



HAL
open science

Innovation : analyse de la valeur en approche conception (vol. 3) Manuel de cours

Olivier Boissin

► To cite this version:

Olivier Boissin. Innovation : analyse de la valeur en approche conception (vol. 3) Manuel de cours. 2021. hal-03459381

HAL Id: hal-03459381

<https://hal.science/hal-03459381>

Submitted on 1 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

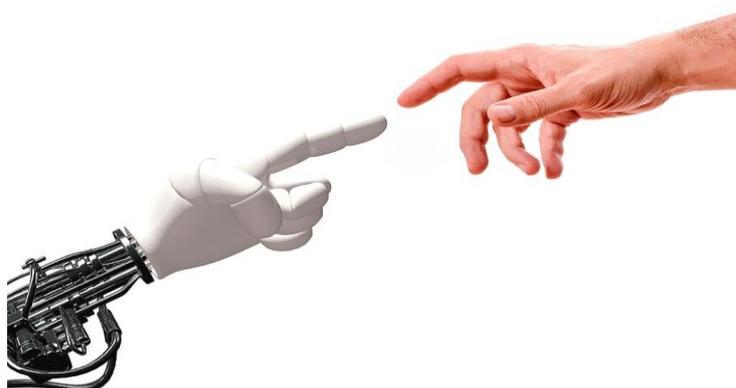
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Innovation (vol. 3)

Analyse de la valeur en approche conception

O. Boissin



2021

Ed. Campus Ouvert (à paraître)

Innovation (vol 3)

Analyse de la valeur en approche conception

Eléments de méthode



Objectifs

Ce manuel a pour objectif la transmission des éléments méthodologiques nécessaires à l'analyse de la valeur dans le cadre d'une démarche de conception, notamment appliquée aux biens industriels inscrits en approche circulaire.

Sommaire

Introduction méthodologique	p. 03
Introduction	p. 07
1-Analyse de la valeur en ACV: définition et contexte de l'analyse.	p. 09
2-Un peu de méthode : les 7 étapes de l'analyse de la valeur.	p. 33
3-Applications : dessine-moi une tondeuse à gazon !	p. 66
Conclusion	p. 85
-Acquis d'apprentissage	
-Annexes	p. 86
-Lexique	p. 87
-Bibliographie	p. 105

A l'équipe GI- NOVA

Table des acronymes

ACV	Analyse du cycle de vie
AF	Analyse Fonctionnelle
AV	Analyse de la valeur
BOP	Bottom of the Pyramid (la base de la population mondiale en termes de pouvoir d'achat)
CDC	Cahier des charges
CDC-F	Cahier des charges fonctionnel
CCO	Conception à coût objectif
DTC	Design to Cost
ESS	Economie Sociale et Solidaire
FAST	Une des méthodes usuelles pour mener une analyse fonctionnelle. Du « pourquoi » au « comment ».
FP	Fonction principale
FS	Fonction secondaire
FC	Fonction contrainte
FT	Fonction technique
GES	Gaz à effet de serre
Jevons	« Effet Jevons* »,
4.0	Industrie 4.0 : numérisation, automatisation et connectivité croissante de l'industrie (produit et process)
RSE	Responsabilité sociétale et environnementale
SI	Système d'information
TRIZ	Méthode de résolution de problèmes innovants
ULC	Ultra Low Cost (produit ou service réalisés à très faible coût et vendu à très faible prix)

*Cf Glossaire.

Eléments méthodologiques

1-Objectif

Ce manuel a initialement été réalisé dans le cadre d'un enseignement sur le plateau innovation de Grenoble-INP Génie industriel/AIP Primeca (GI-NOVA). Il a pour objectif de renforcer les capacités d'analyse et d'esprit critique sur l'analyse de la valeur orientée conception et en démarche d'Analyse du Cycle de Vie (ACV). Il représente la trame écrite d'un enseignement sur la méthode de l'analyse de la valeur en approche circulaire. Il s'inscrit par ailleurs dans la continuité des deux autres manuels « *Innovation : circularité industrielle et soutenabilité* » (vol.1) et « *Innovation : enjeux, méthodes et analyse* » (vol 2).

Dans son écriture, la ligne retenue a été de rester le plus objectif possible, mais sur cette thématique de l'innovation ce pari n'est pas toujours aisé à conduire. Aussi les prises de position n'engagent que son auteur et non point son institution d'appartenance Grenoble-INP ou encore son laboratoire de recherche CREG de l'université Grenoble-Alpes.

2- Afin d'en faciliter sa lecture, le manuel a été rédigé en trois vitesses de lecture :

Lecture en « V » : lecture des tableaux statistiques, cartes et schéma et interrogations libres par les photos
Police en taille 12 : éléments d'explication et points importants
Notes en bas de page : éléments d'approfondissements analytiques et références bibliographiques.

3- Impression

D'une empreinte carbone dans sa version numérique déjà élevée, **si possible ne pas l'imprimer.**

4- déclarations d'intérêts

Je ne travaille et ne conseille pas, ne possède pas de parts, ne reçoit pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de ce manuel, et ne déclare aucune autre affiliation que mon poste universitaire.

5- Support photographique

Sur le plan méthodologique, l'illustration des propos passe par un recours aux statistiques, aux schémas et aux photographies. Concernant ces dernières, elles me sont personnelles ou sinon sont libres de droit et sous licence *Créative Commons* NC de réutilisation autorisée. L'auteur s'engage à n'avoir effectué aucune modification sur leurs contenus et ne vouloir retirer par ailleurs aucun but commercial du présent ouvrage que ce soit par droit d'auteurs ou toute autre marge de bénéfices.

6- Problème de motivation ?

Est formulée ici l'hypothèse que vos fréquences d'horloge et vos capacités de travail sont considérables. N'ayant peu d'attrait pour les situations tièdes, vos comportements peuvent se résumer en deux choix possibles :

Choix 1 : peu de motivation sur cette thématique, vous travaillez à minima, vous ne lisez que les conclusions des chapitres, quelques regards sur quelques photos ou statistiques, au final vous n'aurez qu'une connaissance désolante de cette thématique. Objectif raté.

Choix 2 : vous travaillez, vous lisez, vous regardez la toile, vous vous rappelez qu'il y a 24h dans une journée, vous développez une exigence vis-à-vis de la connaissance, vous analysez les propos, les photos et les statistiques avec esprit critique, pari réussi. Vous comprendrez alors mieux la marche du monde, celui que vous allez écrire, avec votre talent.

En réalité, ce choix n°2 provient de votre motivation. Pas de la difficulté de la thématique, ont été ici simplifiés au maximum les raisonnements. Si le problème vient d'un manque de motivation, trouvez un référent qui vous parle, qui vous invite à cette exigence de connaissance, de travail, d'avancées. Bonne nouvelle, beaucoup sont présents. Dans le domaine des inventions et des innovations par exemple :



Rudolph Diesel (1858-1913)
Brillant inventeur et contrairement à l'idée reçue,
un écologiste avant l'heure.



Frank Whittle (1907-1996)

Power Jets engine

Un des exemples -pas si fréquent- d'inventeur à l'origine d'une véritable rupture technologique.



Frédéric Mazzella (2019)

Fondateur de Blablacar et promoteur d'un numérique au service d'un environnement davantage durable.

Trouvez le vôtre. Mais il est possible qu'il vous dise « Identifiez ce qui a du sens pour vous, et travaillez »

* * *

Introduction

L'analyse de la valeur est une méthode visant une optimisation des activités de conception. Ici est recherchée une approche en éco-conception*. Cette dernière peut s'appliquer aux biens, mais aussi à des services, à des process ou organisations. Elle représente une démarche structurée autour de la notion de la valeur apportée aux clients ou aux utilisateurs.

Cela s'inscrit dans une approche en analyse de cycle de vie (ACV) et repose généralement sur une conception à coût objectif. Dans vos environnements professionnels, vous nommez parfois cela *Design to Cost* : après la définition d'un « coût total objectif » (CTO / *Target Costing*) et de son cahier des charges associé, cela vise à éliminer les inputs ne contribuant pas directement aux fonctions du produit ou du service conçu.

En amont de la démarche se trouve des phases de créativité afin de générer au final une invention ou une innovation.

Un exemple pouvant illustrer cela est la réalisation d'un mur antibruit. Nous savons que les bruits sont réduits essentiellement par de la masse. Ainsi, les premiers murs antibruit étaient souvent réalisés en béton.



Mur anti bruit en béton



Mur anti bruit végétal

Puis l'inventivité en démarche d'ACV conduit à repenser d'autres solutions. Une recherche de matériaux plus économiques à la tonne suggéra ainsi de remplacer le béton par des murs en terre. Moins coûteux.

De plus, un avantage additionnel venait d'un matériau beaucoup moins impactant sur son plan environnemental. Tout cela se dégage aisément lors de l'analyse fonctionnelle, sous condition de disposer toutefois d'une superficie permettant cette solution. Un mur en béton détient ses limites et ses avantages, et il en est de même pour un mur anti bruit en terre et végétalisé. Une solution s'inscrit toujours dans des jeux de contraintes à gérer.

Dans le cadre d'une analyse de la valeur, savoir conduire avec rigueur une analyse fonctionnelle fait partie des fondamentaux de la méthode. Cela s'applique pour la conception d'une offre mais pas seulement : elle peut s'appliquer à de nombreux autres domaines de l'activité économique tel que la définition d'un poste de travail, un chantier 5S*, du 5M*, etc.

Face à ce constat, il semble aussi utile de rappeler les sept étapes de la démarche afin de stabiliser vos compétences sur l'analyse de la valeur et que vous l'inscriviez dans la voie de la circularité industrielle.

Sources du manuel



Ce manuel a été rédigé initialement dans le cadre d'accompagnements de projets d'innovation sur la plateforme technologique GI-NOVA (Grenoble-INP, Génie industriel). Mais au-delà de son caractère empirique, il repose sur des sources ayant aidées la rédaction du travail. Lors de leur utilisation, ces sources sont mentionnées dans le corps du texte mais nous pouvons ici les récapituler : les travaux de l'Afnor (1990 ; 2007, 2015, 2021), ADEME, « *documentation sur l'analyse de la valeur* », 2021, l'Association de l'Analyse de la Valeur (AFAV, 2021), Boissin, O., « *Innovation* », (vol 2), Ed Campus Ouvert, 2021 ; Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* », Ed. Bod, 2021 ; Chevallier, J., « *Produits et Analyse de la Valeur* », Cepadues Ed., 1989 ; De la Bretesche, B., (sous la dir.), « *La méthode APTE* », Petrelle Ed., 2000 ; C. Gamelon, G., Prensier, JL., « *Analyse fonctionnelle d'un lève-vitre* » ENS Cachan, 2006 ; Jasawant-Cosme, D., « *Note web L'analyse fonctionnelle* » 2010 ; Petitdemande, C. « *La maîtrise de la valeur. Gestion de projet et ingénierie simultanée* » 2010, Tassinari, R « *Pratique de l'analyse fonctionnelle* », Dunod, 1997 ; des deux entrées « *L'Analyse fonctionnelle de conception* » ; « *L'analyse de la valeur* » de Wikipédia 2021 ; « *Mannuel de l'ingénieur* », 2021.

* * *

Chapitre 1

L'analyse de la valeur : Définition et contexte de l'analyse

Sommaire

Introduction

1-Définition, contexte, avantages et limites de l'approche
2-Pour une ACV en circularité.

Conclusion

Introduction



Démarche de prototypage d'une handi-main

L'analyse de la valeur appliquée à la conception peut se définir comme un management de projet sur un bien ou un service innovant. Et comme tout management de projet, cela s'inscrit dans un cadre méthodologique. Dans la gestion de chaque projet, on retrouve ainsi une structure commune organisée autour d'un :

- Objectif recherché
- Pilote du projet (ou comité de pilotage)
- Planning¹
- Contenu
- Hypothèses de travail et risques potentiels²
- Livrables à réaliser.

1 Afin de mener à bien le projet, de multiples outils en système d'informations existent, de type MS Project, Gantt, méthode Agile, ...

2 Il faut parvenir à identifier les risques potentiels, leur fréquence et degré de criticité. Pour au final savoir comment les prévenir à travers une approche coût/risque. Les approches AMDEC* aident à cela.

Concernant la gestion d'un projet d'innovation, la méthode repose sur une analyse de la valeur et à sa mise en application : innover afin d'offrir une réponse à un besoin, de concevoir un bien ou un service nouveau, le tout inscrit en approche de soutenabilité.

Identifier cette méthode est l'objet de ce chapitre. Il se décompose en deux temps :

- 1-Définition, enjeux et objectif de l'analyse de la valeur ;
- 2-Pour une AV en approche circulaire.

1-Définition, enjeux et objectif de l'Analyse de la valeur

Selon l'AFNOR (2015), « *L'analyse de la valeur est une méthode de compétitivité organisée et créative visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire* ».

Dans le cadre de cette méthode, la finalité consiste à :

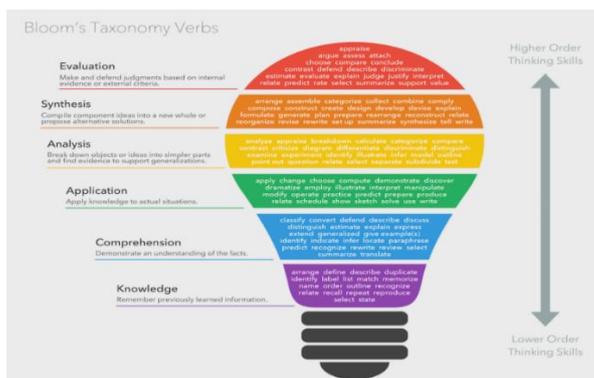
- concevoir un produit adapté aux besoins de son utilisateur ;
- parvenir à réaliser cela au coût le plus faible, ou au meilleur rapport qualité/prix ;
- tout en respectant les critères environnementaux ;
- cela nécessite d'éliminer les coûts inutiles en se recentrant sur les fonctions principales ;
- en privilégiant la sobriété, et non pas une fuite en avant dans une approche en « *Big-Tech* » non soutenable le plus souvent ;
- tout en réduisant les délais.

En simplifiant, cela consiste à trouver un compromis entre les coûts, la performance et environnement le tout sous une contrainte de temps tendue. Le plus souvent n'est-ce-pas ?



Analyse de la valeur en phase orientée conception :
parvenir à résoudre le mieux possible l'équation coûts-qualité-délai-soutenabilité.

Cela nécessite alors la mobilisation de multiples compétences. Une compétence, c'est une alliance entre des savoirs, des savoir-faire et des savoirs-être. Pour au final créer tout en sachant évaluer la pertinence de l'offre vis-à-vis du besoin exprimé. Ou d'un besoin anticipé.



Savoir, savoir-faire et savoir-être : les trois briques d'une compétence.
 Sur cette base, parvenir à analyser, à créer et à améliorer l'existant.

Notions clés :

Les notions clés de l'analyse de la valeur sont :

- L'identification du besoin
- Les fonctions
- Le produit
- Le coût
- La qualité
- L'environnement en approche d'ACV
- La valeur réalisée.

Alors commençons par le commencement, définissons les termes.

Que nomme-t-on un besoin ?

Il s'agit de satisfaire un élément manquant. Derrière se trouve l'idée d'un désir ou d'un besoin. Sur le désir, si la question vous intéresse lisez peut-être les ouvrages des philosophes ou sociologues Jean Baudrillard, René Girard, Gilles Lipovetsky ou Fernand Reymond³. Comme l'on peut s'en douter, les racines en sont assez complexes.

Sur les besoins, c'est sans doute un peu plus simple.

Quel est le but du désir ?

Selon **Platon** c'est de combler un manque à être.
 Selon **Epicure** c'est d'obtenir le plaisir, c'est un hédonisme.
 Selon **Spinoza** c'est d'accéder à la joie qui dépasse le simple plaisir.
 Selon **Freud** c'est de satisfaire une pulsion libidinale.
 Selon **Lacan** c'est pour combler un manque, s'émanciper du Besoin, et se faire reconnaître par l'autre.

Source : la philosophie du désir, F. Reymond (<https://la-philosophie.com/>).

³ Baudrillard, J., « *La société de consommation* », Denoël, 1970 ; Girard, R. « *Des choses cachées depuis la fondation du monde* », livre de poche, 1978. Lipovetsky, G., « *La société paradoxale* », Gallimard, 2006 ; Lipovetsky, G., « *De la légèreté* », Grasset, 2015 ; Reymond, F., « *Les philosophes du désir et de l'amour* », C. Lacour Ed, 2017.

Quoi qu'il en soit, toutes ces définitions restent subjectives, mais les effets de nos comportements sur notre environnement sont par contre bien réels. Sur le plan de la consommation, parfois telle l'impression d'une spirale sans fin...

Conduisant au final à l'épuisement des ressources ?

Dans une approche de développement durable, un besoin doit alors respecter le critère de la soutenabilité. Et donc de la sobriété. La clé de voute de nos développements à promouvoir se situe là. Cela au moins l'on sait.

Soutenabilité, définition : « mode de développement visant le bien être de la population sans compromettre celui des générations futures » (Larousse)

Deux types de besoin peuvent être identifiés :

-Des besoins vitaux : se loger, se nourrir, se vêtir, maintenir une température permettant la vie d'être maintenue, se soigner, ... Pour ceux d'entre vous un peu perdus, une invitation à la lecture : « Développement économique : de quoi-parle-ton ? »⁴. Un voyage en Afrique, nos frères africains -et plus largement des pays émergents- ont beaucoup à nous apprendre n'est-ce pas ?

-Des besoins secondaires, qui sont souvent d'origine matérielle. Un besoin secondaire se réfère à des besoins non vitaux : mobilité, divertissement, désir de possession, etc. Les besoins secondaires sont plus ou moins essentiels, plus ou moins superficiels. Dans l'hémisphère nord, nous connaissons souvent bien cela. Il n'est alors pas nécessaire de développer.

Mais toutes ces questions s'inscrivent dans une métrique. Un outillage est par exemple un besoin souvent non vital pour l'existence, mais pourtant souvent nécessaire. Par exemple, une pince coupante ou un tournevis sont souvent plus importants qu'une énième paire de chaussures délicieusement rangée dans un placard⁵. En tout cas, ici c'est bien rangé, tout au moins pourrions-nous alors en retenir que c'est un premier pas vers du 5S...



Besoin vital / besoin essentiel / besoin superficiel, ou plutôt un désir ?

Identification des besoins : les 3 facteurs d'Alderfer

Source : Wikipédia (« Les besoins », 2021).

4 Manuel de cours, Grenoble-INP (2021), disponible sur votre intranet.

5 De même, une voiture aux volumes et aux performances surdimensionnées pour circuler à faible vitesse dans un milieu urbain peut conduire à une interrogation sur l'adéquation entre la fonction couverte par le produit conçu et son usage recherché.

Clayton Alderfer* s'inspire de la classification hiérarchique des besoins selon Maslow. La vision est simplifiée en trois niveaux présentés comme complémentaires et non hiérarchisés (à la différence de la pyramide des besoins de Maslow). Elle se trouve davantage utilisée en gestion par les spécialistes en ressources humaines.

-Le **besoin d'existence** correspond aux deux catégories de base de la Pyramide des besoins de Maslow : la sécurité et les besoins physiologiques. Ce facteur est influencé, en milieu de travail, par la rémunération et les conditions de travail principalement. Une fois ces facteurs contrôlés, les gestionnaires verront leurs employés plus motivés et plus accomplis⁴.

-Le **besoin de sociabilité** : l'être humain a besoin d'amour et d'appartenance. Il ressent le besoin d'être associé et d'inter-agir avec d'autres personnes et finalement de se faire reconnaître au sein d'un groupe.

-Le **besoin de croissance** : l'être humain a besoin de s'épanouir. Il doit pouvoir réaliser ses ambitions, accomplir de nouvelles choses et grandir en tant qu'individu. L'épanouissement s'obtient en se fixant et en réalisant des objectifs.

Clayton Alderfer, C., « *Existence, Relatedness, and Growth ; Human Needs in Organizational Settings* », New York : Free Press, 1972

Qu'appelle-t-on une fonction ?

Une fonction peut se définir comme un service attendu. Elle vise une finalité. Deux catégories de fonctions sont généralement distinguées :

(i) les fonctions principales (FP) : il s'agit d'une réponse au besoin. Par exemple, une jolie doucoune aux plumes de canard du Périgord a pour fonction principale de garder la chaleur, un perceuse de perfore un matériau, un casque audio d'écouter en autonomie la musique, une paire de ski de glisser sur la neige,



Mais le Pompon sur le bonnet ne répond pas à une fonction principale.
C'est juste joli, et c'est pas mal cela aussi !

(ii) les fonctions secondaires (FS) : elles se subdivisent en des :

- fonctions techniques : il s'agit de choix en termes de conception de produit.
- fonctions de contraintes : cela est imposées par le commanditaire, ou par des règlements, des normes...et cela réduit la liberté de création (un mousqueton d'escalade devant répondre à une résistance mécanique par exemple).
- fonctions d'usage : elles sont attachées directement à l'utilisation du produit (le mousqueton doit être léger, peu encombrant et d'une ergonomie facile, ...)

- fonctions d'estime : éléments subjectifs issus de la psychologie, de la mode, du snobisme... montrer sans toutefois montrer qu'on a bien une rolex au poignet.
- fonctions "inutiles" : introduites spécifiquement par le constructeur ne se justifiant pas mais qui permettent une différenciation du produit. Un peu de couleur aussi sur les descendeurs, sangles et mousquetons !



La conception de matériel d'escalade / travaux acrobatiques doit respecter des fonctions de contraintes sévères, notamment réglementaires, en termes de résistance mécanique.

Que désigne le terme de coût ?

On retrouve ici le principe de ventilation des coûts directs et indirects. Le coût d'un produit est souvent inscrit en approche de *Target Costing*. Cette dernière part du prix de vente pour remonter ensuite aux coûts cible, en fonction du taux de marge recherché par l'entreprise.

coûts directs

main d'œuvre
Matières
amortissement des
outils...

coûts indirects :

services fonctionnels
Bâtiments
frais financiers...



La définition de la valeur est dans les faits souvent réduite à la notion de prix de vente. Elle recouvre cependant des notions plus subjectives⁶. Parfois, on peut la simplifier par le critère d'une recherche de meilleur rapport qualité/prix. Mais d'autres critères existent également :

- La valeur d'usage, qui à travers l'acte d'achat est la réponse apportée à un client (l'entreprise vend d'autant mieux son offre que sa valeur d'usage perçue par l'utilisateur est grande). Il est donc important pour le concepteur de connaître le besoin de l'utilisateur, et les dépenses qu'il est prêt à associer à la satisfaction de ce besoin. On sonde cela par l'analyse de « la voix du client ». Dites les mots en anglais, ça fait plus intelligent : « *The Customer Voice* ». Et oui, vous êtes alors mûrs pour aller dans les séminaires de cadres très Sup-Sup !
- La valeur d'utilité, liée directement à l'utilisation que l'utilisateur va avoir du produit. Il vous faut savoir alors être attentif aux retours d'expériences (les REX). Les expériences clients sont en effet toujours majeures afin d'améliorer l'offre. Ne jamais les oublier, ne jamais les minimiser.
- La valeur de la rareté, qui peut être fonction des circonstances d'utilisation du produit, comme de la simple concurrence sur le marché. Plus un bien sera rare, plus il sera

⁶ Quant à l'analyse de la valeur, ce terme peut par ailleurs poser bien des questions sur le plan de sa sémantique. Dans un monde techno-économique rivé sur l'atteinte de critères objectifs de performances, la valeur de son côté ne se réfère-t-elle pas fondamentalement au subjectivisme ?

couteux, à tort ou à raison, mais il en est souvent ainsi. Les entreprises du secteur du luxe savent particulièrement bien gérer cet élément.

- 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. Le trafic sur « Vinted » ou le « Bon coin » marche également comme cela n'est-ce pas ?
- La valeur d'estime, liée au plaisir ressenti par l'utilisateur lors de l'utilisation, voire de la simple possession du produit. Comme esquissé auparavant, du temps de vos parents on disait à « la Jacques Séguéla avec sa Rolex au poignée ».

Toutes ces notions -souvent relatives- sont en général liées au contexte, à l'environnement, à une période donnée, aux personnes considérées. Des rayons entiers d'étagères d'universités regorgent d'ouvrages et de thèses sur la question pour tenter de mieux cerner cela. Car ces questions sont complexes et ne se réfèrent pas uniquement à de l'économie.



R Dufy, « Les Régates ».

Depuis la fin du XVIII^e, la science économique développera de multiples théories pour tenter de définir ce que signifie la valeur. Il en découle encore de nos jours d'intenses débats pour savoir s'il existe des référentiels objectifs constitutifs de la valeur.

Le marché de l'art est sur cette question particulièrement éclairant et approche à sa manière bien la complexité du débat. Invitation aux analyses de Pierre Michel Menger, une des grandes signatures sur la thématique⁷. Mais les valeurs sur le marché financier donnent lieu aussi à d'intenses débats, tant les titres peuvent être volatiles et éloignés souvent de leurs valeurs fondamentales. Ou encore inscrits dans une logique de valeur virtualisée. Pensons par exemple au cours des crypto-monnaies. Et l'art n'échappe pas non plus au mouvement des blockchain, avec de nouvelles règles de construction de la valeur et du prix.

En simplifiant, nous pourrions dire que pour un utilisateur, la valeur est issue des performances du produit (utilité⁸, estime, rareté, ...). Et cela doit être mise en correspondance avec l'ensemble des dépenses issues à la fois de la conception, de la production, distribution, exploitation et maintenance du bien, et plus largement de l'ensemble de son cycle vie (quelle efficacité et quel coût de recyclage ?).

Sur cette dernière question de recyclage et/ou de vie post-mortem, force est toutefois de constater que le prix d'un bien prend généralement très mal en compte son coût environnemental. Cela vient

7 Menger, P.M., « *The Economics of Creativity. Art and Achievement Under Uncertainty* », Harvard University Press, 2014.

8 Elle-même identifiable à travers des batteries d'indicateurs de performances plus ou moins techniques.

fréquemment du fait que les droits de propriété sont mal identifiés et/ou répartis, et notamment ici les droits à polluer.

Les externalités négatives liées à la pollution sont souvent transmises à la collectivité dans une logique de passager clandestin par le producteur et/ou l'utilisateur, et non pas incorporées au prix de vente.

Il s'agit là d'un difficile problème à résoudre⁹. Dans vos futurs professionnels, il vous faudra tenter au mieux d'intégrer ces externalités négatives lors de la définition de la structure des coûts. Et donc aussi des prix de vente de vos familles de produits/services. Nous étudierons cela oralement à travers des cas pratiques.

Malgré les discours politiques en *Green Washing* qui pleuvent, une comptabilité analytique prenant très mal en compte les coûts environnementaux.



Une décharge sauvage ou encore ici la pollution issue de centrales à charbon. Malgré les timides avancées des marchés carbonés, un coût environnemental pour la planète non réellement affecté aux acteurs générateurs de ces pollutions. Et de nos jours toujours en pleine croissance.

Comment mieux prendre en compte les coûts environnementaux lors de vos calculs de coûts complets ?
Les Conceptions à Coûts Objectif (CCO) ne sont-elles pas fondamentalement biaisées ?

Analysez cette question sur un matériaux de votre choix.

Pour cela, vous pouvez décomposer la matière première (MP) en 4 colonnes.

MP / Coût / Prix de vente / Eq carbone en phase d'extraction de la MP.

Puis vous pouvez pousser cela sur l'ensemble du processus de transformation de la MP.

Il vous apparaîtra au final fréquemment un découplage important entre le coût de la MP transformé et prix de vente au regard de son empreinte écologique. Les externalités négatives (ici la pollution) sont transmises à la collectivité.

On retrouve dans cet exemple la notion de passager clandestin appliqué aux coûts environnementaux.

C'est l'un des obstacles à surmonter si l'on veut mondialement et collectivement s'orienter vers un développement durable... Et cela nécessite la mise en place d'une fiscalité écologique¹⁰.

Oui, tout cela bien difficile, alors un peu de lumière, ce sera A. Rimbaud.

⁹ Pour une analyse de la question, « Innovation : analyse, méthodes et enjeux » (vol 1), Grenoble-INP, 2021.

¹⁰ Sur cette question de fiscalité verte, « Développement durable : des chiffres et des étoiles », Ed. Bod, 2021, (vol 1, chapitre 3). Disponible sur votre intranet.



Aube

J'ai embrassé l'aube d'été.

Rien ne bougeait encore au front des palais. L'eau était morte. Les camps d'ombre ne quittaient pas la route du bois. J'ai marché, réveillant les haleines vives et tièdes, et les pierreries se regardèrent, et les ailes se levèrent sans bruit.

La première entreprise fut, dans le sentier déjà empli de frais et blêmes éclats, une fleur qui me dit son nom.

Je ris au wasserfall qui s'échevela à travers les sapins : à la cime argentée je reconnus la déesse.

Alors je levai un à un les voiles. Dans l'allée, à la grand'ville, elle fuyait parmi les clochers et les dômes, et, courant comme un mendiant sur les quais de marbre, je la chassais.

En haut de la route, près d'un bois de lauriers, je l'ai entourée avec ses voiles amassés, et j'ai senti un peu son immense corps. L'aube et l'enfant tombèrent au bas du bois.

Au réveil, il était midi.

A. Rimbaud, Illuminations (1873-1875).

Retour au bas, lors de vos analyses garder à l'esprit un cadre simple des avantages et des limites de la méthode de l'AV :

Portées de l'AV

- Elle permet d'améliorer l'existant, ou encore de concevoir un bien.
- elle valorise les compétences transversales.
- elle permet d'innover dans une voie de soutenabilité.
- elle ne se limite pas qu'à la conception d'un bien, mais peut très bien s'appliquer à un service¹¹, à un process, à du 5S*, etc.

Limites

- Se méfier des discours en *Green Washing* si souvent fréquents dans les rapports annuels orientés notamment pour les actionnaires. Comme nous le savons, l'innovation conduite en AV se traduit souvent par des empreintes écologiques additionnelles. Par ailleurs, ne pas omettre les effets Jevons* liés à une amélioration d'un bien. Il s'agit là d'un important problème.
- La méthode peut-être assez lourde à mettre en œuvre selon la nature des objectifs visés. En réalité, en situation d'innovation incrémentale il n'est pas toujours nécessaire de déployer une telle méthodologie.

¹¹ Par exemple, innover sur un service de type Autopartage, un nouveau produit assurantiel, un nouveau système d'information, etc.

-L'AV nécessite souvent un travail d'équipe du fait de l'importance des compétences à mobiliser. C'est là un point positif, mais dans le même temps nécessite de disposer de ces compétences.

-Elle nécessite un pilote de projet formé. L'objet de ce manuel se trouve également là.

Sur le plan de la méthode, l'AV se caractérise par quatre éléments :

(1) **Une analyse fonctionnelle :**

Nous touchons ici au cœur de la méthode : mener l'analyse fonctionnelle afin de répondre au besoin client. Comme son nom l'indique, l'analyse fonctionnelle vise l'identification de la fonction à valoriser. Il en découle une création de valeur pour l'utilisateur : un rapport entre une satisfaction obtenue, et un coût d'obtention. La méthode APTE est alors l'un des outils de l'analyse fonctionnelle.

Méthode APTE

(Source : everybodywiki.com/Méthode_APTE)

Cette méthode est tirée des principes de l'analyse de la valeur de Larry Miles. Le but de cette méthode est double : il s'agit à la fois d'accroître la qualité (c'est-à-dire d'aboutir à une meilleure adéquation avec les besoins de l'utilisateur) et de diminuer le coût de ce que l'on étudie. Cette méthode s'applique aussi bien aux produits, aux procédés de fabrication, aux équipements qu'aux organisations.

La Méthode APTE a été formalisée par Bertrand de la Bretesche dans le livre *La méthode APTE : Analyse de la valeur, analyse fonctionnelle**. Elle apparaît dans les programmes pédagogiques dès le collège et est enseignée dans les écoles d'ingénieur, les écoles de commerce et les filières universitaires. Elle est citée dans de nombreux ouvrages.

Historique

Au sortir de la guerre, face à la hausse du prix de revient des produits industriels et à la part prépondérante que prenaient les achats dans ces derniers, la compagnie General Electric missionna Larry Miles, alors aux achats, pour définir une méthode d'optimisation. Larry Miles rapprocha les coûts d'un produit de la liste des services que l'utilisateur en attend. Il en tira deux principales constatations : premièrement la valeur d'utilisation du produit se pose en fonctions d'usage et fonctions d'estime, deuxièmement 70 à 80 % du coût d'un produit est lié à la façon de rendre le service (solution de conception) et non au service lui-même.

À partir de là, Larry Miles développa une nouvelle méthode d'optimisation : l'analyse de la valeur, en anglais *value analysis*. Plus tard, Miles conseilla d'appliquer sa méthode dès la conception : c'est ce qu'on appelle le *value engineering*. Aujourd'hui, ces méthodes sont connues sous le nom de VA-VE (Value Analysis - Value Engineering).

Au début des années soixante, Gilbert Barbey, alors consultant en France au sein du cabinet KBWhite, créa la méthode APTE à partir des principes de l'analyse de la valeur. Depuis la création en 1964 du cabinet APTE, la méthode est un ensemble formalisé et cohérent de concepts logiques de raisonnement et d'outils méthodologiques. Elle est devenue en France une méthode pour l'optimisation des produits mais aussi des procédés, des équipements et des organisations.

Les principes de base de la méthode

La Méthode APTE c'est tout d'abord raisonner par rapport aux finalités exprimées indépendamment des solutions, ce qui implique :

- de définir des problèmes en tant qu'objectifs à atteindre.
- l'obtention d'un cadre de réflexion consensuel entre les différents responsables sur les services à rendre.
- l'objectivité qui évite la comparaison entre solutions, en proposant au contraire le jugement d'une solution par rapport à l'objectif.
- et enfin la créativité en rouvrant complètement le champ des choix possibles.

Que ce soit en spécification, conception ou diagnostic, la Méthode APTE établit la distinction entre ce qui est « utile » ou « inutile » en distinguant ce qui participe directement aux finalités (fonctions) : le « juste nécessaire » de ce qui ne dépend que des solutions : la « fonction de conception ».

Il s'agit ensuite de comprendre et d'analyser

- les écarts et les causes de ces écarts de qualité entre les services exprimés et l'objet de l'étude à optimiser (diagnostic valeur)
- les écarts et les causes de ces écarts entre le juste nécessaire à dépenser pour satisfaire les fonctions et les coûts de l'actuelle solution (diagnostic coût)

Il suffit ensuite d'organiser la recherche de la ou des solutions(s) optimum.

* De la Bretesche, B., (sous la dir.), « *La méthode APTE* », Petrelle Ed., 2000.

(2) Une méthode par étape de travail

Pour mener à bien une analyse de la valeur, il est nécessaire de respecter des étapes séquentielles. Selon la norme Afnor (2007), comme nous allons le voir sept phases peuvent être distinguées dans la conduite de l'AV.

(3) Un travail de groupe

Dans l'idéal c'est un groupe pluridisciplinaire de 6 à 8 personnes pour conduire l'AV. Dans le cadre de vos plateaux projets GI-NOVA, mais aussi dans les projets de la semaine Innovation, vous travaillez souvent sur cette base. Veillez toujours à une bonne complémentarité de vos compétences lors de la formation de vos groupes. Interculturel et interdisciplinaire, ce point est fondamental. Le pilote du projet doit notamment veiller à obtenir cette complémentarité d'approches et de compétences.



(4) Une approche économique globale

L'AV nécessite souvent de trouver le meilleur compromis entre le coût et les fonctions d'un produit, le tout en approche circulaire. C'est-à-dire en prenant en compte une démarche en ACV. On parle de démarche en éco-conception*, et inscrite plus largement en RSE. Ce dernier point est lui aussi fondamental.

Bref, l'on se trouve ici plongé au cœur du génie industriel : une démarche alliant les sciences pour ingénieur (SPI), mais aussi les sciences humaines et sociales (ergonomie, économie,

comptabilité, management, ...) dans une approche de soutenabilité. Cela passe par une analyse du cycle de vie complet. On parle d'ACV en approche circulaire.

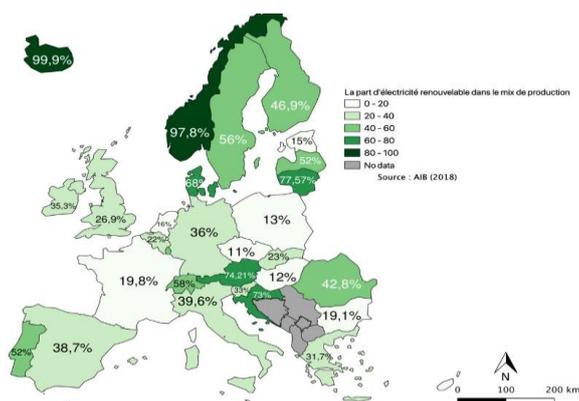
2-Pour une analyse de la valeur en approche circulaire.

Circularité industrielle : considérer les activités dans une démarche écoresponsable.

Le terme d'ACV exprime une analyse de l'activité sur l'ensemble de son cycle de vie¹². Sur le plan environnemental, c'est cette dernière qui est à retenir, car elle totalise l'ensemble des GES émis.

Pour commencer il convient d'identifier et de collecter l'ensemble des informations nécessaires au calcul des GES : des problèmes de confidentialités peuvent par exemple entraver la démarche. Quels sont les inputs à intégrer dans le bien ? Quels sont les process à retenir ? Où est-ce réellement produit puis utilisé ? Quelles alternatives possibles en termes de localisation des unités de production ? Quels sont leurs empreintes écologiques en phase de conception, puis d'exploitation, de recyclage et de vie post-mortem ? Quelles possibles substitutions de matériaux ou autres composants moins impactant ? etc.¹³.

Ensuite, l'innovation n'est pas tout car sur le plan environnemental ne pas omettre non plus les possibles effets Jevons* lourds de conséquences là aussi en termes d'émissions de GES.



Part de renouvelable dans la production d'électricité en Europe en 2018 – Source : AIB (2018)

12 Historiquement, l'approche en ACV est née dans son approche moderne aux Etats-Unis en 1969 et la méthode a été étendue à travers la norme ISO 14040 durant la décennie 1990. Cette approche en ACV se trouve à l'origine du développement d'une démarche en « produit verts / techno vertes » et repose sur quatre séquences :

- 1- Identification de l'objectif recherché et conduite d'une analyse fonctionnelle esquissant les différentes solutions socioéconomiques et technologiques possibles afin de répondre au besoin.
- 2- Inventaire des inputs mobilisés (dites les entrées : les matériaux et l'énergie consommée), des modes de production et de commercialisation possibles, l'analyse de la fin de vie et des possibilités de recyclage.
- 3- Analyse d'impacts en matière de GES sur l'environnement sous les triples volets eau-air-sol et solution à retenir. Ce dernier stade décisionnel est complexe à mener de par les contraintes économiques ne manquant pas de se poser. Une analyse en matière de coût/bénéfice est généralement retenue tout en intégrant pleinement l'ensemble des coûts environnementaux tout au long du cycle de vie du produit/service.
- 4- Dans une approche de « Roue de Deming » (*Plan-Do-Check-Act*), l'analyse doit enfin être menée en amélioration continue afin d'améliorer l'écobilan du produit/service réalisé.

13 Les arbitrages entre les choix d'inputs et de technologies sont notamment difficiles à opérer au regard des filières de production que l'on sait tant fragmentées au niveau mondial. On ne connaît guère par exemple les sources primaires d'énergies retenues par les fournisseurs. Ni même ceux des clients finaux.

En Europe, où roule par exemple un véhicule électrique ? En France ? au Danemark ? en Pologne ? Les émissions de GES en seront fortement distinctes.

Où roule par exemple un véhicule électrique ? En France ? En Chine ? En Inde ? En Allemagne ? en Pologne ? Le véhicule pourra ainsi rester le même quant à sa conception/assemblage, ainsi que son nombre de km parcourus, mais le niveau des empreintes carbonées en sera pourtant significativement modifié.



Source : Ademe

Le calcul des émissions est conditionné par le lieu de circulation du véhicule.
Ici, un calcul en méthode ADEME (Cf Site ADEME)

Il n'empêche que l'on peut toutefois dresser au mieux un inventaire permettant d'identifier dans une démarche d'éco-conception* les émissions relatives aux différents stades. Pour cela il faut prendre en compte :

- les choix possibles de la nomenclature du bien ;
- le mode de production et de distribution retenu ;
- l'utilisation retenue par l'utilisateur : solution de partage du bien ? Le bien a-t-il été conçu pour pouvoir être réparable ? Quelle durée de vie ? Recyclage, etc. ;
- quelle gestion post-mortem ?

Et avec l'objectif donc de concevoir le bien le moins impactant possible en termes de GES.



L'économie est alors considérée en circularité, et l'ADEME synthétise cela dans un schéma en trois domaines et sept piliers :



Source : Ademe / économie circulaire (2021)

Pour pouvoir se dérouler efficacement, quelques principes doivent être réunis. Notamment dans le cadre d'un bien nouveau, le taux de recyclage des déchets doit être important, de l'ordre de 80% sinon plus. Et le taux de croissance de consommation des matières premières disponibles doit être le plus faible possible, proche de 0%.

Généralement, chacune de ces phases est complexe et nécessite la mobilisation de multiples compétences. Comme auparavant mentionné, au niveau du stade de l'éco-conception l'objectif est de parvenir à un design de produit ou service inscrit en soutenabilité. L'utilisateur est généralement la clé de voute permettant d'arrêter ces choix de conception. Une attention particulière doit donc être portée à ce stade, que l'on désigne en ACV l'utilisation (encore nommée l'exploitation) du bien.

Le coût et le prix seront alors des éléments fondamentaux d'arbitrage. Illustrons cela par un travail conduit sur une famille de produit simple : une ampoule électrique. Ici la comparaison se limitera à deux choix de conception, mais cela devra incorporer d'autres choix technologiques : ampoule à incandescence, ampoule halogène, ampoule fluo compacte, ampoule à diodes électroluminescente, ...

Quel type d'ampoules retenir ?

En France, la consommation d'énergie dédiée à l'éclairage compte pour 12 % de la consommation totale d'électricité du pays (chiffres Ademe 2013-2014). Chaque foyer disposerait de quelque 25 points lumineux. Sur le marché, plusieurs types d'ampoules entrent en concurrence.



Ampoules à incandescence

Il existe une grande variété d'ampoules à incandescence : en forme de poire, sphériques, de différentes couleurs, en verre clair ou dépoli, à vis ou à baïonnette, etc. Cependant, nous devrions plutôt dire qu'il « existait » une grande variété d'ampoules à incandescence. En effet, depuis le 1^{er} janvier 2013, celles-ci sont interdites à la vente, notamment du fait de leur faible rendement énergétique.

En effet, les ampoules à incandescence ne transforment que 5 à 8 % de leur consommation électrique en lumière ; le reste est converti en chaleur. Le rendement lumineux de ces ampoules à filament varie ainsi de 12 à 20 lumens par watt (lm/W).

Ampoules halogènes

Réputées pour leur puissance, les ampoules halogènes font un peu mieux que les ampoules à incandescence, avec 18 à 25 lm/W. Leur forte puissance nous oblige pourtant à les utiliser en éclairage indirect, en éclairant un mur ou le plafond, ce qui réduit leur performance sans baisser leur consommation.

Toujours dans un soucis d'efficacité énergétique, la Commission européenne a décidé d'interdire la commercialisation d'ampoules halogènes à compter de septembre 2018.

Ampoules fluocompactes (à économie d'énergie, ou basse consommation)

Les ampoules fluocompactes dérivent de la technologie des tubes fluorescents ou tubes néons. Elles sont également appelées « ampoules à économie d'énergie » ou « ampoules basse consommation » et éclairent bien plus efficacement : de 60 à 100 lm/W. Ainsi, une ampoule fluocompacte peut consommer jusqu'à cinq fois moins d'électricité qu'une ampoule à incandescence.

Leur évolution a considérablement réduit leurs plus gros défauts, qui concernaient le confort d'utilisation : le retard à l'allumage et l'apparence.

Diodes électroluminescentes, ou LED

Les premières ampoules LED (pour *Light-emitting diode*, en anglais) ne datent pas d'hier, mais il aura fallu attendre quelques évolutions technologiques (meilleure luminosité, meilleur rendu des couleurs, etc.) et une baisse des prix pour que celles-ci prennent progressivement une place sur le marché de l'éclairage. Aujourd'hui, leur efficacité énergétique (plus de 100 lm/W), leur durée de vie, leur résistance aux chocs et leur facilité d'intégration les rendent incontournables.

Source : Futura science.com (consultation 2021) : « *Quels sont les différents types d'ampoules* »

Analyse comparée orientée usager : application à deux types d'ampoule

	Ampoule standard à incandescence de 100 W	Ampoule fluo-compacte de 20W
Durée de vie	8 x 1 ans	8 ans, plus de service
Masse unitaire	8 x 50 gr = 400 gr	120 gr, cad moins de déchet
Consommation d'énergie	100 W x 8000h = 800 kWh	20W x 8000 h = 160 kWh
Prix unitaire	8 x 1.25 = 10 €	12 €
Coût d'utilisation (0.11€/kWh)	88 €	17.6 €
Coût pour 8 ans d'utilisation	98 €	29.6 €

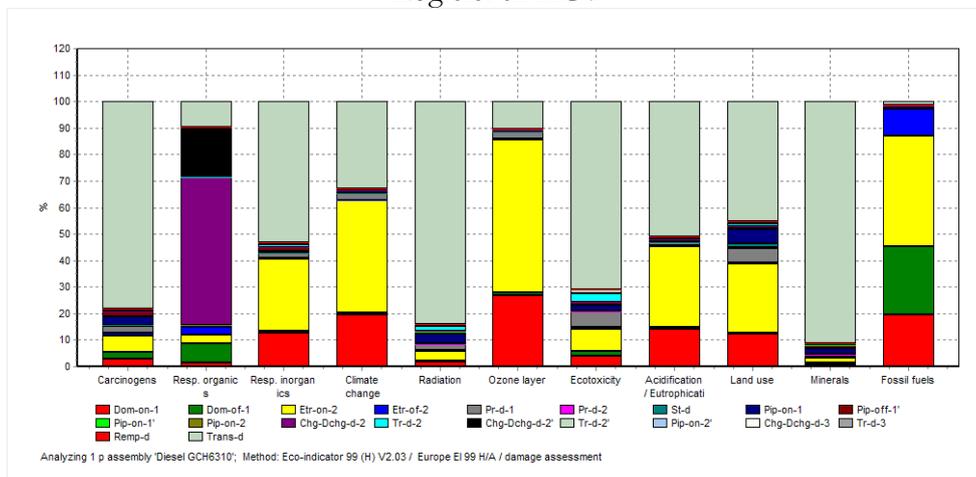
Source : www.ecoresponsabilité.environnement.gouv.fr ; Plauchu, V., « Management environnemental » Ed. Campus Ouvert 2013

En ACV, afin de connaître les émissions globales, il faut conduire l'inventaire de l'ensemble des postes incorporés dans le produit/service sur la base d'un diagramme FAST (cf. annexe). Cela afin d'identifier notamment l'analyse des coûts et des émissions. La bonne nouvelle est qu'une base importante d'information existe sur les analyses en ACV¹⁴. De multiples BDD référençant les émissions sont notamment disponibles à travers des logiciels en ACV de type Elodie, Gabi, Sima Pro, ...

14 Dans l'idéal, les décompositions sont effectuées en 5 phases. Par exemple, ici sur un produit de plasturgie :

- Matière première (pétrole et polypropylène par exemple pour un output de plasturgie)
- Nature de la fabrication (par exemple une injection plastique pour un produit de plasturgie).
- Assemblage (phase d'assemblage du l'input dans le bien à concevoir). Un bouclier de voiture par exemple qui sera un des composant d'un véhicule. En termes de système complet, il faudra rajouter le bilan carbone de la mousse expansée, etc.
- Exploitation (utilisation par l'utilisateur)
- Post-Moterm (quelle possibilité de recyclage).

Logiciel en ACV



A l'INP-Génie industriel, le TP d'ACV conduit sous le logiciel Sima Pro illustre les possibilités ouvertes par les BDD en calcul d'émissions. Notre monde bénéficie souvent du précieux des informations directement accessibles. Cela n'était pas le cas il y a peu... Sur ces thématiques liées aux ACV inscrites en circularité industrielle, les avancées sont rapides de nos jours, et les systèmes d'information de plus en plus complets. Et nous n'en sommes qu'au début...

Quant au prix de vente, il dépendra de la politique commerciale retenue par l'entreprise.

Sur les produits, il faut donc les caractériser. Et vous l'avez donc compris, le recours à des experts matériaux est souvent précieux durant cette phase. Qu'il s'agisse d'une ampoule, d'un process sur le ciment ou d'une conception de smartphone, d'une solution logistique ou d'une culture de betterave, d'un microprocesseur ou d'un VTT, d'un alliage aluminium-cuivre ou titane-aluminium, etc.

A l'INP par exemple, vos collègues de Phelma, de Pagora, ou autres laboratoires de type G-SCOP... vous seront souvent précieux en la matière. Une ACV nécessite toujours de travailler en intelligence collective.



Dans le cadre d'un sac de ciment Portland ou d'un smartphone par exemple, les phases d'extraction, de production, de distribution, d'exploitation, recyclage et de vie post-mortem sont-elles bien prises en compte dans l'analyse ? Cela en matière d'émission de GES.

Et dans les calculs de coûts de revient du bien également ?

Une approche en ACV doit conduire avec soin ces étapes. Qu'il s'agisse du cycle de vie d'un vélo *Rock-Rider*, d'un sac de ciment *Portland*, d'un smartphone *Fairphone* ou d'un KWh issu d'une centrale thermique en charbon dit « propre » ou d'une centrale nucléaire en EPR, c'est toujours la même démarche dont il s'agit. Par contre, la complexité de l'analyse à conduire en sera fortement distincte. Prenons deux biens : entre un couteau Opinel et un smartphone, les degrés de complexité diffèrent significativement.

Bien souvent les degrés de complexité de l'analyse seront différents selon les biens, mais sur le fond les principes méthodologiques restent identiques : les impacts environnementaux sont-ils pris en compte ? Les normes ISO 14001 (15) et la méthode Ademe reste alors des références centrales sur la méthodologie à suivre.

Elle se décompose en quatre phases :

- définition du cahier des charges ;
- inventaire du cycle de vie ;
- analyse de l'impact environnemental ;
- étude des résultats obtenus et voies d'amélioration possibles.

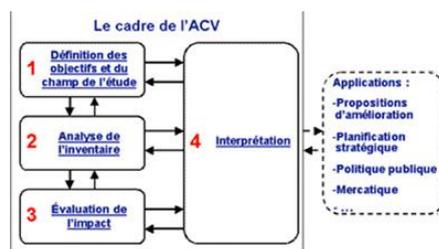
(Pour plus de détail sur ces questions de circularité industrielle et de mesure des impacts en termes de GES, se reporter également aux deux premiers volumes des manuels « Développement durable : des chiffres et des étoiles », Grenoble-INP, 2021. Disponible sur votre intranet).

« Comment réalise-t-on une ACV ? »

Source : Ademe, « Comment réaliser une ACV », Ministère de la Transition écologique, 2014.

« La méthodologie de l'analyse du cycle de vie s'articule autour de quatre étapes. Celles-ci sont à la fois distinctes et interdépendantes, car tout au long de l'étude de fréquents retours sont nécessaires, ce qui rend la démarche générale itérative.

Les 4 étapes de l'ACV selon les normes ISO 14040 et 14044



Étape 1 : définition des objectifs et du champ de l'étude

Cette étape permet de définir quels sont les objectifs de l'ACV, en précisant quelle application il en sera fait : écoconception, comparaison ou déclaration environnementale. La cible de l'étude (interne ou externe à l'entreprise) est précisée à ce stade, ainsi que la manière dont seront divulgués les résultats (pour des affirmations comparatives par exemple). Le champ de l'étude doit par ailleurs préciser les fonctions du

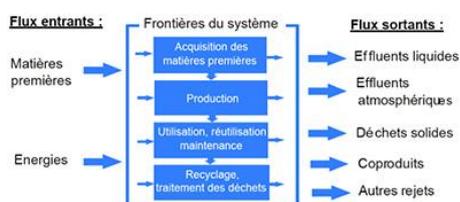
15 La norme ISO 14001 est une certification d'un système de management environnemental par un organisme accrédité, comme l'Association Française pour l'Assurance de la Qualité (AFAQ) par exemple.

produit étudié, l'unité fonctionnelle choisie (voir ci-dessous), les frontières du système étudié et les limites de l'étude. C'est aussi à ce stade que les différentes règles pour les calculs appliqués à l'étude seront arrêtées.

L'unité fonctionnelle est l'unité de mesure utilisée pour évaluer le service rendu par le produit. De la même manière que pour comparer le prix de deux fruits un consommateur ramène les prix au kilo, pour comparer les impacts environnementaux de deux produits, on ramènera les impacts à une unité de mesure commune. Une juste définition de l'unité fonctionnelle est indispensable pour rendre les résultats de l'ACV opérationnels et pertinents. Exemple d'unité fonctionnelle pour une ampoule : éclairer avec une luminosité de 40 W pendant 1 000 heures. Pour un stylo : couvrir une longueur d'écriture de 20 km. Exemple d'application ici : si un stylo A génère deux fois moins d'impacts sur l'environnement qu'un stylo B, mais que le stylo A doit être renouvelé au bout de 10 km d'écriture alors que le stylo B couvre une longueur d'écriture de 20 km, il faut multiplier les impacts du stylo A par deux pour pouvoir les comparer à ceux du stylo B. Résultat : les impacts réels des deux stylos sont équivalents.

Étape 2 : inventaire de cycle de vie (ICV)

Cette étape consiste à dresser l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants, associés aux étapes du cycle de vie rapporté à l'unité fonctionnelle retenue. **L'inventaire est donc une comptabilité analytique des flux.** Pour cela, deux types de données sont collectées : les facteurs d'activité (kWh consommés, km parcourus, tonnes transportées...) et les facteurs d'émission (g de NOx émis dans l'air, g de PO4 émis dans l'eau...). Ces données spécifiques (ou primaires) peuvent être complétées par des données génériques (ou secondaires), issues de la bibliographie ou de calculs, lorsque les premières ne suffisent pas ou lorsqu'elles ne sont pas accessibles.



L'inventaire est généralement effectué à l'aide d'un logiciel d'ACV, mais peut aussi l'être artisanalement, sous un tableur. C'est l'étape la plus délicate de l'ACV car les risques d'erreurs sont importants. Elle requiert une attention particulière et un contrôle extérieur.

Étape 3 : évaluation des impacts

À partir des flux de matières et d'énergies recensés, et en fonction des indicateurs et de **la méthode de caractérisation** sélectionnée, on va évaluer les impacts potentiels. Différentes façons existent pour caractériser les flux inventoriés en indicateurs d'impact environnemental de différents niveaux :

Les plus reconnues et utilisées aujourd'hui caractérisent les flux en indicateurs d'impacts potentiels (ou « midpoint ») ;

D'autres vont à un second niveau de caractérisation pour obtenir des indicateurs de dommages potentiels (ou « endpoint »). Ces méthodes facilitent la compréhension et l'utilisation des résultats en raison de la moindre quantité d'indicateurs, en général au nombre de quatre (par exemple le risque sur la santé humaine, le risque pour les écosystèmes, etc.), mais sont moins reconnues du fait d'une moindre robustesse scientifique.

Étape 4 : interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs retenus

Cette étape est itérative avec les trois précédentes, de manière à toujours valider que les résultats obtenus répondent aux objectifs de l'étude (par exemple, il arrive que la non-disponibilité de certaines données puisse conduire, en cours d'étude, à restreindre le champ de l'étude). C'est également ici que l'on évaluera la robustesse des résultats ».

Circularité industrielle : illustration

La conception à Amsterdam du Fairphone par une petite équipe d'innovateur soucieux de RSE peut représenter un exemple d'ACV en approche circulaire. Le résultat est loin d'être parfait, mais il s'agit là de réelles avancées en comparaison d'autres fabricants de smartphone comme nous le savons.

« Fairphone » ou la naissance d'un smartphone socialement responsable



En 2013, Bas van Abel se lancera dans la conception d'un smartphone socialement responsable et inscrit en logique de circularité industrielle. Loïn des pratiques à la « Apple » et autres firmes d'électronique grand public inscrites trop souvent en logique d'obsolescence programmée¹⁶, l'entreprise néerlandaise basée à Amsterdam décidera de concevoir et de produire un produit *Hight Tech* en réelle démarche de RSE.

Du côté du bureau d'étude, la démarche en éco-conception passera par la définition d'un cahier des charges technique et fonctionnel aussi rigoureux qu'ambitieux : recherche d'une faible consommation énergétique, possibilité d'échange standard de multiples composants comme la caméra-photo, recyclage du produit en fin de cycle de vie au niveau de ses différents composants et minéraux, allongement de la durée de vie d'un smartphone,

Le pari sera difficile à conduire de par les interactions prévalant notamment entre le hardware et le software au sein de cette famille de produit. De multiples interdépendances existent en effet afin d'assurer les maintenances de fonctionnalité.

Un travail sera alors conduit tant du côté du fournisseur de puces que celui du système d'exploitation afin d'assurer les mises à jour de sécurité. De multiples développements en interne seront menés également sur le site d'Amsterdam afin de veiller au respect de la durée de vie recherchée du produit.

Du côté des phases d'industrialisation, il faudra de même repenser les critères de qualification, et notamment de rémunération et condition de travail des opérateurs en LCC dans une logique de commerce équitable. En particulier dans ce secteur où là n'est pas vraiment la norme ...

De l'amont à l'aval, l'ensemble de la filière devra ainsi être repensée afin de parvenir :

¹⁶ pour en savoir plus, les études de l'ADEME, Greenpeace, HCC (Haut Conseil pour le Climat), HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée) et Shift Projet. Source en bibliographie.

- à une filière de production éthiquement responsable en matière de partage des profits auprès des différents acteurs impliqués tout au long de la chaîne de valeur ; Quels fournisseur qualifier, et sur quelle base de clauses contractuelles ? Le principe de droit de vigilance a-t-il été respecté ?

-à la mise sur marché d'un téléphone pensé recyclable en matière de déchets électroniques (DEEE) (17) afin que ce dernier ne termine pas sa vie, comme tant d'autres, dans des déchetteries sauvages d'Afrique, d'Indonésie ou d'ailleurs. Des accords avec une ONG néerlandaise seront à cet effet passés ;

-à l'utilisation de matières premières (notamment tungstène, étain, coltan et or) non issues d'exploitation minière guère humaines (souvent sur la base de travail en mine accompli par des enfants), notamment au Congo où les extractions sont placées sous contrôle de seigneurs locaux de guerre ;



Source photo J. Harnes, Mine de Kailo (Congo).

Au final, l'équipe animée d'une culture d'entreprise « hors norme » et soutenue par du capital participatif parviendra à se faire progressivement une place au sein de ce secteur dominé, comme on le sait, par une poignée de très grands groupes mondiaux.

En 2021, l'entreprise parvient ainsi à une structure bilantaire légèrement rentable bien que tournant sur un faible volume de vente.

De 2013 à 2021, trois modèles verront le jour, tous inscrits en approche de téléphonie socialement responsable (du Fairphone 1 au Fairphone 3).

Une remarquable aventure industrielle conduite par un collectif en design industriel et IT, et animé de valeurs en économie sociale et solidaire. Le tout sur un produit très *Hight Tech* et en PME, au sein de ce secteur pourtant si complexe en termes d'intensité capitalistique. Et ici en Europe, les horizons ouverts, oui tout cela est possible. Nous développerons cela plus en détail si vous le souhaitez oralement.

17 Certains se réfèrent à des métaux précieux, mais beaucoup témoignent de degrés élevés de toxicité. Par ailleurs, les opérations de recyclages sont complexes de par une grande multiplicité de gaz, terres rares et métaux mobilisés. Pensons notamment aux lithium, fluor, magnésium, silicium, phosphore, soufre, chlore, potassium, titane, chrome, manganèse, fer, cobalt, nickel, cuivre, zinc, arsenic, tantale, tungstène, platine, or, plomb... En partenariat avec une structure externe, quatre composants clés du smartphone seront à l'étude : (i) la batterie avec notamment des éléments de lithium et cobalt, (ii) l'écran avec de l'étain, aluminium, silicium et lanthane, (iii) l'électronique souvent sur base de silicium, de composés de cuivre, argent, or, tantale, nickel, plomb et étain ; et (iv) la coque notamment composée de carbone et nickel.

Et pour terminer ce chapitre, honneur aux étudiants. Un premier fécond travail là aussi réalisé par un collectif ne manquant pas d'initiatives, le mouvement « *Think What Matters* » :



TWM, en 5 minutes, la transition écologique par un collectif notamment d'ingénieurs de Grenoble-INP. (Disponible sous YT).

Objectif : plaider pour des méthodes de conception plaçant au cœur de l'activité inventive la prise en compte d'un développement durable. Eloge de l'éco-conception, ici avec la méthode 2Q2F.

La méthode 2Q2F¹⁸

Pour une prise en compte de la soutenabilité dans les activités de conception, il est important de garder à l'esprit non pas une seule équation coût/bénéfice tel que l'enseigne traditionnellement l'analyse fonctionnelle, mais bien une approche élargie plaçant les objectifs de développement durable au cœur de la démarche.

La méthode 2Q2F

Une méthode élaborée par le collectif étudiant « Think What Matters »

« Afin de donner du sens à chaque projet et chaque innovation, l'ingénieur de demain doit avant tout se poser les bonnes questions. Lorsque l'on se lance dans le développement d'un produit responsable, et avant même toute démarche concrète, l'idée serait d'appliquer la méthode 2Q2F. Celle-ci se compose de 4 questions majeures

→ QUOI ?

À quel besoin et à quel usage, ce produit répond-t-il ?

S'agit-il d'un besoin primaire ou secondaire ?

Va-t-il améliorer les conditions de vie sans rentrer dans un confort démesuré ?

Ce produit s'inscrit-il dans les enjeux de la transition écologique ?

Quels sont les volontés des acteurs qui ont fait remonter le besoin ? Financier ? Progrès pour le bien commun ?

→ QUI ?

À quel type de consommateur ce produit s'adresse-t-il ?

Par quels moyens le rend-t-on accessible ?

(Un produit sobre est généralement moins cher qu'un produit structurellement complexe, et donc plus accessible, par exemple.)

→ FABRICATION :

Avec quelles matières premières le produit pourrait-il être élaboré ?

18 Un vif remerciement adressé au collectif *Think What Matters*, et en particulier à David Martin-Chevalier, étudiant à l'école Phelma de Grenoble-INP pour la transmission de cet encadré présentant la méthode 2Q2F.

Dans une démarche de réduction de son impact environnemental, certains matériaux peuvent être privilégiés, comme des matériaux recyclés, des mono matériaux, ou encore des matériaux avec des filières de recyclage efficaces.

Dans quelles conditions le produit peut-il être élaboré ?

Cette question souligne l'importance des technologies de production, mais aussi de la sobriété en matière et en énergie, de l'écoconception, la production circulaire, ou même l'utilisation de Right-Tech (Peut-on produire dans des conditions atmosphériques et à température ambiante ?

Comment faire pour que les déchets d'une production deviennent les entrants d'une autre production ?

Existe-t-il des possibilités de production locales ?

Promouvoir les fournisseurs et le patrimoine français, fait partie des enjeux industriels et écologiques actuels.

Quelle est la place de l'humain dans la construction du produit ?

La robotisation et la mécanisation sont au cœur des débats éthiques de notre société. Voulons-nous développer des produits éco-conçus mais entièrement fabriqués par des robots, dans des usines où l'homme a presque disparu ?

Est-il possible de proposer des écoemballages ? Par exemple, des emballages locaux et réutilisables (verre, carton en algue, papier ensemencé, etc)

→ FIN DE VIE :

Le produit conçu est-il réparable et recyclable et à quel taux ?

Comment proposer des pièces de rechange aux clients ? Quels services après-vente pouvons-nous proposer pour développer les réparations ?

Comment travailler avec les collectivités pour développer la collecte de mes produits et réintroduire les matières premières dans la chaîne de production ? »

La méthode 2Q2F appartient à l'organisation TWM. Cette dernière devra être mentionnée pour toute utilisation ou évocation de ladite méthode

Ces initiatives ne sont pas uniques. De l'école Polytechnique aux INSA, des écoles Centrales aux Universités Technologiques, des ENSAM aux INP, des Polytech aux Mines, etc. les universités et les écoles d'ingénieurs développent de plus en plus au sein de leurs programmes des démarches d'étudiants responsables engagés sur les défis écologiques. Agir en professionnels responsables. Et ce qui est vrai pour les sciences de l'ingénieur l'est également pour les sciences sociales.

De multiples initiatives en faveur des transitions au sein des formations de l'enseignement supérieur



Institut National des Sciences Appliquées et



THE CARBON TRANSITION THINK TANK
L'Association Shift Project

Dans le groupe INSA, une des toutes premières formations d'ingénieurs en France, les tendances peuvent illustrer les multiples initiatives en faveur d'un réveil écologique. En partenariat avec l'équipe de Shift Project, D. Amichaud pilotera par exemple le projet ClimatSup de l'INSA afin qu'au sein de toute les formations du groupe se trouve pleinement intégrées les problématiques énergétiques et climatiques.

Et ces initiatives souvent poussées par les étudiants se retrouveront dans de nombreuses autres écoles et universités, telles les formations de Paris Tech (X, Mines, Ponts, ENSAM, Telecom, HEC, ...), l'université Paris-Saclay, les INP et les IEP, les Universités Technologiques et les IAE, ... ces écoles et universités développant de multiples formations orientées transition écologique. En particulier depuis 2015, les demandes étudiantes sont très fortes sur ces thématiques, et les emplois de demain seront également orientés ici n'est-ce pas ? Les emplois d'aujourd'hui.

Source : Boissin, O., « Développement durable : des chiffres et des étoiles » (vol 3), 2021.



Exemple d'une démarche compétences au sein d'une formation : ici l'école de Génie industriel. La cinquième compétence « *Agir en professionnel responsable* » est une compétence commune partagée par l'ensemble des écoles de l'établissement Grenoble-INP. La RSU et la RSE au cœur de la démarche.

Face aux transitions à conduire, ces approches d'acteurs responsables doivent être intensifiées tout azimut. De manière ambitieuse, pragmatique et dans l'urgence. De manière horizontale comme verticale, par le haut comme en *Bottom-Up*, en démarche transverse et en inter générationnel, par les enseignants-chercheurs comme par les étudiants, ces derniers bien souvent avant-gardistes n'est-ce pas ? L'association des étudiants COP au service de l'urgence environnementale ne démentirait pas.



COP étudiante, l'Accord de Grenoble (2021)
De multiples initiatives de développement durable conduites par et pour les étudiants

La COP étudiante est une association se donnant pour mission d’agir en faveur de la défense de l’environnement. Une démarche conduite par et pour les étudiants, et en lien avec des collectifs d’enseignants-chercheurs dans les universités et les grandes écoles.

Cela vise de multiples engagements de formation, de recherche responsable et de réduction des GES. Par exemple, sur le plan de la formation, commencer par enseigner l’écologie à l’ensemble des étudiants. Les effectifs en jeu sont ainsi colossaux. A l’instar des enjeux de la problématique.

Face aux multiples objectifs du développement durable, cela nécessite d’impliquer l’ensemble des parties prenantes de l’enseignement supérieur sur des actions concrètes, précises et planifiées. Un livre blanc à cet effet se trouve en fil directeur. Des initiatives transverses dédiées à l’urgence écologique et sociale, à des démarches citoyennes, et à un sens donné au travail. 70 établissements de l’enseignement supérieur déjà engagés, le MESRI¹⁹, le CROUS²⁰, de multiples associations telle la FAGE²¹, ... sont ainsi mobilisés autour de l’urgence des transitions à conduire.

* * *

19 MESRI : Ministère de l’Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l’Innovation.

20 CROUS : Centre Régional des Œuvres Universitaires et Scolaires.

21 FAGE : Fédération des Associations des Etudiants.

Chapitre 2

Un peu de méthode : Les 7 phases de l'analyse de la valeur

Sommaire

Introduction

1-Les 7 étapes de l'AV

- Orientation de l'action
- Recherche de l'information
- Analyse fonctionnelle
- Recherche de solutions
- Evaluation des choix de solutions
- Bilan prévisionnel
- Suivi de la réalisation

-2 Une AV s'inscrit généralement dans un « *Business Model* » (modèle économique)

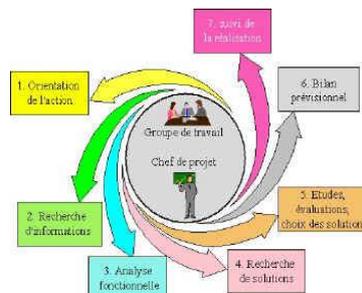
- Qu'est-ce qu'un *Business Model* ?
- Savoir définir le Canvas.

3-Innovation de rupture ou innovation incrémentale ?

- Innovation radicale
- Innovation incrémentale.

Introduction

Selon la norme Afnor, l'analyse de la valeur passe par sept étapes. L'objet de ce chapitre est d'exposer ces étapes. Et en les inscrivant en circularité industrielle car il est vrai, cela n'était pas toujours dans les priorités...



Source : Afnor

Etape 1 : Orientation de l'action

Comme dans tout projet, il convient au préalable d'identifier l'objectif recherché.



Finalité : définir les objectifs à atteindre dans le cadre d'une AV inscrite en ACV. Et avoir une démarche formalisée afin de résoudre les problèmes rencontrés. Ne pas omettre la mise en place d'une démarche permettant l'agilité car les environnements tant bousculés. Attention en effet de ne pas rigidifier la démarche dans un plan trop séquentiel. Car en réalité, la vie industrielle n'est guère séquentielle.

Etape 2 : recherche de l'information

Cette phase a pour but de rassembler et de formaliser les données internes et externes relatives au besoin à satisfaire. Ainsi que sur l'environnement.

Toutes ces informations (techniques, industrielles, économiques, commerciales, sociales, réglementaires, etc.) sont donc à collecter. Quels sont les produits concurrents ? Quel diagnostic peut-on en retirer ? Ne pas réinventer la roue en effet.

Synthétiquement, il s'agit d'éclairer :

- le besoin à satisfaire
- le marché visé
- la concurrence
- les avantages et inconvénients du produit actuel vis à vis des produits concurrents
- l'historique du produit
- les techniques disponibles
- l'empreinte écologique
- la présence de produit ou de technique de substitution ?
- les coûts
- les contraintes (normes, réglementations...)
- les satisfaction et insatisfactions des clients...



En amont, l'AV nécessite une collecte d'informations. Des benchmarking doivent être menés tant en interne (si cela est possible) qu'en externe.

Rapport d'étonnement : souvent dans vos démarches de projets de fin d'étude, une faiblesse de cette recherche est constatée. Pourtant, il s'agit là souvent d'un gain de temps au final. Ne pas réinventer l'existant. C'est là l'étape 2 de l'AV.

De multiples canaux plus ou moins formels sont là pour vous accompagner dans votre démarche d'innovation :

- les échanges avec des experts et en approche interdisciplinaire. Pensons aux activités en plateau projet GI-Nova par exemple ; des experts ne signifient pas nécessairement des ingénieurs. L'expertise est aussi dans les mains des techniciens, des ouvriers, des usagers, etc.
- les bases brevets (INPI, OMPI, ...)
- des études de marché disponibles ou à commander ;
- des approches en benchmarking, en interne ou en externe ;
- des entretiens et questionnaires.



Les compétences se trouvent partout. L'intelligence est aussi de savoir où les identifier, les mobiliser. Les ouvriers sont par exemple bien souvent des détenteurs de grands savoirs et savoir-faire. Pour une raison simple : ils ne sont pas dans les bureaux mais réalisent au quotidien le travail. Ils en ont l'expérience. Ils connaissent les matériaux, les gestes pertinents, les obstacles, les dangers, les manière de faire, le bon sens aussi. Ainsi, il existe une noblesse de la classe ouvrière. Un ingénieur qui n'a pas pleinement intégré cela se coupe de larges zones de progrès. D'intelligence collective. Et d'acceptabilité par les collectifs aussi. Ce point est central.

Le tout inscrit dans une démarche ouverte. On parle parfois de démarche en *Design Thinking*.

Objectif : passer progressivement de l'étape initiale des idées aux concepts, via une étude de pré faisabilité et un prototypage produit. Si ce dernier répond au cahier des charges initial, le marché ne devrait plus alors se situer trop loin... tout au moins dans sa première phase de lancement. Car la seconde phase de l'industrialisation est généralement une autre histoire... Un changement d'échelle, que ce soit sur le plan de la production, réglementation, logistique, commercialisation, communication, ... Il faudra alors parvenir à traverser ce que l'on nomme « *la vallée de la mort* ».



Il ne faut pas confondre le processus de création de l'offre avec celui de la réalisation de l'offre, c'est-à-dire son industrialisation et commercialisation. La création de l'offre s'effectue en mode projet, et consiste à concevoir un nouveau bien ou service. Une fois ce dernier prototypé puis validé en présérie, il passera dans une seconde phase : son industrialisation. La phase n'en est pas moins simple, notamment au regard des besoins en investissements produit-process.

Nombre de start-up connaissent l'échec non point durant la phase de conception mais d'industrialisation et de commercialisation. C'est un des éléments constitutifs de la traversée de la « vallée de la mort » : des recettes non encore au RV et des dépenses qui s'envolent. Il faut veiller avec grande attention au fonds propres de la structure durant ce stage, mais aussi éviter de se tourner vers des grosses levées de fonds. Ne pas omettre également les possibilités ouvertes par le *Crowdfunding*. Les conseils de praticiens et des comptables seront ici fondamentaux.



A Grenoble, des organismes de type l'association GAIA²² aident par exemple à éclairer les choix d'entrepreneuriat et de financement à prendre. Le tout inscrit dans une logique le plus souvent d'économie sociale et solidaire (ESS).

22 Grenoble Alpes Initiative Active.

Suite à la première levée de fonds, la période critique est liée à des problèmes de financement importants tout en permettant d'assurer les retours sur investissement escomptés.



Mais à chaque problème ses solutions. Pour l'heure, lors d'un lancement d'un projet d'innovation, la priorité n'est pas à la réjouissante idée d'une traversée de la « vallée de la mort », mais davantage à savoir collecter des informations et mobiliser les compétences nécessaires au projet.

Recherche d'informations :

Au niveau de l'activité de veille, elle se décline généralement en quatre types :

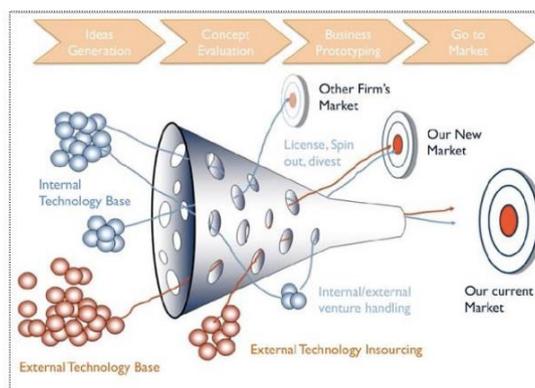
- veille technologique
- veille commerciale
- veille concurrentielle
- veille environnementale (juridique, politique, culturelle, sociale)

Cela s'inscrit en amont de la démarche de l'innovation.

Puis ce processus d'innovation se déroule ensuite en plusieurs phases. Nous pouvons en distinguer 7 :

- 1-Veille
- 2- Définition des voies d'innovation à promouvoir
- 3- Idéation
- 4- Exploration de concepts
- 5-modèle économique (Canvas) et degré de faisabilité
- 6-Plan de développement.
- 7-Prototypage.

Modèle en Open Innovation



Source : Chesbrough, H., (2011)²³

Open Innovation : dans une première phase, on ouvre au maximum la démarche d'innovation en s'appuyant sur les ressources tant internes qu'externes à l'entreprise. On parle d'un couplage des processus en Inside-In et Inside Out the firm. Cette approche collaborative peut reposer sur la valorisation d'intelligences en *Open Source* et *Open Data*.

Puis dans une seconde phase, on contraint le processus innovant sur une offre cible afin de répondre à un besoin client.

Notons qu'une démarche en *Open Innovation* ne s'inscrit pas nécessairement dans une gratuité de l'offre générée, mais articule des connaissances ouvertes à des degrés divers selon le *Business Model* retenu par l'entreprise.

Enfin, qu'elle soit en démarche d'*Open Innovation* ou inscrite dans une méthode plus classique et moins ouverte sur le plan des partages de connaissances, le processus d'innovation gagne à passer par une analyse fonctionnelle. C'est là l'étape 3 de l'AV.

Etape 3 : Analyse fonctionnelle

Elle constitue l'étape centrale de l'approche en conception. L'objectif de cette analyse est de rechercher les fonctions principales et secondaires dédiées au besoin à satisfaire. Puis ensuite à les traduire en données techniques. Ces différentes fonctions seront au final formalisées au sein du cahier des charges fonctionnel.

L'atteinte de cette étape nécessite un compromis entre deux tendances :

- d'une part, celle d'un élargissement des possibilités par rajout de fonctionnalités. Une recherche d'accroissement de la valeur du produit, mais aussi de son coût. Attention alors à ne pas s'engager dans une fuite en avant, plus ou moins en *Big-Tech* sans réelle valeur ajoutée pour l'utilisateur. Voir éloignant de l'humain les avancées scientifiques et techniques, et conduisant à des empreintes écologiques additionnelles.

4.0 ou 4.H ?

²³ Chesbrough H. « *The era of Open Innovation* », page 35-41, in « *Top 10 Lessons on the New Business of Innovation* », *Sloan Management Review*, 2011.



Il nous faut veiller avec attention aux dérives possibles du 4.0. Le 4.H, H pour humain doit rester le fil rouge de toute activité de conception. Par exemple une handi-main au service d'un handicap trouve son sens, et non pas des fuites en avant de porosités homme-machine au service d'objectifs plus flous, principalement motivés par des considérations marchandes, sinon sécuritaires/totalitaires dont notre XXI^e raffole.

Nous retrouvons là certains marchés d'un numérique hyperconnecté sur des produits ne le nécessitant pas quant à la leur fonction principale. Un frigidaire doit-il être connecté à internet par exemple ? Quel impact écologique à attendre de ces types de choix ? Conduisez votre propre analyse.

- d'autre part, la seconde tendance est celle d'une réduction des fonctionnalités du bien. Cela peut conduire à réduire la valeur du produit sans garantie toutefois d'une diminution de son coût. Entre le frugal en *Low Tech* et la surenchère technologique en *Big-Tech*, un compromis est souvent possible : allier les forces du Low-Tech et du High-Tech au service d'une innovation inscrites en approche durable. On parle alors de *Right-Tech*.



Loin du « Tout technologique », le *Right-Tech* en solution ?
C'est-à-dire des technologies adaptées aux besoins socio-économiques, tout en respectant l'environnement.

Low-Tech, Small Tech, Slow-Tech, ... de quoi parle-t-on ?

Source : [Wikipedia.org/wiki/Low-tech](https://fr.wikipedia.org/wiki/Low-tech), 2021

« De nombreuses nouvelles définitions sont venues compléter ou nuancer le terme "low-tech", se voulant plus précises car restreintes à une caractéristique particulière :

- **retro-tech** : plus orienté à raviver d'anciennes inventions astucieuses (pas forcément utiles, durables et accessibles), des parallèles peuvent néanmoins être tissés avec la low-tech car ces innovations font souvent appel à des technologies décentralisées et plus simples (car fabriquées par des particuliers) ".
- **Wild-tech** : par-delà l'opposition high-tech / low-tech, elle entend donner des "outils pour mieux penser ces manières de fabriquer qui échappent à toute classification". Les inclassables. Est aussi assimilable au "rebel tech", mouvement dont le but est d'hacker et se réapproprier tout type de technologie.
- **small-tech** : qui s'oppose au "Big Tech", porté entre autres par les GAFAM, se référant ainsi aux questions numériques, "dans la perspective de maintenir un haut niveau de complexité technologique mais sur la base des notions de biens communs, de travail collaboratif et les principes de démocratie et de justice sociale".
- **(s)lowtech**, ou **slow-tech** : exploite le jeu-de-mot (s)low - slow. But : "explorer les inconvénients de la technologie et ses effets sur la santé humaine et le développement". Désigne aussi un mouvement visant à réduire l'addiction aux technologies, surtout chez les plus jeunes. Cependant la définition se rapprochant le plus du low-tech est celle se restreignant à des technologies (de tout type) permettant un mode de vie lent. D'autres références définissent le *slow-tech* par rapport au numérique : il ne doit pas s'opposer à ces technologies, mais chercher à les rendre plus éthiques, plus "vertes", plus en phase avec l'humain, et avec le modèle du triangle de Spreng avec sobriété énergétique.

- **easy-tech** : technologie facile à mettre en oeuvre, à utiliser, et accessible à tous. Au cœur de la définition communément admise des low-tech.
- **no-tech** : promeut un mode de vie évitant d'utiliser la technologie, quand c'est possible. Rejoint certains écrits techno critiques sur le bilan négatif et chronophage de la plupart des technologies "innovantes". Voir par exemple no-tech magazine.
- **Lo-Tek** (ou LoTek) : nom introduit par Julia Watson pour son livre "The Power of Lo—TEK - A global exploration of nature-based technology". L'auteur rassemble des savoirs et pratiques multigénérationnels pour "contrer l'idée que l'innovation aborigène serait primitive et existerait isolée de la technologie". TEK est l'acronyme de "Traditional Ecological Knowledge" (Savoir traditionnel écologique) ».

Plus en détail, l'analyse fonctionnelle consiste à identifier les fonctions, puis de les hiérarchiser sur la base d'une arborescence de fonctions ou d'un diagramme dit FAST. Sur cette base, on peut ensuite définir le cahier des charges technique permettant la réalisation de l'offre.

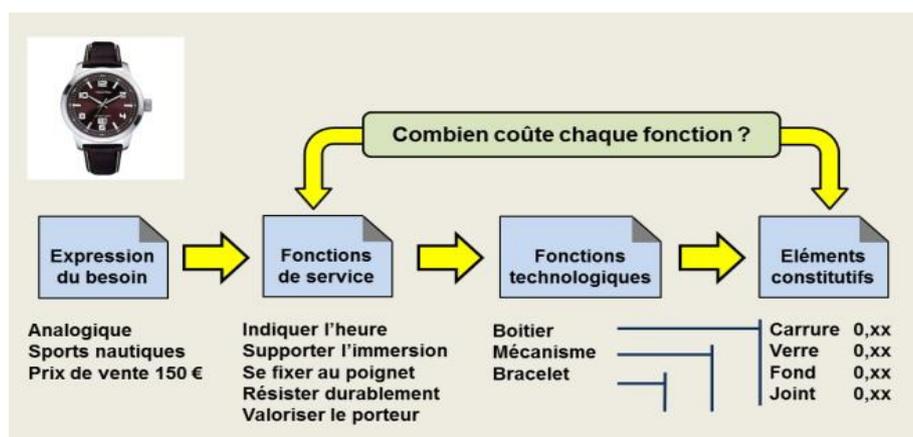
Concernant la hiérarchisation des fonctions, des niveaux d'importances peuvent être indiqués, de type : une fonction utile, importante, vitale.

Ou encore, une fonction principale ou une fonction secondaire.

Puis sur ces bases discriminées, sélectionner ce qui paraît à privilégier dans l'activité de conception, puis identifier les coûts de ces fonctions. Cela dépendra bien sûr des arbitrages technologiques retenus. Pour une montre par exemple : montre à quartz, à mécanisme manuel, à mouvement automatique, ...



Durant cette phase, la complémentarité de compétences sera majeure. Par exemple, en horlogerie, de multiples options fondamentalement différentes en matière de technologie sont disponibles pour parvenir à une fonction principale identique : indiquer l'heure. Mais par mouvement automatique ou montre à quartz ? Deux solutions parmi d'autres.



Source : Estève, M., « Méthodo-projet : cours management de projet » 2013.

Par coût de fonction, il faut additionner les coûts inhérents aux éléments constitutifs de l'innovation. Par exemple, le coût d'un mécanisme d'horlogerie à quartz. Si le produit se positionne sur de l'entrée de gamme, il peut s'agir d'un mouvement à 4 USD par unité. Puis il faudra ajouter le bracelet, le boîtier et son cadran pour au final attendre un cout cible de 7 USD. Si telle est la *Target Costing* fixée.

Pour un prix de vente en semi détail à 9 USD, ou 14 USD en prix public.



Prix de vente :

12 USD

(Swatch) 75 USD

P. Patek (Nautilus)
120.000 USD

Bien sûr, s'il s'agit d'une montre de luxe, le coût cible sera sans commune mesure moins tendu, de même que son taux de marge qui lui sera souvent à trois chiffres, sinon parfois quatre... L'analyse de la valeur en sera alors distincte, sur des critères de valeur d'estime et de réussite sociale notamment, mais la méthode restera quant-à-elle identique.

Nous pourrions analyser ce cas plus en détail oralement, mais retenons dès à présent que l'approche standard du chiffrage est la suivante : à son niveau le plus simple, une addition de coûts sur l'ensemble de la nomenclature produit retenue (ce coût étant généralement conditionné par le volume de production ciblé²⁴).

Puis en démarche comptable plus complète, on parle ensuite de coût complet, prenant en compte les coûts fixes relatifs au fonctionnement du site de production (équipement, salaires, administration, ...), mais aussi les coûts de la *Supply Chain*, les coûts relatifs aux circuits de distribution et du SAV ainsi que les frais financiers.

²⁴ Le coût d'un produit reste en effet conditionné par les volumes de production définis. Les raisons proviennent de la présence d'économies d'échelles en R&D, mais aussi et surtout en production et en commercialisation, ainsi qu'un pouvoir de négociation accru vis-à-vis des fournisseurs lorsque les volumes sont importants.



Usine des horlogeries Dodane (Besançon).

Le cout unitaire d'une montre ne peut aucunement se réduire à son seul coût de nomenclature produit. Souvent ces derniers sont même faibles par rapport au coût complet du produit.

Définitions d'un diagramme des interactions (diagramme pieuvre)

Identifions dorénavant plus précisément ce que l'on nomme une fonction. Dans l'AV, comme nous l'avons vu plusieurs fonctions sont possibles et se trouvent mentionnées au sein d'un diagramme des interactions :

Fonction principale

Egalement nommée fonction d'usage, elle est la réponse apportée au besoin principal de l'utilisateur. Par exemple dans une montre, la fonction principale est d'indiquer l'heure.

Fonction contrainte

D'après la norme AFNOR X50-151 : « Une contrainte c'est une limitation à la liberté de choix du concepteur-réalisateur d'un produit ». Par exemple dans une montre, ne pas être trop lourde ou encore encombrante. Notons que les fonctions contraintes sont d'ordres souvent réglementaires.

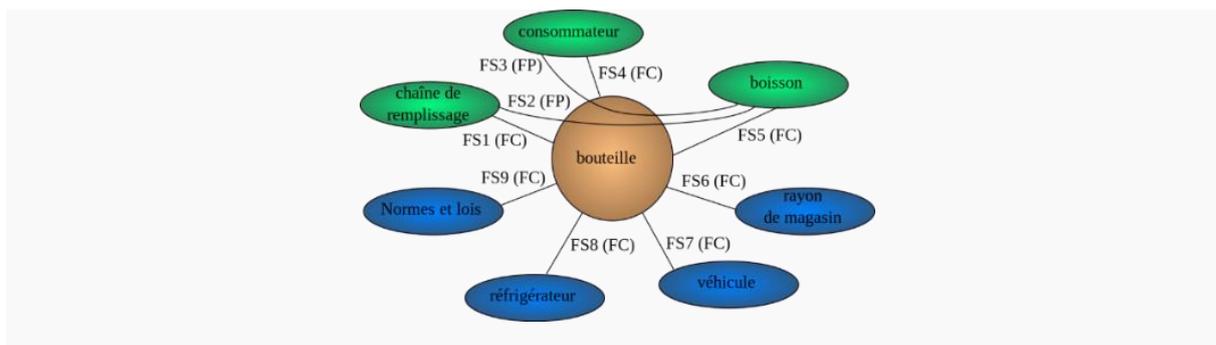
Fonction complémentaire

Il s'agit là d'une fonction visant l'amélioration du service apporté à l'utilisateur. Ce type de fonction ne résulte généralement pas d'une demande explicite du client, et il ne s'agit pas non plus d'une fonction contrainte. C'est l'apport d'une valeur additionnelle mais d'ordre secondaire. Par exemple, pour une montre, mentionner la date, détenir un chronomètre, être étanche, détenir un altimètre, profondimètre, ...

Bien sûr, si la montre est destinée à une pratique de la plongée sous-marine, la dotation d'un profondimètre en phase de conception se référera à une fonction principale.

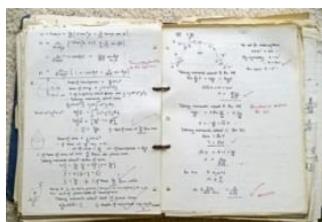
Outils de l'analyse fonctionnelle : le diagramme pieuvre

Exemple d'un diagramme d'interaction ici appliqué non pas à une montre-bracelet, mais à une bouteille (c'est-à-dire un contenant). La démarche reste identique : identifier l'ensemble des interactions qu'entretient le bien à concevoir avec son milieu. Lors de phase de conception, cela permet d'éviter au final d'avoir « des trous dans la raquettes » comme l'on dit en langage courant.



Source : CDang 2009, Wikimedia Commons

A vous de jouer !



Dressez le diagramme pieuvre, non pas relatif à une bouteille mais à son contenu : pensez à ce que vous voulez : du whisky ou à du cola, du jus d'orange ou du lait, etc. Attention, le diagramme pieuvre en sera plus ou moins modifié.



Alambics de la distillerie de Glenfiddich.

Au final, l'analyse fonctionnelle se construit grâce à une batterie d'outils. Quatre principalement :

- 1-La « bête à cornes » qui permet d'exprimer la recherche du besoin.
- 2-Le diagramme d'interaction « pieuvre » qui permet de définir les liens (c'est-à-dire les fonctions de service) entre le bien/service/process et son environnement.
- 3-Le CDC qui permet de décrire et lister les fonctions primaires, secondaires et les contraintes du système étudié.
- 4-Puis les diagrammes FAST / SADT permettant la recherche de solutions technologiques en réponse à une fonction à satisfaire (cf. annexe).

Par exemple, la fonction principale « indiquer l'heure » se décline en aval par une nomenclature de produit afin de répondre au besoin. Schématiquement, le FAST se rédige

sous la forme d'une arborescence conduisant à l'identification dans sa phase aval aux exigences techniques à satisfaire. Nous illustrerons plus en détail ce cas en chapitre 3.

Etape 4 : Recherche de solutions

Cette quatrième étape est souvent la plus complexe et chronophage de l'AV. Cette recherche passe par le déploiement d'outils de type *Problem Solving*, comme par exemple la méthodologie TRIZ (cf. manuel « *Innovation et circularité industrielle* » vol. 2).

Plus largement, l'objectif de cette étape consiste à trouver le plus grand nombre d'idées de solutions pour chaque fonction à satisfaire. Esquissons ici le nom de TRIZ, méthode fréquente au sein des grands groupes industriels notamment, mais de nombreuses autres techniques existent pour développer cette phase de créativité orientée *problem solving*.

Elles passent par les stades suivants :

- formulation du problème,
- méthode de divergence
- élimination de premières solutions, sélection des idées et identification de concepts (phase de convergence)

Les séances de créativité nécessitent une réelle dynamique de groupe, et le respect des attitudes suivantes :

- Une écoute et acceptation de l'autre, de ses idées. Les maîtres mots : émulation et liberté d'expression. Et jouer par association d'idées. Identifier un besoin et voir de quelle manière résoudre cela. Se poser des questions de type Pourquoi ? Comment ? Quand ? Bref, phosphorer.



Chercher des solutions commence par se poser des questions. Des méthodes souvent simples de type QQQCP apportent nombres d'éléments de réponse.

Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Pourquoi ?

Durant ces phases amont de recherche de solutions, on passe généralement par des approches ouvertes visant l'émergence d'idées nouvelles.



Les Post-it, photos, dessins, schémas, ... sont des supports et représentations toujours les bienvenus pour présenter les idées ou concepts possibles.

- L'approche par *Brainstorming*
- La créativité avec en particulier les techniques de divergence puis de convergence.

Lors des activités de *benchmarking* comme de créativité, l'exercice se déroule dans un temps limité, et avec l'idée de générer le maximum d'idées sans censure, le tout en privilégiant des techniques souvent simples. Sur le plan des supports, cela peut reposer sur la base de Post-it permettant de regrouper des idées par exemple inspirées par analogie, ou encore par la technique dite des 6 chapeaux²⁵.

Puis dans un second temps, regroupement des Post-it, photos, ... par association des idées sur un tableau selon les thématiques estimées pertinentes vis-à-vis de la question posée.

Ensuite, peu à peu resserrer l'analyse sur l'objectif recherché²⁶. Cela peut passer par la génération de fiches concepts, puis de sélection par vote par exemple sur une idée au final à développer.

En séquence, nous pourrions donc résumer cela en une identification du problème / la génération d'idées multiples / le regroupement d'idées par grands thèmes et identification de concepts possibles / Sélections puis plan de travail et mise en place de la conception.

Tout cela en gardant à l'esprit une fiche idée synthétisant la démarche.

Exemple de fiche idée :

25 Cette pratique a été mise en place par un psychologue britannique E. de Bono : afin d'accroître la génération d'idées, inviter les participants à adopter un prisme particulier vis-à-vis de la question à résoudre : être par exemple très factuel, ou alors particulièrement critique, réfléchir en termes d'alternatives possibles, se placer en approche optimiste, être sur du ressenti, ou endosser la casquette d'un esprit synthétique.

26 Sur le plan pratique, on gagne à formuler noir sur blanc le problème à résoudre sur un tableau par exemple. Et que votre petite sœur ou petit frère (si la nature en a décidé ainsi) comprennent la question. Cette phase est centrale, savoir poser un problème, et puis c'est déjà en bonne partie savoir le résoudre. Il vous faut garder à l'esprit ce questionnement durant l'ensemble des étapes de créativité.

NOM: _____ 3 _____ N°: _____

DESCRIPTION

1



BÉNÉFICES

2



RISQUES

4



ACTIONS

5



Enfin, n'oubliez pas que la créativité sera d'autant plus aisée qu'elle sera soutenue par un climat d'encouragement, de diversité culturelle et disciplinaire, d'émulation, de défi, de pression temporelle, d'autonomie et d'intelligence collective ! Le tout dans un espace libéré et de respect de l'autre.



En créativité, les démarches inscrites en *Design Thinking* se révèlent souvent porteuses. Un environnement d'émulations collective avec en mot clé l'ouverture. Oui, si vous voulez sans oublier les boîtes de pizza aussi.

Au final, vous obtiendrez plusieurs scénarios de solutions qu'il conviendra d'éprouver et de sélectionner. Une approche en entonnoir est généralement retenue. Elle commence par une approche ouverte, pour ensuite rentrer dans des phases contraintes.

Etape 5 : Evaluation des choix de solutions

Cette phase doit permettre :

- D'identifier les solutions techniques qui répondent le mieux au cahier des charges fonctionnel défini.

- De ne pas être trop naïf sur le pouvoir des sciences et des techniques. Mais si quelques doutes demeurent en vous, durant votre séance de plateau projet, faites cuire votre pizza au micro-onde, cela vous rappellera les possibles tragiques de la technologie.
- Sélectionner les solutions qui semblent les plus pertinentes. Dans le cadre de nos pizzas, votre intuition vous invite à retenir un four à bois. Mais cela n'est pas très écologique si votre objectif est une minimisation des émissions. Bref, vous serez parfois face à de Cornéliens choix, car tant d'options à prendre ou de compromis sont à trouver lors de vos projets innovations...

Ce travail gagne le plus souvent à être réalisé en groupe. Et à l'issue de cette phase, vous l'avez compris, il faut parvenir à une hiérarchisation des solutions possibles.

Pour une intégration des approches étude-méthode



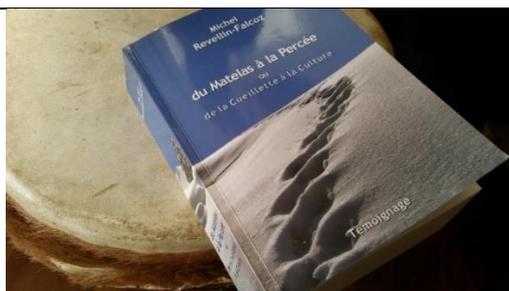
Durant vos phases de conception, un de vos guides sera également d'anticiper les phases d'industrialisation, être proche d'une démarche bureau des méthodes donc, et de penser continuellement besoin client. Et cela sur l'ensemble du cycle de vie du bien à concevoir.

Concevoir un système d'optique pour un véhicule, par exemple, doit également s'interroger sur l'agencement du dispositif dans la structure du véhicule. Cela, c'est pour la phase de l'industrialisation. Et en cas de défaillance d'une ampoule par exemple, l'utilisateur devra également pouvoir aisément la remplacer. Cela c'est l'approche usager.

Si tel n'est pas le cas, cela vient généralement d'un manque d'intégration entre les approches études et méthodes. C'est une chose de concevoir un bien, mais encore faut-il qu'il s'industrialise aisément. Et puis se répare également sans difficultés, par les garagistes ou par l'utilisateur. Bref, ne pas devoir tomber le bouclier d'un véhicule la nuit sur la bande d'arrêt d'urgence d'une autoroute afin de pouvoir procéder au remplacement d'une ampoule...

Il convient donc d'intégrer cette démarche lors des phases de la conception.

De la conception à la réalisation de l'offre.



M. Revellin-Falcoz, "Du matelas à la Percée", 613 p., autoédition, janvier 2021

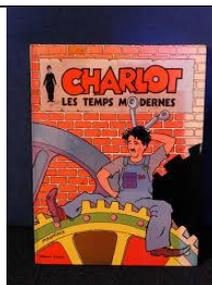
Un témoignage industriel de tout premier plan, le type d'ouvrage dense et rare, permettant de mieux comprendre le fonctionnement de l'industrie. Ici avec le métier d'ingénieur, monsieur Michel Revellin-Falcoz qui occupera de multiples fonctions techniques et de management au sein du groupe Renault. Une carrière longue et riche relatée à travers mille anecdotes, jusqu'à la décennie 2010, près de 50 ans ...

Ses premiers pas dans la firme au losange seront en 1966, c'était le temps de la 4L. Une écriture libre et personnelle combinant vie privée et vie professionnelle. De son récit, les mots simples, et toujours ancrés dans des situations concrètes, riches de vies, et les objets techniques toujours consciencieusement décrits. La R20, la R30, sans oublier la R16, déconcertante d'un esthétisme délicieusement singulier. Les pistons et les tôleries, les selleries et les carrosseries, les montages et les emboutissages, mais en premier lieu toujours les humains. Des noms que l'on ne connaît pas mais que l'on approche finalement, et puis en fil directeur la tolérance, le respect, la recherche du travail bien fait.

Pour ceux qui ont peut-être en mémoire le fort instructif ouvrage de R. Linhart « *L'Etabli* » (fin des années soixante), avec M. Revellin-Falcoz vous aurez ici la version non pas côté ouvrier mais responsable de projet, des études aux bureaux des méthodes, de l'industrialisation, directeur d'usine, et puis dirigeant de Renault Automation. C'est-à-dire exerçant les plus hautes fonctions.

Robert Linhart, lui, c'était l'Ouvrier Spécialisé. Mais les deux volets d'une même réalité : construire des véhicules. Certes, deux voix pas toujours faciles à faire dialoguer. R. Linhart, c'est un philosophe et sociologue qui s'était fait embaucher incognito à Citroën comme OS pour relater son expérience de travail. Nous retrouverons cela également avec la maîtresse du thème, Simone Weil, et l'aliénation au travail chez Alstom et Renault, son journal d'usine : 1934-1935. L'industrie s'inscrit souvent dans ces temps anciens. Ou encore plus récemment avec S. Kamata chez Toyota sur le site de Nagoya "*L'usine du désespoir*" (1973).

Comme tous ces auteurs, R. Linhart dénoncera quant à lui bien des problèmes d'incompréhensions, notamment entre le bureau des méthodes de Citroën et les ouvriers. La hiérarchie de Choisy, guère humaine et embourbée dans une OST ici poussée à son paroxysme. Tout du moins à en lire les lignes de l'auteur. L'OST, *l'Organisation Scientifique du Travail*, c'est avec un brin de poésie le film de C. Chaplin "*Les temps modernes*", perdre sa vie à la gagner.



Mais retour à l'ouvrage de M. Revellin-Falcoz : ici les choses seront plus proches de nous, plus récentes, quoi que..., le fonctionnement de l'usine de Renault Sandouville qu'il relate début 70 ne devait pas être de reste non plus avec l'expérience de R. Linhart à Choisy sur bien des problèmes... L'ensemble de son récit semble s'inscrire dans de continues recherches de solutions face à ces mêmes problématiques : rapprocher les méthodes de l'industrialisation avec le bureau des études, savoir respecter les ouvriers, intégrer les produits avec les process, placer l'humain au cœur des dispositifs, observer ceux qui pratiquent, faire remonter les infos, développer une culture qualité partagée, souder les collectifs, ...

Certes, les gammes ont survécu, bien utiles il est vrai, comme les temps opératoires et autres outils historiques de contrôle et de méthode, mais point d'OST ici appliquée de manière rigide, ou encore de 4.0 hors sol fleurissant dans des séminaires pour cadre très « Sup Sup ». Et il en est bien ainsi.

Mais ne point refuser le progrès bien entendu, l'innovation c'est aussi de la pénibilité évincée. La robotique, la cobotique, ... s'inscrivent aussi dans ce sens n'est-ce pas ?



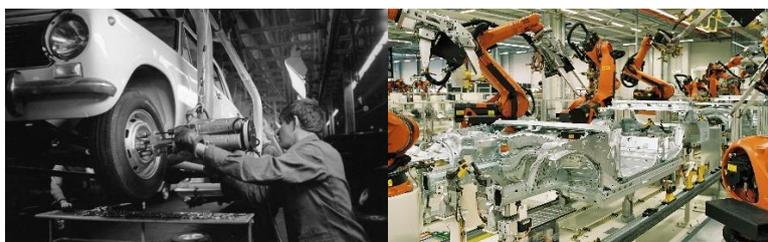
La robotique ou la cobotique permettent de réduire les temps opératoires, mais aussi la pénibilité au travail. Ici un véhicule autonome de transport de charge dans un site de production.

Vous l'avez compris, c'est ici une vive recommandation à se plonger dans ce parcours de vie, ne serait-ce que par l'importance donnée au fil des pages aux sciences et aux techniques, aux organisations et aux compétences, aux difficiles arbitrages entre vie privée et vie professionnelle, les apprentissages par l'école, par les mises en situations, par les aléas de l'entreprise : comment les choses se décident, se mettent en place, inventer de nouvelles organisations industrielles, les innovations sociales à trouver, le déroulement des réunions, l'attention portée aux outillages, l'application des principes du bon sens, plus ou moins nippons finalement, de quelle manière un nouveau projet industriel ou un métier se pense, se construit, marche ou « marchouille » au final, à améliorer donc, les dangers sur les sites aussi, les prévenir plutôt que les subir.

Dans l'ouvrage, ainsi fourmillent de jolies pages sur les fuites d'huile, les palans et des barges sous dimensionnées -à l'issue de son école, l'auteur commencera ses premiers pas dans la Marine Nationale-, puis des tôles à monter un peu retors, des selleries pas

toujours bien pensées, des coups de marteau en carrosserie à oublier, des skids de manutention bien hasardeux, des tests d'étanchéités révélant au final des agencements bien perméable, etc. Bien des retours d'expériences plongeant le lecteur au cœur du génie industriel...

Beaucoup d'enseignements donc, de mises en pratique, la recherche d'alliances des produits et des process, les gestions par projets et en transversalité de compétences, améliorer, et puis les achats, la qualité aussi, et au sein d'environnement de plus en plus capitalistique, à haute intensité technologique.



Et puis la stratégie ! Les ventes ou les rachats de sociétés ou de filiales se révélant des questions tellement complexes, mais tellement centrales. Ici avec le groupe *Renault Automation* que l'auteur dirigera, et qui deviendra par la suite Comau-Fiat. Il faudrait dire Stellantis de nos jours n'est-ce pas ? L'étrange hasard des choses... L. Renault et A. Citroën doivent sans doute s'en amuser... Ou encore début 1990 les doutes de Volvo Cars vis-à-vis de Renault, dénoncer alors le contrat afin de ne pas battre pavillon français, préférer ne pas perdre son indépendance, mais dont là aussi l'ironie du sort nous apprendra que le fleuron automobile suédois finira, par la bande Ford, en 2010 sous le contrôle du constructeur chinois Geely. Bien loin de Stockholm donc, de surcroît au sein d'un régime totalitaire. Mais là aussi le temps passera, et Volvo Cars décidera de renouer avec son indépendance en 2021, le tout en se positionnant sur les véhicules électriques et autonomes, hybrides aussi. Exclusivement. Le temps des moteurs thermiques finira donc d'ici peu sur les étagères un peu poussiéreuses des bibliothèques universitaires. Qu'il s'agisse des Volvo, des Renault, des VW, Stellantis, ... en 2030, la page d'un monde thermo-industriel des véhicules sera sans doute en passe d'être tournée.

Cet ouvrage, c'est aussi le multiculturel -mieux l'interculturel- l'international, et les prises de décisions en environnement ouvert. Savoir valoriser, savoir retirer les enseignements, ceux des différences, des choix pris, des réussites et des ratés, comprendre le sens de la hiérarchie, fuir les faiseurs de problème, chercher les éclairés, solutionner, quelques très jolies pages sur George Besse, ce dernier sachant visiblement donner le temps à l'écoute, l'intelligence de L. Schweitzer, la construction du Technocentre ... ,

Oui, c'est sans surprise un bel ouvrage sur le génie industriel, et plaçant au cœur des mille questions toujours l'humain en son centre. En ces temps de virtualités omniprésentes, tant envahissantes, tant questionnantes, rappeler ces fondamentaux n'est sans doute pas un luxe...

Et en prise de recul, trois points :

-un ouvrage s'inscrivant dans la poursuite des logiques nées durant les 30 glorieuses : le développement d'un capitalisme thermo-fossile, avec de faibles questionnements sur les limites de ce modèle de développement. Ne point en conclure pour autant à une non prise en compte de la thématique environnementale (pensons par exemple aux remarquables progrès en termes d'efficacités énergétiques des moteurs, coefficient Cx,

réduction des émissions, ...) mais à la non présence d'une réflexion de fonds sur la soutenabilité des dynamiques déployées.

-des réflexions visant des optimisations techno-économiques sur l'ensemble des volets produit, process, logistique et de commercialisation.

-un témoignage traduisant le spectre large des compétences à mobiliser en génie industriel. 50 ans d'une expérience riche d'enseignements, cela offert en une poignée d'heures au lecteur.

Source : Boissin, O., « *Organisation industrielle, Information et Décision* », Manuel de cours, Grenoble-INP, 2021.

Etape 6 : bilan prévisionnel

Alors arrive l'étape 6. Ce n'est pas la plus simple, elle nécessite une attention particulière notamment sur la question du chiffrage. Et en lien avec le commanditaire, retenir la solution la plus pertinente à travers un bilan prévisionnel. Ce dernier définit :

- les critères de sélection retenus,
- le chiffrage des coûts -au moins à grande maille dans un premier temps- de chacune des solutions
- la liste détaillée des avantages et des inconvénients de chaque solution,
- les conditions d'application.
- le tout en respect des principes de circularité.

Au final, quelle est l'option à retenir ? Vous ferraillez peut-être un peu, puis la vie étant courte et la neige tombée, ou les cerisiers en fleurs, vous décidez d'arrêter au final une décision.



Etape 7 : suivi de la réalisation

Objectif : Mise en œuvre de la solution retenue. La phase de prototypage de la solution se met alors en place. C'est la phase un peu Lego Technic, papier ciseau carton, imprimante 3D, PLA ou titane, chignoles et découpe laser, moule et bras haptique, c'est parti !

Avant de réaliser, savoir penser la conception en démarche d'ACV.
Eco-conception.

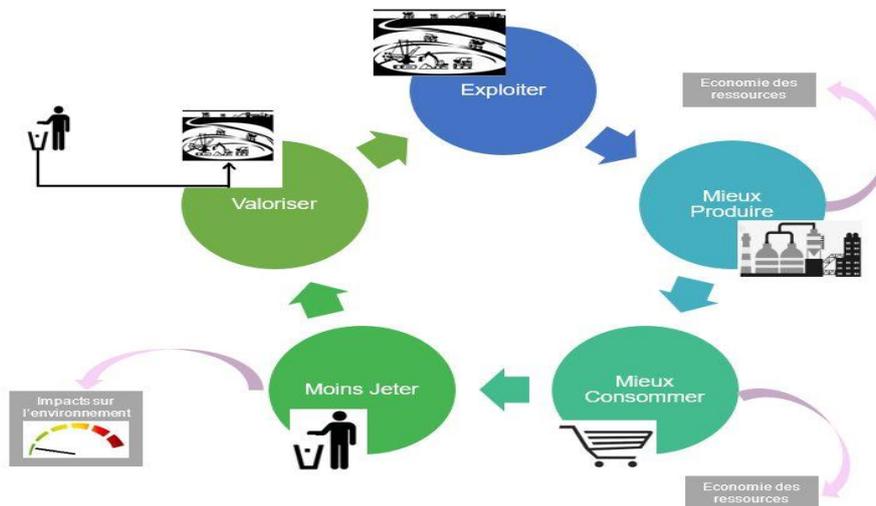


Comme dans la formidable école d'apprentissage Lego

En résumé, cette démarche d'AV s'inscrit dans un processus de roue de Deming, le tout en gardant à l'esprit une démarche inscrite en RSE. Mr Deming lui-même passera beaucoup de temps à expliquer que le PDCA doit avant tout s'inscrire par et pour l'humain, la clé de voute de son approche méthodologique. Au regard du plaquage de sa théorie sur tout et n'importe quoi, n'aurions-nous pas finalement oublier ses propos ?



Roue de Deming :
une méthode simple et robuste, à l'origine conçue par Mr Deming *par et pour l'humain...*



Annexe RSE
(Responsabilité Sociale et Environnementale)

RSE : ce que la loi impose aux entreprises

Source : Jeanne Clozel / Le Figaro / Les entrepreneurs, Publié le 21/06/2017)

La responsabilité sociale et environnementale est encadrée par plusieurs textes législatifs.

C'est la loi relative aux nouvelles régulations économiques de 2001, dite loi «NRE» qui, la première, a imposé aux sociétés cotées en Bourse de publier dans leur rapport de gestion des informations relatives à la façon dont elles prenaient en compte les conséquences sociales et environnementales de leurs activités. La loi Grenelle 2, en 2010, a ensuite ajouté un pilier sociétal à ce reporting et élargi la catégorie des sociétés y étant soumises. Des changements sont encore à prévoir car la France est sur le point de changer sa législation pour se conformer au droit européen.

Quelles sont les entreprises soumises à l'obligation de Reporting?

Il s'agit notamment des Sociétés Anonymes (SA), des Sociétés en commandite par action (SCA) et des sociétés européennes (SE) dont les titres - actions ou obligations - sont admis sur un marché réglementé, ou qui dépassent les seuils suivants, cumulatifs : montant net de chiffre d'affaires ou total du bilan supérieur ou égal à 100 millions d'euros ; et nombre moyen de salariés permanents supérieur ou égal à 500. A partir de 2017, une extension est en cours dans le cadre d'une harmonisation avec les directives européennes : une obligation de Reporting s'appliquant aussi aux SARL et aux SAS. Par ailleurs, les sociétés cotées et les non cotées doivent s'aligner sur un même contenu d'informations à fournir.

Quelles sont les sociétés exemptées ?

Les sociétés par actions simplifiées (SAS), les sociétés à responsabilité limitée (SARL), les sociétés en nom collectif (SNC), les sociétés civiles immobilières (SCI) et les groupements d'intérêt économique (GIE) ne sont pas visés par le Reporting.

Quelles sont les informations à fournir ?

Il y en a quarante-trois. Elles couvrent à la fois les thèmes sociaux, environnementaux et les engagements sociétaux de l'entreprise. Il s'agit, entre autres, de l'évolution des rémunérations, de la lutte contre les discriminations, de la prévention de la pollution, la prise en compte dans la politique d'achat des enjeux RSE... Les sociétés absentes des marchés réglementés ont droit à une liste un peu plus légère : vingt-neuf informations à produire, seulement. Elles n'ont pas, par exemple, à évoquer leurs actions anticorruptions ou leurs relations avec leurs sous-traitants. Les informations doivent être vérifiées par un organisme tiers indépendant (OTT), qui a reçu l'aval du Comité français d'accréditation (Cofrac).

Qu'est-ce que la norme ISO 26000 ?

Que les entreprises soient ou non contraintes à un Reporting RSE, elles peuvent décider d'engager une démarche volontaire. Et s'appuyer alors sur la norme ISO 26000, un standard international développé par des experts de près d'une centaine de pays. Il aborde les thèmes de la gouvernance, des droits de l'homme, des relations et conditions de travail, de l'environnement, de la loyauté des pratiques, des relations avec les consommateurs et de la contribution au développement local. Il s'agit donc d'un outil qui permet d'avancer de façon transversale. L'ISO 26000 ne donne pas lieu à une certification. En revanche, il existe des certifications sur de nombreux aspects qu'elle traite : par exemple, l'ISO 14001 pour le management environnemental.

Comment faire reconnaître sa démarche globale RSE ?

Pour les entreprises souhaitant s'engager et valoriser leurs efforts, il existe le label Lucie (www.labellucie.com). Il s'aligne sur les sept questions centrales de l'ISO 26000, les déclinant en vingt-cinq principes d'action. La labellisation, par l'Afnor ou Vigeo, n'est pas définitive. L'entreprise est auditée à intervalles réguliers pour vérifier qu'elle a respecté les engagements qu'elle s'est fixés, qu'elle est toujours dans une démarche de progrès.

Nos sept étapes de l'AV sont dorénavant conduites. Mais gardons à l'esprit de savoir conduire l'AV en approche également économique. C'est le point 2.

2- Une AV s'inscrit dans un modèle économique

Le déploiement des sept phases de l'AV s'inscrit le plus souvent dans un *business model*. Plus précisément appliquée à une stratégie d'innovation. Cette dernière doit valoriser les ressources et compétences de l'organisation ou de la firme. C'est là un peu le domaine des écoles de commerce.

La question qui nous intéresse ici concerne l'innovation et son déploiement dans le cadre d'une analyse de la valeur.

Un tableau synthétique permet alors d'identifier dans le cadre de votre projet d'innovation les éléments à prendre en compte.

Plusieurs typologies existent pour couvrir l'ensemble de ces éléments du modèle économique. Mentionnons ici celle du Canvas, une des typologies souvent retenue lors de vos groupes projets en innovations à l'INP-Génie industriel, ou ailleurs.

Ce tableau synoptique permet de visualiser les différents thèmes propres à un *Business Model*, à savoir :

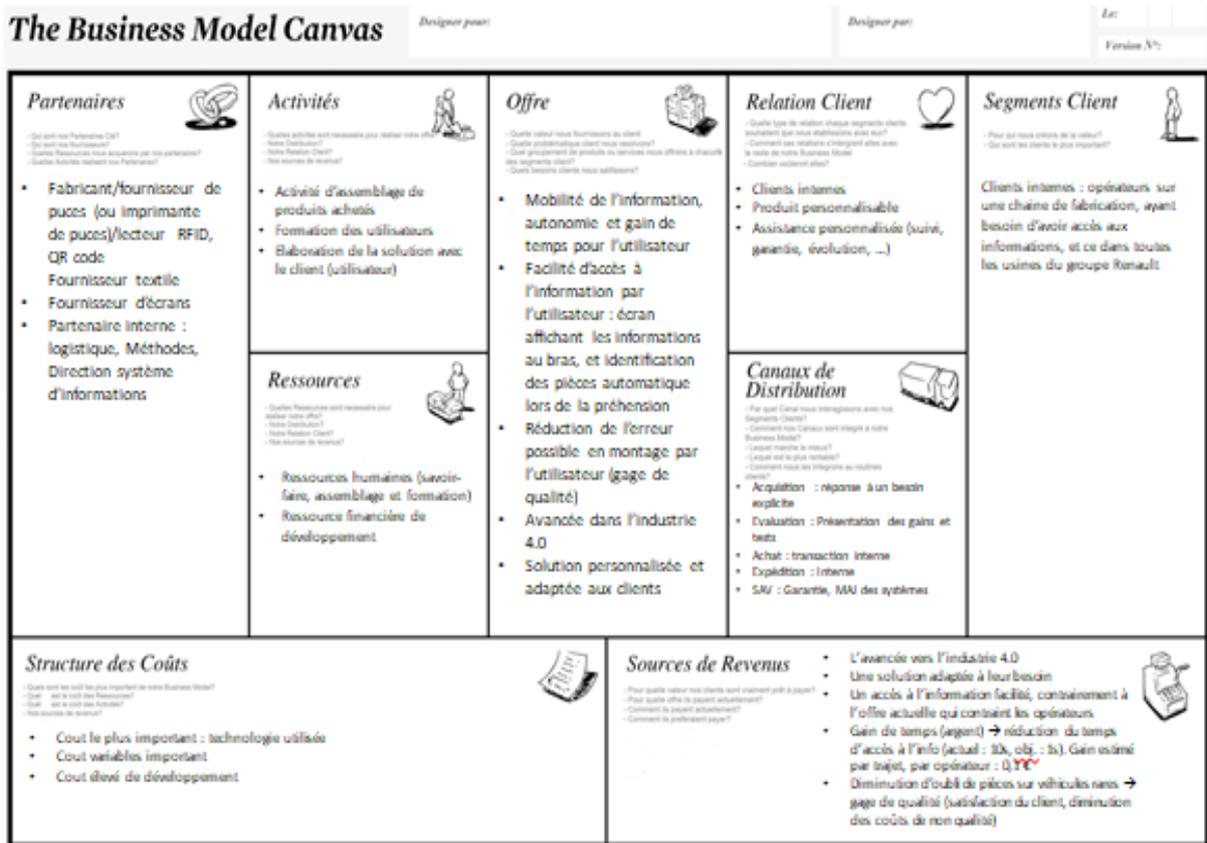
- les partenaires impliqués
- L'activité à développer
- L'offre proposée
- la nature de la relation client (dans son périmètre large)
- la segmentation clientèle/utilisateur décidée
- les canaux de distribution retenus et habitudes techniques de CRM
- l'ensemble des ressources nécessaires pour mener à bien le projet
- l'analyse des coûts. Cela peut s'inscrire dans une approche de conception à coût objectif (27)
- les revenus attendus.

En simplifiant, un *Business Model* permet de poser les questions techno-économiques essentielles au développement d'une offre. Il donne une photo synthétique découlant de l'activité que l'entreprise ou l'organisation souhaite lancer.

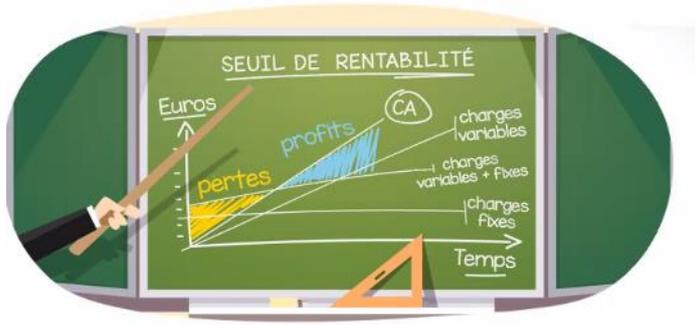


Exemple d'un Canvas ici appliqué à une montre connectée en 4.0

27 La cible du coût à atteindre vis-à-vis du bien à concevoir est fixée dès le début du projet.



Lors des arbitrages finaux, la difficulté souvent posée est celle d'une domination des critères financiers sur ceux véritablement inscrits en RSE. Le retour sur investissement est la clé de voute prévalant dans bien des projets d'innovations. Et il n'est pas toujours en accord avec une approche en circularité industrielle...



Business Model : bien souvent se trouve en suprématie une batterie de critères financiers pas toujours en accord avec les objectifs de développement durable...

Là pour le coup, il faudra beaucoup « batailler » avec vos hiérarchies... Parce qu'au-dessus d'eux, il y a généralement des actionnaires. Et si la dictature de la rentabilité domine, ces acteurs financiers sont généralement plus sensibles à une batterie de critère de la rentabilité financière qu'aux chants de moineaux dans les arbres.



L'analyse de la valeur se trouve ainsi façonnée par des rationalités comptables et financières. L'enveloppe budgétaire, le coût cible objectif et le taux de marge à dégager sur le produit à concevoir conditionne significativement les choix techno-économiques à opérer. Derrière un bien à concevoir, à produire et distribuer se trouve toujours un modèle économique.

En matière de gouvernance des organisations, des degrés de liberté demeurent toutefois selon les structures. Certaines développent des logiques actionnariales parfois exacerbées, notamment lorsque les principaux propriétaires optent pour des démarches en *Share Holder* comme la plupart des *Hedge Funds* ou autres fonds financiers spéculatifs.

Certaines entreprises se réfèrent à l'inverse à des cultures plus proches des collectifs, plus familiales, plus citoyennes. Voire à des choix de structures en ESS, de type une SCOP industrielle, comme Alma, Acome ou Orcap.

Au sein des collectifs impliqués dans l'AV, les marges de liberté planchant sur les arbitrages à retenir en seront alors différentes. Elles permettront de trouver un meilleur alignement entre le bien à concevoir et les valeurs partagées par la culture de l'entreprise.

Par exemple, au deux extrêmes, privilégier une obsolescence programmée ou rechercher une approche durable et en circularité ?



Dans le domaine des produits blancs, une analyse de la valeur conduite dans un groupe industriel privilégiant une rotation rapide, ou encore un besoin de maintenance élevée de ses produits afin d'optimiser ses profits (allant parfois jusqu'à des choix délibérés de conception en obsolescence programmée) ne peut se confondre avec celle d'une entreprise recherchant une fiabilité importante de ses familles de produits.

L'entreprise familiale Miele peut illustrer cette dernière approche.

En analyse comparée avec deux groupes de l'électroménager, nous pourrions développer plus en détail ce cas afin d'identifier des choix politiques distincts de trajectoires sur une même famille de produit. Et cela se décline directement dans les pratiques de l'AV.

Alors en attendant, loin de certaines entreprises ne privilégiant qu'une seule recherche de profits, loin des chiffres un peu de poésie, ce sera P. Verlaine.

Il pleure dans mon coeur
Comme il pleut sur la ville ;
Quelle est cette langueur
Qui pénètre mon coeur ?

Ô bruit doux de la pluie
Par terre et sur les toits !
Pour un coeur qui s'ennuie,
Ô le chant de la pluie !

Il pleure sans raison
Dans ce coeur qui s'écoeure.
Quoi ! nulle trahison ? ...
Ce deuil est sans raison.

C'est bien la pire peine
De ne savoir pourquoi
Sans amour et sans haine
Mon coeur a tant de peine !

Romances sans paroles (1874)

Retour au modèle économique : afin d'opérer le positionnement du produit à concevoir sur un marché donné, le Canvas aide à la décision.

Choix économique par le Canvas

Source : BPI France (2019)

Le modèle repose sur la segmentation suivante :

1 – Les segments clients

Cette rubrique a pour objectif de définir vos segments clients. C'est la raison d'être de votre projet et le cœur de toutes vos attentions. Différenciez vos clients de vos utilisateurs : les clients (ceux qui payent) ne sont pas toujours les utilisateurs de vos produits ou de vos services.

2 – Votre offre / La proposition de valeur

La proposition de valeur apporte une solution à un problème ou satisfait un besoin. L'offre est indissociable du client que vous ciblez, le tandem ainsi créé est le fer de lance de votre entreprise. Avez-vous imaginé toutes les possibilités pour vous démarquer de vos concurrents, en innovant soit par l'offre proposée, soit par l'usage qui en est fait, les moyens mis en œuvre ou la stratégie commerciale ?

3 – Les Canaux

Il s'agit de tous les moyens de communication et de distribution que vous mettez en place pour toucher vos clients. C'est la manière dont votre client va être en contact avec votre offre, et une occasion de vous démarquer.

4 – Relations clients

Cette rubrique décrit les types de relations qu'une entreprise établit avec vos segments clients. C'est au-delà du produit ou du service vendu, par exemple : assurer la fidélité de vos clients, en acquérir de nouveaux, faciliter l'acte d'achat, voire augmenter la fréquence d'achat. Le type de relations clients requis par le modèle économique d'une entreprise influence profondément l'expérience globale du client.

5 – Les revenus

Il s'agit de toutes les rentrées d'argent générées par votre activité. Ils peuvent être ponctuels ou récurrents, fixes (prix catalogue, d'un forfait, d'un abonnement, d'une location, de la publicité) ou variables (en fonction des conditions : temps réel, enchères, sur-mesure, etc.). Comment et quand vont payer vos clients ? Avant ou après que vous ne dépensiez ? Quel est le prix pratiqué selon vos différents segments de clientèle ?

6 – Les ressources clés

Il s'agit de tous les moyens matériels (site de fabrication, le mobilier, le matériel, les véhicules, les locaux, etc.), immatériels (brevet, droit d'auteur, compétence, expertise, base de données, etc.), humains, et financiers que l'entreprise doit réunir pour produire une offre répondant aux attentes de vos clients. Les ressources clés peuvent appartenir à l'entreprise, être louées ou obtenues auprès de partenaires clés.

7 – Les activités clés

Il s'agit des choses les plus importantes qu'une entreprise doit faire pour que son modèle économique fonctionne. Par exemple, dire que vous vendez des produits n'est pas suffisant : s'agit-il de l'achat/revente, ou de la conception et fabrication, ou bien au contraire une place de marché (internet) ? Dans ce dernier cas l'activité réelle de l'entreprise consistera à gérer un site internet et un centre de logistique.

8 – Partenaires clés

Ce sont les alliés extérieurs de l'entreprise grâce auxquels vous pourrez faire évoluer et améliorer votre offre. Une bonne relation partenariale peut par ailleurs vous garantir certains avantages sur vos concurrents : contrôle des prix, exclusivité d'un savoir-faire, maîtrise du cycle de production, etc. Voici des exemples de partenaires clés : fournisseurs, sous-traitants, experts, prescripteurs, anciens clients, etc.

9 – Structures de coûts

Il est enfin nécessaire d'évaluer l'ensemble des coûts indispensables au bon fonctionnement de l'activité décrite.

- Coûts variables : ils dépendent du niveau d'activité de l'entreprise et augmentent au fur et à mesure que le CA augmente (achat de marchandises, commissions, matières premières, etc.).

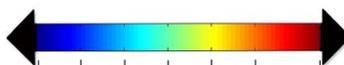
- Coûts fixes : ce sont les dépenses incompressibles indépendantes du CA (prime d'assurance, loyer, ressources humaines, etc.).

3-Innovations de rupture ou innovations incrémentales ?

Dans le cadre de vos activités inventives se trouve parfois énoncé toute une palette lexicale de mot dont les *Business School* raffolent parfois : « *c'est disruptif* », « *Nous sommes en rupture technologique* », « *On*

a changé de paradigme », « *On a fait table rase sur tout* » ... et autres fadaïses de management ou de marketing, on ne sait plus trop. Car « rupture », de quoi parle-t-on en réalité ? Est-ce si fréquent de développer du « disruptif » ? De faire « table rase » sur les innovations passées ? D'opérer des « ruptures technologiques » ? Ou alors vous appelez-vous Léonard de Vinci, Ada Lovelace, Marie Curie, Frank Whittle, Alan Turing, Nikola Tesla, William Shockley, ... mais ces derniers esprits de génie ne sont guère nombreux en réalité.

Lorsque nous évoquons les termes d'innovations de rupture, bien souvent il ne s'agit en réalité que de continuum entre du mineur et du majeur. Entre l'incrémental et une innovation radicale.



Il est parfois coutume de distinguer également l'innovation dans une matrice à double entrée avec, d'un côté, l'impact de l'innovation sur son aspect marketing, et de l'autre son impact technologique.

Quatre dénominations se font alors jour :

<i>Impact marketing élevé</i>	Innovation majeure	Innovation radicale (encore dite « de rupture »)
<i>Impact marketing faible</i>	Innovation incrémentale	Innovation stratégique
	<i>Impact technologique faible</i>	<i>Impact technologique élevé</i>

Tout en gardant à l'esprit que l'innovation est généralement plus graduelle et ne peut se laisser enfermer en de simples typologies. Il s'agit toutefois ici d'un cadre utile pour tenter de mieux caractériser l'innovation.

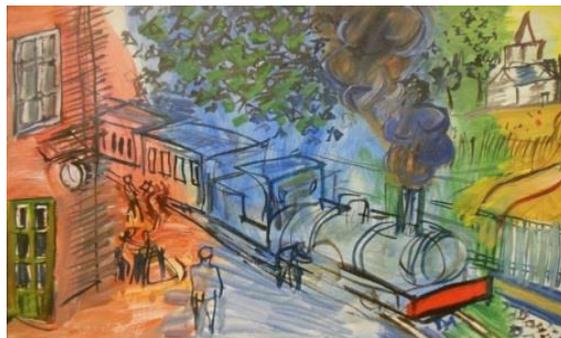
Innovations de rupture ou innovations incrémentales ?

Source : Boissin, O. « *Innovation : circularité industrielle et soutenabilité* » (vol 1), Ed. Bod, 2021.

Il est coutume de différencier deux niveaux d'innovation : L'innovation radicale et l'innovation incrémentale.

1-L'innovation est dite "radicale" lorsqu'elle modifie en profondeur les conditions d'utilisation par les clients et/ou qu'elle s'accompagne d'un bouleversement technologique.

Illustration : parmi d'autres, l'apparition de l'imprimerie, la machine à vapeur, puis le passage du moteur à vapeur au moteur à explosion, du télégraphe au téléphone, du téléphone à internet, le silicium en porosité de l'humain, les nanotechnologies et nanomatériaux, etc.



R. Dufy (1877-1953) « Train rentrant en gare »

L'inventeur R. Trevithick fabriquera la première locomotive à vapeur tout début XIX^e siècle, puis elle sera améliorée par G. Stephenson et M. Séguin au tournant des années 1830. Le trafic ferroviaire deviendra ensuite intense sur cette base technologique jusqu'au milieu du XX^e.

Analysez cette épopée des trains vapeur, les enseignements qui en découlent sont considérables, y compris pour comprendre les défis de la transition énergétique et valorisation industrielle actuels. Bien des trains de nos jours circulent toujours finalement sur une base d'énergie primaire charbon... Et cela n'est aucunement durable comme vous le savez. Si un TGV roulant en France est principalement propulsé par le nucléaire, le même TGV circulant en Chine l'est principalement par le charbon. Il ne s'agit pas tout à fait de la même chose n'est-ce pas ?

Ou encore, un peu moins radical il est vrai, le passage de la cassette VHS au DVD. Le VHS, c'était une sorte de grosses cassettes à bande magnétique. Une invention significative qui sera à l'origine de la diffusion des films. Nous pouvons dire qu'il s'agit là d'une invention située entre du radical et de l'incrémental.

Station de charge Schneider Electric EVlink City (2020)



Cassette VHS (1975)

Les cassettes vidéo : un cas d'école historique sur la guerre des normes technologiques. Ici entre deux standards, le Betamax de Sony et le VHS de JVC. Cela était bien ancien, la décennie 1970, mais comme on le sait, ces questions sont plus que jamais d'actualité, sur nombre de produits et de techniques. Pensons par exemple au standard des bornes de recharge des véhicules électrique, au niveau des constructeurs, au niveau des nations, au niveau des instances européennes.

En général, et y compris entre concurrents, il est souvent préférable de s'entendre en amont du processus d'innovation sur un standard à retenir. En matière de stratégie d'innovation, cette question est toutefois complexe pour 1000 raisons. Tant sur le plan des lobbyings que des choix technologiques, des enjeux de marketing ou des jeux de contraintes réglementaires, Bref, des choix stratégiques majeurs. Nous pourrions revenir oralement sur cela.

Puis les enfants du XXI^e connaîtront le téléchargement par la toile. De même que « l'Ubérisation » du monde, et demain peut-être -sans doute- l'informatique quantique puis la fusion nucléaire.

Avec ces deux dernières inventions, on renoue ici avec les grands sauts scientifiques et techniques de l'histoire.

Exemple d'une innovation radicale : la fusion nucléaire

Maquettage d'exposition
du réacteur de fusion nucléaire



Projet ITER développé à Cadarache (France)

ITER, un programme scientifique de tout premier plan –probablement le plus complexe à mener mondialement– afin de relever un défi scientifique et technique colossal : fournir de l'énergie propre de manière quasi-illimitée à travers un plasma à base d'hydrogène. Le tout inscrit dans une haute complexité organisationnelle et stratégique de 35 pays –plus ou moins en dialogue aisé– engagés depuis 2001 dans le dispositif : Europe, Etats-Unis, Russie, Japon, Chine, Inde, Corée²⁸.

Peu à peu un chantier qui voit le jour, 60% de la réalisation du réacteur étant estimé accomplie en 2020. Mais encore bien du chemin à parcourir avant la possible industrialisation effective du procédé de fusion : 2060 ? 2100 ? 29

Ces types de projets nous rappellent l'ampleur des développements en cours mondialement dans les domaines des Green Techno ou Green Product : photovoltaïque, biomasse, éolien, moteur à hydrogène, agroécologie, ...

Le monde pourrait se décarboner en réalité plus vite qu'on ne le pense.

Mais bien d'autres inventions et innovation majeures sont en marches : la pile à combustible, les exosquelettes avec les personnes handicapées retrouvant motricité, etc. Les inventions et les innovations ont souvent du bon n'est-ce pas ?

28 Parallèlement à ce programme, notons que des membres d'ITER développent par ailleurs en parallèle leur propre programme de fusion comme la Chine qui, en 2020, parviendra à faire fonctionner son Tokamak avec une température d'environ 200 millions de degrés C°. Les Etats-Unis restent de leurs côtés toujours en tête des Tokamak les plus performants avec une température atteinte de 510 millions de degrés, et cela dès la fin des années 1990. Plus largement, la multiplication des projets de soleil artificiel se développe depuis 20 ans à un rythme soutenu, avec notamment des résultats très prometteurs réalisés par les partenaires d'outre-Rhin.

29 Sur la base des recherches de l'UE, des Etats Unis, du Japon et de l'Union Soviétique lancées à partir de 1988, la nature de la conception du réacteur à fusion industrielle sera validée en 2001. Le site retenu sera celui de Cadarache dans les Bouches-du-Rhône. A partir de 2020, 70% du génie civil du réacteur sur ce site sera estimé réalisé, et l'assemblage des composants du Tokamak pourra commencer. Un gigantesque mécano scientifique et technique se mettra alors en place, et devrait conduire à la finalisation de son assemblage en 2025. Selon le planning établi par le comité d'organisation d'ITER, à partir de 2025 devrait ensuite suivre la phase de production du premier plasma. Puis il faudra encore patienter un peu... Selon les experts scientifiques du programme, la première fusion tritium-deutérium pourrait se dérouler autour de 2035. Quant à l'industrialisation effective du procédé de fusion, peut-être pourrait-elle voir le jour entre 2060 sinon 2100. Au final, un chantier technologique et scientifique d'un siècle, bien probablement le plus important mondialement. Pour les étudiants de Phelma –mais pas que –, le centre de recherche maître reste le CEA, mais aussi bien d'autres entreprises sont engagées comme Air Liquide, Bull, Alstom, SDMS, Ifmif, Bergoz, Thalès, Iferc, ... Et cela sous de multiples disciplines : la recherche en physique nucléaire, la cryogénie, champ magnétique, algorithmique, matériaux et composants, accélérateur, simulation numérique, métrologie, supercalculateur, ... Nombre d'entre vous connaîtront ce programme, que ce soit sur le plan des recherches ou de leurs mises en application.



Les coopérations conduites entre les équipes en neurochirurgie du CHU de Grenoble sous la direction du Pr Benabid et celles du CEA Paris Saclay et Grenoble (Clinatec) conduiront à la réalisation des exosquelettes. Un tétraplégique retrouvant la fonction de marcher. L'innovation au service des humains. L'impossible devenu possible. Cela s'appelle le progrès.

Notons que l'innovation radicale peut être plus ou moins dormante, en désaccord avec son temps, tellement souvent en avance lorsqu'elle est en rupture par rapport à l'évolution de la société. On parlera alors d'une innovation potentielle de rupture. A une échelle non pas de consortium scientifique tel le programme ITER, mais plus modestement d'une entreprise, pensons à Kodak. Cette société connue pour son remarquable dynamisme d'inventivité sur longue période laissera dormir sur ses étagères ses inventions réalisées dans le numérique. A son plus grand malheur, car Kodak n'existe plus vraiment dorénavant.



Durant la majeure partie du XX^e siècle, la firme de Rochester était le maître incontesté d'un des segments clé de la photographie : les supports d'impression, sur la base de la technique de l'argentique. Mais à partir de 1975, également le seul à véritablement maîtriser les doubles compétences, certes en conflit, de l'argentique et du numérique. Oui, Kodak était l'un des pionniers du numérique. Et de bien d'autres domaines également que l'on désignera au XXI^e le 4.0.

Les choix stratégiques opérés par la direction du groupe se révéleront toutefois bien hasardeux à partir des années fin 1970 et 1980. L'innovation radicale du numérique restera longtemps dormante au sein de cette entreprise tant innovante depuis sa fondation fin XIX^e. D'une position quasi monopolistique sur les technologies de l'argentique, elle sera alors progressivement évincée du marché de la photographie durant les années 1990, puis déposera son bilan en 2012. A l'inverse, les nouveaux leaders sur le segment tels Samsung Electronique, Nokia, Sony, Apple, ... ainsi que les nouveaux venus tels Hua Wei, ZTE, Xiaomi, Novo, Oppo sauront valoriser et améliorer les avancées du leader Kodak. Pour les intéressés, analysez cela avec soin car il s'agit là d'un cas d'école.

En résumé, la technologie "de rupture", telle que la définit C. Christensen (1997) est initialement sous-performante par rapport aux besoins du marché principal, car trop en avance. Bien souvent cela est exact. A la fin des années 1940, la firme américaine Raytheon inventait le premier four micro-ondes sur base de magnétron. Trente ans plus tard, ce sont les firmes asiatiques qui sauront valoriser cette invention (Sharp, Samsung, Haier, Etc).

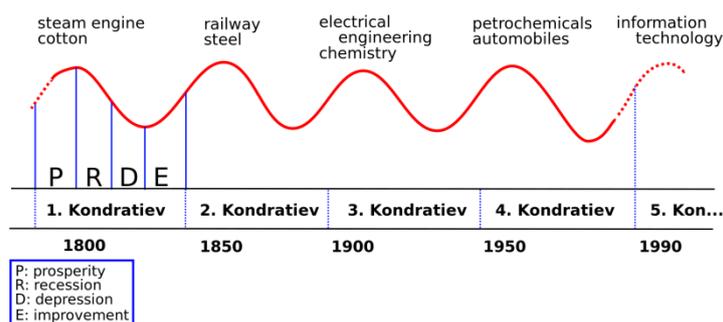


Nous ne trouverons aucun four micro-ondes de l'entreprise Raytheon à l'origine de cette invention dans les rayons des grandes surfaces. Quant au nom de son précurseur, Mr Percy Spencer, un inventeur de tout premier plan, il ne fera jamais fortune.

En dynamique, comme le développait J. Schumpeter l'innovation peut se définir comme un processus de « destruction créatrice ». C'est sur la base de ces vagues d'innovations majeures que se comprennent les cycles économiques longs, dits les cycles Kondratiev. Le four à bois sera remplacé par le charbon, puis par le four électrique.



J. Schumpeter (1883-1950), célèbre économiste ayant notamment développé les bases de la théorie moderne de l'innovation. Mais pas que, un penseur magistral de l'économie politique. En rupture avec les enseignements mécanistes, statiques et en silo disciplinaire de l'académisme standard, il sera l'un des rares maîtres à penser de la science économique. Celui qui nous permet de comprendre aujourd'hui mais aussi demain, les possibles scénarios à venir.



L'explication de la croissance par les cycles de N. Kondratiev (1892-1938) vous semble-t-elle toujours d'actualité ? Par exemple, dans le domaine du ferroviaire, le passage d'une locomotive à vapeur aux motrices propulsées par un moteur Diesel ? Puis par un moteur électrique ? Après demain, en énergie primaire issue de la fusion nucléaire ? Argumentez.



Mieux que de long discours et si la possibilité s'offre à vous, visiter les musées des sciences et des techniques de Berlin ou de Munich. Plus qu'un regard, une expérience.

2-L'innovation incrémentale

Il s'agit de continues -mais mineures- améliorations de techniques ou de produits existants. Elle ne modifie pas en profondeur, ni les usages ni l'état des connaissances scientifiques ou techniques mais apporte une amélioration. Pensons par exemple au passage des souris d'ordinateur à bille aux souris optiques. Ou encore du passage d'un Galaxy S8 au S9, puis du S10 au 20, ...



Le plus souvent, les évolutions technologiques dont témoignent les smartphones, -un des produits par excellence symbolique de notre période 4.0- s'effectuent par des avancées incrémentales plus que de véritables sauts technologiques.

Il s'agit ici toutefois d'une hypothèse, effectuez votre propre analyse.

Prenez une famille de smartphones de votre choix (Samsung, Apple, Huawei, Sony, ...) et analysez son évolution depuis 15 ou 20 ans. Quelles en sont vos conclusions ?

Entre l'innovation mineure et majeure, il reste de la place. Le monde n'est que rarement binaire, l'innovation non plus. De cette métrique, il est d'ailleurs souvent complexe de savoir caractériser une innovation mineure ou majeure. Cette difficulté se trouve renforcée par des phénomènes de percolation en grappe d'innovations. Un smartphone de nos temps est une cathédrale technologique sans nom, mais peut-être davantage inscrite en évolution plutôt qu'en révolution technologique... Analysez.

Les innovations sont inscrites le plus souvent dans de longues temporalités.

Comme le mentionnait un rapport certes ancien mais éclairant de l'académie des sciences et technologie (2013), « *Qu'est-ce qu'une innovation ? Au début du 20ème siècle, personne n'aurait sans doute compris le sens d'une telle question en France, tant les inventions et innovations parfois majeures émergeaient. Quelques exemples ? La turbine à vapeur et à gaz, l'accéléromètre, le scooter, les ailerons d'avion, les pneus à clou, le manche à balai d'avion, l'hélicoptère, le dessin animé, le tube au néon, le sonar, le tube de rouge à lèvres coulissant, le béton compacté et armé, l'avion télécommandé, le récepteur radio à changement de fréquence... Les dates de toutes ces inventions se situent entre 1900 et 1920. Elles ont donc plus ou moins 100 ans et il est remarquable que toutes existent toujours aujourd'hui* ».

Si nous pouvions démonter un moteur de véhicule De Dion-Bouton de 1908, ou encore de la Ford T, nous serions en effet surpris de retrouver une nomenclature finalement guère éloignée de celle de nos temps actuels : came, bielle, piston, segment, ... délivrant puissance par une explosion dans une chambre à combustion.



Démontage par des élèves ingénieur d'un variateur et d'un moteur 4 temps T-Max 500 cm³ en filière Ingénierie de produits de l'ENSE3 et de Génie industriel (Grenoble-INP). Lors de ces étapes de décomposition d'un bloc moteur, il est toujours surprenant de constater la similitude des principes de fonctionnement mécanique alors même que plus

d'un siècle se soit écoulé entre ces deux réalisations. Il est vrai, la sophistication de la mécanique en plus, et puis l'introduction de l'électronique...

Finalement, sur le fonds il n'y a guère eu de révolutions sous les étoiles. Sur un bloc moteur thermique, seulement des évolutions incrémentales, hormis l'introduction du pilotage électronique qui lui représente en effet une innovation de rupture au sein du domaine. Propos subjectifs, conduisez là aussi votre analyse.

* * *

Chapitre 3

« Dessine-moi une tondeuse à gazon ! »



André Franquin

Sommaire

Introduction

- 1-Tondeuse à gazon
- 2-Stylo
- 3-Lève vitre électrique.

Introduction

Sur le plan empirique, dans ce chapitre nous allons illustrer l'analyse de la valeur à travers quatre cas d'études. Chaque cas va se focaliser sur l'une des étapes clé de l'Analyse de la valeur. Ils vont traiter :

- de la bête à corne
- du diagramme pieuvre (également nommé diagramme des interactions)
- de l'arborescence FAST
- de l'identification des coûts discriminés par fonction, et en nomenclature produit
- des spécifications techniques à prendre en compte lors de la rédaction du CDC
- des modes de protections en propriété intellectuelle de l'activité inventive.

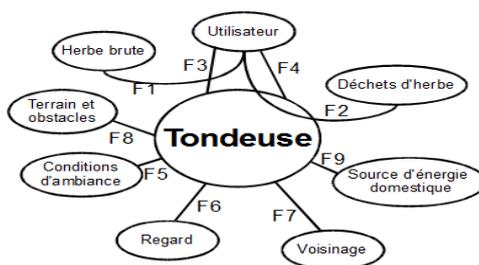
* * *

1- Tondeuse à gazon : comment arrêter le choix d'une solution technique ?

Ce premier cas permet de comprendre la construction d'un diagramme pieuvre et son arborescence FAST, deux des étapes préliminaires d'une AV.



Tondeuse à gazon : fonction principale, en règle générale, évitez de faire une usine à gaz. Ici, il suffira de mentionner la conception d'un produit permettant de couper l'herbe. On comprend, et cela c'est pas mal !



Les solutions pour réaliser cette fonction sont multiples, ainsi que les contraintes à prendre en compte. Notamment :

1- Une solution capable de s'adapter au terrain et à une diversité de végétation.

Quel sera le milieu d'utilisation de la tondeuse ? Prévoir en conséquence :

- (i) Une mobilité et capacité de la tondeuse à franchir des obstacles.
- (ii) Une puissance de tonte suffisante.

2- Economie circulaire : respecter l'environnement (écologie et sonorité) et travailler en éco-conception. Alors évincer le choix d'une tondeuse à moteur thermique ...

- (i) Quelle source énergétique faut-il privilégier afin de réduire l'empreinte écologique ? (et cela aux trois stades de l'extraction/production - exploitation – et vie post mortem). Une solution par tondeuse électrique pourrait alors s'imposer. Si tel est le cas, dans le FAST deux solutions seront possibles : tondeuse électrique avec fil, ou

en autonomie par batterie. Estimer une empreinte carbone nécessitera toutefois de connaître la source du mix électrique du pays.

Si c'est le fonctionnement sans fil qui est retenu, cela nécessitera de stocker l'électricité dans une batterie (ion-Li par exemple), avec ce que cela signifie en termes d'émissions d'eq. CO₂. Et de recyclage batterie...

Puis, il faudra continuer de décliner les arbitrages propres au choix technologique. Quelle puissance recherchée ? quel type de batterie ? 24 V ? 48 V ? en 2, 3, 4, 5 Ah ?

- (ii) Comment prévoir au mieux les activités de maintenance. Par exemple, dans le diagramme Fast, mentionner en fonction principale la capacité de démonter aisément la lame –pour aiguisement ou remplacement-, si le choix de coupe privilégié se fait par une solution de lame.
- (iii) Quelle solution afin de réduire les nuisances sonores ?
- (iv) Quelle durée de vie visée ? Et quel recyclage possible des composants ?

Au regard d'une démarche en ACV, une tondeuse électrique peut s'avérer une solution. Cette dernière se révélant beaucoup moins impactante qu'une tondeuse à moteur thermique il est vrai, et que cette dernière soit à 2 temps ou à 4 temps (30). Le résultat en est toujours une tragédie pour l'environnement.

Si l'objectif est toutefois de persister sur un moteur thermique, une avancée significative serait d'incorporer un pot catalytique. Face à l'ampleur des émissions d'eq carbone, une obligation réglementaire serait d'ailleurs sans doute nécessaire. Et non pas du luxe ... ³¹.



Selon les études disponibles, les tondeuses thermiques (essence) automotrices émettent de deux à cinq fois plus de CO₂ et NO_x qu'une voiture moderne de cylindrée moyenne. On ne sait pas bien en réalité et les études très divergentes sur la question. Un écart type quoi qu'il en soit affolant.

Retenons qu'une tondeuse thermique pollue de manière non négligeable...

Et qu'il est estimé qu'en moteur 2 temps, elle rejette un tier de gaz toxiques non brûlés.

Alors partons ici sur un choix de tondeuse électrique. En France, à grosse maille une tondeuse « nucléaire » donc.

Mais comment arrêter le choix entre une tondeuse électrique filaire ou autonome par batterie ? Il faudra alors mener cela dans les 4 phases propres à l'ACV (en circularité) :

30 Selon les études disponibles, les tondeuses thermiques (essence) automotrices émettent autant, sinon deux à cinq fois plus de CO₂ et NO_x qu'une voiture de cylindrée moyenne. Dans certaines études, 10 fois plus.

31 Cette décision devrait conduire à intégrer le facteur « risque » également à la tondeuse, les montées en températures liées au pot catalytique pouvant conduire à des risques d'incendie en zone sèche.

- Analyse du besoin
- Inventaire de la nomenclature produit retenue (diagramme FAST)
- Calcul des émissions CO2 (variable selon le pays d'utilisation)
- Analyse en approche d'amélioration continue de la solution retenue.

Si dans le cadre du bien à concevoir la nomenclature est complexe, ce qui est généralement le cas, au moins ne pas se tromper sur les grands postes de la nomenclature, et cela sur leurs trois phases d'ACV :

- Extraction (production du bien)
- Exploitation (fonctionnement du bien)
- Recyclage et/ou Post mortem.

Par exemple, dans le choix d'une tondeuse, quel choix du mode de propulsion retenir, mais aussi quel choix de lame³², de transmission (courroie, hydrostatique, cardan ? ...), de plateau de coupe, etc.

Si votre arbitrage du plateau de coupe s'arrête sur de l'aluminium, ce dernier est-il issu d'une première ou d'une seconde fusion ? Cela ne sera pas neutre dans l'émission eq. carbone à comptabiliser durant la phase de production d'une tondeuse. Selon les données Ademe, en France le taux d'émission sera en effet près de 20 fois plus faible s'il s'agit d'une seconde fusion. Veiller alors à avoir un fournisseur de métal travaillant sur cette base de process en seconde fusion. Bonne nouvelle, c'est généralement le cas...

Emission CO2 en comparaison d'un process en recyclage ou vierge

Matériaux : ici l'aluminium³³

Taux d'émission vierge (kg CO2e/t) : 9827

Taux d'émission recyclé (kg CO2e/t) : 513

Mais en amont, mettre cela également en comparaison avec d'autres choix de matériaux possibles. D'autres arbitrages sont en effet possibles dans la conception d'un plateau de coupe : acier, plastique, composite, ... et opter pour le moins impactant, tout en parvenant à satisfaire la fonction principale recherchée.

Ces questions peuvent paraître simples sur le papier, mais sont en réalité le plus souvent complexes car chaque matériau détient ses avantages et ses inconvénients.

Par exemple, pour un plateau de coupe, une tôle aluminium sera légère et non corrosive mais plus couteuse que du plastique ou de l'acier. L'acier sera plus bruyant au fonctionnement et pourra rouiller. Le plastique sera certes léger et peu coûteux, mais pourra se fracturer ou encore perdre ses propriétés mécaniques avec le temps, etc.

³² Hélicoïdale, par microfleaux ou lame rotative par exemple. Quels avantages et limites sur chacune de ces trois options ?

³³ Données 2017 selon Federec, « Evaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie », et ADEME

- (v) Impact sur la faune (la tondeuse procède à une destruction importante de la biodiversité, faut-il le rappeler ? Alors peut-on réduire cet impact et comment ?

A cela nous pourrions rajouter une autre Fonction Principale :

3- Faciliter d'utilisation et de rangement pour l'utilisateur. Et sans oublier la sécurité !

C'est à dire ne pas oublier de développer l'AV dans une approche usager. On retrouve là la facilité d'utilisation de la tondeuse. Donc aussi les arbitrages sur son poids, maniabilité, type d'évacuation et de collecte de l'herbe (sac toile ou bac plastique ? bac métal ?)

Et le tout sans risque pour l'utilisateur qui peut parfois être plus ou moins avertis vis-à-vis d'un objet technique. Donc une prévention des risques d'utilisation doit être étudiée avec soin. Sinon l'affaire pourrait se finir au CHU... qui pour l'heure, en ces temps plus ou moins de Covid ont d'autres chats à fouetter.



Chaque année, en France environ 1000 personnes sont accidentées par des accidents de tondeuse selon l'enquête permanente des accidents de la vie courante (EPAC)³⁴.

Et puis penser aussi au stockage car il ne s'agit pas ici d'un collier de perles ou d'un micro-processeur aux dimensionnements beaucoup plus petits. Bref, même avec une tondeuse à gazon, tout devient de plus en plus complexe... qui l'aurait cru ?

Des produits inscrits dans un spectre très étendu de complexité scientifique et/ou technique



D'un côté un objet technique risqué, de l'autre un bijou, c'est-à-dire un objet peu encombrant et sans guère de risque pour l'utilisateur. Et puis ensuite une cathédrale technologique : une gaufrette de silicium. Là se trouve un changement d'échelle sur à peu près tout. Chaque bien à concevoir détient ainsi son degré de complexité. Et à un stade intermédiaire entre un collier de perle et un microprocesseur se trouve peut-être notre tondeuse à gazon.

³⁴ De multiples raisons comme toujours, et qui devront être analysées avec soin lors du choix de conception afin de prévenir les risques : risque de coupure de fil électrique si le choix porte sur une tondeuse électrique filaire, risque chimique d'émanations toxiques pour les tondeuses thermiques, risque auditif, problème lié à la rotation de la lame, choix des carters de protection, etc.).

C'est à dire une AV très simple à mener dans le cadre d'un collier de perle fantaisie, difficile pour une tondeuse à gazon, et d'une extrême complexité pour la conception d'un wafer : sélection et traitement des matériaux, qualification des fournisseurs, des équipements et des process en salle blanche, gestion des risques et de l'AMDEC, ... Bref, ce n'est pas sur un plateau projet de GINOVA que l'on pourrait inventer le microprocesseur de demain, mais davantage au CEA LETI (Polygone scientifique de Grenoble) et avec des analyses de la valeur qui ne pourront malheureusement se consigner dans un manuel de quelques dizaines de pages...



CEA Leti ...



Puis à quelques encablures, la plateforme Gi-nova
(Photo de Michel Gasarian – UDIMAG),

CEA Leti, Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information. Près de 2000 chercheurs, 300 doctorants, des salles blanches d'une couverture de 10.000 m². Des démarches de conception nécessitant des niveaux de compétences très élevées et des intégrations produit-process particulièrement complexes. Le diagramme FAST d'un microprocesseur ne peut alors se confondre avec celui d'une tondeuse à gazon ...

Alors retour à nos tondeuses à gazon !

(i) un recueil amont d'informations sur la base de groupe utilisateurs et des réseaux spécialisés de distribution s'avèrera précieux. Quelles sont les modes d'utilisation et l'objectif principal recherché ?

(ii) afin de concevoir un bien sécurisé et répondant aux finalités attendues (ici, pour nous résumer : couper l'herbe, d'un usage aisé, et peu impactant environnementalement).

Bref un mouton !



« Quoi que ... ça dépend de ce que je mange, de mes réelles émissions eq CO₂ et autres dégradations de la biodiversité... »

4- Offrir un rapport qualité/prix attractif.

Comme précédemment noté, une AV s'inscrit dans l'éternelle analyse coût/bénéfice.

Le prix de vente du bien ou du service conçu n'est jamais neutre... Une analyse comparée des produits concurrents sur le marché doit donc être menée avant de se lancer dans une activité de conception.

(i) offrir un rapport qualité/prix attractif. Chercher à commercialiser une tondeuse électrique à batterie au prix de vente de 700€ alors qu'un produit concurrent aux caractéristiques techniques proches mais affichant un prix de 400€ conduira ainsi à des interrogations quant aux parts de marchés possibles...



Tondeuse à batterie, avec prix cible de 700 €.

Quels sont les prix des produits concurrents à performances similaires, et bénéficiant d'une réputation d'entreprise proche ?

Lors de l'AV, toujours savoir identifier une fourchette de prix de vente.
Puis en fonction de cela, le coût cible pourra ensuite être défini.

Cela étant dit, si la valeur est estimée importante par le client, le rapport qualité/prix ne sera pas forcément mis en exergue. La marge pourra être significative.

Et sans nécessairement offrir une innovation de rupture...

En effet, contrairement à certaines messes de marketing, l'innovation consiste le plus souvent à améliorer incrémentalement l'existant, ou encore à marier des innovations déjà existantes. Et cela, même chez Apple, Steve Jobs était en la matière une figure de proue n'est-ce pas ? On peut faire du neuf en développant d'ingénieuses complémentarités, avec des innovations existantes plus ou moins dormantes. De même, associer des inventions dormantes ou sous valorisées en un nouveau produit représente en soi une innovation.

-Fonction contraintes

(i) Respecter les normes de sécurité. Par exemple quelles normes au niveau sonore ? Peut-on aller plus loin dans une faible émission de décibels³⁵ ? L'aspect réglementaire se révèle là aussi central. Et sans oublier qu'une contrainte est souvent un puissant levier à l'innovation ! C'est là bonne nouvelle ! On innove souvent par contrainte.

-Fonctions complémentaires possibles

(i) Ramasser l'herbe.

35 Une tondeuse électrique génère environ 75 décibels contre 95 pour une tondeuse à propulsion thermique.

(ii) Fonctionner sans l'intervention de l'utilisateur.



Tondeuse électrique autonome :
La fonction complémentaire peut également se transformer ici en fonction principale.

L'ensemble de ces questions ouvrent bien des pistes de solutions. Il faudra savoir les formaliser à travers un diagramme FAST. Ici par exemple, une des briques de l'arborescence sera le choix du groupe propulsion.

FP A : Quel type de fonctionnement pour permettre une puissance de tonte suffisante ?

Cela se déclinera ensuite dans un choix de motorisation. Mais cela pourrait être tout autant manuel. On dit souvent *Low-Tech* de nos jours. Sur cette famille de produit, la seule véritable solution peu impactante sur le plan de l'environnement. Finalement, plutôt que d'épuiser son énergie sur des vélos d'appartement... Mais encore faut-il avoir un peu d'herbes à couper...



Tondeuse manuelle : une illustration possible d'une solution en *Low-Tech*

Mais ici, le choix retenu sera dédié à la fée électricité.

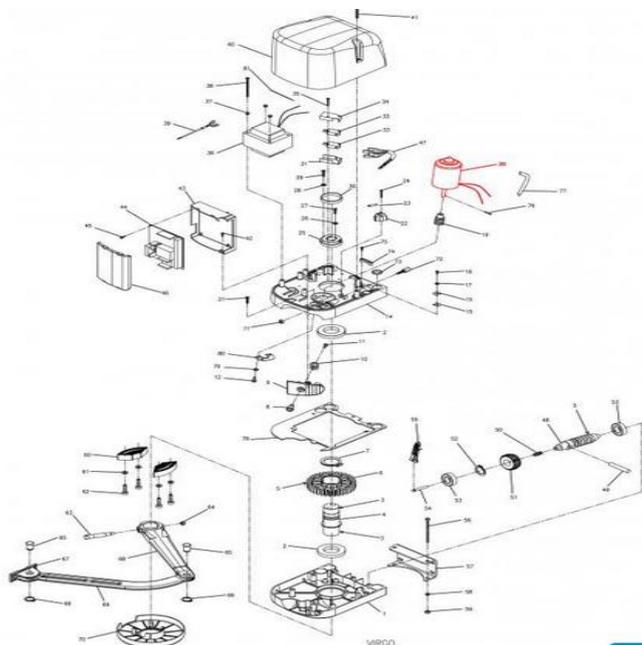
FPA1 : si la solution est filaire, opter pour un moteur électrique.
-par exemple, un choix élevé de puissance : 1300 W



Moteur électrique pour tondeuse à gazon (ATB Wolf, 1300 W)

Puis l'approche s'étendra sur l'ensemble des composants avec leurs spécifications techniques et de coûts. Pour au final arrêter un choix de conception. On retrouve là notre approche amont. Comme dans la firme Lego, avec leur bureau d'étude chargé de concevoir les nouvelles boîtes de Lego Technic.

Et il faut qu'au final tout cela s'assemble et fonctionne correctement, avec un mode d'emploi le plus simple possible. En ce monde si souvent complexe, le concepteur doit aussi être le gardien du temple d'une simplicité offerte à l'utilisateur. Là aussi, plus facile à dire qu'à faire...



Eclaté du bloc propulsion d'une tondeuse par choix de motorisation électrique filaire (Virgo BFT).

2- Stylo à bille : l'analyse des coûts.

D'une part, ce cas nous permet d'illustrer la prise en compte des fonctions principales, complémentaires et contraintes. Et d'autre part, d'identifier plus précisément la prise en compte des coûts : comment identifier les coûts de chacune des composantes constitutives de l'offre.

Dans le cadre d'un stylo, la fonction principale est une coulée d'encre sur un support donné. Quant aux contraintes, elles sont multiples, et peuvent se décliner en fonctions principales, complémentaires et contraintes :

Fonction principale

-Écrire sur la base d'encre de différentes couleurs.

Fonction complémentaire

-Respecter l'environnement.

-Ergonomie adaptée.

-Éliminer les risques d'entâchement en dehors de son utilisation.

-Pouvoir être utilisé par un droitier comme par un gaucher.

-Pouvoir s'effacer.

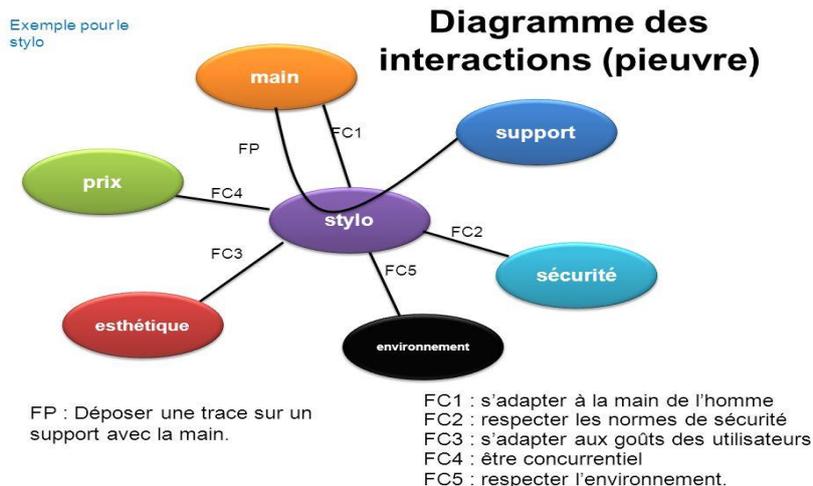
-Esthétisme

-Témoigner d'une valeur de différenciation (VA sociale, culturelle).

Fonction contrainte

-Respecter les normes de sécurité en vigueur (par exemple, le stylo doit pouvoir être utilisé sans danger par un enfant).

Le diagramme peut ainsi se dessiner de la sorte :



Puis une fois ce schéma d'interaction posé, on peut caractériser les coûts de la nomenclature produit, ici en le discriminant par les fonctions :

Composantes	Coût des composants (centimes)	Coût de la nomenclature				
		F1 <i>saisissable</i>	F2 <i>laisser une trace</i>	F3 <i>rangeable</i>	F4 <i>étanche</i>	Fx
<i>Corps</i>	8	X		X		
<i>Bille</i>	4		X			
<i>Encre</i>	5		X		X	
<i>réservoir</i>	4	X			X	
<i>capuchon</i>	3	X		X	X	
Coût des fonctions	24 cts	Coût unitaire de la nomenclature produit afin de répondre aux fonctions				

Définitions

En matière de coût, dans sa phase initiale la méthode de l'AV totalise l'ensemble des coûts des composants mobilisés dans la solution technique retenue. On parle d'un coût de la nomenclature produit.

Ce dernier n'est toutefois qu'un des éléments des coûts totaux que devra supporter l'entreprise vis-à-vis du bien à réaliser. En effet, il lui faut rajouter des coûts fixes, mais aussi d'autres coûts variables sur des fonctions externes et supports, comme la Supply Chain où la distribution par exemple. On rentre là dans le domaine de la comptabilité analytique de l'entreprise. Objectif : définir le coût complet et le prix de vente d'un bien.

Au préalable, cela nécessite de distinguer différentes formes de coûts.

-Coût direct et coût indirect

Ces coûts sont directement rattachables au bien produit (cout direct), ici la production d'un stylo, de ceux qui ne le sont pas (on parle alors de coûts indirects).

- Coût de production : il convient d'inclure (le cout de la nomenclature produit x quantité produite + les coûts de gestion des stocks). Si l'on divise le tout par la quantité réalisée, l'on obtient le coût de production unitaire, hors amortissement.

Si l'on souhaite obtenir le coût de production direct du bien produit :

Cout fixe de production + coût de la nomenclature produit = coût direct de la production

Cout de revient complet =

<u>Coût total de production d'un bien fabriqué.</u> Ce dernier comprenant à la fois les coûts indirects (salaires et amortissement) + les coûts directs de production par bien produit (coûts fixes de production + coût de la nomenclature produit)
--

+

<u>Coût total de gestion, de la Supply Chain, distribution, SAV.</u> Sur le plan de la comptabilité analytique, ce poste est ventilé en coûts indirects de gestion et de distribution par unité vendue (charges fixes et charges financières) + les coûts directs par bien vendu (coût des stocks, coût de distribution et SAV)

Durant vos plateaux innovation Gi-Nova, la situation est plus simple. Il convient juste de totaliser le coût de la nomenclature produit + votre coût salarial, ici dérisoire car l'on va tarifier cela à un coût stagiaire + le coût d'amortissement des biens d'équipements de la plateforme + un coût d'expertise de vos enseignants chercheurs, tels des consultants finalement. A grosse maille, vous obtiendrez ainsi le coût complet relatif à votre projet de conception.

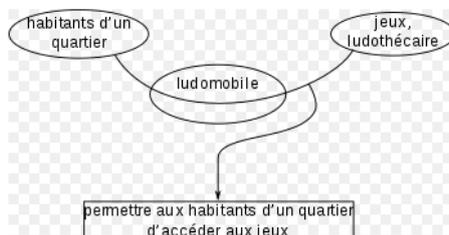
3-Ludomobile : de la bête à cornes au diagramme FAST.

Ici, le cas permettra d'identifier l'étape de l'AV liée au diagramme FAST, et de l'appliquer à une activité orientée service. Sur le plan des sources, j'ai retenu des données disponibles sur Wikimedia Commons.



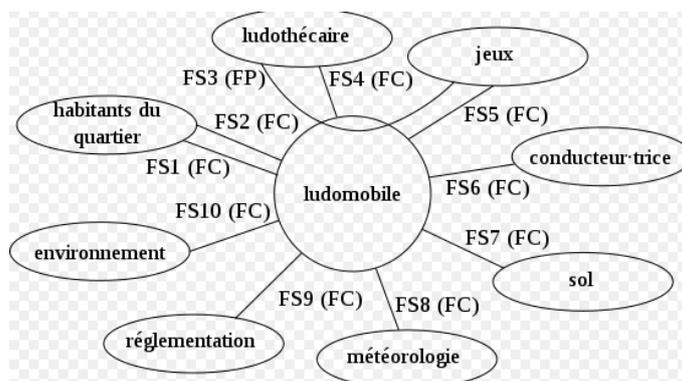
Rappelons qu'une ludomobile est un véhicule permettant de transporter jeux et jouets vers un lieu de divertissement. Durant un temps, la ludothèque pourra ainsi fonctionner avant de repartir vers une autre commune, une autre salle de jeux, etc.

Bête à corne du Ludomobile



Cette étape permet d'identifier l'expression de la recherche du besoin. C'est là l'origine de l'AV (besoin exprimé : accès aux jeux et jouets en des lieux géographiquement éloignés).

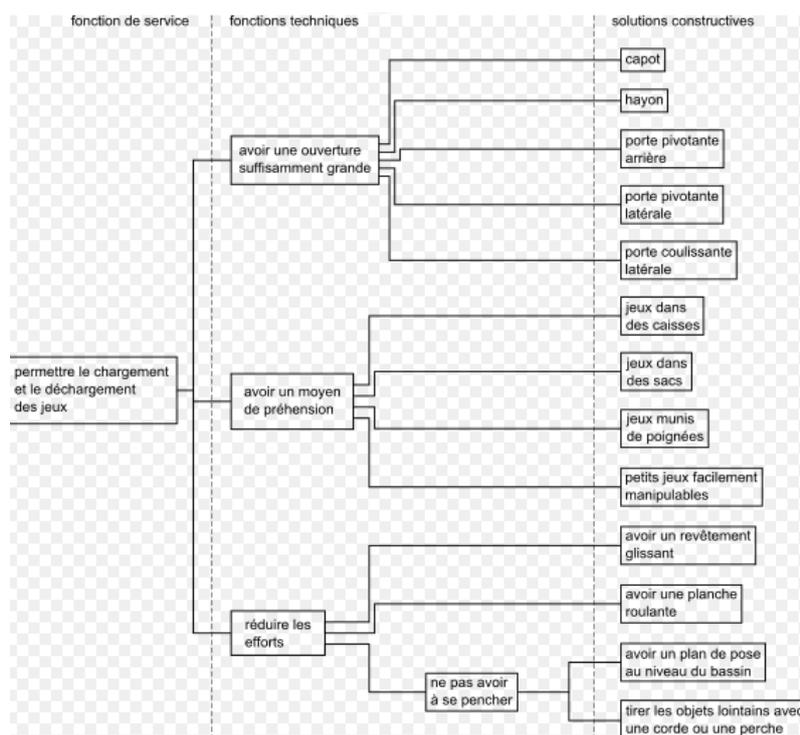
Puis l'AV se précise par l'étape du diagramme pieuvre. L'ensemble des interactions peut alors s'illustrer ainsi :



Source : Wikimedia Commons

Cette phase est cruciale car elle permet de prendre en compte l'ensemble des éléments afin de trouver une solution au besoin exprimé. Puis par affinement, l'arborescence FAST décompose les briques nécessaires à la solution sur son plan technologique.

L'application FAST se focalise ici sur la fonction principale « Charger et décharger les jeux ». Cette identification initie le processus d'innovation à déployer, les localisations de la valeur, ainsi que la segmentation des coûts. C'est en cela que le diagramme Fast est l'étape sans doute la plus complexe et importante à mener durant une AV.



Source : C Dang, Wikimedia Commons, 2018.

La complexité vient notamment du fait que les démarches de conception sont généralement conditionnées par des démarches en coût cible (*Target Costing*). Dès lors, la nomenclature du Fast se trouve définie par une contrainte avant tout budgétaire. Pas évident dès lors de laisser libre court à l'imagination de votre équipe lors des phases amont de créativité. La rationalité des coûts conduira en effet à contraindre le domaine des possibles. L'imagination-idéation se révélera, mais au service principalement d'une démarche en *Design to Cost*.

Et à cela s'ajoute une seconde limite : si l'on conserve un esprit critique, ce qu'il vous faut chérir par-dessus tout, la contrainte environnementale risque de se trouver relégué au second plan des données à prendre en compte. Alors même qu'elle devrait se situer au cœur de la démarche de l'AV comme nous le rappelle l'approche 2Q2F du mouvement TWM (page 27).

Loin d'une démarche en éco-conception, de nos jours bien des projets d'AV ne prennent ainsi guère compte de la variable environnementale lors des arbitrages de la nomenclature produit.

Pire, ils passent sous silence les coûts environnementaux liés au choix de conception. Dans la grande majorité des secteurs notamment à fort impact CO₂, il y a une sous-estimation significative des coûts portés à l'environnement, et autres externalités négatives. Un prix de vente d'aluminium coûte par exemple 1.5 euros le kg de nos jours au London Metal Exchange, alors que son vrai prix si nous internalisions son coût environnemental serait à multiplier par 3 (sinon par 5 ?)³⁶.

³⁶ Ce chiffrage est complexe à conduire car l'aluminium détient cette formidable propriété d'être recyclable à l'infini et sans perte de qualité, le tout avec une substantielle économie d'énergie comparativement à une première fusion. Lors d'un process en seconde fusion, il est estimé une économie d'environ 90% à 95% de sa consommation énergétique comparée à son cycle d'extraction initial (bauxite-raffinage de l'alumine-électrolyse de l'aluminium). Cela signifie une empreinte carbone très fortement réduite dans le cadre d'une option de production en seconde fusion. Et ce point n'est pas à minimiser du fait que l'essentiel de l'aluminium consommé dans le monde provient de ces process en seconde fusion. Il n'empêche que le stade aval de la fonderie en semi fini, puis en produit fini restent fortement consommateurs d'énergie, et l'impact environnemental doit ainsi être apprécié en fonction de la nature des énergies

Dit autrement, une boîte boisson en aluminium n'est pas chiffrée dans une AV classique à son vrai coût, mais bien en deca. Idem pour un cadre de vélo en aluminium, un bloc moteur ou une carrosserie d'une voiture, ou d'un utilitaire Ludo mobile, etc.



L'importance d'une fiscalité verte afin de rétablir l'internalisation des coûts environnementaux dans les biens et services. Le réel prix de vente d'un kg d'aluminium ou d'un litre d'essence n'est pas de 1.5 e en réalité, mais bien supérieur à cela.

Et il en est de même pour une batterie électrique Ion-Li retenue dans une AV de tondeuse à gazon, pour un ouvrage d'art en béton armé, un pneumatique de véhicule, etc.

En cela, le cahier des charges proposé par le mouvement « *Think What Matters* » est précieux dans ses interrogations. Prendre en compte le vrai coût environnemental lors des démarches de conception. Peut-être un jour une fiscalité verte parviendra à compenser ces profonds déséquilibres. Si la mesure ne vient de l'extérieur, elle ne pourra de son côté venir de l'intérieur. En effet, la firme va tarifier son coût complet lors de l'AV sur la base de ses prix d'acquisition. Comment pourrait-il en être autrement ?

4. Lève vitre électrique : CDC et protection de l'invention

Cette illustration ouvre là aussi la réflexion sur le diagramme pieuvre, mais également sur les éléments à prendre en compte dans la rédaction d'un cahier des charges. Et puis aussi sur la propriété intellectuelle et industrielle liée à l'invention. L'annexe 5 complètera le cas sur le plan des spécifications techniques plus précises au sein du CDC. Ce cas a été notamment développé par une équipe de l'ENS Cachan (2006).

primaires mobilisées. L'aluminium provient-il d'unités de production localisées en Pologne ou en Chine (c'est-à-dire fonctionnant majoritairement sur la base d'énergie primaire charbon) ou d'autres nations utilisant par exemple le gaz, ou encore le nucléaire ? Le bilan carbone en sera fortement distinct. A chaque unité de production se réfère ainsi une empreinte carbone spécifique. En cela les coûts environnementaux témoignent en réalité de fortes discriminations selon les nations, et il n'est guère aisé sur l'ensemble de la filière de l'identifier aisément.



Rappelons que les lève-vitres électriques existent de manière généralisée sur les véhicules depuis maintenant plus de 20 ans³⁷. Bien des progrès ont donc eu lieu dessus. Ne pas omettre lors de vos AV de mener un benchmark sur les solutions existantes. Car, sans surprise, la technologie a évolué au cours des années.

A partir de l'étude technique d'un lève-vitre électrique, ce troisième cas illustre l'ACV et la rédaction d'un CDC orienté produit.

Diagramme pieuvre

Comme nous l'avons vu, ce diagramme permet l'identification de l'ensemble des interactions du produit avec son environnement. Et concernant les nomenclatures, sans surprise elle se complexifient le plus souvent avec le temps. Le lèvre vitre n'échappe pas à la règle.



De même qu'une Logan ne peut se confondre avec une 2CV en termes de systèmes et de composants mobilisés, un lève vitre d'une 2CV des années 70 ne peut lui-même se confondre avec une lève vitre électrique actuel. Chaque système aura son analyse pieuvre distincte, sa nomenclature propre et son jeu de contraintes coûts-bénéfices spécifiques. Et son empreinte écologique aussi...

37 Comme le souligne B. Philippe, le lève-vitre est une innovation ancienne, présente dès 1941 aux Etats-Unis : «A bord de la luxueuse limousine Lincoln, les passagers profitent déjà de vitres électriques par l'intermédiaire de Ford. C'est après la guerre que BMW l'installe pour la première fois en Europe sur le coupé 2+2 503. Si les manivelles disparaissent à l'avant progressivement au cours des années 90, ils restent aujourd'hui encore des modèles de citadines qui en sont toujours dotées à l'arrière sur l'entrée de gamme » (Source : B. Philippe, « Autosphère Blog : lèvre vitre »).

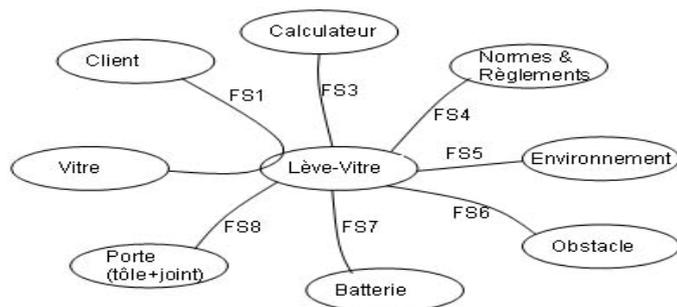


Diagramme pieuvre du lève-vitre

Clin d'œil aux voitures des temps passés : la solution retenue relevait d'un cahier des charges bien différent. Pourtant la fonction restait approximativement la même : ouvrir ou fermer la fenêtre d'un véhicule. Sans pour autant refuser le progrès, les maîtres du *Low-Tech* sont principalement à rechercher dans les générations passées n'est-ce pas ?



Quels éléments inscrits dans un CDC ?

Dorénavant, au sein du CDC se trouve mentionnés de multiples spécifications à qualifier et objectifs à respecter. Dans le cadre d'un lève vitre, dix principalement :

- Matériaux mobilisés
- Géométrie de la vitre
- Positionnement
- Temps de montée / descente de la vitre
- Tension et intensité en termes de puissance électrique nécessaire
- Respect du système aux spécifications de la batterie.
- Bruit toléré en situation de fonctionnement
- Résistance du dispositif aux vibrations du véhicule et au claquement de porte.
- Respect des normes en vigueur.
- Respect d'une coûtenance au regard d'une cible coût définie.

Puis en fonction du lève-vitre en question, des mesures seront associées au CDC. Par exemple, un temps maximum de montée-descente de la vitre selon les modèles de véhicule. Le monde témoigne bel et bien d'une montée en complexité croissante. Et si l'innovation de demain consistait à retrouver les voies de la simplicité ? La question reste ouverte.

Derrière se trouve l'approche en *Frugal engineering*, mais aussi les *Right Tech*. Ne pas en conclure un refus des innovations, seulement leurs inscriptions dans une approche soutenable.

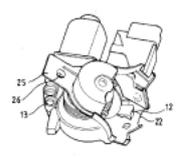
Propriété intellectuelle et industrielle

Innover est une chose, mais savoir protéger l'invention est un autre élément à ne point négliger. Sur un bien industriel dont l'antériorité de la découverte peut être prouvée aisément devant une instance juridique, le brevet est généralement la solution à retenir. En réciprocité du versement d'une redevance annuelle, il offre de nombreux avantages, dont deux principaux :

(i) Le plus important vient du fait qu'il garantit à son titulaire un monopole sur l'exploitation de l'invention pouvant aller jusqu'à 20 ans. Cela nécessite toutefois d'acquitter des annuités ³⁸, ce qui représente un frein notamment pour les PME de par les montants en jeu.

(ii) Le brevet permet également de freiner la concurrence. En d'autres termes, il représente une barrière à l'entrée. Mais encore faut-il que le régime de propriété sur le bien soit fort. Ici, la réponse n'est pas d'une robustesse à toute épreuve car il existe plusieurs moyens de déployer un système d'actionnement d'un lève-vitre. Dit autrement, le contournement du brevet n'est pas d'une complexité dantesque.

Brevet d'un boîtier de dispositif d'actionnement de lève-vitre³⁹

10 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE PARIS		11 N° de publication : 2 857 908 <small>(à utiliser que pour les commandes de reproduction)</small> 12 N° d'enregistrement national : 03 09141 13 int C ⁷ : B 66 J 504, B 66 J 7057, 117, E 05 F 1148, 1576
14 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1		
15 Date de dépôt : 25.07.03 16 Priorité :	17 Demandeur(s) : ARVINMERITOR LIGHT VEHICLE SYSTEMS - FRANCE Société anonyme - FR.	
18 Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.01.05 (Julein 05/04). 19 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule. 20 Références à d'autres documents nationaux apparentés :	21 Inventeur(s) : DOUX JEAN PIERRE, GALLIOT NICOLAS, HEMOND STEPHANE, HURT PATRICK et MICHEL DIDIER. 22 Titulaire(s) : 23 Mandataire(s) : CABINET HIRSCH.	
24 BOITIER DE DISPOSITIF D'ACTIONNEMENT DE LEVE-VITRE. 25 Un boîtier de dispositif d'actionnement de lève-vitre comprend un réceptacle (10) comprenant une paroi (11) sur laquelle est disposée une languette (12), un couvercle (20) comprenant une rainure (22) adaptée à coopérer avec la languette (12) et un élément de fixation (30) du couvercle sur le réceptacle. Le boîtier est destiné à être fixé sur une paroi de support d'un ouvrant de véhicule.		
FR 2 857 908 - A1		
		

38 Ces dernières sont modestes, de l'ordre de quelques centaines d'euros/an durant les premières années ; ensuite elles augmentent avec le temps pour arriver vers les 1000 e / an au bout de 20 ans. En général, la durée moyenne des brevets décidée par leurs inventeurs se limite souvent à une dizaine d'années.

39 Nous nous limitons ici à la reproduction des deux premières pages du brevet mais l'ensemble de la documentation relative à ce brevet se compose de 16 pages de spécifications juridiques. Le brevet est disponible sur la base de l'INPI sous le code brevet FR 2857908A1. Brevet déposé par les inventeurs JP Doux, N. Galliot, S. Hemond, P. Hurt et D. Michel avec une date de disposition au public de la demande le 28 janvier 2005.

Comment protéger une invention ou une innovation ? De même, n'hésitez pas à pousser la porte de l'INPI qui se trouve juste derrière la gare SNCF de la cité des Alpes. Bien des conseils éclairés devraient en découler.

Innovation majeure, mineure, frugale

Comparativement aux anciens systèmes d'ouverture techniquement plus simples, nous pouvons ici nommer le lève vitre électrique comme une innovation mineure. C'est-à-dire un type d'innovation offrant quelques avantages en termes de facilité d'usage. Mais aucunement une innovation majeure, telle l'invention du moteur électrique au cours du XIX^e siècle, par Davenport notamment⁴⁰. C'est-à-dire pour ce dernier, d'une véritable découverte, ce moteur étant toujours appliqué de nos jours pour actionner par exemple notre lève vitre de véhicule...

Mineure ne signifie pas nécessairement une simplicité du dispositif, car comme nous le savons la nomenclature des composants -batterie, câble et connectique, moteur, commutateur, etc.- est sans commune mesure plus complexe que celle des solutions antérieures.



L'alimentation électrique d'un lève vitre n'est qu'un des éléments inclus dans le faisceau électrique d'un véhicule. Le choix de conception en multiplexage vise une réduction des coûts de production et un accroissement de polyvalence et de réactivité pour la fourniture du câblage et de son installation sur les véhicules. Cela s'inscrit dans des choix de conception beaucoup plus complexe qu'un lève vitre manuel.

La vitre d'une 2CV des temps anciens pourrait par ailleurs se caractériser, de nos jours, d'innovation frugale. Et en termes de soutenabilité, c'était là bonne nouvelle car la montée en gamme actuelle consomme davantage de biens et d'énergies. Donc au final d'émissions en équivalent CO₂.

En effet, l'innovation se traduit le plus souvent par une croissance des activités carbonées si l'on considère l'ensemble de l'ACV sur la totalité des inputs mobilisés. Derrière les discours d'écologie industrielle, il s'agit là de sa face cachée. Comment parvenir à réduire cela à son minimum ?

La démarche en éco-conception s'impose alors, mais bien souvent se réfère à une quadrature du cercle : pensons au bobinage cuivre d'un moteur électrique, des câbles d'aluminium en multiplexage, des composants plastiques mobilisés, etc.

Parvenir donc à concevoir l'ensemble de la nomenclature dans une optique de plus faible empreinte écologique est le véritable défi de nos temps moderne.

Par ailleurs, les arbitrages se heurtent au dilemme des coûts. Certains choix de matériaux impactant en eq. CO₂ seront retenus, car moins coûteux que d'autres matériaux témoignant de plus faibles empreintes.

40 T. Davenport développera le premier moteur électrique en 1834.

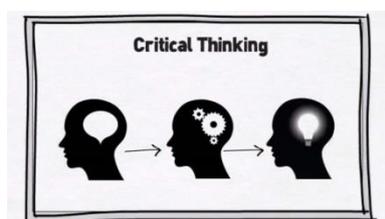
Mais ne pas en conclure à des voies sans issues. L'innovation est là aussi pour repousser les limites : par exemple, afin d'actionner le levre vitre, peu à peu les diamètres du cuivre ou de l'aluminium sont réduits à de très faibles dimensionnements tout en parvenant à respecter les exigences techniques du cahier des charges relatif au circuit électrique. Moins d'épaisseur de cuivre ou d'aluminium, c'est donc aussi moins de trous dans la terre.

Conclusion

Voilà, aux termes de ce parcours, vous savez tout au presque sur l'innovation orientée ici en analyse de la valeur. Il ne reste plus qu'à l'appliquer à vos projets d'innovation, dans le cadre de vos plateaux projet ou de la semaine innovation. Plus facile à dire qu'à faire en réalité car, sur le fonds, l'AV notamment dans sa phase d'analyse fonctionnelle, est loin d'être un exercice aisé...

Par ailleurs, la méthode se heurte à quelques limites en termes d'agilités notamment.

Et puis les analyses coûts/bénéfices ne minimisent-elles pas les défis environnementaux à relever ?



L'AV telle qu'exposée par la norme Afnor détient de nombreux atouts, mais il vous faut garder toutefois pragmatisme et esprit critique dans son application. Quelques éléments posent en effet questionnements : elle est pauvre sur le plan de l'ACV, et de la circularité industrielle en particulier. Il n'y a pas de traces en éco-conception dans l'approche initiale par exemple. Il nous faut donc aussi savoir l'amender.

Et puis si le projet innovant s'avère peu complexe, cette méthode est lourde dans son déploiement. Tel un véritable bazooka de procédures pour accoucher parfois d'une souris ...

Le tout en mode peu agile.

Ces critiques et précautions énoncées, elle reste cependant une méthode évitant d'avoir des manquements graves lors de vos démarches de conception. Et elle permet de savoir comment s'y prendre face à un problème complexe. Au final, la considérer peut-être davantage comme une démarche plutôt qu'une méthode à respecter à la lettre.

L'AV demeure au final une compétence centrale dans l'activité de conception, et donc aussi du Génie industriel. C'est-à-dire l'une de vos compétences maîtresses. Soignez là donc.

* * *

Analyse de la valeur

Conclusion

Dans le cadre d'une activité de conception, l'analyse de la valeur est une méthode visant à caractériser et répondre le mieux possible à un besoin potentiel ou exprimé. Elle a été ici appliquée principalement à des activités inventives orientées produit, mais vous pourrez la déployer durant vos futurs professionnels à de nombreux autres domaines : des produits mais aussi des process, organisations, ...

Les rationalités visant l'optimisation des coûts seront souvent privilégiées dans vos milieux professionnels, mais face aux défis des transitions écologiques n'oubliez que l'analyse de la valeur doit également s'inscrire dans une démarche d'éco-conception. Les plus grands dilemmes à relever sont là : trouver un arbitrage parvenant à concilier une analyse cout/opportunité inscrite en soutenabilité.



Source : Vattenfall, 2010

Parc éolien Horns Rev (Danemark)

A-Concepts abordés

Analyse de la valeur – analyse fonctionnelle – besoin – valeur - coût – fonctions - diagramme Pieuvre – Analyse Fast –Circularité industrielle – innovation de rupture/ innovation incrémentale.

B- Questions à prolonger

- (i) L'analyse de la valeur peut-elle s'appliquer à une activité de service ? Argumentez et illustrez cela sur un exemple de votre choix
- (ii) Les approches en *Low Tech* nécessitent-elles de repenser la méthode « normée » de l'analyse de la valeur ? Même question pour les *Right-Tech* ?
- (iii) Peut-on prendre en compte les effets Jevons dans une analyse de la valeur ?

C- Acquis d'apprentissage

Une capacité à conduire méthodologiquement une analyse de la valeur dans le cadre d'une activité de conception jusqu'à son stade de prototypage.

* * *

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Le cahier des charges

Annexe 2 : Analyse fonctionnelle

Annexe 3 : Analyse APTE

Annexe 4 : Analyse FAST

Annexe 5 : CDC et analyse technique d'un lèvre vitre.

* * *

Annexe 1

Cahier des Charges

Un cahier des charges vise l'identification des contraintes à respecter. Ces contraintes peuvent-être :

- économiques (les contraintes monétaires comme le budget de fonctionnement),
- environnementales (le caractère recyclable du produit, penser le produit en ACV)
- sécuritaire (par exemple, dans le cas d'un jouet pour enfant, il ne doit pas contenir de petites pièces, d'éléments toxiques, doit respecter des critères de norme à l'arrachement, etc.),
- industrielles (par exemple, il doit être fabriqué au Canada dans tel degré de VA),
- matérielles (par exemple, il doit spécifier les composants qui peuvent être remplacés (comme des piles par exemple dans un Arva appareil de détection d'une personne sous avalanche).

L'erreur la plus courante est de confondre préférences et contraintes. Ceci cause des incompréhensions et des remises en causes qui peuvent affecter la réalisation du projet. Pour remédier à ce problème, il faut inclure tous les acteurs du projet pour définir les besoins.

Les contraintes doivent être interprétées de façon que leur lecture soit l'expression des besoins techniques commandés et livrés. Leur interprétation doit être le résultat d'une analyse quantitative et qualitative du projet, dans son ensemble.

On peut aussi faire appel à un consultant « assistance à maîtrise d'ouvrage » (AMO ou AMOA) pour valider la cohérence du cahier des charges.



Sont ici mentionnés les principes de base pour la rédaction du CDC. Retenez toutefois qu'au niveau du qualificatif « complet », cela dépend en partie de la nature de votre CDC. Parlons-nous d'un CDC technique ou fonctionnel notamment ? Et souhaitez-vous laisser des degrés de liberté importants ou non à votre partenaire afin qu'il innove notamment ? Ces questions sont centrales et la nature du CDC conditionnera fortement les voies de solutions proposées par votre partenaire.

Annexe 2

Analyse fonctionnelle

Source : Adapté d'après Boissin, O. (« Innovation » (Vol 2), Grenoble-INP, 2021) ; « Analyse de la valeur » Wikipédia (2020) ; De la Bretesche, B., (sous la dir.), « La méthode APTE », Petrelle Ed., 2000.

Dans l'analyse fonctionnelle, il s'agit d'exprimer les services que doit rendre l'objet étudié à ses utilisateurs. Pour cela il faut :

- Lister les contextes d'utilisation de l'objet et autres phases ou situations de vie.
- Pour chacun de ces contextes lister les fonctions de l'objet et en effectuer le contrôle de validité
- Pour chacune des fonctions, déterminer les critères de valeur et en effectuer le contrôle de validité.

Les principes de base de l'expression fonctionnelle sont les suivants :

- L'objet étudié n'a de fonctions qu'en utilisation
- Les fonctions d'un objet sont indépendantes des solutions qui les réalisent
- Les fonctions d'un objet sont indépendantes entre elles

Comment exprimer les fonctions (outil méthodologique graphe des inter-acteurs ou pieuvre APTE) ?

L'exemple d'une douille



Pour chaque contexte d'utilisation identifié, il s'agit d'exprimer les fonctions de l'objet étudié, c'est-à-dire mettre en évidence les services à rendre par l'objet en utilisation. À cette fin la Méthode propose un outil méthodologique : « la Pieuvre ».

Lors de chaque utilisation l'objet est en contact avec un certain nombre d'éléments de son environnement qui constituent son milieu extérieur. L'objet étudié est placé au centre de la pieuvre entouré des éléments du milieu extérieur (EME). Il faut ensuite décrire les relations créées par l'objet avec ou entre ses éléments du milieu extérieur.

Il existe deux sortes de fonctions :

- les fonctions principales (F.P.) qui sont les buts des relations créées par l'objet entre au moins deux éléments de son milieu extérieur ;
- les fonctions contraintes (F.C.) qui sont des exigences d'un élément contraignant du milieu extérieur.

Les règles de base de l'expression fonctionnelle à respecter sont les suivantes :

- utiliser un verbe d'action, de sens positif et à l'infinitif ;
- ne pas préjuger d'une solution ni même d'un principe technique ;
- y faire figurer les noms des éléments du milieu extérieur concernés mais pas le nom de l'objet
-

1-Diagramme pieuvre d'une douille

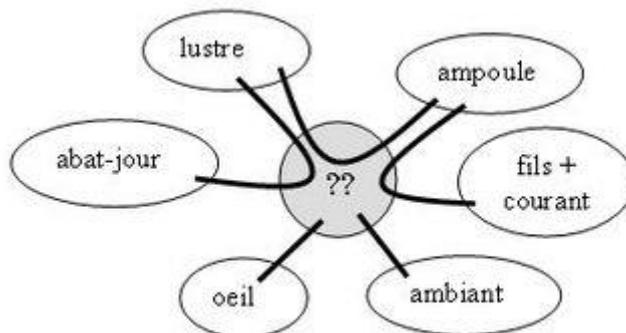


Diagramme pieuvre associé à l'étude d'une douille d'un lustre

Contexte d'utilisation : de multiples contextes sont possibles et conduiront naturellement les solutions à déployer. Douille de lustre, douille de spot, de « baladeuse », de lampe sous-marine, etc. Le monde des bougies étaient en effet beaucoup plus facile.



Quand elle est montée sur le lustre, avec ampoule et abat-jour et que l'ampoule éclaire les fonctions seront :

- FP 1 : Alimenter l'ampoule en courant électrique
- FP 2 : Maintenir l'ampoule sur le lustre
- FP 3 : Maintenir l'abat-jour sur le lustre
- FC 4 : Résister à l'air ambiant
- FC 5 : Présenter un aspect agréable à l'œil
 1. Comment réaliser le contrôle de validité des fonctions ?
Pour chaque fonction, répondre aux questions suivantes :
 - Pourquoi cette fonction existe-t-elle ?
 - Pour ... (elle satisfait un besoin fonctionnel).
Exemple : mener une activité en l'absence de lumière naturelle.
 - À cause de quoi ou pourquoi cette fonction existe-t-elle ?
 - Parce que ... (elle est née d'un choix technique amont).
Exemple : parce que l'ampoule existe et qu'elle fonctionne à l'électricité et qu'il n'y a pas de liaison directe fils/ampoule.
 - Qu'est-ce qui pourrait la faire évoluer ou disparaître ?
 - Évolution des besoins,
 - Évolution des principes.
 2. Comment exprimer et contrôler la validité des critères de valeur ?
Il faut ensuite quantifier et qualifier les niveaux de performance requis par l'utilisateur dans la réalisation de la fonction et en contrôler la validité. Pour cela il faut identifier pour chaque fonction :

- les propriétés du verbe ;
- les caractéristiques qualitatives et quantitatives des éléments du milieu extérieur.

Puis en faire le contrôle de validité car c'est dans la juste appréciation de ces critères que réside une des toutes premières sources d'optimisation.

Le cahier des charges fonctionnel comporte donc l'ensemble des contextes d'utilisation, des fonctions et des critères de valeur qui leur sont associés.

2-Diagnostic valeurs

Une fois le cahier des charges fonctionnel réalisé, le diagnostic valeur consiste à mettre en évidence les nécessités de progrès de la solution existante ou de celle que l'on est en train de concevoir sur le plan de la qualité, et par qualité il faut entendre adéquation de la solution aux services à rendre (les fonctions du cahier des charges).

Quand on compare la solution actuelle à optimiser au cahier des charges fonctionnel on peut s'apercevoir que :

- Des contextes d'utilisation ont été oubliés
- Des fonctions existent dans les produits actuels mais ne rendent aucun service attendu par l'utilisateur final (possibilité de les supprimer).
- Des fonctions ont été oubliées (marge de progrès, qualitative et donc possibilité d'augmenter son prix de vente ou de prendre un avantage concurrentiel sur les autres sociétés du secteur)
- Des critères de valeur ne sont pas satisfaits au niveau requis (marge de progrès qualitative)

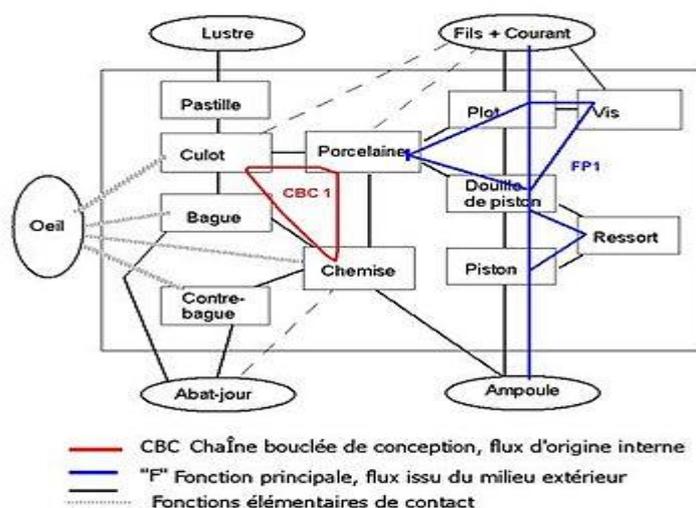
Diagnostic coûts ou moyens

Le diagnostic coût est la mesure des écarts et des causes de ces écarts entre la solution de référence choisie pour l'étude et le juste nécessaire évalué par fonction. Pour établir un diagnostic coût, cela implique les choses suivantes :

- De connaître avec précision le service à rendre, les fonctions à satisfaire (identifiées lors de l'élaboration du cahier des charges fonctionnel).
- D'évaluer un Juste Nécessaire par fonction et d'en déduire la Fonction de conception et pour ça de connaître les principes susceptibles de répondre aux services à rendre.
- De connaître les coûts de la solution de référence (nomenclature de coûts des pièces, coûts du process, etc.).

Mettre en évidence les fonctions élémentaires de contact et de flux, avec les boîtes fonctionnelles

Les boîtes fonctionnelles (*function block diagram* FBD), représentent les composants, les contacts entre les composants, les flux qui passent par ces contacts. Ce diagramme permet de mettre en évidence les chaînes fonctionnelles, (suite de pièces participant à la même fonction), et chaînes bouclées de conception (flux internes qui ne participent pas aux fonctions), qui sont sources d'optimisation potentielle et qui, une fois optimisées, servent à définir une solution plus proche du juste nécessaire.



Boîtes fonctionnelles du système

Sur le cas de la douille de lustre, nous avons fait figurer à titre d'exemple :

- la chaîne fonctionnelle de la fonction principale 1 : Alimenter l'ampoule en courant électrique ;
- une boucle de conception, celle du maintien la porcelaine en position CBC1.

Les boîtes fonctionnelles font apparaître à la fois les buts de la solution et la façon dont ils sont satisfaits par l'analyse de la participation des éléments de la solution à la réalisation des fonctions de la solution. Il sert ensuite de guide pour réaliser le Tableau d'analyse fonctionnelle.

L'analyse fonctionnelle des coûts, avec le tableau d'analyse fonctionnelle (TAF)

Le TAF est une représentation sous forme de tableau de la ventilation des coûts des composants dans les différentes fonctions auxquelles ils participent en distinguant les fonctions de base et la fonction de conception. Ces outils permettent de mettre en évidence les voies de progrès qualitatives et économiques.

3-La recherche de solution

Une fois les causes d'écarts de qualité et de coûts identifiées, il s'agit de structurer une nouvelle solution. La recherche de la nouvelle solution est l'objectif. Comme le disait C. de Gaulle en son temps, « *des chercheurs qui cherchent on en trouve, mais des chercheurs qui trouvent on en cherche* ». Chercher n'est donc pas une fin en soi, le but est bien de trouver.

Trouver une solution procède des deux diagnostics valeur et coûts.

Il faut choisir les principes de solution qui répondent complètement aux fonctions du cahier des charges, l'arbitrage entre les principes se faisant en retenant celui qui répond à la fonction au moindre coût et donc le plus proche possible du Juste nécessaire.

Il faut ensuite interfacer les éléments de solutions trouvés avec le minimum de fonctions de conception.

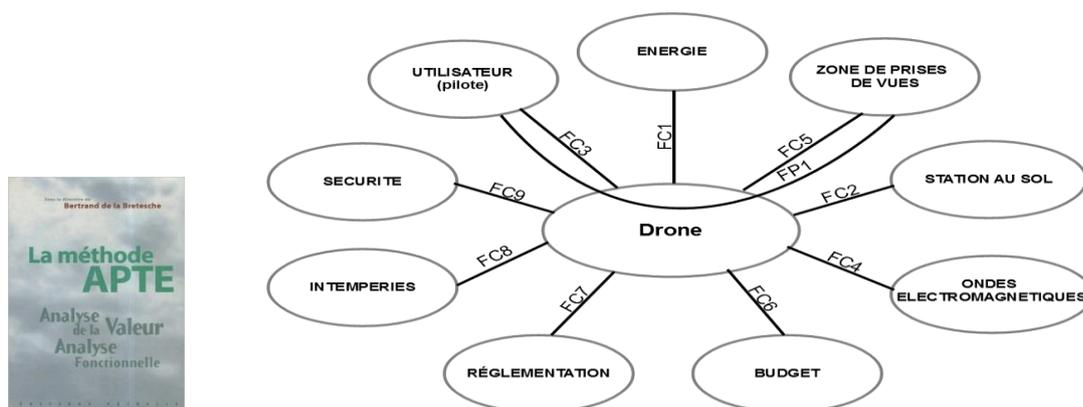
Pour structurer cette démarche de trouvaille, on utilise l'outil APTE « arbre de voies technologiques » mentionné dans l'annexe 4. L'ensemble de ces raisonnements conduit à la définition d'une solution optimisée du point de vue de la qualité et des coûts.

* * *

Annexe 3

La méthode APTE

(Source : Wikipédia (2020) ; De la Bretesche, B., (sous la dir.), « La méthode APTE », Petrelle Ed., 2000).



La Méthode APTE consiste à raisonner par rapport aux finalités exprimées indépendamment des solutions, ce qui implique :

- de définir des problèmes en tant qu'objectifs à atteindre.
- l'obtention d'un cadre de réflexion consensuel entre les différents responsables sur les services à rendre.
- l'objectivité qui évite la comparaison entre solutions, en proposant au contraire le jugement d'une solution par rapport à l'objectif.
- et enfin la créativité en rouvrant complètement le champ des choix possibles.

Que ce soit en spécification, conception ou diagnostic, la Méthode APTE établit la distinction entre ce qui est « utile » ou « inutile » en distinguant :

- ce qui participe directement aux finalités (fonctions) : le « juste nécessaire » ;
- de ce qui ne dépend que des solutions : la « fonction de conception ».

Il s'agit ensuite de comprendre et d'analyser

- les écarts et les causes de ces écarts de qualité entre les services exprimés et l'objet de l'étude à optimiser (diagnostic valeur)
- les écarts et les causes de ces écarts entre le juste nécessaire à dépenser pour satisfaire les fonctions et les coûts de l'actuelle solution (diagnostic coût)

Il suffit ensuite d'organiser la recherche de la ou des solutions(s) optimum.

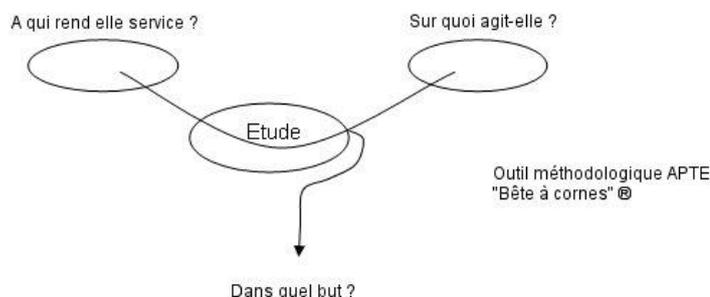
Expression et contrôle de validité du but de l'étude

Chaque étude représente une prise de risques, un investissement de temps, de compétences, de ressources humaines et a donc un coût. C'est pourquoi la toute première étape de la méthode consiste à ré exprimer le but de l'étude et à en vérifier la stabilité.

- de définir l'étude (but et limites) et ainsi de valider l'intérêt de l'étude ;

- de contrôler la validité par rapport aux objectifs de l'entreprise ce qui permet d'obtenir l'unanimité sur les objectifs ;
- d'établir la structure d'action pour se donner les moyens de mener à bien l'étude.

1. Mise en évidence du but de l'étude ;
2. le premier outil de la Méthode APTE est le diagramme des prestations aussi appelé « bête à corne » ;



3. Contrôle de validité du but de l'étude :
 - Pourquoi ce but ?
 - Quelle est la raison d'être de l'étude ?
 - Pourquoi du pourquoi ?
4. L'étude participe à un projet qui participe aux objectifs stratégiques de l'entreprise il faut également le valider :
qu'est ce qui peut le faire disparaître ou le faire évoluer ?
 - remise en cause des choix amont ;
 - changement d'orientation stratégique.

Expression fonctionnelle

Le premier volet de la méthode de l'analyse fonctionnelle consiste à exprimer, à quantifier et qualifier précisément les services à rendre à l'utilisateur par l'objet étudié, c'est-à-dire à exprimer ses fonctions. Ce volet aboutit à l'élaboration d'un cahier des charges fonctionnel qui sert de référence stable pour définir les marges de progression qualitatives, les véritables apports de valeur (diagnostic valeur) et sert de base à l'identification des voies de progrès économiques (diagnostic coût). C'est ce qu'il convient d'analyser dorénavant plus en détail. Qu'entendons-nous par CDC ? Voir à ce sujet l'annexe 5.

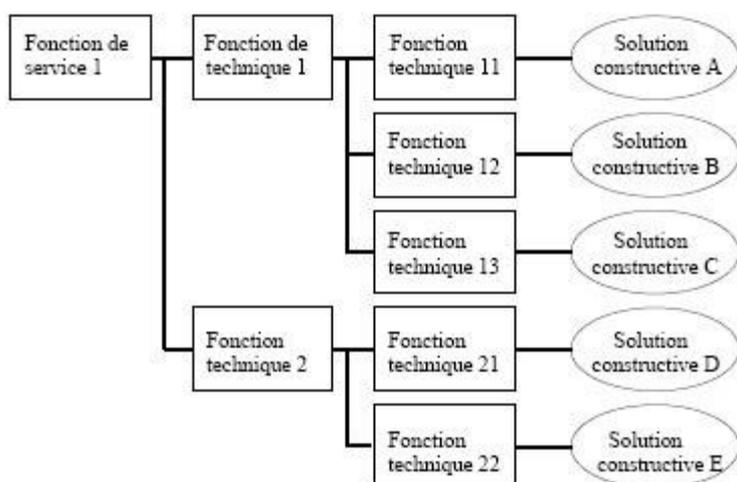
Annexe 4

La méthode FAST

(Source : Wikipédia)

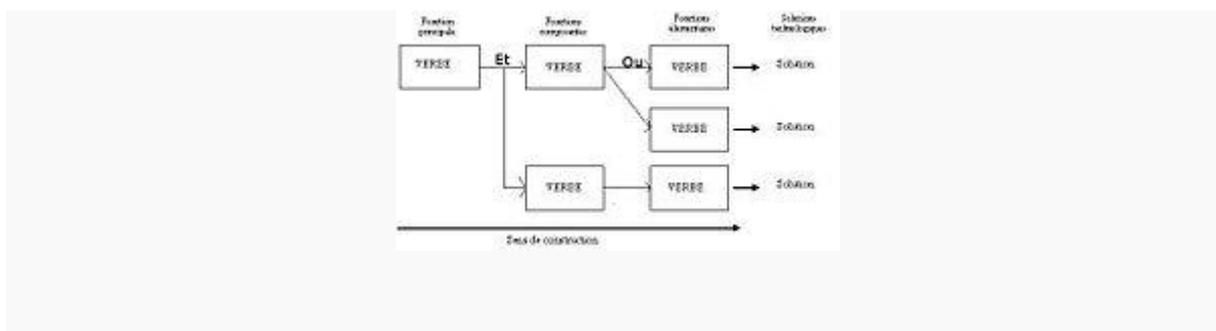
FAST est un type de diagramme qui présente une manière de penser, d'agir, ou de parler. Le diagramme FAST se construit dans une logique du pourquoi au comment. Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire le produit. Le diagramme FAST constitue alors un ensemble de données essentielles permettant d'avoir la connaissance d'un produit complexe et/ou de pouvoir améliorer une solution existante. La norme NF EN 12973 du management par la valeur décrit le diagramme FAST en tant qu'une des méthodes usuelles de l'analyse fonctionnelle.

Schématisation d'un diagramme FAST :



La méthode s'appuie sur la technique interrogative dont vous êtes familier :

- **pourquoi ?** : pourquoi une fonction doit-elle être assurée ? Accès à une fonction technique d'ordre supérieur, on y répond en lisant le diagramme de droite à gauche ;
- **comment ?** : comment cette fonction doit-elle être assurée ? On décompose alors la fonction, et on peut lire la réponse à la question en parcourant le diagramme de gauche à droite ;
- **quand ?** : quand cette fonction doit-elle être assurée ? Recherche des simultanités, qui sont alors représentées verticalement.



Conventions du diagramme FAST

Les réponses à chacune de ces questions ne sont ni exclusives, ni uniques. Aussi il existe deux types d'embranchements entre les différentes colonnes, les embranchements de type « et », et les embranchements de types « ou ». Pour une liaison « et », un trait part à l'horizontale puis se sépare ; cela signifie que les fonctions subséquentes doivent toutes être réalisées. Pour une liaison « ou », on peut utiliser deux représentations :

- soit les flèches ont la même origine mais des directions différentes ;
- soit les flèches sont parallèles mais ont des origines différentes.

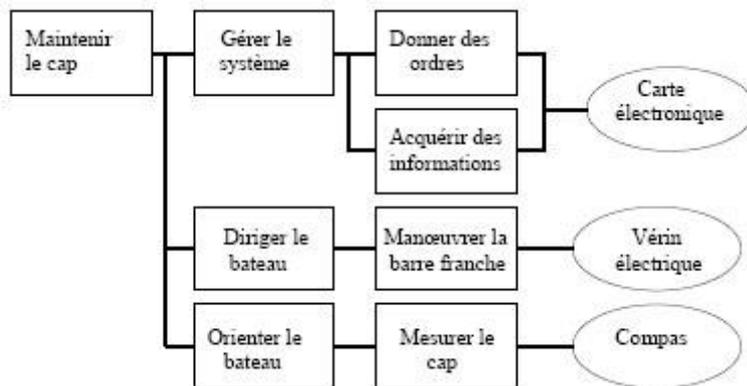
Cela signifie que l'on peut utiliser l'une ou l'autre des fonctions.

(Conseil : les fonctions doivent être décrites par un verbe à l'infinitif)

Afin de permettre une compréhension aisée de tous, ce type de représentation est normé. Au niveau de la France, elle est régulée par la norme NF EN 1325-1 qui décrit les grandes lignes de cette méthode.

Exemple

Intéressons-nous ici à un **pilote automatique de bateau**. Une de ses fonctions principales de service est : « Maintenir le cap ». Le diagramme FAST sera alors :



Il faudra réaliser un diagramme FAST pour chacune des fonctions de service, notamment des fonctions contraintes. L'une des fonctions contraintes ici pourrait être « résister à l'humidité ».

* * *

Annexe 5

Etude technique et fonctionnelle d'un lève-vitre électrique

Source : « Analyse fonctionnelle d'un lève-vitre » ENS Cachan, 2006 / Eduscol ENS Paris-Saclay – H. Horsin Molinaro, Science et Technique Industrielle, 2021

Présentation du système

Dans leur version simplifiée, durant la décennie 1990 les lève-vitres de véhicule à commande électrique possèdent un bouton de commande monostable à trois positions :

- Position stable moyenne, correspondant au moment où l'on n'appuie ni du côté m ni du côté d ;
- Position m appuyé ;
- Position d appuyé.

L'utilisateur doit laisser son doigt sur le bouton m pour que la vitre monte et sur d pour qu'elle descende.

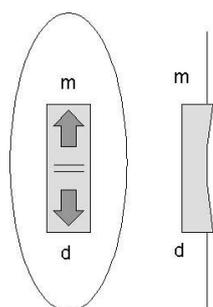


Figure 1 : Schéma d'un bouton de commande à 3 positions monostable

A partir des années 2000, de nombreux véhicules proposent des systèmes de commande de vitres électriques avec des interrupteurs monostables à 5 positions.

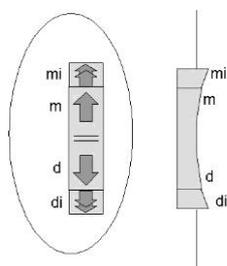


Figure 2 : Schéma d'un bouton de commande à 5 positions monostable

Les deux positions supplémentaires par rapport aux 3 positions précédentes correspondent à la possibilité de monter jusqu'en haut ou descendre jusqu'en bas la vitre sur une seule impulsion. On notera « mi » la commande de montée impulsionnelle et « di » la commande de descente impulsionnelle.



Moteur électrique d'un lève vitre et système complet du dispositif.

(ii) Caractérisation des éléments du milieu extérieur

Client

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Capacité à commander un interrupteur	-	-	-	-
Bruit acceptable par l'oreille du 50e percentile	Bruit à 100 mm de la porte	57 dB	maxi	φ1xxxx
	Ecart entre 2 bandes de spectre	10 dB	maxi	φ2xxxx
	Bruit à 100 mm de la porte généré par le lève-vitre	0 dB	maxi	φ3xxxx

Vitre

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Matériaux	-	-	-	-
Géométrie du lève-vitre	Epaisseur	mm	±	-
	Dimensions	Cf plan		-
	Masse	Kg	±	-
Positionnement de la vitre mesuré à 150 mm sur une ligne parallèle au bord arrière de la vitre	Distance entre butée basse et limite inférieure de la zone de détection	Lb = 32 mm	±10mm	φx1xxxx φx2xxxx
	Distance entre limite inférieure et limite supérieure de la zone de détection	Zd = 370mm	±10mm	φx3xxxx
	Distance entre limite supérieure de la zone de détection et le contact avec le joint de porte	Lh = 4mm	±1mm	φx4xxxx
	Distance entre contact avec le joint de porte et butée haute	e = 8mm	±1mm	φx5xxxx φx6xxxx

Batterie

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Tension délivrée sous charge	Tension	13 V	±3V	-
Intensité en continue	Intensité	A	±	
Intensité en pic de régulation	Intensité	A	±	

Obstacle

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Forme cylindrique	Diamètre	20 mm	±5mm	φxx2xxx à 4xxx
	Longueur	50 mm	mini	φxx2xxx à 4xxx
Caractéristiques mécanique	Raideur k	5 N/mm	±0,5 N/mm	φxx2xxx
	Raideur k	10 N/mm	±0,5 N/mm	φxx3xxx
	Raideur k	20 N/mm	±0,5 N/mm	φxx4xxx

Environnement

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie

Température	Température	[-40°C;0°C]		φxxx2xx
	Température	[0°C;90°C]		φxxx3xx
Vibration	Amplitude	1 mm	maxi	φxxxx2x
	Fréquence	[20Hz;120Hz]	-	φxxxx2x
	Variation	10 octave/mm	maxi	φxxxx2x
Claquage de porte	Vitesse à hauteur de serrure 50 mm avant fermeture	3 m/s	maxi	φxxxx1x

2.3. Caractérisation des fonctions de service

FS1 : Le lève-vitre permet au Client de manœuvrer et positionner la vitre

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Vitesse de déplacement de la vitre	Vitesse suivant la direction du bord arrière de la vitre	104 MM/s	maxi	φ1xxxxxx φ2xxxxxx
Temps de montée/descente	Temps entre butée basse et butée haute (et vice et versa)	6 s	±2s	φ1xxxxxx φ2xxxxxx
Le pas de déplacement	Distance suivant le bord arrière de la vitre entre deux positions arrêtées	2 mm	maxi	φ1xxxxxx à 3xxxxxx
Déplacement de la vitre	Déplacement de la vitre suivant la direction du bord arrière de la vitre	8 mm	maxi	φ3x5xxxx
		5 mm	maxi	φ367xxxx
		20 mm	maxi	φ3x1x2xx
Pas de désolidarisation vitre/lève-vitre	Non destruction de la liaison vitre/lève-vitre	0	0	φ7xxxxxx à 9xxxxxx
Bruit	Bruit à 100 mm de la porte généré par le lève-vitre	0 dB	maxi	φ3xxxxxx
		57 dB	maxi	φ1xxxxxx
		10 dB	maxi	φ2xxxxxx

FS3 : Le lève-vitre doit s'adapter au calculateur multiplexé

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
---------------	---------	--------	--------	--------------

FS4 : Le lève-vitre doit respecter les normes et règlement en vigueur

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
---------------	---------	--------	--------	--------------

FS5 : Le lève-vitre doit s'adapter à l'environnement

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
---------------	---------	--------	--------	--------------

FS6 : Le lève-vitre doit résister aux obstacles

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
---------------	---------	--------	--------	--------------

FS7 : Le lève-vitre doit s'adapter aux spécifications de la batterie

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Protection moteur	Temps de disjonction	4 s	maxi	φxxx6xx
	Temps de ré-enclenchement	10 s	maxi	φxxx6xx
	Temps de disjonction	2 s	maxi	φ1xxx5xx
	Temps de ré-enclenchement	25 s	maxi	φ1xxx5xx
Intensité	Intensité d'appel (<1s)	25 A	maxi	φxxxxxx
	Intensité stabilisée	10 A	maxi	φxxxxxx
	Intensité en couple bloqué	30 A	maxi	φxxxxxx

FS8 : Le lève-vitre doit rester fixé sur la porte

Qualification	Critère	Niveau	Limite	Phase de vie
Pas de désolidarisation porte/lève-vitre	Non destruction de la liaison porte/lève-vitre	0	0	φxxxxxx

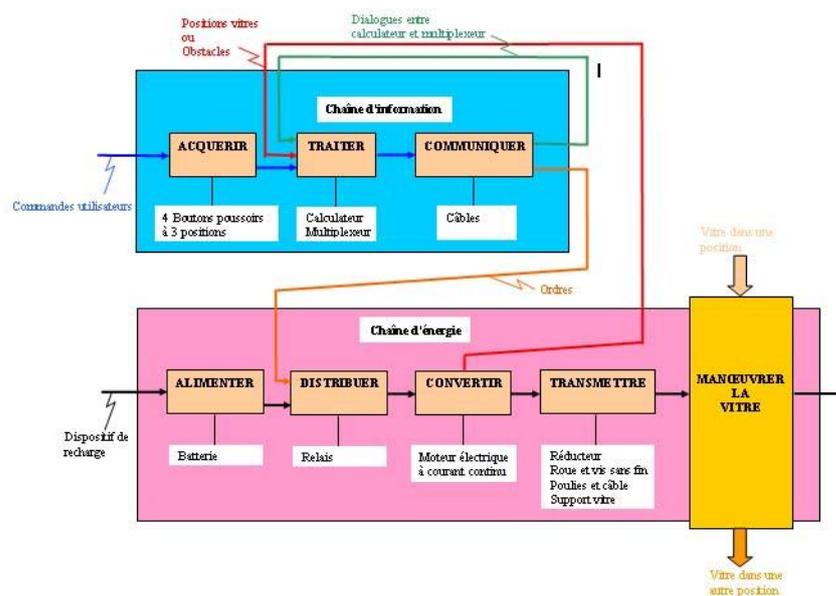
(iii) Les phases de vie du lève-vitre

Lors de cette phase, ne pas réinventer l'existant ! De nombreuses similitudes existent en général avec le précédent produit et sa nomenclature sur lequel vous travaillez. Cela est particulièrement vrai lorsque vous restez dans une approche d'innovation incrémentale, c'est-à-dire mineure par rapport à l'existant. Prenez aussi le temps de conduire un benchmark durant cette phase, cela vous économiser bien du temps...

Définition du cahier des charges du lève vitre :

- a. Activité de la vitre
 1. Montée de la vitre
 2. Descente de la vitre
 3. Vitre à l'arrêt (pas de mouvement)
- b. Position de la vitre
 1. En butée basse
 2. Entre butée basse et limite inférieure de la zone de détection
 3. Dans la zone de détection
 4. Entre la limite haute de la zone de détection et le contact de la vitre avec le joint de porte
 5. Entre le contact avec le joint de porte et la butée haute
 6. En butée haute
- c. Présence d'obstacle
 1. Pas d'obstacle
 2. Avec obstacle cylindrique de raideur 5N/mm
 3. Avec obstacle cylindrique de raideur 10N/mm
 4. Avec obstacle cylindrique de raideur 20N/mm
- d. Température
 1. Température -40°C
 2. Température comprise entre -40°C et 0°C
 3. Température comprise entre 0°C et 90°C
 4. Température 90°C
- e. Environnement vibratoire du système
 1. Vibrations comprises entre 0 Hz et 20 Hz
 2. Vibration comprises entre 20 Hz et 120 Hz
- Environnement
 1. Sous ambiance poussiéreuse
 2. Sous brouillard salin
 3. sous...
 - 4.

(iv) Structure fonctionnelle du lève-vitre



S'il vous fallait décrire minutieusement la démarche utilisateur, vous pourriez l'indiquer ainsi : l'utilisateur commande l'ouverture ou la fermeture de la vitre par un bouton poussoir. L'information est transférée par bus au multiplexeur puis au calculateur. Après traitement par le calculateur, l'information est transférée par bus au multiplexeur. Le multiplexeur envoie par bus un ordre de commande aux transistors. Les transistors distribuent au moteur l'énergie électrique fournie par la batterie. Le moteur transforme cette énergie en énergie mécanique de rotation. Le réducteur adapte la vitesse de rotation. Le système roue et vis sans fin entraîne en rotation, de manière irréversible, la poulie motrice. Le système poulies et câble entraîne en translation le support vitre. Un capteur détecte la position angulaire de l'arbre moteur. L'information est transférée par bus au multiplexeur qui compte le nombre de pas angulaires du moteur. Quand le nombre de pas angulaire du moteur correspondant à la vitre en position extrême haute ou basse est atteint, le multiplexeur envoie par bus un ordre de commande aux transistors. L'alimentation du moteur est coupée.

La schématique de l'implantation du lève-vitre est la suivante :

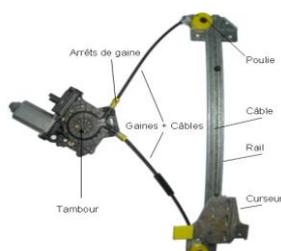
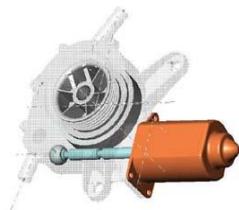


Figure 4 : Lève-vitre complet





*Figure 5 : Modélisation CAO du
moteur électrique
Images Académie de Nantes*

Figure 6 : Vue transparente de la modélisation CAO du moteur électrique

* * *

Glossaire

(Source : Le glossaire a été construit sur la base des deux sources suivantes : Boissin, O. « Innovation : Analyse, enjeux, méthodes » Grenoble-INP, 2021 ; Qualité Performance en France, « Portail officiel de la qualité et performance en France », 2021).

AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et Criticité)

C'est un outil permettant l'identification et la hiérarchisation des risques de défaillance d'un produit ou d'un système. Cette technique de fiabilité prévisionnelle vise à prévenir dès la conception l'apparition de défauts, de défaillances sur les produits ou procédés. Cela à travers notamment trois paramètres centraux : l'occurrence (une probabilité d'apparition), une gravité de l'effet et la capacité à pouvoir détecter le dysfonctionnement (probabilité de non détection du défaut compte tenu des tests qualité planifiés). Pour une analyse AMDEC, se référer au manuel de cours Boissin, O. « Gestion des risques », Grenoble-INP, 2021.

ACV

Acronyme de l'Analyse du Cycle de Vie d'un bien ou d'un service. Sur le plan de la soutenabilité, l'ACV a pour objectif de vérifier si les données environnementales ont été bien prises en compte lors des phases de conception, de production, de distribution et d'exploitation du bien ou du service. Cela nécessite alors de se plonger dans l'inventaire de l'ensemble des flux composant ces biens, de ses émissions et de l'analyse de ses coût totaux. Lors d'une ACV, le recours à des experts matériaux est souvent nécessaire durant les phases de conception. En matière d'émissions de gaz à effet de serre (GES), les phases d'extraction, d'exploitation et de vie post-mortem sont-elles au final bien comptabilisées ? La finalité d'une ACV en démarche d'éco-conception doit viser un objectif de plus faibles émissions possibles de GES.

Analyse de la valeur (AV)

C'est une méthode de compétitivité organisée et créative visant à la satisfaction complète du besoin de l'utilisateur d'un produit, procédé ou service, par une démarche spécifique de conception ou de re-conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire.

Approche Processus

Par sa dimension structurante, cette approche est un lien entre l'approche métier et l'approche système. Elle incite l'organisme à réfléchir sur son métier, son organisation, ses ressources et ses clients. Elle permet une plus grande lisibilité de l'organisation et facilite l'allocation des ressources dans une logique transverse, non cloisonnée, et non plus verticale. Elle met l'organisme dans une posture « apprenante » : le « propriétaire » d'un processus le maîtrise et le pilote en approche d'amélioration continue. Les étapes de l'approche processus sont : Identification des macro processus, Cartographie, Etat des lieux (étapes, interactions et analyses), Détermination des objectifs et indicateurs, Management des processus.

Coût

C'est une charge (ou dépense) supportée par un intervenant économique par la suite de la production ou de l'utilisation d'un produit ou de l'ensemble des deux.

Conception à coût objectif (CCO)

Méthode de gestion de projet basée sur un coût objectif plafond déterminé et un cahier des charges fonctionnel (CdCF) ouvert et négociable. La méthode permet d'atteindre la compétitivité industrielle et la maîtrise de la valeur. En anglais, on utilise le terme de « *redesign to cost* »

Eco-conception

Selon l'ADEME, l'éco-conception « est une démarche préventive et innovante qui permet de réduire les impacts négatifs du produit, service ou bâtiment sur l'environnement sur l'ensemble de son cycle de vie (ACV), tout en conservant ses qualités d'usage. »

Paradoxe « Jevons »

Le paradoxe W. Jevons, du nom de l'économiste qui théoriserà cela à la fin du XIX siècle dans son ouvrage sur la consommation de charbon en Angleterre, signifie que l'amélioration des techniques ou encore d'une efficacité énergétique ne diminue nullement la consommation de cette énergie mais au contraire l'augmente. Cela provient d'un coût d'utilisation moindre et par voie de conséquence d'une expansion de la demande. Cette croissance de la production impulsée par l'effet Jevons sera d'autant plus importante que l'élasticité prix-demande sera forte. Dit autrement, si l'industrie automobile génère des véhicules moins coûteux et moins polluant localement de par une délocalisation de la pollution au niveau de centrales électriques externes, il en résultera une augmentation de la production et de la vente de véhicules par exemple full électrique, et donc une croissance des consommations énergétique à l'échelle globale.

Prix

Équivalent monétaire d'un produit lors d'une transaction commerciale.

5M

Il s'agit des 5 familles possibles de causes dans les dysfonctionnements. A savoir : la Main d'œuvre (formation et qualification adéquate des intervenants), les Machines ou Moyens mobilisés (qualité des équipements de production et de contrôle), les Méthodes ou Modes Opératoires (standardisation et répétabilité, respect des spécifications...) le Milieu (environnement de travail adapté, propre, ordonné – méthode 5S...), les Matériaux : (s'assurer de la qualité des approvisionnements et de la sous-traitance). La maîtrise de la qualité suppose une maîtrise de ces 5M. Notons que nous pouvons lui adjoindre un sixième M : le Management. Et en tant que futur ingénieur projet, ce ne sera pas là le moindre...

5S

Dans le prolongement de l'approche Toyotiste dite TPS (Toyota Production System), il s'agit ici d'un support méthodologique inscrite en démarche qualité. Le 5S permet de construire un environnement de travail fonctionnel régi par des règles simples, précises et efficaces. Les 5S sont les : Seiri (se débarrasser), Seiton (ranger), Seiso (nettoyer), Seiketsu (tenir en ordre) et Shitsuke (respecter les ordres).

* * *

Bibliographie

Ouvrage

- AFNOR NF X 50-100 Novembre 2011 : « *Management par la valeur – Analyse fonctionnelle, caractéristiques fondamentales – Analyse fonctionnelle : analyse fonctionnelle du besoin (externe) et analyse fonctionnelle technique/produit (interne) – Exigences sur les livrables et démarches de mise en œuvre* ».
- AFNOR NF X 50-151 Septembre 2007 : « *Management par la valeur – Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel (CdCF)* » – Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit
- Bihouix, P. ; « *L'âge des Low-Tech* », Ed Seuil, 2014.
- Boissin, O., « *Innovation : analyse, méthodes et enjeux* » (vol 1), manuel de cours, Grenoble-INP, 2021.
- Boissin, O., « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (disponible sur votre intranet), 2021.
- Brezis, H., « *Analyse fonctionnelle : théorie et applications* », Dunod, 2005.
- Chesbrough H. « *The era of Open Innovation* », page 35-41, in « *Top 10 Lessons on the New Business of Innovation* », *Sloan Management Review*, 2011.
- COP étudiante, « *Livre Blanc de l'Accord de Grenoble* » (Recueil des plans d'action des groupes de travail, (disponible en ligne : cop2etudiante.org), Année 2020 – 2021.
- De la Bretesche, B., (sous la dir.), « *La méthode APTE* », Petrelle Ed., 2000.
- ENS Cachan, « *Etude technique et fonctionnelle d'un lave-vitre électrique* », 2006 / H. Horsin Molinaro 2015 ENS Paris-Saclay.
- FD X 50-101 Décembre 1995 : « *Analyse fonctionnelle – L'analyse fonctionnelle outil interdisciplinaire de compétitivité* »
- FD X 50-153 Septembre 2009 : « *Analyse de la valeur – Recommandations pour sa mise en œuvre* »
- Jacobiak, F., « *De l'idée au produit* », Ed d'Organisation, 2005.
- NF EN 1325-1 Novembre 1996 : « *Vocabulaire du management de la valeur, de l'analyse de la valeur et de l'analyse fonctionnelle* » – Partie 1 : analyse de la valeur et analyse fonctionnelle
- Le Masson, P., Weil, B., Hatchuel, A., « *Les processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises* ». Hermès Ed., 2006.
- NF EN 1325-2 Mars 2005 : « *Vocabulaire du management de la valeur, de l'analyse de la valeur et de l'analyse fonctionnelle* » – Partie 2 : management par la valeur
- Plauchu, V., « *Management environnemental : analyse, stratégie, mise en œuvre* », Ed. Campus Ouvert, 2013.
- Plauchu, V., « *Socio-économie de l'environnement : problèmes, analyses, stratégies d'acteurs* », Ed. Campus Ouvert., 2013.
- Tassinari, R., Marte, H., « *Pratique de l'analyse fonctionnelle* », L'usine nouvelle, Ed Dunod, 2006.
- Tassinari, R., « *Analyse de la valeur : Performance et management par la valeur* », Afnor, 2011.

Site internet

1-Analyse de la valeur :

- AFAV (Association française pour l'analyse de la valeur): www.afav.eu

-APTE (Application des Techniques d'Entreprise), cabinet conseil en Analyse de la valeur : <http://www.methode-apte.com/>

-Le site des « Sciences de l'Ingénieur » vous donne des exemples complets d'analyse fonctionnelle. Dans l'onglet « Ressources » tapez le mot-clé « analyse fonctionnelle ».

-*Méthode Apte* <https://everybodywiki.com/M%C3%A9thode_Apte

-Wikipédia « *analyse de la valeur* » https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_de_la_valeur.

2-Circularité :

-Bilan GES de l'Ademe www.bilans-ges.ademe.fr

-CARBON TRACKER : <https://www.novethic.fr/lexique/detail/carbon-tracker.html>

-GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat www.ipcc.ch

<https://www.sauvonsleclimat.org/fr/base-documentaire/ipcc-international-panel-on-climate-change>

-GREENPEACE : <https://www.greenpeace.org/global/>

-HCC (Haut Conseil pour le Climat), <https://www.hautconseilclimat.fr/>

-HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée), <https://www.halteobsolescence.org/>

-MTES - Ministère de la Transition écologique et solidaire www.ecologique-solidaire.gouv.fr

-NEGAWATT : <https://negawatt.org/>

SDES – Commissariat général au développement durable www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

-Shift Project, <https://theshiftproject.org/>

* * *

Autres manuels et écrits disponibles

Durant la crise Covid, la décision sera prise d'ouvrir au plus grand nombre mes manuels de cours. Ils sont également complétés par des écrits « off » à titre de réflexivité/esprit critique. Cet ensemble d'écrits se réfère à des enseignements principalement dispensés dans le groupe Grenoble-INP41.

A vocation pédagogique, ces textes sont rédigés en 3 possibles vitesses de lecture :

- 1-Lecture rapide (en « V ») : par simples jeux de photos, de schémas, de cartes et de statistiques.
- 2-Texte en taille 12 : éléments d'explications complémentaires aux photos et aux statistiques.
- 3-Note en bas de page : approfondissements et prolongement bibliographiques.

Manuel de cours

- « *L'économie contemporaine en 10 questions-clés* »
- « *Comprendre l'économie contemporaine : une analyse économique et monétaire* »
- « *Economie mondialisée (vol 1) : Contextes, enjeux et perspectives possibles de la mondialisation* »
- « *Economie mondialisée (vol 2) : Outils et méthodes du pilotage de projet à l'international* »
- « *Développement durable : des chiffres et des étoiles* » (3 vol.)
- « *Innovation : circularité industrielle et soutenabilité* » (vol. 1)
- « *Innovation : méthodes et enjeux* » (vol. 2)
- « *Innovation : analyse de la valeur en approche conception* » (vol. 3)
- « *Développement économique : de quoi-parle-t-on ?* »
- « *Chine : le basculement du monde* »
- « *Gestion des risques économiques et financiers* »
- « *Organisation industrielle, Stratégie et Décision* »
- « *La bourse est-elle utile ? Tout ce que vous avez voulu savoir sans jamais oser le demander* ».

Ecrit « Off » (hors cours, à titre de réflexivité)

- « *Quel sens donner au travail ? 12 pistes par arrêt sur images* »
- « *Homo-oeconomicus : l'erreur de la science économique* »
- « *Capitalismes : quels avenir possibles ? Exercice d'esprit critique* » (Economie mondialisée Vol. 3)
- « *Chine, masques, dettes et CAC 40 : quelles leçons retirer de la crise Covid ?* »
- « *La Dame de Shanghai* » (2 vol.)

Ces écrits sont en fréquentes réactualisations, sans but lucratif et ouvert aux lectures externes via le lien suivant :

https://chamilo.grenoble-inp.fr/main/document/document.php?cidReq=GI4AIPID042020&cid_session=0&gidReq=0&gradebook=0&origin=

Et sont également disponibles sur le portail Hal de l'Université de Grenoble-Alpes UGA - Boissin Olivier) en archive ouverte. Du fait de rédactions rapides, ils souffrent de maladroites et restent en l'état des drafts. D'une empreinte carbone déjà forte élevée, si possible ne pas les imprimer.

O. Boissin (CREG42 UGA).

* * *

41 L'INP est un établissement d'enseignement supérieur (Institut National Polytechnique).

42 Centre de Recherche en Economie de Grenoble (Unité de recherche de l'Université Grenoble-Alpes)

Manuels de cours « *Innovation* »

« Innovation : circularité industrielle et soutenabilité » (vol. 1)

Introduction

Chapitre 1- Aux sources de l'innovation.

Chapitre 2 -Innovation et circularité industrielle.

Chapitre 3- Industrie 4.0 : une industrie responsable ?

Conclusion

-Acquis d'apprentissage

-Annexes

-Lexique

-Bibliographie

« Méthodes et pilotage de l'innovation » (vol. 2)

Introduction

Chapitre 1 - Méthode et pilotage de l'innovation.

Chapitre 2 - Eco-conception et innovation sur plateau transverse : rentrons chez Décathlon.

Chapitre 3 - L'innovation est aussi sociale. Le choix d'une gouvernance économique, sociale et solidaire.

Chapitre 4 - Comment protéger une invention ou une innovation ?

Conclusion

-Acquis d'apprentissage

-Annexes

-Lexique

-Bibliographie

« Innovation : Analyse de la valeur, une application aux activités de conception » (vol. 3)

Introduction

Chapitre 1-Analyse de la valeur en ACV : définition et contexte de l'analyse.

Chapitre 2-Un peu de méthode : les 7 étapes de l'analyse de la valeur.

Chapitre 3-Applications : dessine-moi une tondeuse à gazon !

Conclusion

-Acquis d'apprentissage

-Annexes

-Lexique

-Bibliographie

* * *

Innovation (vol 3) : Analyse de la valeur en approche conception

Ce manuel a pour objectif la transmission des éléments méthodologiques nécessaires à l'analyse de la valeur dans le cadre d'une démarche en conception, notamment appliquée aux biens industriels et en approche de circularité.

Sommaire :

Introduction méthodologique

1-Analyse de la valeur en ACV : définition et contexte de l'analyse.

2-Un peu de méthode : les 7 étapes de l'analyse de la valeur.

3-Applications : dessine-moi une tondeuse à gazon !

Conclusion



Enseignant-chercheur Grenoble-INP
Laboratoire de recherche CREG / UGA.

