

Méthodes et outils de conception dans le cadre d'une étude préliminaire

4^{ème} année

Sommaire

Introduction	6
1 Les concepts de base	7
1.1 Le besoin	7
1.2 Le produit	7
1.2.1 Caractéristiques	7
1.2.2 Interface produit / environnement	7
1.2.3 Performances	7
1.3 Projet	7
1.4 Cycle de vie	8
1.4.1 Approche marketing	8
1.4.2 Approche R&D	9
1.4.3 Coûts	10
1.5 Qualité	10
1.6 Valeur	10
2 Analyse de la valeur	12
2.1 Présentation de l'analyse de la valeur	12
2.1.1 Historique et développement	12
2.1.2 Les principes de l'analyse de la valeur	12
2.1.3 Caractéristiques	13
2.1.4 Les acteurs	13
2.1.5 Mode opératoire	14
2.2 Phase 1 : Orientation de l'action	14
2.3 Phase 2 : Recherche de l'information	15
2.4 Phase 3 : Analyse des fonctionnelle	15
2.4.1 Analyser le besoin	15
2.4.2 Déterminer le profil de vie du système	15
2.4.3 Recenser les fonctions	16
2.4.4 Ordonner les fonctions	16
2.4.5 Caractériser et quantifier les fonctions	16
2.4.6 Hiérarchiser les fonctions	17
2.4.7 Rédaction du cahier des charges fonctionnel	17
2.5 Phase 4 : Recherche d'idées et de voies de solutions	18
2.6 Phase 5 : Etude et évaluation des solutions	18
2.7 Phase 6 : Bilan prévisionnel - Présentation des solutions retenues – Décision.....	18
2.8 Réalisation – Suivi – Bilan	19

3	Les outils de l'analyse de la valeur	20
3.1	Les outils pour l'orientation de l'action	20
3.2	Les outils pour la recherche d'informations.....	20
3.2.1	Le QQQQCCP.....	20
3.2.2	Le Diagramme d'ISHIKAWA (cause/effet) :.....	21
3.2.3	Les 5M ou 6M, voir les 7M :	21
3.2.4	Méthode alternative : Les 5 Pourquoi :	21
3.3	Les outils de l'analyse fonctionnelle.....	22
3.3.1	Analyser le besoin	22
3.4	Les outils pour la recherche de solutions	26
3.4.1	Le brainstorming	26
3.4.2	La méthode TRIZ	26
3.4.3	Présentation des solutions	26
3.5	Les outils d'étude et d'évaluation des solutions.....	28
3.5.1	Les outils du bilan prévisionnel	28
4	Exemple d'application de la démarche AV : Moulinet de pêche.....	31
4.1	Analyse fonctionnelle.....	31
4.1.1	Recherche du besoin fondamental.....	31
4.1.2	Contrôle de validité des besoins.....	31
4.1.3	Recherche des Fonctions de services	32
4.1.4	Valider les fonctions de service	32
4.2	Recherche de solutions technologiques.....	33

Introduction

Conduire un projet revient à prendre les mesures nécessaires pour atteindre les objectifs du projet, à savoir développer et livrer un produit de qualité, en maîtrisant les ressources et les délais. On appelle conduite de projet l'organisation méthodologique mise en œuvre pour faire en sorte que l'ouvrage réalisé par le maître d'œuvre réponde aux attentes du maître d'ouvrage et qu'il soit livré dans les conditions de coût et de délai prévus initialement. Pour ce faire, la gestion de projet a pour objectifs d'assurer la coordination des acteurs et des tâches dans un souci d'efficacité et de rentabilité.

La conduite de projet est un processus difficile à maîtriser car interviennent plusieurs facteurs de risques tels que les coûts et les délais à respecter, les technologies à maîtriser, les ressources humaines à gérer.

Le choix d'une méthodologie pour conduire un projet est un atout permettant à tous les acteurs du projet de mener conjointement une action organisée selon des règles clairement exprimées. Cette méthodologie commune est d'autant plus importante que les acteurs du projet sont parfois amenés à changer en partie au cours du projet.

La démarche de conception employée dans ce cours est basée sur la méthode dite d'Analyse de la Valeur. Le présent document, qui comporte quatre chapitres, est une compilation de données sur l'analyse de la valeur.

Le premier chapitre est consacré à la présentation des concepts de base associés à l'Analyse de la Valeur (AV ou ANAVAL).

Le second chapitre présente les caractéristiques fondamentales de la démarche AV et le plan de travail à suivre pour l'appliquer.

Le troisième chapitre présente les outils dont dispose le groupe de travail à chaque étape de la démarche AV.

Le dernier chapitre regroupe quelques exemples d'application de la démarche AV.

Les concepts de base

Le besoin

Selon la norme NF X 50-150, le besoin se définit par : Nécessité ou désir éprouvé par un utilisateur.

C'est en fait ce besoin de l'utilisateur qui est à l'origine de l'intention, pour le producteur, de concevoir et réaliser un produit. Ce besoin doit être caractérisé, traduit, sous forme de fonctions à remplir par le produit ou service.

Ce besoin peut être exprimé ou implicite, avoué ou inavoué, latent ou potentiel.

Le produit

Au regard de la définition du besoin, le produit est le résultat d'un processus de conception visant à répondre à un besoin. Selon la norme NF X 50-100, « le produit n'est que le support des fonctions de service » issues de l'analyse fonctionnelle du besoin.

Un produit peut être un service, un bien matériel, une application informatique, un processus industriel ou administratif, etc.

1.1.1 Caractéristiques

Un produit est défini par ses caractéristiques :

- d'usage : alimentaire, vestimentaire, équipement,...
- de provenance : naturel, art, industriel, agricole,...
- de constitution : mécanique, chimique, électrique, mixte (électromécanique),...

1.1.2 Interface produit / environnement

Le premier aperçu que le consommateur a du produit est son enveloppe extérieure, sa peau. Elle est l'interface entre le produit et son environnement, et sépare deux milieux :

- le milieu interne : ce sont les organes, les éléments, les pièces qui constituent le produit. C'est la partie technique qui a été pensée et définie par les concepteurs.
- le milieu externe : c'est l'utilisateur et tout l'environnement humain. Il est diversifié et non maîtrisé par les concepteurs. Tout juste ont-ils pu tenter d'en prévoir la nature et les aléas.

L'interface entre les deux milieux est ce que l'utilisateur achète. Il y a donc lieu de concevoir la partie technique comme au service de l'interface et non pas l'interface comme un accessoire de la partie la plus technique du produit.

1.1.3 Performances

Il existe trois types de performances significatives du produit :

- les performances techniques : elles concernent les relations entre éléments matériels internes et externes.
- les performances usuelles : elles concernent les relations entre le produit et les êtres vivants, utilisateurs ou non.
- les performances économiques : elles concernent les coûts ou gains monétaires engendrés par l'achat et l'utilisation du produit.

Projet

Selon la définition du dictionnaire, un projet est une « réalisation unique, limitée dans le temps et comportant un ensemble de tâches cohérentes, utilisant des ressources humaines,

matérielles et financières en vue d'atteindre les objectifs prévus, tout en respectant des contraintes particulières (délai, coût)».

Le projet vise donc à produire une création originale (caractère novateur) répondant à un besoin spécifique qu'il convient d'exprimer de manière rigoureuse.

La coordination des tâches du projet implique la gestion du projet. Les grandes entreprises manufacturières, qui réalisent la conception d'ensembles complexes (automobile, avion,...) ont été les premières à modifier leur structure et à développer de nouveaux outils pour optimiser le triptyque «**coûts délais qualité**» (Figure 1), qui constitue l'enjeu de la gestion de projet. Cette recherche de l'optimum conduit à intégrer tous les paramètres du cycle de vie d'un produit dans le processus de conception et de réalisation.

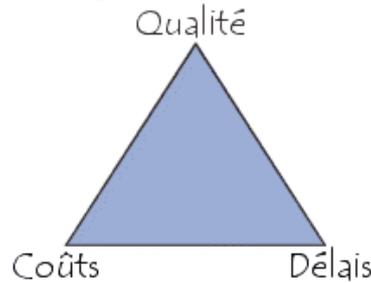


Figure 1 – Triptyque représentant la problématique d'un projet

Chaque projet a un caractère unique. Il est encadré ou animé par un chef de projet, nommé par la direction ou le maître d'ouvrage du projet, qui gère une équipe pluridisciplinaire adaptée. Une méthode de gestion de projet est la CCO (Conception pour un Coût Objectif) ou DTC (Design To Cost). Cette méthode permet d'orienter la conception d'un produit afin qu'il réponde à un ensemble de performances déterminées en respectant des objectifs de coûts et délais pré-établis. Le coût objectif est fixé dès le départ indépendamment de toutes références à des coûts de solution. Si en théorie il n'existe pas de relation entre la CCO et l'AV, il est pratiquement indispensable de recourir à l'AV pour une conduite efficace du projet.

Cycle de vie

Il existe deux approches pour décrire le cycle de vie d'un produit :

- l'approche marketing
- l'approche R&D (Recherche et Développement)

1.1.4 Approche marketing

D'un point de vue marketing, le cycle de vie d'un produit comporte quatre phases : naissance, croissance, maturité et déclin. L'évolution des ventes et de la taille du marché d'un produit en fonction du temps présente l'allure suivante (Figure 2) :

- Phase I - produit naissant : marché monopolistique ou oligopolistique, problèmes de mise au point,
- Phase II - produit en plein développement (adolescent) : apparition de nombreux concurrents nouveaux, besoins d'investissements massifs pour acquérir ou conserver une part de marché,
- Phase III - produit ayant atteint l'âge mûr : peu de concurrents nouveaux, produit très rentable, demandant peu d'investissements,
- Phase IV - produit vieillissant : marché en régression.

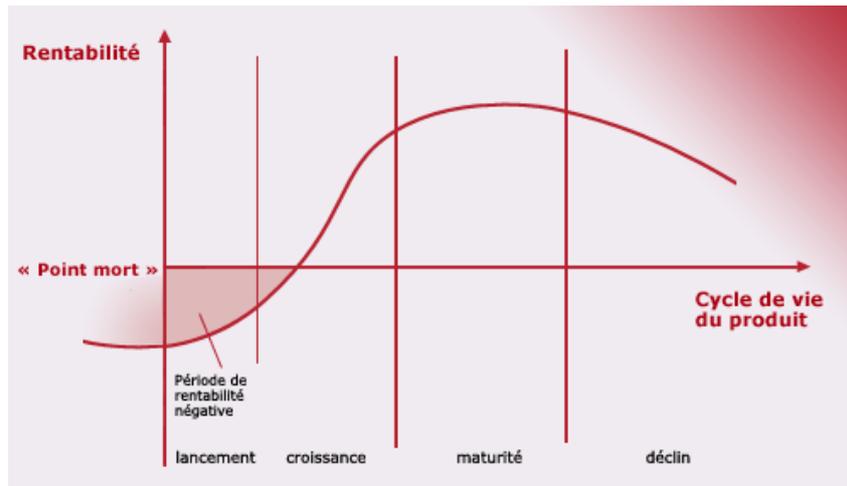


Figure 2 – Approche marketing du cycle de vie d'un produit

1.1.5 Approche R&D

Cette seconde approche, qui nous concerne directement, traduit la vie d'un produit en cinq phases, de sa conception à son recyclage (Figure 3). L'ambition des concepteurs est de concevoir un produit répondant aux exigences des clients et aux objectifs de l'entreprise. La conception d'un produit repose sur un échange permanent d'informations pour définir les solutions technologiques qui satisfont aux besoins exprimés par le Cahier des Charges (CdC). Pour répondre au mieux aux besoins des clients tout en restant compétitif vis à vis de la concurrence, il est nécessaire de maîtriser l'évolution du produit tout au long de son cycle de vie.

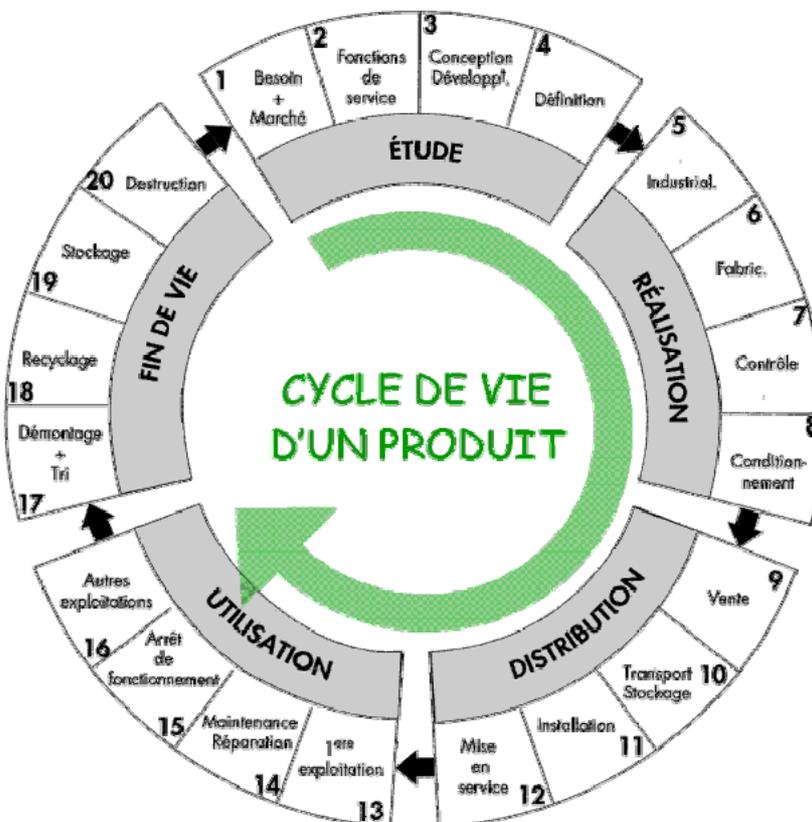


Figure 3 – Approche R&D du cycle de vie d'un produit

L'industrie automobile est l'exemple parfait pour illustrer la prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie : avant même que la voiture ne soit conçue, on pense à son entretien

par le client, à sa maintenance par les réseaux de concessionnaires, au recyclage de la major partie des éléments qui la constituent. Par exemple : tout est mis en oeuvre pour que la maintenance soit efficace, avec entre autre l'informatique embarquée, à laquelle il suffit de connecter un ordinateur, pour connaître les résultats sur plusieurs points de contrôle.

L'idéal est de procéder à une analyse fonctionnelle pour chaque cas d'utilisation du produit, permettant d'aboutir à un cahier des charges fonctionnelle prenant en compte toutes les étapes de la vie d'un produit.

1.1.6 Coûts

La norme NF X 50 – 150 définit le coût comme « charge ou dépense supportée par un intervenant économique par suite de la production ou de l'utilisation d'un produit ou de l'ensemble des deux ». Le coût ne doit pas être confondu avec le prix qui est l'équivalent monétaire d'un produit lors d'une transaction commerciale.

L'achat d'un produit par l'utilisateur va être principalement conditionné par le coût d'acquisition et une éventuelle estimation des coûts de d'utilisation et de maintenance.

L'acheteur ne saura qu'au cours de l'utilisation du produit si celui-ci répond à son besoin.

La notion de coût généralisé tient compte de tous les aspects négatifs liés à l'utilisation du produit :

- le coût financier ou prix à payer ;
- le coût temporel ou durée (d'action, d'attente) ;
- le coût énergétique ou effort à fournir ;
- le coût spatial ou place nécessaire ;
- le coût de risque ou anxiété (crainte d'échec, danger perçu...) ;
- le coût cognitif ou effort mental à mettre en oeuvre.

Qualité

La norme NF X 50 – 120 définit la qualité comme « ensemble de propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ». Parmi ces propriétés, il y a celles qui sont connues avant l'achat :

- performances techniques, caractéristiques ;
- esthétiques, design ;
- délai de livraison, accueil.

Celles qui sont découvertes après l'achat ou à l'usage :

- performances usuelles ;
- faible coût généralisé d'utilisation.

Ou selon la norme NF X 60 – 500 :

- fiabilité ;
- maintenabilité (aptitude à être maintenue ou rétablie en état de fonctionnement) ;
- disponibilité (pourcentage du temps où le produit est apte à fonctionner sur le total du temps de fonctionnement et de maintenance) ;
- durabilité ;
- sécurité de l'emploi ;
- respect de l'environnement.

Valeur

La norme NF X 50 – 150 définit la valeur comme « le jugement porté sur le produit par l'utilisateur sur la base de ses attentes et de ses motivations ». Elle est exprimée par une grandeur qui croît lorsque la satisfaction du besoin de l'utilisateur augmente et/ou que la dépense afférente au produit diminue.

$$Valeur = \frac{Satisfaction\ du\ besoin}{Coût}$$

La définition de la valeur est souvent réduite à la notion de prix de vente. Dans les faits, la notion de valeur recouvre cependant des notions plus subjectives. La notion de valeur apparaît lorsqu'une personne, pour effectuer un choix, utilise un critère de relation entre la satisfaction du besoin, les contraintes et les dépenses induites. Ainsi parle-t-on de rapport *qualité/prix* mais bien d'autres critères existent :

- la valeur **d'usage**, qui est à travers l'acte d'achat, la réponse d'un client à un besoin d'utilisation (l'entreprise ne vend un produit qu'à la condition que sa valeur d'usage perçue par l'utilisateur soit grande. Il est donc impératif qu'elle connaisse le besoin de l'utilisateur, et les dépenses qu'il est prêt à associer à la satisfaction de ce besoin),
- la valeur **d'utilité**, liée directement à l'utilisation que l'utilisateur va avoir du produit, dans un contexte donné,
- la valeur **de rareté**, qui peut être fonction des circonstances d'utilisation du produit comme de la simple concurrence sur le marché,
- la valeur **d'échange**, qui correspond essentiellement au prix d'achat et à la perception qu'en a l'acheteur, mais peut également comporter une notion plus large liée, par exemple, à la revente du bien,
- la valeur **d'estime**, liée au plaisir ressenti par l'utilisateur lors de l'utilisation, voire de la simple possession, du produit.

Toutes ces notions, extrêmement relatives, sont en général liées au contexte, à l'environnement, aux personnes considérées... En définitive, pour l'utilisateur, la valeur est issue des performances (utilité, estime, rareté...) du produit et doit être mise en balance avec les dépenses (coûts) issus à la fois de la conception, de la production et de la distribution du produit mais également aux charges qui peuvent survenir tout au long du cycle d'usage du produit, sous une forme ou sous une autre : monétaires (entretien par exemple), ergonomiques énergétiques...

Analyse de la valeur

La compétitivité des produits et services est l'un des défis majeurs de la société française, face à une concurrence internationale de plus en plus vive. Il ne suffit plus aujourd'hui de concevoir et produire des biens réalisés par les meilleurs spécialistes, et satisfaisants au plan de leur stricte technicité. Il faut désormais être compétitif, c'est-à-dire fournir des produits offrant des services parfaitement adaptés aux besoins d'un marché exigeant et surtout les vendre au meilleur prix en sachant dégager les marges bénéficiaires indispensables pour affronter la concurrence et les diverses évolutions techniques, sociologiques, économiques ou même écologiques. Il faut en maîtriser leur valeur.

L'analyse de la valeur est une méthode de conception ou de reconception des produits et services qui permet à ceux-ci d'assurer, au moindre coût, la satisfaction du besoin de l'utilisateur. L'analyse de la valeur est une méthode de compétitivité, voire même une méthode de management, qui recentre l'entreprise sur son produit, sur l'adéquation de celui-ci à son marché et sur la préoccupation permanente de sa performance économique. Mais plus encore, l'analyse de la valeur est une puissante méthode de résolution de problèmes dans l'entreprise, méthode qui permet de dégager les axes stratégiques tout en impliquant fortement les personnels de l'entreprise dans la recherche des voies de solutions.

Présentation de l'analyse de la valeur

1.1.7 Historique et développement

Née en 1947 à la Général Electric à la suite des travaux de L.D. MILES, l'analyse de la valeur a vite été utilisée par les industriels ayant à faire face à des défis économiques et stratégiques importants. A cette époque GE, qui devait faire face à un manque de matériaux stratégiques, avait chargé L.Miles d'identifier des matériaux meilleurs marché. Miles a constaté que beaucoup de matériaux de substitution atteignaient les mêmes, voire de meilleures performances à un coût réduit. Il établit alors un schéma rigoureux pour augmenter la valeur des produits. Cette technique, l'Analyse de la Valeur, a permis en ce temps là à GE de réaliser une économie de 40%.

L'analyse de la valeur franchit l'Atlantique et le Pacifique dans les années 60, pénétrant en Grande Bretagne, en Allemagne Fédérale, au Japon et en France. De 1947 à 1988, de l'Airbus au Minitel ou à la fusée ARIANE, du bâtiment à l'industrie textile, des constructeurs automobiles à la vente par correspondance, les applications de l'analyse de la valeur se multiplient avec succès dans tous les secteurs industriels.

En 1978, une Association française pour l'analyse de la valeur (AFAV) est constituée en France, rassemblant les divers praticiens de la méthode. Des normes (NF X 50-150 à NF X 50-153) sont établies et éditées en 1985. L'une d'entre elle, portant sur le Cahier des charges fonctionnel (CdCF) mérite une attention toute particulière dans la mesure où la Commission Centrale des Marchés (pour les marchés publics) et les spécialistes de la qualité totale recommandent désormais officiellement l'usage de ce CdCF.

1.1.8 Les principes de l'analyse de la valeur

La norme NF X 50 – 150 donne la définition suivante de l'AV : « Méthode de compétitivité, organisée et créatrice, visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire »

Le souci de l'économie, le calage strict sur le besoin et le marché, l'analyse fonctionnelle, l'approche pluridisciplinaire de la conception et le travail de groupe, la mobilisation efficace de l'information et la créativité sont au coeur de la méthode. L'analyse de la valeur, par sa

démarche, ses concepts et ses outils, constitue une approche systémique de l'évaluation et de la conception des produits et services. Méthode originale de conduite de projet, elle facilite par là même l'obtention d'une efficacité globale et déployée bien à propos.

L'analyse de la valeur est une méthode d'investigation qui ne laisse rien dans l'ombre et qui implique un croisement de multiples regards sur le produit, sur le besoin de l'utilisateur, sur les coûts, sur les contraintes de l'environnement, sur le marché et donc sur la valeur de ce produit.

L'analyse de la valeur s'applique tout autant à la reconception de produits existants que la conception de produits nouveaux. Elle s'applique aussi bien à des produits matériels qu'à des services immatériels (analyse de la valeur administrative). Elle peut traiter le produit en tant que tel, mais aussi le procédé de fabrication du produit. Elle s'intéresse tout autant à des produits unitaires simples qu'à de vastes systèmes complexes.

L'Analyse de la Valeur, c'est :

- une technique pour évaluer la relation entre les coûts et la réalisation des fonctions de produits ou de services concrets;
- une procédure structurée et une technique de créativité qui a pour objectif le remaniement d'un « produit » afin que celui-ci soit optimal du point de vue des coûts, de la réalisation des fonctions et de la qualité.

L'Analyse des Valeurs ne vise pas uniquement à réduire les coûts. La méthode a pour but d'éliminer de façon systématique tous les coûts qui n'apportent pas de plus-value au produit, au processus ou au service. La valeur du produit se voit ainsi accrue.

1.1.9 Caractéristiques

L'analyse de la valeur se distingue des autres méthodes par quatre caractéristiques fondamentales :

- L'Analyse fonctionnelle :
Dans la mesure où l'analyse de la valeur repose sur la notion de fonctions, l'analyse fonctionnelle est le coeur de la méthode. Le produit correspondant au besoin du client est défini en termes de fonctions. Ces fonctions sont valorisées afin de déterminer la valeur qui est définie comme le rapport entre la satisfaction du client et le coût du produit.
- Le plan de travail :
Pour mener à bien une étude d'analyse de la valeur, il est nécessaire de respecter un plan de travail strict. Ce plan de travail comporte sept phases distinctes qui seront présentées au paragraphe « Mode opératoire ».
- Le travail de groupe :
C'est un groupe pluridisciplinaire de 3 à 10 personnes qui est la véritable structure opérationnelle de l'action AV.
- L'approche économique globale :
L'analyse de la valeur est un processus de travail dont l'objectif est de trouver le compromis optimal entre le coût et les fonctions d'un produit, tout en assurant un niveau de qualité nécessaire et suffisant.

1.1.10 Les acteurs

Il y a dans la démarche AV quatre acteurs principaux :

- Le décideur :
C'est en quelque sorte le maître d'ouvrage du projet. C'est lui qui initie le projet et prend les décisions finales.
- Le groupe de travail :

C'est un groupe pluridisciplinaire (3 à 10 personnes), rassemblant toutes les compétences complémentaires concernées par le produit. Ainsi, le groupe dispose à tout moment des réponses pertinentes aux différentes questions qu'il se pose. Il permet d'utiliser un langage commun et d'appliquer une méthode de travail pour l'élaboration d'un objectif commun.

- L'animateur :
C'est une personne expérimentée et garante de la méthode AV. Il doit répondre aux qualités suivantes : compétence, expérience d'un décideur, autorité, dynamisme, relations humaines, esprit coopératif,... Il est chargé d'orienter les acteurs vers un raisonnement fonctionnel et indépendant de toutes solutions techniques (pas d'a priori de conception).
- Les services opérationnels :
Ce sont tous les services concernés par le projet. Ils interviendront en fonction de l'avancement du projet.

1.1.11 Mode opératoire

Le plan de travail comprend 7 phases (tableau 1) qui doivent être scrupuleusement respectées conformément à la norme NF X 50-152. La démarche est progressive et prend en compte les résultats issus de la phase amont. Une action AV se déroule à raison d'une réunion par semaine ou par quinzaine. Un compte rendu rédigé à chaque séance permet de conserver en mémoire ce qui a été fait et décidé. De plus, il informe le décideur sur l'évolution de l'étude.

1	Orientation de l'étude	<ul style="list-style-type: none"> • Choix du support (enjeu économique) • Objectif quantifié • Formation de l'équipe de travail • Planning de l'étude
2	Recherche d'informations	<ul style="list-style-type: none"> • Externe et interne à l'entreprise • Besoins à satisfaire • Fonctions assurées
3	Analyse fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des fonctions : <ul style="list-style-type: none"> - de service - techniques • Analyse des coûts
4	Recherche de solutions	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation des méthodes de créativité • Classement des idées par fonction
5	Etude et évaluation des solutions	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification des possibilités de réalisation • Vérification des coûts
6	Bilan prévisionnel et proposition de choix	<ul style="list-style-type: none"> • Choix d'une ou de plusieurs solutions • Bilan
7	Suivi de réalisation	

Tableau 1 : Plan de travail de l'AV

Dans ce qui suit, à chaque phase de la démarche est attribué un paragraphe, où le principe et le but de chaque phase y sont détaillés. Les principaux outils dont dispose le groupe à chaque phase de l'AV seront regroupés dans un chapitre appelé « Outils de l'analyse de la valeur ».

Phase 1 : Orientation de l'action

Elle est la phase de concertation entre le décideur et l'animateur. Ils passent en revue l'objet de l'étude (besoin à satisfaire) et les causes originelles de son déclenchement. Ils examinent les objectifs (performance, coût,...) et les enjeux économiques (gains financiers, accession à un

nouveau marché, ...) fixés par le demandeur. Ils précisent les limites du système à étudier. Ils constituent le groupe de travail et vérifient l'adéquation entre les ressources allouées (compétences, aptitudes) et la nature de l'étude. Ils estiment le budget nécessaire pour assurer l'action AV ainsi que le planning prévisionnel.

A l'issue des travaux, un dossier regroupant les éléments étudiés est soumis à l'approbation du demandeur :

- définition du sujet,
- objet et causes de son déclenchement,
- objectifs et enjeux économiques,
- limites du système,
- moyens associés (budget, ressources)
- planning.

Ce dossier est contractuel. L'animateur le présente au groupe de travail une fois qu'il a été validé.

Phase 2 : Recherche de l'information

La recherche de l'information est réalisée par le groupe de travail, qui recense les facteurs économiques, techniques, commerciaux et sociaux qui entrent en jeu dans l'environnement de l'étude.

Les données proviennent de deux sources :

- la première, interne, est issue des études réalisées par l'organisme, de la documentation, des données techniques et des dossiers antérieurs,
- la seconde, externe, est accessible auprès des organismes professionnels et des banques de données.

Le groupe de travail évalue la pertinence des données, identifie la source et contrôle la validité actuelle. Puis les informations sont synthétisées et diffusées.

Au cours des phases 3 à 5, les intervenants sont susceptibles de demander un complément d'informations à des experts n'appartenant pas au groupe de travail pluridisciplinaire.

Phase 3 : Analyse des fonctionnelle

D'après la norme AFNOR NF X 50-151, l'analyse fonctionnelle est une « démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur ». Cette phase de l'étude comporte plusieurs étapes.

1.1.12 Analyser le besoin

S'il n'a pas été clairement explicité dans la phase 1, il est important d'exprimer le besoin. Il s'agit d'explicitier l'exigence fondamentale qui justifie la conception, ou la reconception d'un produit. Pour cela, il est essentiel de se poser les trois questions suivantes :

- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

On doit ensuite contrôler la validité du besoin en exprimant le but et les raisons qui lui ont donné naissance, et en recherchant les cas d'évolution susceptibles de rendre le besoin obsolète.

1.1.13 Déterminer le profil de vie du système

Il convient dans un premier temps de rechercher l'information nécessaire pour identifier les différentes phases du cycle de vie du produit depuis son stockage jusqu'à son retrait de service, en passant par son utilisation pure. Pour chaque situation, il est recommandé de lister les éléments, personnes, matériels, matières qui constituent l'environnement du produit.

Les activités qui suivent doivent être réalisées pour chacune des phases du cycle de vie du produit.

1.1.14 Recenser les fonctions

La recherche des fonctions s'effectue en étudiant les relations du futur produit ou système avec son environnement. Elle s'effectue selon une méthodologie axée sur le recensement exhaustif des fonctions : ne pas en oublier, ne pas inventer de faux services.

Chaque fonction devra être exprimée exclusivement en terme de finalité et être formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments.

Il faut distinguer les fonctions de service des fonctions techniques.

1.1.14.1 Les fonctions de service

Elles se déclinent en deux catégories.

- Les fonctions principales :
Pour chaque phase du cycle de vie, il s'agit d'identifier les relations créées par l'objet entre deux ou plusieurs éléments de son milieu d'utilisation. Il faut ensuite exprimer le but de chaque relation créée, chaque but détermine ainsi une fonction principale.
- Les fonctions contraintes :
Pour chaque position d'utilisation, il s'agit de définir les contraintes imposées au produit par son milieu extérieur d'utilisation (EMU). Cela revient à identifier les relations entre l'objet et un élément du milieu extérieur.

1.1.14.2 Les fonctions techniques

Chronologiquement, elles ne sont identifiées qu'une fois les fonctions de service clairement exprimées. Elles sont issues de solutions techniques pressenties. L'architecture du système est composée d'éléments existants plus ou moins standardisés : le projet consiste alors à les organiser de façon nouvelle ou créer des relations nouvelles entre ces éléments.

Dans le cas du système voiture, par exemple, on sait qu'il y aura un sous système Carrosserie, un sous-système Motorisation, un autre de Transmission. Renault arrive ainsi à décomposer une voiture en 17 sous ensembles.

Ces fonctions de service vont alors être relayées par des fonctions techniques reliant les diverses solutions techniques pressenties. Les fonctions techniques reflètent l'organisation entre les différentes voies de solutions.

1.1.15 Ordonner les fonctions

Les fonctions identifiées précédemment ont été notées sans respecter un ordre particulier. Il est important d'établir une décomposition logique entre ces diverses fonctions.

Le groupe de travail créera ainsi le diagramme fonctionnel qui ordonne les fonctions identifiées, vérifie la logique fonctionnelle, contrôle l'exhaustivité du recensement des fonctions et sert de support à la recherche de nouvelles fonctions.

Les débats suscités au sein du groupe de travail pendant la construction du diagramme fonctionnel, et surtout pour obtenir un consensus, permettent de clarifier la situation et augmentent l'efficacité du groupe.

1.1.16 Caractériser et quantifier les fonctions

Une fois les fonctions identifiées, il faut définir les critères qui nous permettront d'effectuer le choix d'une solution technique : la caractérisation des fonctions.

Cela consiste à énoncer pour chaque fonction de service :

- Les critères d'appréciation :

Caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée.

- Les niveaux de chaque critère :
Grandeur repérée dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif ou celle atteinte par une solution proposée. Le niveau quantifie le critère et représente ainsi la performance attendue du service à rendre.
- La flexibilité de chaque niveau :
Ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

1.1.17 Hiérarchiser les fonctions

Il faut pouvoir indiquer aux futurs prestataires, les services essentiels sur lesquels il faudra concentrer leurs savoirs faire ; pour cela, il est possible de hiérarchiser les fonctions soit en associant directement un coefficient à chaque fonction, soit en comparant chaque fonction à toutes les autres en jugeant de leurs importances relatives.

1.1.18 Rédaction du cahier des charges fonctionnel

La rédaction du cahier des charges fonctionnel (CdCF) permet la synthèse des travaux effectués précédemment. Selon la norme NF X 50 -151, le CdCF est le « Document par lequel le demandeur exprime son besoin en terme de fonctions de services. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciations et leurs niveaux ; chacun de ces niveaux est assorti d'une flexibilité ».

Les éléments constitutifs du CdCF sont présentés ci-dessous :

1. Présentation générale du projet
 - Le produit : besoin principal, services attendus, description, contraintes techniques, etc.
 - Le marché : les clients, leur besoin, prévision de vente, confidentialité, etc.
 - Le contexte du projet : délais, constitution du groupe, outils méthodologiques, etc.
 - Les moyens : financiers, matériels, humain.

2. Enoncé fonctionnel du besoin

- Recherche d'environnement du produit : Brevet, Normes, Cycle de vie, etc.
- Recherche de fonctions : outils et méthodes de recherche de fonctions
- Présentation d'un tableau d'analyse fonctionnelle
 - Synthèse des fonctions
 - Caractérisation des fonctions (critère, niveau, flexibilité)
 - Validation des fonctions
 - Hiérarchisation des fonctions
- Appel à variantes : propositions de solutions innovantes ou différentes, etc.
- Cadre de réponse : devis, appel d'offre, etc.

Phase 4 : Recherche d'idées et de voies de solutions

L'objectif de cette phase est de trouver le plus grand nombre d'idées de solutions pour chaque fonction à satisfaire. Pour mener à bien cette phase, le groupe de travail se réunit en séance de créativité. La pluridisciplinarité du groupe de travail doit permettre de trouver des voies de solutions originales et pertinentes. La représentation des différents services permet, à chaque instant, de prendre en compte les différents aspects de la vie du produit.

Cette phase nécessite une réelle dynamique de groupe et le respect des attitudes suivantes :

- l'écoute : acceptation de l'autre et de ses idées (pas de critique et d'autocensure du type : ça existe déjà, on l'a déjà fait, je vais peut être dire une bêtise...);
- la spontanéité de l'expression : rien de ce qui est évoqué ne l'est par hasard ; aussi se doit-on de tout exprimer, aussi éloigné que cela puisse paraître de la problématique ;
- l'association : tout stimuli évoqué par un membre du groupe suscite chez les autres des évocations associatives.

D'une manière générale, il est d'abord important de chercher une solution globale au problème puis ensuite de se pencher sur chacune des fonctions de service. Dans cette phase de recherche, il faut faire un premier choix pour ne retenir que les solutions intéressantes et réalisables.

Phase 5 : Etude et évaluation des solutions

Dans cette phase, l'animateur transmet aux services opérationnels les voies ou les concepts de solutions retenues. Ceux-ci vont devoir les mettre en volume, les évaluer, les chiffrer. C'est la période de conception, de dessin, de recherche de fournisseurs, de réalisation de maquettes et d'essais...

En outre, ils veillent à minimiser le coût de cette étape en limitant la précision au juste nécessaire pour valider la faisabilité et la pondération des solutions.

Grâce à la démarche AV, les intervenants construisent une première série de solutions et peuvent sélectionner les propositions les plus pertinentes (solution = Performance / Coût).

Dans un second temps, grâce au critère itératif de la démarche, les intervenants se focalisent sur une ou plusieurs propositions retenues. Des techniques qualitatives et quantitatives et des outils d'aide à la décision sont utilisés pour évaluer les solutions.

L'examen aboutit à une hiérarchisation objective des propositions qui amène la solution la plus adaptée en conséquence de celles qui ne sont pas adaptées pour telle ou telle raison.

Dans cette phase, les outils de simulation numérique (CAO, dimensionnement de structure par éléments finis, CFD, etc.) vont être d'un grand support.

Phase 6 : Bilan prévisionnel - Présentation des solutions retenues - Décision

L'animateur regroupe les propositions retenues et dresse un bilan prévisionnel composé :

- du dossier contractuel établi en première instance,
- du Cahier des Charges Fonctionnel,
- des documents ayant servi à l'évaluation des solutions techniques,
- du récapitulatif budgétaire de l'action AV.

Pour chaque solution retenue, il est présenté :

- le niveau estimé et la flexibilité accordée pour chaque critère,
- l'évaluation économique et les règles appliquées (amortissements, fiscalités, ...)
- les avantages et les inconvénients,
- les menaces et les opportunités liées à l'environnement externe,
- les conditions à respecter pour réaliser l'opération.

L'animateur, assisté du groupe de travail, présente au décideur les propositions et remet les documents. Cet acte clôt la mission du groupe de travail.

Une fois que le décideur a choisi la solution, une étude de sûreté de fonctionnement (au moyen d'un outils appelé AMDEC) peut être mise en œuvre.

Réalisation – Suivi – Bilan

C'est aux services opérationnels qu'incombe la tâche de réaliser, mettre en œuvre la solution retenue et assurer le lancement du produit. Une fois l'application réalisée, il est indispensable d'effectuer un bilan pour le comparer au bilan prévisionnel de la phase 6 et aux objectifs définis en phase 1.

Généralement confiée à l'animateur ou à un chef de projet, cette phase nécessite un suivi rigoureux et constant des délais et du budget.

Les outils de l'analyse de la valeur

Ce chapitre est dédié aux outils que le groupe de travail est amené à employer au cours de la démarche AV. Tous les outils existant ne peuvent être présentés ici : on se limite aux outils les plus couramment employés à chaque phase.

Les outils pour l'orientation de l'action

Pour cette phase, s'il doit exister un outil spécifique, il se présente sous la forme d'une checklist détaillée, abordant :

- Le produit (lorsque celui-ci existe déjà)
 - ✓ Concept général
 - ✓ Description globale
 - ✓ Description détaillée
 - ✓ Composants du produit
 - ✓ Les problèmes afférents au produit
 - ✓ Etc...
- Le cadre de l'étude
 - ✓ Les délais d'intervention
 - ✓ Les événements pouvant se produire durant l'action
 - ✓ Les objectifs particuliers à atteindre
 - ✓ La constitution du groupe
 - ✓ Les partenaires associés ou concernés
 - ✓ La confidentialité
 - ✓ Les pouvoirs et obligations réciproques
 - ✓ La formation du groupe à l'AV
 - ✓ Les limites de l'étude
 - ✓ Les contraintes de l'étude (Brevets, normes, etc..)
 - ✓ Les exigences de développement
 - ✓ Etc...
- Les objectifs
 - ✓ Financiers
 - ✓ Techniques
 - ✓ Commerciaux
 - ✓ Etc...
- Les moyens humains, financiers et techniques
- Le cahier des charges marketing

Les outils pour la recherche d'informations

1.1.19 Le QQQQCCP

Le but de cet outil est d'avoir, sur toutes les causes du problème, des informations suffisantes pour déterminer avec exactitude quelle est la cause principale. Ces informations sont souvent basées sur des observations, des faits que l'on consigne au cours d'enquêtes.

Le principe de cet outil est de rechercher les informations sur un problème et ses causes en se posant de questions :

- Quoi (objets, action, phase, opération)?
- Qui (est concerné, acteur, responsable) ?
- Où (lieu, distance, étape)?

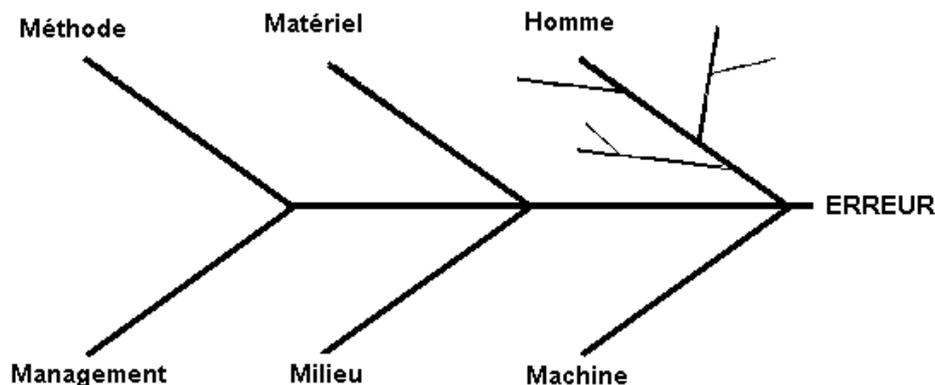
- Quand (moment, planning, durée, fréquence) ?
- Comment (matériel, équipement, moyens nécessaires, manières, modalités, procédures...) ?
- Pourquoi (réaliser telle action, respecter telle procédure..) ?
- et pour chaque question se demander : Combien ?

1.1.20 Le Diagramme d'ISHIKAWA (cause/effet) :

Les diagrammes d'Ishikawa, ou diagrammes en arêtes de poisson, sont des diagrammes où les différentes causes d'une erreur sont représentées d'une manière hiérarchique. Au niveau supérieur on distingue six "domaines standards" de causes. Chacun de ces niveaux est développé jusqu'au niveau des causes élémentaires.

L'avantage de cette méthode est que les causes principales des erreurs sont énumérées assez rapidement.

Elle comporte cependant un grand désavantage, en effet, le diagramme ne permet pas de représenter de relations logiques comme c'est le cas avec l'arbre des erreurs. L'erreur « moteur surchauffé », qui est la conséquence d'un manque de liquide de refroidissement et d'une lampe témoin défectueuse, ne sera montrée clairement qu'à l'aide d'un arbre des erreurs. Il n'est pas non-plus possible de juger de la fiabilité du système étant donné l'absence de relations logiques.



Cet outil peut également être utilisé en parallèle d'une analyse des risques, par la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) à l'issue de la phase 3. La méthode AMDEC n'est pas présentée ici.

1.1.21 Les 5M ou 6M, voir les 7M :

La recherche des causes peut se faire selon les 5M :

- Main d'œuvre,
- Matière,
- Méthode,
- Machines (équipement),
- Milieu (environnement).

On peut y ajouter deux autres "M" pour arriver à 7M :

- Management et
- Moyens financiers,

qui constituent des facteurs intéressants, notamment dans les domaines immatériels, les services, gestion de projets, logiciels par exemple.

1.1.22 Méthode alternative : Les 5 Pourquoi :

Cet outil d'analyse permet de rechercher les causes d'un problème, d'un dysfonctionnement. Version simplifiée de l'arbre des causes, il consiste à se poser plusieurs fois de suite la

question : « Pourquoi ? » et à répondre à chaque question en observant les phénomènes physiques.

C'est un outil de questionnement systématique destiné à remonter aux causes premières possibles d'une situation, d'un phénomène observé.

La plupart des problèmes sont entièrement résolus en moins de cinq questions.

La démarche consiste à se poser la question « Pourquoi ? » au moins cinq fois de suite pour être sûr de remonter à la cause première. Il suffit ensuite de visualiser les cinq niveaux (ou plus) sous forme d'arborescence.

- Énoncer clairement le problème.
- Répondre, en observant les phénomènes physiques, à la question " Pourquoi ? ".
- Apporter la solution à cette réponse.
- La réponse faite à chaque étape devient le nouveau problème à résoudre, et ainsi de suite.

Précaution d'emploi :

- S'attacher au faits, c'est à dire aux actions ou événements qui se sont réellement déroulés.
- Les décrire de façon objective et précise : chaque membre du groupe est d'accord sur la formulation.
- Ne pas porter de jugement de valeur, ne pas interpréter.
- Mettre en place des solutions durables qui s'appuient sur des faits vérifiés plutôt que sur du comportemental.

Exemple :

Le problème : Fuite d'huile sur presse hydraulique

1. Pourquoi ? Filtre bouché
2. Pourquoi ? Huile sale
3. Pourquoi ? Particules métalliques dans l'huile
4. Pourquoi ? Bouchon de remplissage absent
5. Pourquoi ? Mal positionné et perdu

La solution : bouchon de remplissage d'huile attaché à une chaîne fixée sur le carter.

Les outils de l'analyse fonctionnelle

1.1.23 Analyser le besoin

1.1.23.1 Expression du besoin

Utilisation de la « bête à cornes »

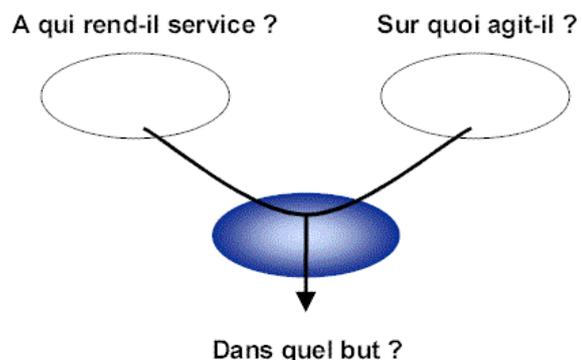
1.1.23.2 Validation du besoin

Pourquoi le produit existe-t-il ? (Raisons, But)

Qu'est ce qui pourrait le faire évoluer ?

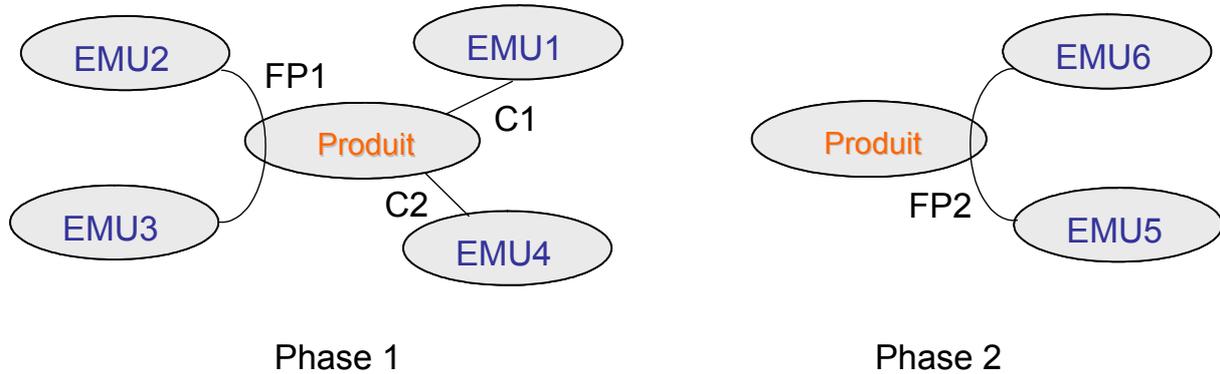
(Raisons, degré de probabilité)

Peut-il disparaître ? (Raisons, Probabilité)



1.1.23.3 =Etude de faisabilité

Utilisation du diagramme des interacteurs après avoir recensé pour chaque phase du cycle de vie du produit les différents éléments du milieu extérieur (EMU).



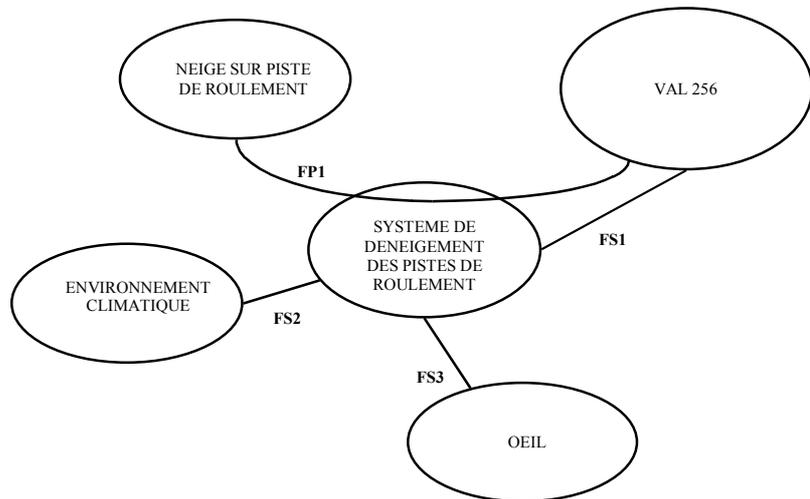
Exemple : Système de déneigement des pistes de roulement du métro. Le système de nettoyage est entouré des éléments suivants : la neige, l'utilisateur, l'exploitant, et la réglementation. Voici le diagramme des inter-acteurs correspondant :

FP1 : Permettre au VAL 256 de chasser la neige sur les pistes.

FS1 : S'adapter à la structure existante du VAL

FS2 : Résister à l'environnement climatique (vent, pluie, verglas, humidité)

FS3 : S'intégrer esthétiquement au VAL256 (dimensions, couleurs)



1.1.23.4 Caractérisation des fonctions

La caractérisation des fonctions se traduit sous la forme d'un tableau récapitulatif qui permet de recenser et définir l'ensemble des critères d'appréciation à retenir pour chacune des fonctions. A chaque critère sont associés un niveau et une flexibilité.

Un critère d'appréciation est un critère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est respectée.

Le niveau d'un critère est généralement une valeur chiffrée pour les critères « objectifs » et une référence pour les critères « subjectifs ». Il permet de représenter le poids de chaque fonction. La flexibilité (notée F) est la tolérance par rapport à la valeur du niveau demandé.

On distingue 4 classes de flexibilité :

F0 : flexibilité nulle, niveau impératif

F1 : flexibilité faible, niveau peu négociable

F2 : flexibilité bonne, niveau négociable

F3 : flexibilité forte, niveau négociable

Exemple de tableau de caractérisation des fonctions : Système de déneigement des pistes de roulement du métro

N°	Fonction de service	Critères	Niveau	Flexibilité
FP1	• Chasser la neige des pistes du VAL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quantité de neige ✓ Débit de neige ✓ Qualité de la neige 	<ul style="list-style-type: none"> - 50mm < ép. < 200mm - Stockage à côté de la voie - Dimensions 300 x 200 x 2 - Lrail*ép_neige*nb_voie - Densité - Type de neige Q = 2,7 m³/s (1620 l/mn) 	F0
FS1	• S'adapter à la structure	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rigidité ✓ Place de fixation ✓ Démontabilité ✓ Énergie 	<ul style="list-style-type: none"> - Efforts ext, vibrations - Barre chasse corps, encombrement, lieu de fixation - Oui/non, durée démontage - Énergie disponible : <ul style="list-style-type: none"> ○ Electrique (V, Hz) ○ Pneumatique (6 bar) 	F1
FS2	• Résister à l'environnement climatique	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Froid ✓ Hydrométrie ✓ Vent ✓ Corps étrangers 	<ul style="list-style-type: none"> - Temp. Mini et fonctionnement - Lubrification (viscosité : v) - Vieillessement (θ) - Taux min / max - Protection (corrosion, étanchéité) - Efforts (Cx = 2,05) - Latéral (80km/h) - Virage (40km/h) Nature (grêle / gravillon, Ø_{maxi}) 	F0
FS3	• S'intégrer esthétiquement	<ul style="list-style-type: none"> ✓ design ✓ Niveau sonore ✓ Normes 	<ul style="list-style-type: none"> - Style voulu (vu / caché) - Encombrement le plus faible - Formes, couleur - dB Maximum 	F3

1.1.23.5 Hiérarchisation des fonctions

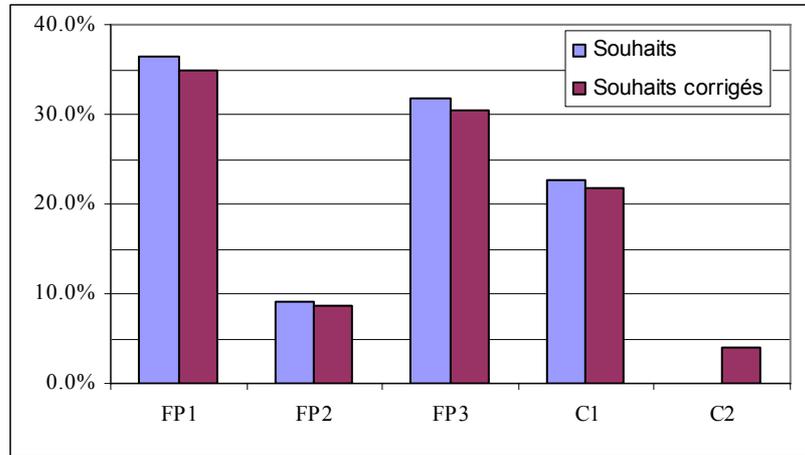
Il existe plusieurs outils qui permettent de hiérarchiser les fonctions. On ne présente ici que la méthode du tri croisé, qui est une technique collective, où l'on compare systématiquement deux par deux toutes les fonctions. A l'intersection de deux fonctions, on indique la fonction la plus importante, suivie de son poids (1, 2 ou 3 ; le 0 est à éviter). Ensuite, on calcule le poids de chaque fonction pour finalement présenter le résultat sous forme d'histogramme.

	FP2	FP3	C1	C2	Points	%
FP1	FP1 3	FP1 1	FP1 1	FP1 3	8	36.4
	FP2	FP3 3	C1 2	FP 2	2	9.1
		FP3	FP3 1	FP3 3	7	31.8
			C1	C1 3	5	22.7
				C2	0	0
				Total	22	100

Matrice de notation des fonctions

On note dans le tableau ci-dessus que la fonction C2 à une valeur nulle aux yeux du groupe, ce qui n'est pas concevable. Dans cette situation, il faut lui attribuer un pourcentage d'existence, qui doit être inférieur au plus petit pourcentage du tableau puis on affecte le complément à 100% aux autres fonctions.

Dans notre exemple, on attribue 4% à C2 et on répartie les 96% restant aux autres fonctions, ce qui donne :

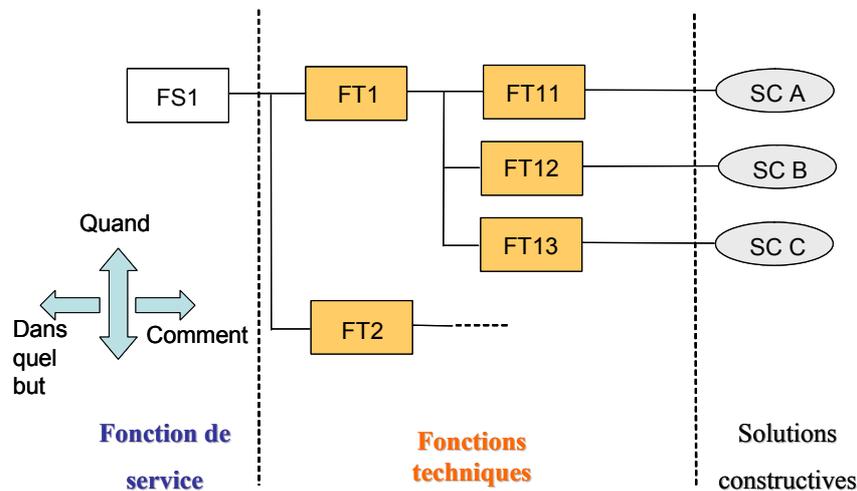


Histogrammes des besoins

1.1.23.6 Etude de l'existant

Dans le cas où l'on se situe dans démarche de reconception ou qu'il existe un produit concurrent voisin, il est possible, à partir d'un diagramme FAST et du coût des composants, de déterminer le coût des fonctions techniques puis des fonctions de services.

1. Construction du FAST du produit existant



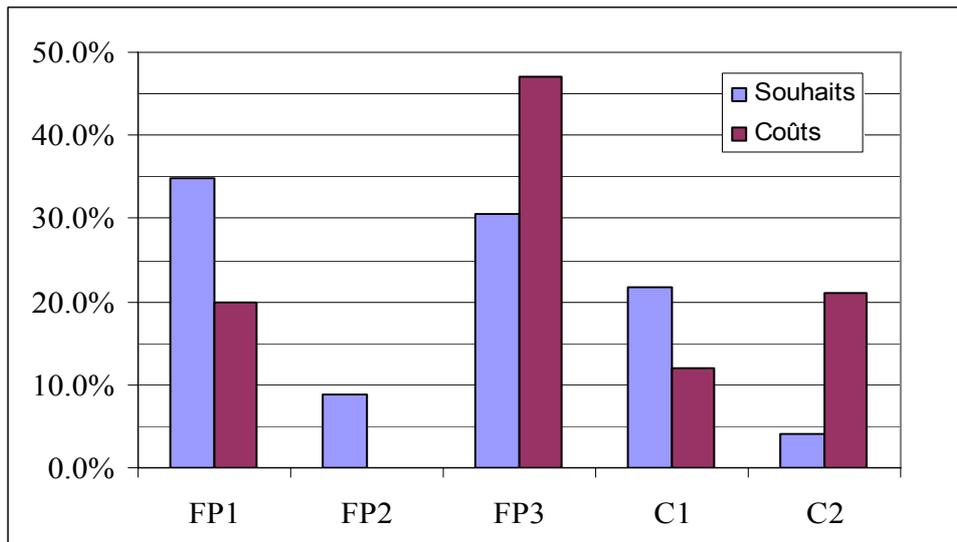
2. Pour chaque composant du produit, affecter un pourcentage de son coût aux fonctions techniques

Composant 2					
Gamme	Coût	FT1	FT2	FT3	FT4
Matière	6,1	12,4			
Tournage	4,2		8,1		
Fraisage	8,9			2,9	
...					
Total	44,8	...			

3. Chiffrage des fonctions de service à partir du coût des fonctions techniques

	Coût	FP1	FP2	FP3	C1	C2
FT1	29	29				
FT2	33	20		13		
FT3	44	22		22		
...						
Total	1300					
%	100	20	0	47	12	21

4. Comparaison des histogrammes des besoins et des coûts



Cette comparaison va permettre d'identifier les fonctions à l'origine d'un surcoût et les solutions techniques à reconcevoir.

Les outils pour la recherche de solutions

Cette phase de la démarche AV fait appel à la créativité du groupe de travail. Il existe différentes méthodes de créativité, que l'on peut classer en deux catégories :

- Les méthodes irrationnelles ou non rationnelles
- Les méthodes rationnelles

1.1.24 Le brainstorming

Parmi les méthodes irrationnelles, le brainstorming est la plus célèbre. Cette méthode consiste à produire un maximum d'idées, qu'elles soient rationnelles ou non : les membres du groupe de travail peuvent laisser libre court à leur imagination sans subir la moindre critique. Les idées sont ensuite classées suivant les impératifs techniques et les possibilités de réalisation.

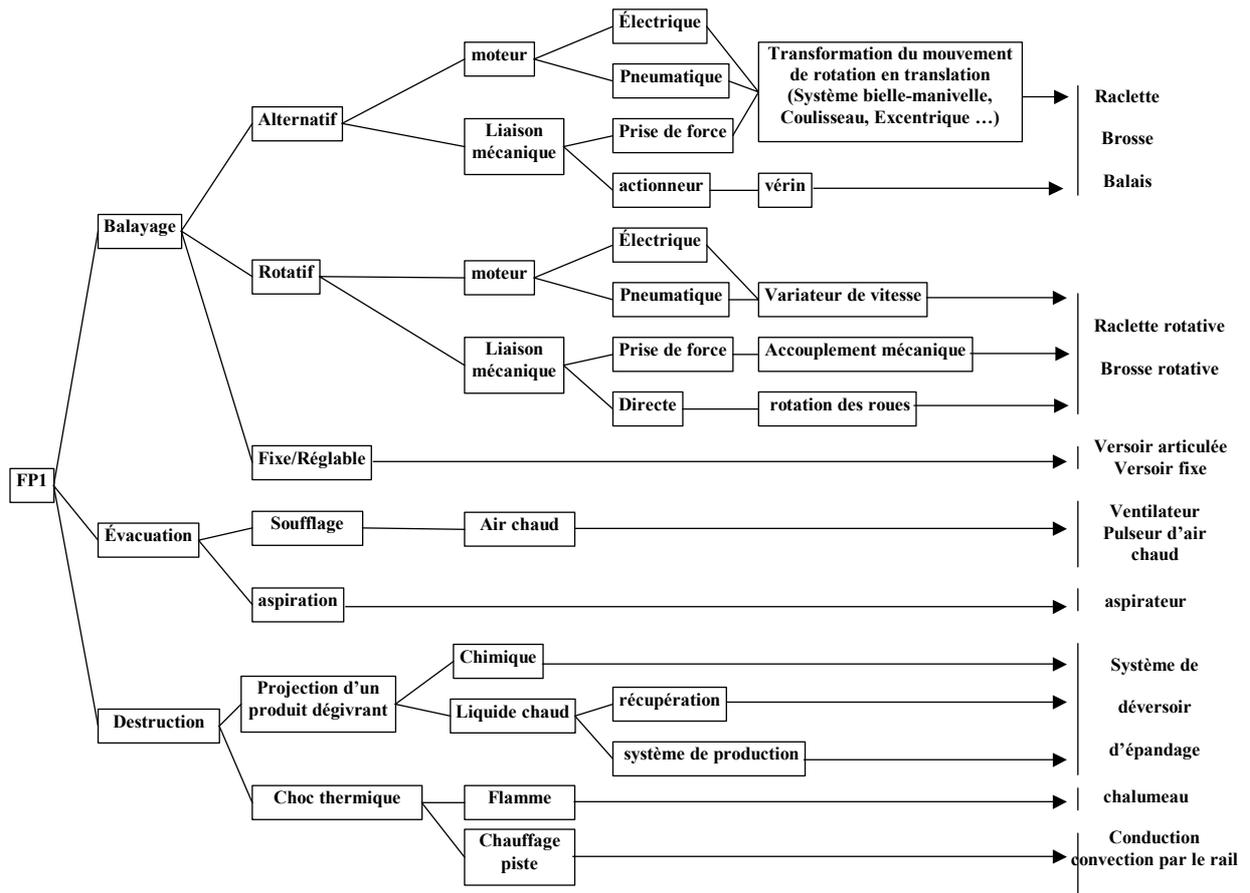
1.1.25 La méthode TRIZ

TRIZ, acronyme russe d'une expression signifiant "Théorie de la résolution des problèmes inventifs", est une science expérimentale dont l'objectif est d'aider les inventeurs et plus généralement tous les ingénieurs à résoudre méthodiquement les problèmes technologiques.

On ne détaille pas ici la méthode. Le lecteur pourra par exemple se connecter à l'adresse <http://www.si.ens-cachan.fr/index.php> pour en avoir un aperçu complet.

1.1.26 Présentation des solutions

La construction d'un digramme FAST dit créatif permet de classer les solutions par fonction sous la forme d'une arborescence d'éléments.



FAST créatif de la fonction FPI (chasser la neige des pistes) du système de déneigement des pistes de roulement du métro

Les outils d'étude et d'évaluation des solutions

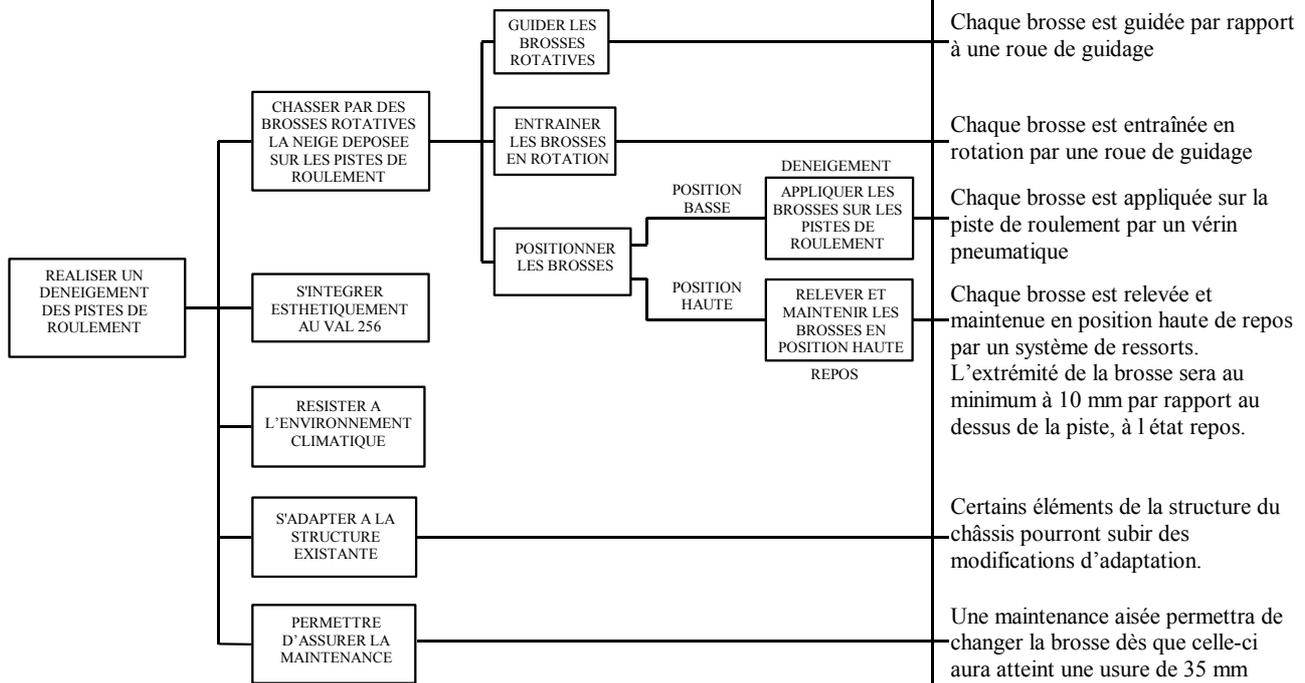
La phase 5 de la démarche AV consiste à écarter les solutions qui répondent le moins bien aux critères définis afin de sélectionner une ou deux solutions « optimales ». Pour cela, on procède à un examen critique des suggestions, puis à leur hiérarchisation. La « meilleure » sera retenue.

Moyen	Technologie	Classement	Avantages	Inconvénients
ÉVACUER	Versoir	1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas de mouvement ▪ Entretien minimum 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintien à bonne hauteur ▪ Masse importante ▪ Évacuation difficile
	Raclettes/palettes	3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Masse raisonnable ▪ Pas de mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usure ▪ Évacuation difficile
	Balayettes rotatives	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité ▪ Entretien simple 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mouvement ▪ Usure ▪ Débit
	Souffle d'air chaud	6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bonne évacuation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de fonte ▪ Source d'air chaud
	Chenilles	5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficace 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encombrement ▪ Esthétique ▪ Mouvement
	Balai alternatif	7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretien facile 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mouvement linéaire ▪ Évacuation
DÉTRUIRE	Chauffer par jet : vapeur, air, eau	8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de fonte ▪ Chauffage avec chaudière ▪ Réservoir encombrant
	Flamme	11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de fonte ▪ Sécurité, réglage ▪ Esthétique
	Chauffer la piste	9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implantation simple 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps de fonte ▪ Débit
	Destruction chimique	10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas de mouvement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temps ▪ Pollution

Classement des idées pour réaliser la fonction FPI du Système de déneigement des pistes de roulement du métro

1.1.27 Les outils du bilan prévisionnel

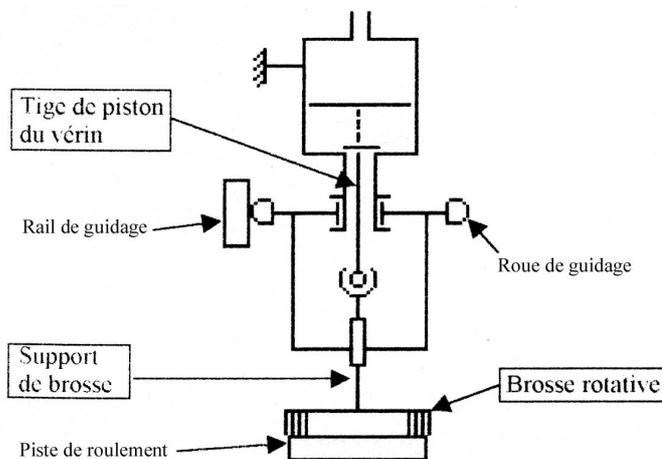
A partir de l'analyse précédente, le groupe de travail transige vers la solution qui semble satisfaire au mieux les différentes fonctions de service et techniques. Les solutions retenues peuvent être présentées par fonction dans un digramme FAST.



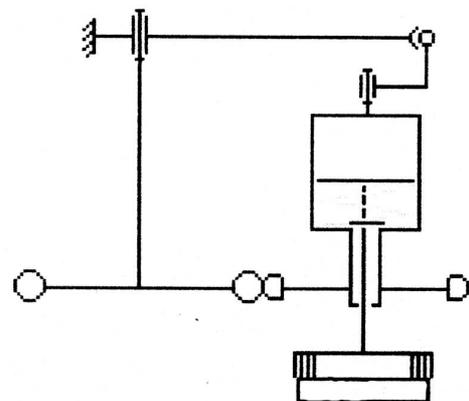
1.1.28 Les solutions technologiques

Par la suite, une étude est menée sur l'emplacement adéquat pour la balayette rotative. Il apparaît deux solutions :

- La première consiste à placer la brosse sur la structure même du boggie, à la place de la traverse chasse-corps. Deux modes d'entraînement sont alors possibles :
 - Un moto-réducteur indépendant, fixé au bâti et alimenté en énergie électrique,
 - Par prise directe de la rotation de la roue de guidage (accouplement, transmission).
- La seconde consiste à lier la brosse à la roue de guidage et de récupérer le mouvement de rotation. A ce niveau de la réflexion, deux choix s'offrent à nous : un système intérieur et un système extérieur :



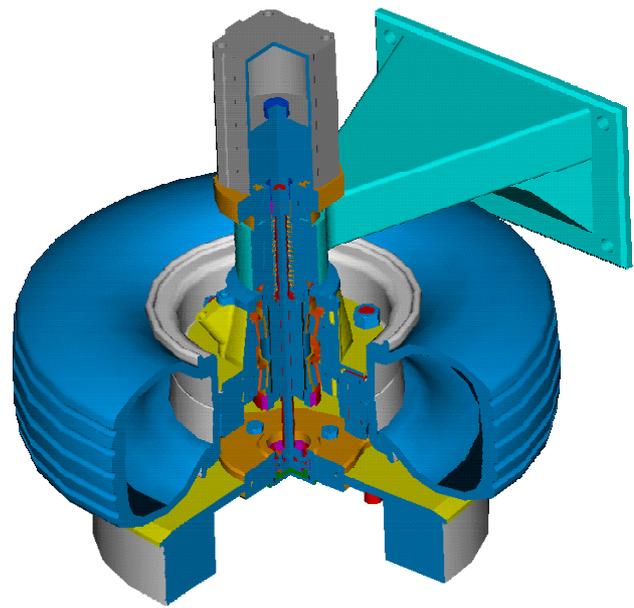
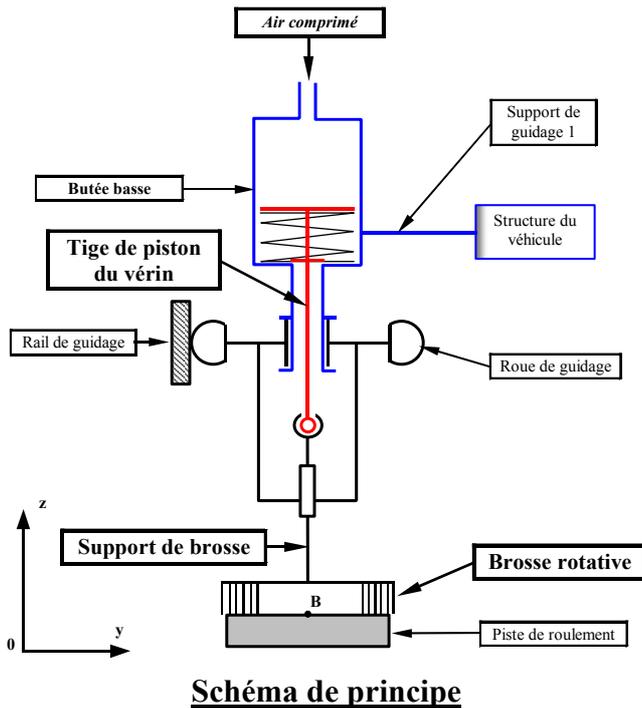
Système intérieur



Système extérieur

Suivi de la réalisation

Maintenant, il reste à suivre la réalisation du produit et à analyser les choix effectués, au fur et à mesure de l'évolution de l'état d'avancement du projet. Dans certains cas, on peut effectuer une remise en cause permanente des solutions choisies afin d'optimiser le plus possible le système en terme de coût, fiabilité qualité. Dans tous les cas, il est préférable de réaliser cette opération lors avant la phase du montage des prototypes, car il est toujours plus facile de modifier la conception lors du développement que lors de la vie courante. Même si cette opportunité est envisageable, une remise en cause durant la phase de fabrication induirait un surcoût qui pourrait être préjudiciable au produit et donc à l'entreprise.



Exemple d'application de la démarche AV : Moulinet de pêche

Les poissons étant aussi variés par leur poids que par leur taille et leur force, il a fallu inventer plusieurs types de cannes à pêches et de moulinets.

Le matériel diffère également suivant si l'on pêche en eau douce ou en mer. Dans ce cas là, c'est la technique de pêche qui change.

Les fabricants de matériel de pêche ont décidé d'adapter chaque équipement à chaque type de pêche. Ainsi, certains moulinets autorisent plusieurs styles de pêche :

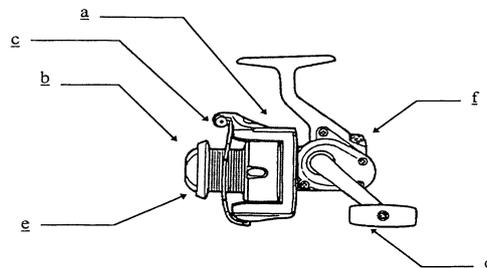
- moulinets pour la pêche à la mouche,
- moulinets permettant le lancer (en eau douce ou en eau salée),
- moulinets pour la pêche à la traîne en mer.

On peut noter que certains moulinets permettent, de part leur taille, l'utilisation pour deux types de pêche : le lancer ainsi que la traîne.

L'objet de l'étude est un moulinet utilisé pour la pêche "demi-gros", en bord de mer ou à la traîne. Une description partielle du moulinet est donnée par la figure suivante.

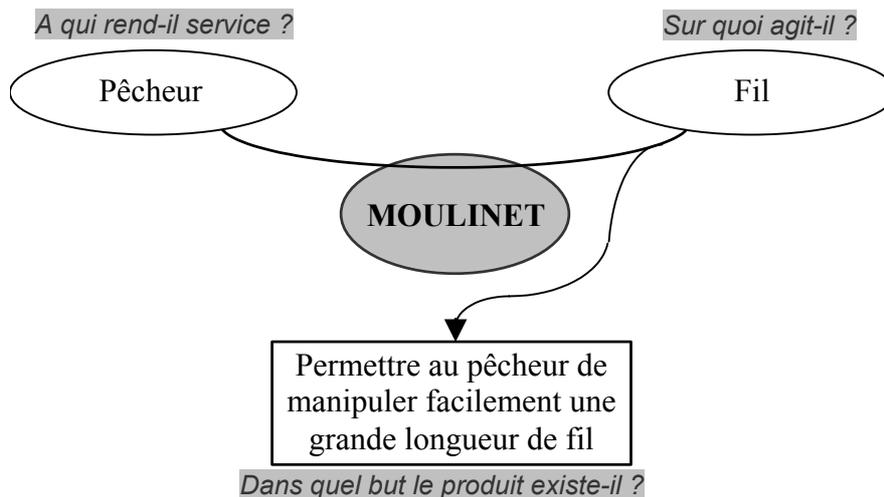
Légende :

- a : tambour
- b : bobine monobloc
- c : pick-up
- d : manivelle repliable avec poignée ergonomique
- e : bouton de frein
- f : levier anti-retour



Analyse fonctionnelle

1.1.29 Recherche du besoin fondamental



1.1.30 Contrôle de validité des besoins

Pourquoi ce produit existe-il ?

- parce qu'il est difficile de gérer une grande quantité de fil
- parce que l'effort sur le fil peut être important
- parce que le pêcheur souhaite profiter d'une grande zone de pêche

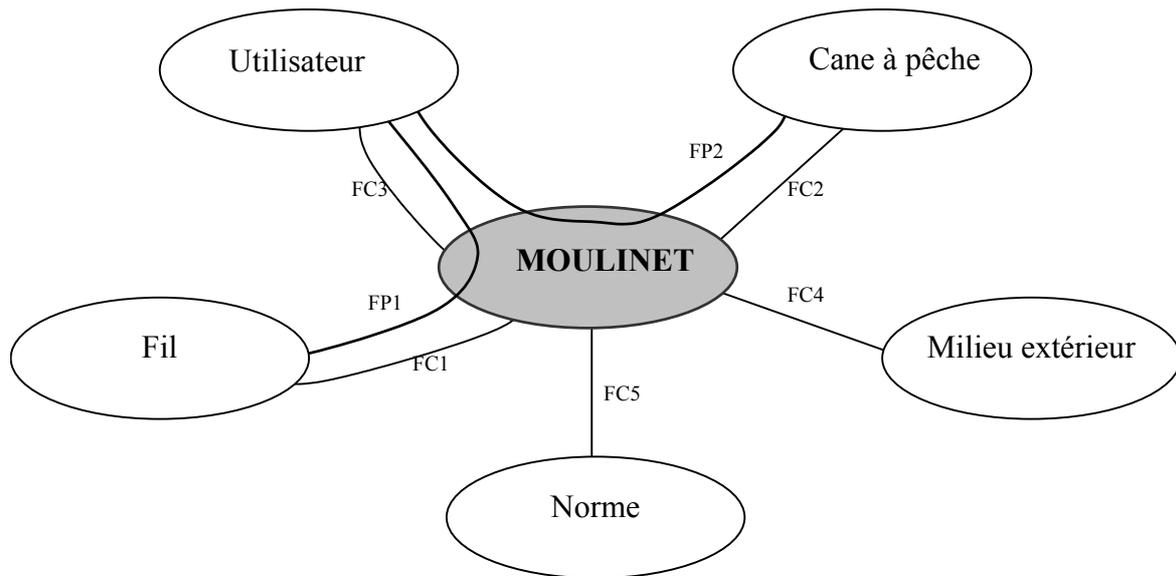
Pour quoi ce besoin existe-il ?

- pour faciliter la gestion du fil
- pour diminuer l'effort du pêcheur
- pour augmenter la distance du lancer

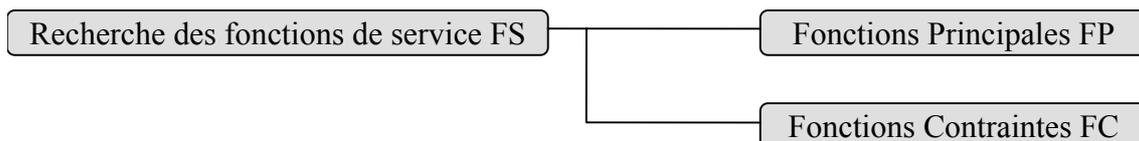
Qu'est ce qui pourrait le faire évoluer ou disparaître ce besoin ?

- l'apparition d'un fil auto-enroulant
- l'utilisation d'un moteur électrique
- disparition de l'envie de pêcher ou des proies

1.1.31 Recherche des Fonctions de services



Parmi les fonctions retenues, on distingue deux types de fonctions de service : les fonctions principales (FP : liaison entre deux éléments extérieurs par l'intermédiaire du moulinet) et les fonctions contraintes (FC : liaison entre un élément extérieur et le moulinet) :



- FP1 : Permettre à l'utilisateur d'agir sur le fil.
- FP2 : Ne pas gêner l'utilisateur dans le maniement de la canne.
- FC1 : Eviter la rupture du fil.
- FC2 : Se fixer sur tout type de canne.
- FC3 : S'adapter à l'utilisateur.
- FC4 : Résister aux agressions du milieu extérieur.
- FC5 : Respecter les normes en vigueur en terme de sécurité, de pollution et de dimensions de fil.

1.1.32 Valider les fonctions de service

Il s'agit de s'assurer du bien fondé et de la stabilité de chacune des fonctions de service en répondant aux questions suivantes : *But ? , Raison ? , Disparition ?*

Seulement deux exemples de validation de fonctions sont fournis ici.

FP2 : But : Tenue de la canne possible et agréable

Raison : Volume et masse importants gênaient le maniement de la canne

Disparition : Moulinet infiniment léger

FC3 :

But : Utilisation universelle

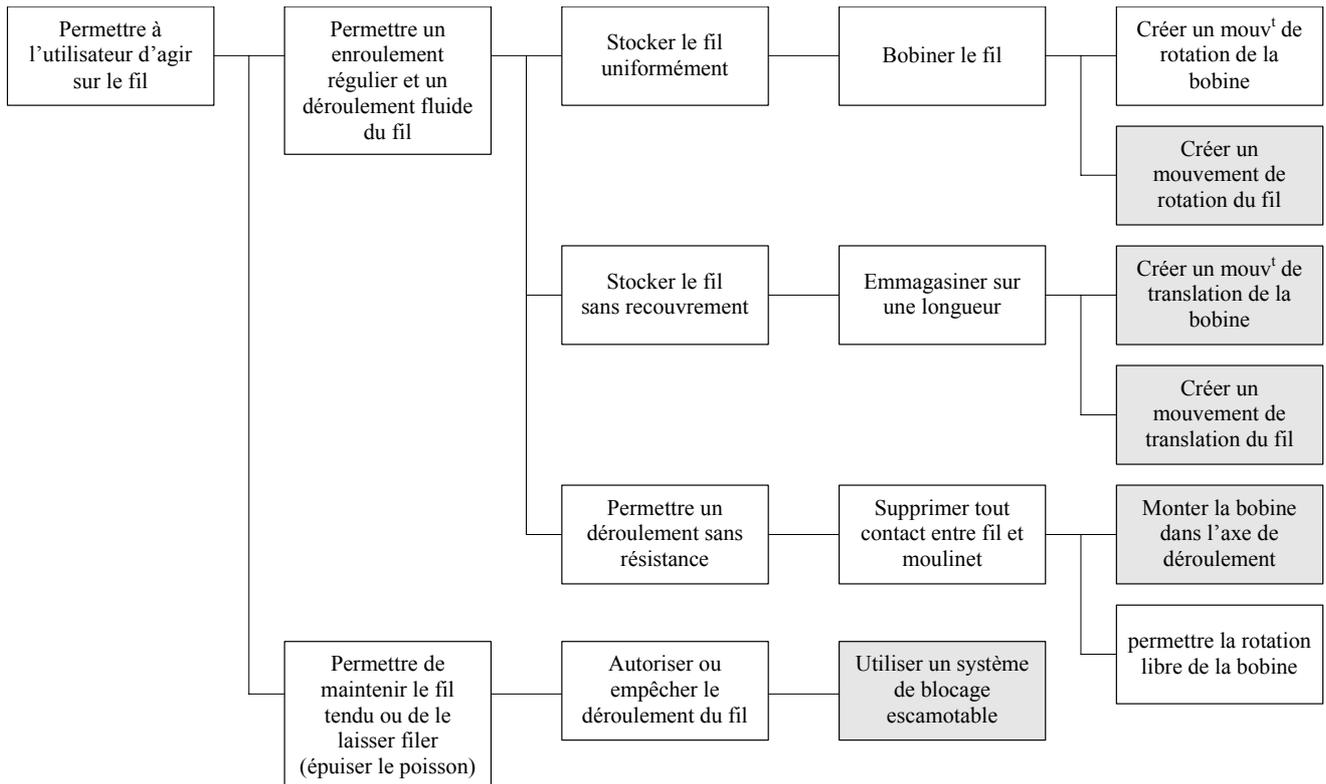
Raison : Manœuvrer, utiliser le moulinet sans effort

Disparition : Système automatique

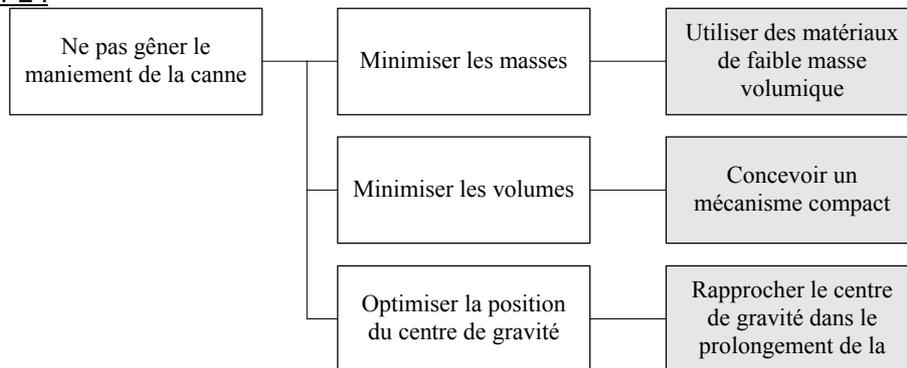
Recherche de solutions technologiques

Le F.A.S.T (Function Analysis System Technic) relatif au moulinet est présenté ci-après :

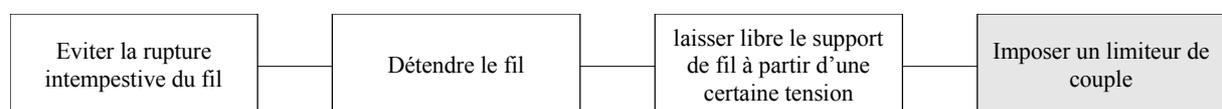
• **Fonction FP1 :**



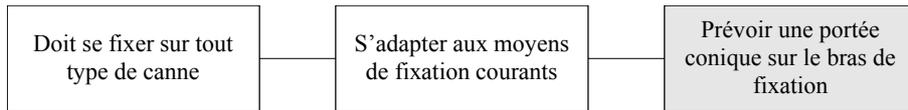
• **Fonction FP2 :**



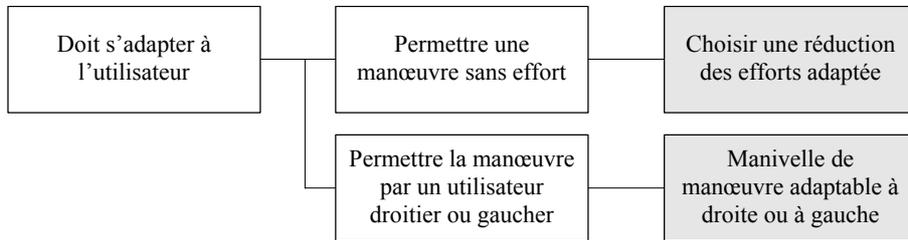
• **Fonction FC1 :**



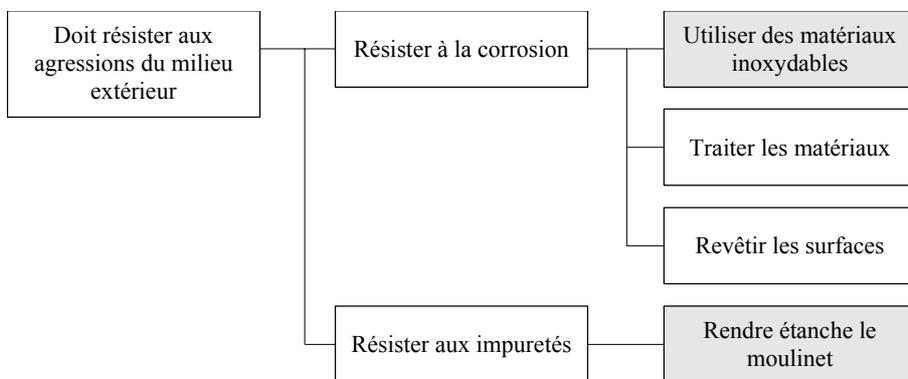
• Fonction FC2 :



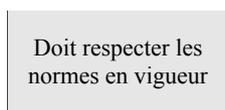
• Fonction FC3 :



• Fonction FC4 :



• Fonction FC5 :

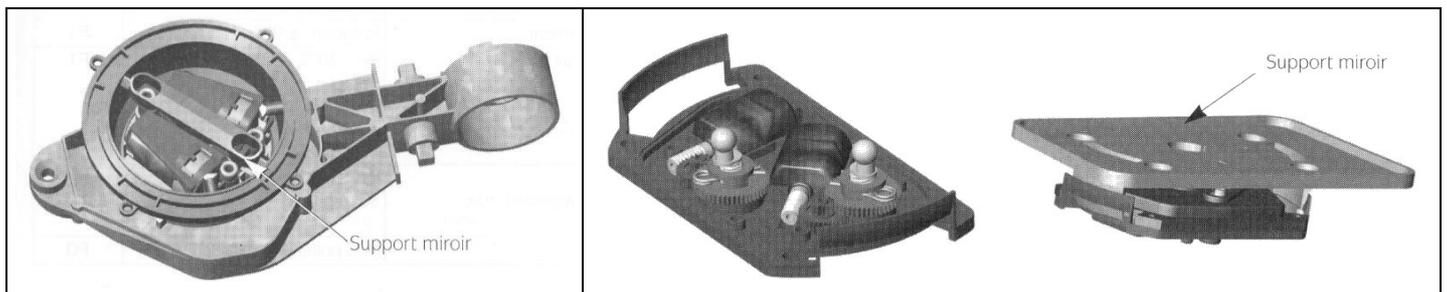


EXEMPLE D'APPLICATION DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE

LE RETROVISEUR

PRÉSENTATION DU SYSTÈME « RÉTROVISEUR ÉLECTRIQUE »

Il s'agit de deux modules (mécanismes microtechniques) permettant la rotation du miroir des rétroviseurs électriques. L'un équipe un véhicule Renault Twingo et l'autre un modèle de la marque Nissan.



**Figure 1 : Module de rotation
RENAULT**

Figure 2 : Module de rotation NISSAN

Caractéristiques du modèle Renault

Ce modèle se compose de deux moto-réducteurs (moteur électrique et réducteur à train épicycloïdal) entraînant deux crémaillères. Celles-ci donnent les mouvements de rotation au support miroir suivant deux axes (figure 1).

Caractéristiques du modèle Nissan

Ce modèle comporte deux moteurs entraînant un réducteur simple par l'intermédiaire d'un système roue et vis sans fin. Le réducteur actionne un système vis-écrou transmettant aux axes un mouvement de translation, ce qui permet la rotation du support miroir suivant deux axes (figure 2).

CHOIX DU THÈME ABORDÉ

L'analyse fonctionnelle externe porte sur l'étude du besoin fondamental et sur l'identification du milieu environnant (méthode APTE). Cette approche est identique quel que soit le modèle de rétroviseur électrique. Elle reste externe au mécanisme.

L'analyse fonctionnelle interne s'intéresse aux solutions technologiques réalisant les différentes fonctions techniques du système. Cette approche est unique à chaque module de rotation de rétroviseurs électriques. En effet, n'étant pas conçu dans le même esprit, ils présentent des fonctions techniques et des solutions technologiques différentes.

L'idée est donc de montrer que pour des mécanismes répondant à un même besoin, celui-ci peut être assuré par des solutions technologiques différentes.

Analyse fonctionnelle externe

Recherche du besoin fondamental du produit

Le besoin correspond à la nécessité ou au désir éprouvé par l'utilisateur potentiel. L'outil de représentation « bête à corne » permet son identification (figure 3).

Contrôle de validité du besoin

Pourquoi le produit existe-t-il? (cause, origine...)

Parce que le conducteur ne peut pas regarder à la fois devant lui et derrière lui sans tourner la tête.

Pourquoi ce besoin existe-t-il?

Permettre au conducteur d'être informé sur ce qui se passe derrière lui.

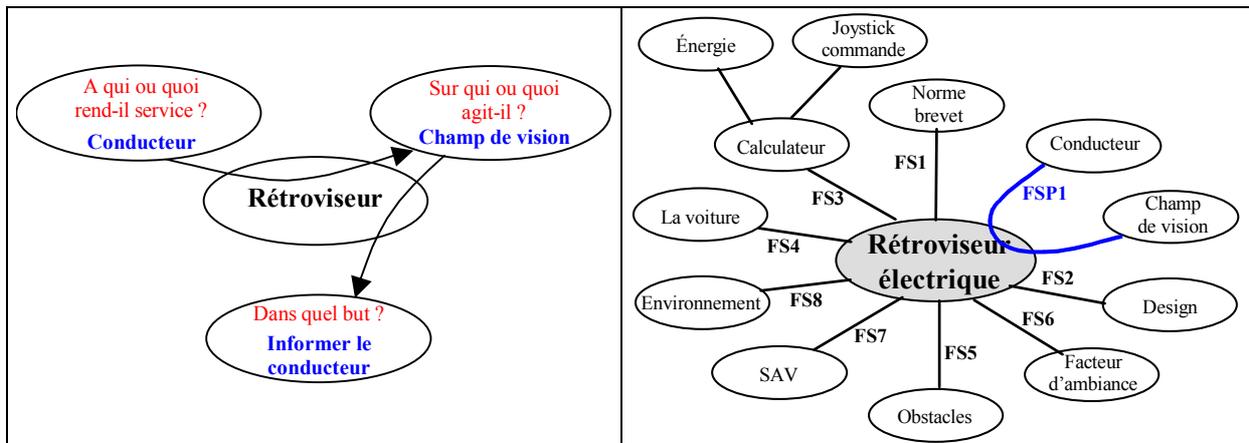


Figure 3 : Bête à corne (Société APTE)

Figure 4 : Diagramme des interacteurs

Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer?

Modification des normes des véhicules.

Qu'est-ce qui pourrait le faire disparaître?

- L'utilisation de micro caméra avec un écran de contrôle sur le tableau de bord.
- Le pilotage automatique des voitures. Suppression des véhicules.

Étude fonctionnelle du besoin

Le diagramme des interacteurs (figure 4) met en relation le produit et son milieu extérieur, par l'intermédiaire de fonctions de services (qu'elles soient d'usage ou d'estime) que doit réaliser le produit.

Caractérisation des fonctions de services

La figure 5 définit complètement la fonction de service principale (FSP) et les Fonctions contraintes (C) déterminées lors de l'étude de l'expression fonctionnelle du besoin (diagramme des interacteurs). Ces fonctions sont définies pour un ou plusieurs critères d'évaluation et de niveau. Chacun de ces niveaux est assorti d'une flexibilité.

N°	Fonction de service	Caractéristiques d'environnement	Critère d'évaluation	Niveau	Flexibilité
FSP1	Augmenter le champ de vision du conducteur	Conducteur : adulte H/F	Orientation Linéarité Réversibilité Déformation du champ de vision Fiabilité Durabilité	$\pm 15^\circ$ suivant 2 directions \perp $\Delta\theta = 2$ deg/mm à $\pm 1^\circ$ $\Delta\chi$ Orientation extérieure manuelle Forme du miroir 95 2000 heures	F1
FS1	Respecter : • Les normes de sécurité • La législation en vigueur • La propriété industrielle	Normes Brevets	Niveau de respect	Sans limitation	F0
FS2	S'intégrer au design de la voiture	Formes Couleurs : en accord avec celle de la voiture	Suivre la philosophie du style de la voiture Encombrement	Forme aérodynamique	F2
FS3	S'adapter au calculateur	Tension : 12 volts continu Intensité : 1 ampère maxi	Énergie	Électrique	F0
FS4	Se fixer à la voiture	Carrosserie : Porte conducteur Porte passager	Montage Effort Vibration	Forme de la portière Charge de 200 N Fréquence de 10 Hz	F1
FS5	S'éclipser devant un obstacle	Obstacle : piétons, véhicules,...	Mode de rabattement	Rotation : $\pm 90^\circ$	F1
FS6	Résister aux facteurs d'ambiance	Température d'utilisation Pluie Chocs poussière	Niveau de résistance	De -20°C à 60°C Étanche aux projections d'eau (pluie, lavage) Impact de 20 joules Calibre 0,01	F1
FS7	Satisfaire un SAV	SAV Compétences : $<$ ou $=$ BEP mécanique auto	Outillage Temps de remplacement maxi	Pas d'outillage spécifique 30 minutes	F2
FS8	Respecter l'environnement	La nature	Matériaux	Non polluants, recyclables	F0

Figure 5 : Tableau de caractérisation des fonctions de service

Classe F0 signifiant flexibilité nulle: niveau impératif.

Classe F1 signifiant flexibilité faible: niveau peu négociable.

Classe F2 signifiant flexibilité bonne: niveau négociable.

Classe F3 signifiant flexibilité forte: niveau très négociable.

Analyse fonctionnelle interne

La méthode FAST (Function Analysis System Technic) permet de décrire dans un enchaînement logique les fonctions de service et les fonctions techniques.

Pour cette analyse, le diagramme FAST se limitera à la description de la FSP «Augmenter le champ de vision du conducteur» (cf. figures 6 et 7). On retrouve un diagramme unique à chaque modèle de module de rotation, car les solutions constructives sont différentes.

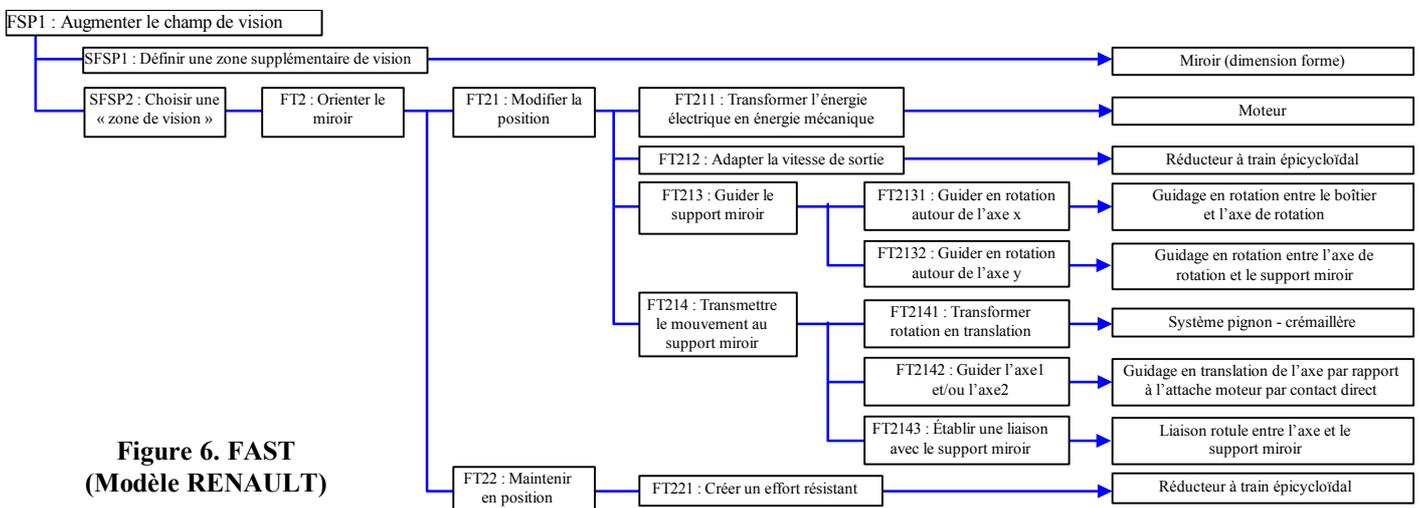


Figure 6. FAST (Modèle RENAULT)

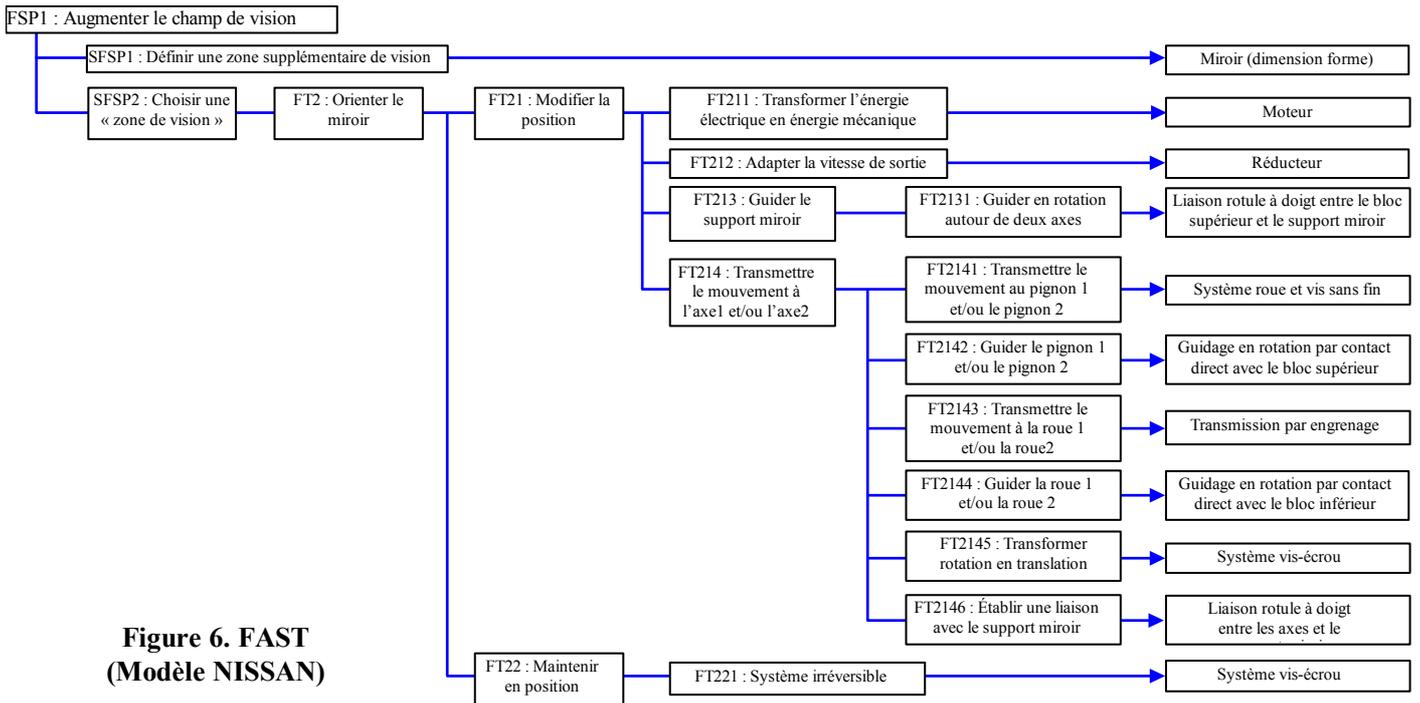


Figure 6. FAST (Modèle NISSAN)

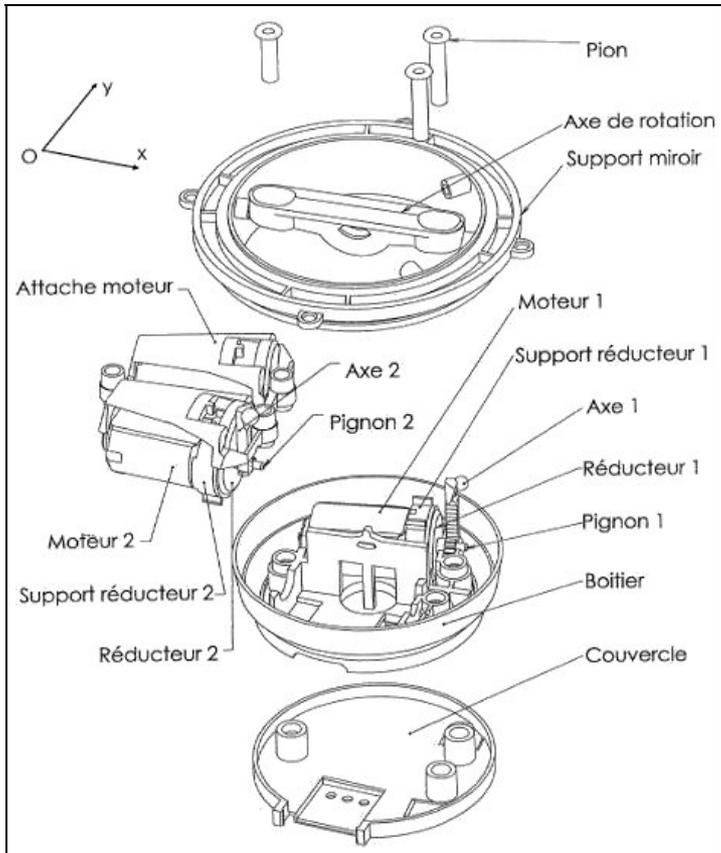


Figure 8 : Module de rotation RENAULT

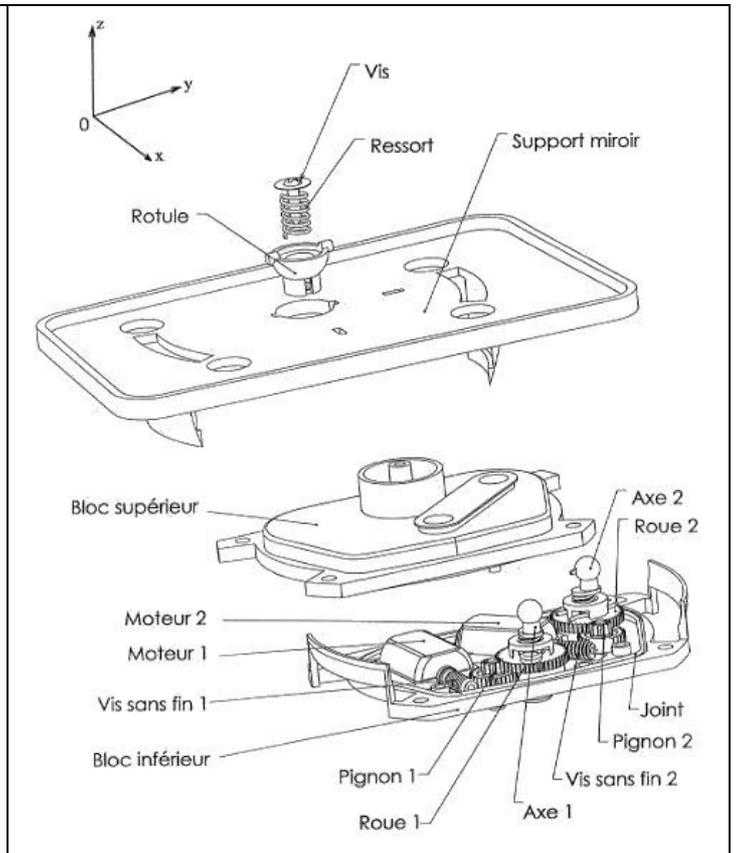


Figure 9 : Module de rotation NISSAN

Étude technologique (FSP1 « REVERSIBILITE »)

Nous allons nous intéresser à la liaison hélicoïdale existante dans le système vis écrou représenté sur la figure 10 proposée par le constructeur NISSAN.

La roue ne possède pas de filet.

C'est l'épingle qui simule le filet lorsqu'elle est insérée dans la roue.

D'après le CdCF, l'utilisateur doit pouvoir orienter le miroir manuellement, depuis l'extérieur, en cas de panne du module d'orientation.

La solution d'un système vis-écrou conventionnel est, à priori, irréversible. Dans cette solution, l'épingle, étant élastique, peut se déformer et s'écarter lorsqu'un effort est exercé sur l'axe, donc le système vis-écrou devient réversible. De plus, lorsque l'axe est en fin de course, l'épingle autorise toujours la rotation de la roue afin de préserver la pignonerie du système.

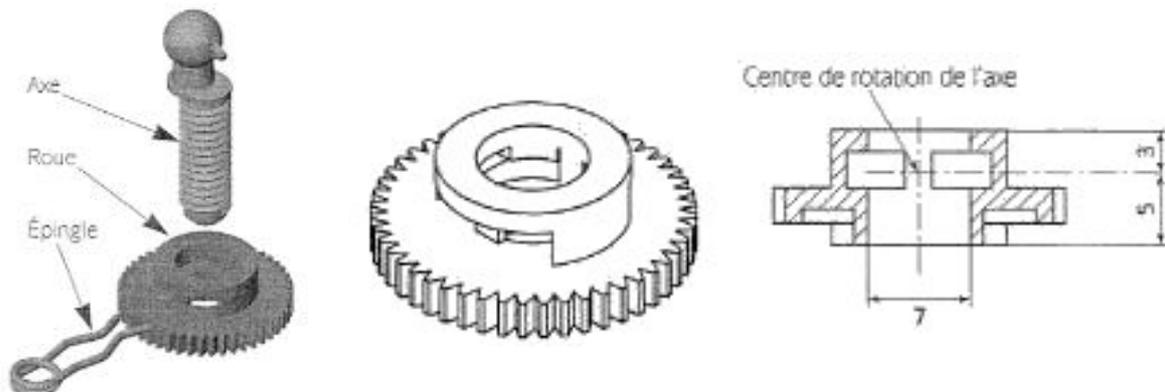


Figure 10 : Représentation volumique du système vis-écrou