démarche à laquelle conduit la mise en œuvre de cette méthode n'est pas si fonctionnelle et structurée que le stipule la norme. Ainsi, nous allons dans un premier temps examiner la liaison fonction/structure du produit, puis nous interroger concernant les aspects liés à la coordination des activités de conception et les aspects liés à la coopération des différents acteurs.

4.1 Intégration fonctions / structure

La méthode se veut fonctionnelle, exprimant les besoins en termes de fonctions sans référence aux solutions susceptibles d'y répondre. Le slogan de la norme est "Penser fonction, pas solutions". Nos observations montrent que pour poser le problème en termes de fonctions, la référence à des solutions est indispensable, que cette référence soit explicite ou non. Dans le projet du manipulateur de Traction/Freinage, c'est la considération des solutions existantes qui a permis la première expression fonctionnelle. Puis, c'est la considération de scénarios d'usage et la manipulation de la maquette qui ont permis de valider les principes envisagés, de faire émerger des critères d'appréciation, d'en quantifier les niveaux acceptables, et ce par la considération interactive des niveaux technique et fonctionnel.

Le slogan de la norme n'aurait alors de sens que dans un environnement industriel où les concepteurs possèdent initialement des connaissances fortes sur des solutions existantes ou sur des produits de type "étagère". Dans ce cas, l'Analyse Fonctionnelle permet de monter en généralité (Fig.6) en exprimant, en référence implicite aux solutions connues, les services (ou fonctions) que doivent rendre le produit à concevoir. Cette montée en généralité favorise alors l'innovation dans la mesure où elle permet de rechercher d'autres solutions fonctionnelles, en lien avec des solutions technologiques possibles, que celles habituelles, routinières, qu'envisagent les concepteurs immergés dans un contexte donné.

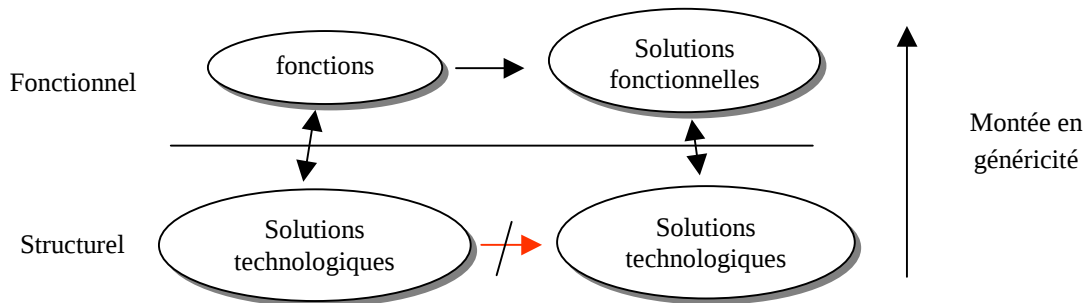


Figure 6 : interactions fonctions - solutions

Il serait cependant illusoire de penser que, dans un contexte sans connaissances technologiques ou d'usage sur des produits voisins ou de la même gamme, les individus puissent raisonner théoriquement sur des fonctions. Des observations d'autres projets mettant en œuvre la méthode AF confirment que c'est de l'observation de la place et du rôle des produits voisins ou concurrents, de l'analyse des interactions entre les différents organes qui composent les produits existants, que les acteurs de la conception arrivent à conceptualiser sous forme fonctionnelle les services à rendre par le produit [9]. Fonctions et structures sont donc les deux faces d'un même produit et doivent être considérées simultanément au cours de la conception, nécessitant ainsi que les différents membres du groupe projet collaborent pour mettre en commun leurs connaissances métiers.

4.2 Coordination des activités de conception

La méthode se veut structurée, systématique (figure 7). Partant d'un désir, potentiel ou succinctement exprimé dans un Cahier des Charges Initial (CdCI), elle préconise, après confirmation de son existence effective, l'expression du besoin en termes fonctionnels, sans référence aux solutions. L'ensemble des Fonctions de Service, caractérisées et hiérarchisées, issues de cette AF externe participent à l'élaboration du premier Cahier des Charges Fonctionnel. Les Fonctions de service doivent ensuite être déclinées, au cours d'une AF interne, en Fonctions Techniques (FT), puis en solutions susceptibles d'assurer ces FT. C'est donc une structuration des activités assez linéaire que propose la norme, même si d'autres versions du CdCF sont envisagées, une deuxième suite à une étude de faisabilité et une troisième après l'avant projet.

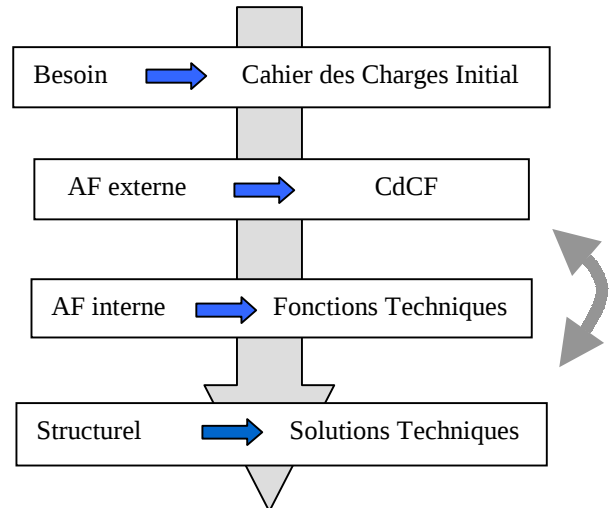


Figure 7 : modèle d'organisation des activités de conception proposé par la méthode AF

Dans le projet manipulateur, la recherche des fonctions de service a d'abord conduit les membres du groupe projet à mener un véritable bilan de l'existant, prenant en compte des matériels de conduite et des usages différents dans la mesure où plus d'une dizaine de conducteurs ont été observés en situation de conduite. Suite à cette analyse critique de l'existant et en prenant en compte les nouvelles attentes pour les manipulateurs TGV, une première expression générale des fonctions à assurer a été formulée. L'évaluation de principes de solutions alors envisagés, à partir de la construction de scénarios de conduite, a généré l'émergence de nouveaux critères. C'est en effet à ce moment de l'étude que le groupe projet a abandonné le principe du manipulateur vertical rotatif, implicitement choisi au niveau du CdCI, qui aurait eu un débattement trop important par rapport au niveau de précision souhaité pour la régulation de la vitesse. Le principe d'un manipulateur impulsif a donc été envisagé. Placés devant une impasse concernant la faisabilité du problème posé, les acteurs ont donc été amenés à reconstruire le problème à partir de la proposition d'une alternative sur la formulation du CdCI. Une maquette, matérialisant le principe de solution considéré comme envisageable, a ensuite été construite et a permis de valider le principe technique et d'explicitier et caractériser les fonctions à assurer. Cette expression fonctionnelle a donc été conduite de manière interactive avec la considération de solutions possibles et n'en est d'ailleurs pas indépendante. Il est à remarquer que les outils scénario et maquette ont été construits et instrumentés dans l'action, pour permettre aux différents acteurs d'avoir prise sur le problème en cours de formalisation.

Ainsi, la démarche observée (Fig.8) n'est pas une démarche structurée comme le propose la méthode normalisée. Les activités sont au contraire conduites de telle manière qu'elles engagent à un regard interactif sur le CdCI, le problème (formulé ou non par le CdCF), les solutions possibles (fonctionnelles et structurelles).

Ce qui ressort donc avec certitude de nos différentes observations[9], c'est que la coordination des activités de conception n'est pas construite de manière extérieure au groupe des concepteurs, n'est pas inscrite dans la méthode AF. En fait, on observe que, à partir de la mise en œuvre de la méthode, l'organisation des activités de conception se construit de manière coopérative, c'est à dire par l'action commune des membres du groupe, et que cette coopération s'élabore à partir des critères d'évaluation des solutions possibles.

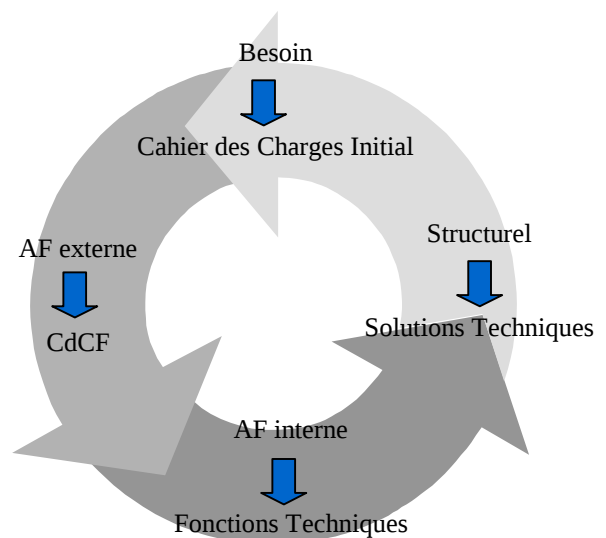


Figure 8 : Modèle d'organisation des activités effectives de conception

Si l'on considère que le CdCI est à la charge du demandeur, et qu'aucune norme ne dicte sa formulation, le CdCF devient un moyen contractuel de formuler le problème qui permet d'une part de fixer le contrat établi entre concepteurs et demandeur et d'autre part de mettre en évidence des supports de négociation entre le demandeur et les différents acteurs de la conception. Qui dit négociation, dit évolutions. La norme prévoit trois versions du CdCF et place la dernière juste après l'avant projet. Or, peut-on réellement envisager une version définitive de ce CdCF avant d'avoir défini les moyens d'industrialisation, de production, de maintenance ... ? En fait, il nous semble que la temporalité du CdCF devrait être liée à celle du produit, évoluant en simultané avec lui. Il faudrait par contre réexaminer le statut de ce document, qui ne peut être à la fois document contractuel et moyen de mémoriser les évolutions du problème.

4.3 Intégration des différents points de vue

L'Analyse Fonctionnelle se veut pluridisciplinaire, c'est à dire rassemblant décideur et acteurs du cycle de vie du produit. Le projet du manipulateur Traction/Freinage montre que le regroupement d'acteurs de différents métiers permet la prise en compte simultanée, au moment de la conception, des contraintes de l'utilisateur comme de celles des technologues : il faut répondre aux besoins des agents de conduite, mais il faut simultanément analyser la faisabilité technique (contraintes internes, solutions possibles) d'un manipulateur répondant à l'expression de ces besoins. On remarque également que des outils permettant une expression structurelle (dans notre cas la maquette, mais lors d'autres observations des schémas ou dessins, des croquis ou moyens de simulation réalistes) peuvent permettre d'avoir plus facilement prise sur le problème pour un certain nombre d'acteurs et n'empêchent pas un raisonnement fonctionnel.

L'intérêt fondamental de la mise en application d'une telle méthode est de mettre en relation des acteurs de compétences différentes (concepteur-dessinateur, fabricant, personnes du service achat, de la maintenance, du recyclage, ...), pour leur permettre d'intégrer au moment de la définition du problème et de ses solutions, leurs positions, connaissances et contraintes. Il s'agit également pour chacun de construire des connaissances sur le métier de l'autre et pour le groupe d'anticiper sur les caractéristiques du système mécanique en conception et sur les actions à mener pour le concevoir [10]. L'Analyse Fonctionnelle peut donc conduire de cette façon à l'intégration des différents points de vue des acteurs du cycle de vie du produit et est donc en cela un moyen pour que la conception soit intégrée. Cependant, un fabricant par exemple, peut difficilement intervenir de manière opérationnelle sur son métier dès le début de la conception (sur une A.F. externe) autrement que sous la forme d'une fonction ou une contrainte générique difficilement exploitable en tant que telle. Ainsi, pour que les acteurs puissent avoir prise, puissent exprimer leurs besoins, de nombreux outils restent à mettre en place, à la fois pour les acteurs représentants du besoin externe (client, ergonome, ...) mais surtout pour les acteurs représentants du besoin interne.

5 Conclusion

La méthode AF a évolué en parallèle avec les contextes industriels de la fin du 20^{ème} siècle. De nouveaux concepts apparaissent (cycle de vie, point de vue externe et interne), d'autres évoluent (contraintes) pour prendre en compte au plus tôt les différents métiers du cycle de vie du produit. Orientée initialement vers la définition du besoin du client externe (les clients internes optimisant leurs contraintes pour lui répondre) elle s'organise aujourd'hui autour des besoins des clients externes et interne caractérisant et concevant collectivement le produit. Mais la méthode se veut toujours structurée et rationnelle, et semble loin d'être un outil favorisant l'intégration lors de la conception. Cependant nos observations, lors de la mise en usage, montrent une toute autre organisation des activités réelles de conception. L'approche fonctionnelle se traduit par un regard interactif entre fonctions et solutions, nécessitant la présence des différents acteurs métiers dès le début de la conception. Les membres du groupe dit pluridisciplinaire coopèrent alors pour concevoir. La démarche effective, s'appuyant sur les relations fonctions de service – fonctions techniques (ou solutions) et sur les relations entre les critères d'appréciations de ces différentes fonctions, se construit dans l'action. La coordination des différentes activités s'élabore de manière coopérative en s'appuyant sur les définitions simultanées du problème, consigné dans le CdCF, et des solutions supposées possibles. Autant de caractéristiques propres à une démarche de conception de type intégrée.

Références

- [1] G. Solhénus – Concurrent engineering. Annals of the CIRP, vol 41, 1992.
- [2] Daniel Brissaud, Olivier Garro — Conception distribuée, émergence, Conception de produits mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils, coordonné par Michel Tollenaere, Hermes, Paris, 1998
- [3] Alain Jantet, Jean François Boujut,— Approche Socio-technique, Conception de produits mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils, coordonné par Michel Tollenaere, Hermes, Paris, 1998
- [4] G Palh, W Beitz, Engineering Design, Systematic approach, 2^{ème} édition, Springer, 1996
- [5] Normes NF X 50 – 100 — Analyse fonctionnelle, Caractéristiques fondamentales, AFNOR, Paris, 1985, 1990, 1996
Normes NF X 50 – 150 — Analyse de la valeur, Analyse fonctionnelle, Vocabulaire, AFNOR, Paris, 90
Normes NF X 50 – 150-1— Vocabulaire du management, de la valeur, de l'analyse de la valeur et de l'Analyse fonctionnelle, AFNOR, Paris, 1996
Normes NF X 50 – 151 — Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel, AFNOR, Paris, 1991
- [6] Normes NF X 50 – 152 — Analyse de la valeur, Caractéristiques fondamentales, AFNOR, Paris, 1990
- [7] Yannou Bernard, Analyse Fonctionnelle et analyse de la valeur, Conception de produits mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils, coordonné par Michel Tollenaere, Hermes, Paris, 1998
- [8] Peggy Zwolinski, Jean Claude Sagot, Valérie Gouin — La simulation de l'activité comme outil d'aide à la conception et à l'innovation. Application à la conception de la commande de régulation de vitesse des TGV futurs, Actes des deuxièmes journées de recherche et ergonomie, SELF, Toulouse, Février 1998
- [9] Guy Prudhomme — Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement, rapport de thèse de l'Université J Fourier, Grenoble, 1999
- [10] Laurent Nicolas — Simulation et coopération dans les nouvelles stratégies de conception : analyse de l'activité des concepteurs en analyse fonctionnelle, actes du XXXII congrès SELF, Lyon, 1997