

2000.01

Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur le cycle de vie, lors de la conception de produits nouveaux

Frédéric Gautier*, Vincent Giard**

* Doctorant à l'IAE de Paris, ** Professeur à l'IAE de Paris

Résumé : La gestion d'un projet de conception et développement d'un produit nouveau sur son cycle de vie suppose de prendre en compte les conséquences des choix de conception sur les coûts futurs et notamment les coûts de production. Ces décisions conduisent implicitement à l'établissement d'une évolution de coûts engagés sur ce cycle de vie. L'appréhension de ces coûts engagés constitue un enjeu crucial pour les entreprises produisant en série et c'est lors de la phase de conception et développement d'un produit nouveau que les principaux risques peuvent être identifiés et maîtrisés. Différentes approches partielles permettent d'apporter un éclairage et d'améliorer la prise de décision : Quality Function Deployment, Design For Manufacturing, Analyse de la Valeur, Conception à Coût Objectif, Standardisation, programmation mathématique, simulation,... Après avoir présenté rapidement ces différentes approches, on esquissera les caractéristiques d'un mécano de ces instrumentations pouvant être utilisé au démarrage d'un nouveau projet et permettant une adaptation des pratiques de contrôle de gestion, en vue de mieux piloter les coûts engagés et maîtriser les risques économiques. Cette approche sera testée sur un nouveau grand projet industriel, dans le cadre d'un contrat de recherche avec une entreprise européenne.

Mots-clés : conception de produits nouveaux, cycle de vie, évaluation économique, projet.

Abstract: Managing a new product design project on the product life cycle assumes taking into account the consequences of the designers decisions on the future costs and , particularly, the manufacturing costs of the firm. The life cycle cost perspective focuses on the cost comitted during the design and development stages. Evaluating the cost committed during the design and development stages is becoming an important challenge for the firms of the industrial sector and it is during these stages that the main risks involved can be identified and evaluated. Different methods and tools can be used to influence the designers decisions and the cost committed on the life-cycle : Quality Function Deployment, Design For Manufacturing, Value Analysis, Design-to-Cost, risk analysis, standardization... Having introduced theses tools, the purpose of this paper is to underlye the methodological problems when choosing a particular set of tools in order to manage the costs incurred and the economic risks involved

Key-words: new product design, life-cycle, evaluation, project.

L'évolution économique actuelle rend le pilotage économique des projets de conception et développement de produits nouveaux de plus en plus d'actualité. Différentes analyses constatent qu'une partie substantielle des coûts récurrents est engendrée par des décisions prises avant que les opérations ne débutent effectivement. En conséquence, un des objectifs importants du pilotage économique des projets de conception et développement des produits nouveaux est d'influencer les décisions qui vont provoquer les dépenses durant le cycle de vie du futur produit. Pour autant, les outils disponibles aujourd'hui, notamment les systèmes traditionnels de comptabilité et de contrôle de gestion, connaissent des limites en matière d'évaluation économique des décisions de conception de produits nouveaux. Ces limites ont été amplement soulignées par la littérature (Berliner & Brimson, 1988, [7], ou Lorino 1989, [32], par exemple). Ce constat conduit alors à s'interroger sur l'instrumentation permettant d'évaluer sur un plan économique les décisions de conception. La comparaison de ces décisions complexes met en avant qu'il convient d'évaluer globalement les alternatives en tenant compte des coûts, dans une perspective temporelle la plus large possible, mais aussi des avantages retirés. Or, aucun outil

ne permet à lui seul d'assurer l'ensemble des missions de l'évaluation économique des décisions de conception. C'est pourquoi l'instrumentation économique permettant d'assurer le pilotage d'un projet de conception relève d'un mécano d'outils tenant compte, le plus judicieusement possible, du contexte du projet de conception ; dans cette perspective, on insistera sur les mécanismes d'explicitation des hypothèses retenue. Après avoir défini les activités de conception et marqué leur temporalité, on présentera les principaux outils de pilotage de ces activités ainsi que les problèmes conceptuels d'évaluation économique en phase de conception.

1 Évolution et instrumentation des activités de conception

L'évolution des marchés et de la concurrence a entraîné un ensemble d'impératifs pour les activités de conception et développement qui peut être résumé par le tryptique : coût – qualité – délai. Dans de nombreux secteurs industriels, la capacité à maîtriser rapidement et de manière efficace des projets complexes de conception et développement de produits nouveaux est devenue un avantage concurrentiel décisif. Cette évolution a conduit à mettre en place de nouveaux dispositifs stratégiques et organisationnels pour les activités de conception et à rechercher, en conséquence, des instrumentations économiques pertinentes.

1-1 Évolutions stratégiques et organisationnelles des activités de conception

La conception et le développement d'un produit nouveau peuvent être définis comme «l'ensemble des activités et des processus qui permettent de passer de l'idée d'un nouveau produit (ou de l'amélioration d'un produit existant) à la fourniture de l'ensemble des informations (plans, descriptifs, logiciels...) qui permettent de lancer la production de ce produit et d'en assurer l'usage et la maintenabilité» (Perrin, 1996, [38], p. 254). Ces activités possèdent des caractéristiques propres qui les distinguent des activités récurrentes d'une firme ; Midler (1996, [35]) propose une analyse de ces caractéristiques spécifiques en six points :

- la réalisation d'un but spécifique est au cœur de l'action ; dans des logiques de spécialistes, c'est un champ d'expertise et des méthodes qui définissent l'action ;
- la conception apparaît comme un contexte de communication élargie et de négociation entre les logiques hétérogènes des différents spécialistes-métiers participant ;
- les activités de conception sont caractérisées par des incertitudes fortes ;
- la prise en compte du temps qui est marquée par la convergence et l'irréversibilité ;
- la singularité de ces activités, c'est-à-dire la recherche de solutions non-standard ;
- et enfin, l'impossibilité d'assigner a priori des frontières nettes et stables à ces activités.

Les activités de conception et de développement des produits nouveaux ont connu des évolutions stratégiques et organisationnelles majeures au cours des années récentes dans certains secteurs industriels (automobile, aéronautique...) sous l'effet des évolutions technologiques et concurrentielles. En ce qui concerne les stratégies, le concept de plate-forme de produits s'est généralisée dans de nombreux secteurs industriels. La prise en compte des développements de plate-formes produits permet de classer les différents types de projets de développement sur la base du degré de changement introduit par le projet ([tableau 1 de la page 3](#)).

Cette typologie des projets de développement s'appuie sur la distinction classique entre innovation de produit et innovation de procédé. Chacune des catégories de projets de conception et développement de produits nouveaux se distingue des autres sur la base de certains critères :

- la contribution apportée en matière d'avantage concurrentiel ;
- le niveau et la nature des ressources nécessaires pour accomplir le projet, ainsi que les revenus financiers générés par les projets ;
- les exigences de succès attachées à chaque type de projet.

Une plate-forme produits est définie par Meyer et Lehnerd (1997, [33]) comme un ensemble de produits individuels partageant une technologie commune et destiné à des applications

Tableau 1 : types primaires de projets de développement (Clark et Wheelwright, 1992, [47])

Recherche et développements avancés

		Étendue des changements du produit			
		Nouveau concept produit	Nouvelle génération d'un concept produit	Addition dans la famille de produits	Dérivés et améliorations
Étendue du changement des procédés	Nouveau concept de procédé	Ruptures radicales			
	Procédé de nouvelle génération				
	Amélioration limitée	Améliorations, produits dérivés			
	Changement incrémental				

reliées sur le marché. Sur un plan technique, une plate-forme produits est constituée par un ensemble de sous-systèmes et d'interfaces formant une structure commune de laquelle un courant de produits dérivés peut être développé ; une combinaison de ces sous-systèmes et interfaces définit alors l'architecture d'un produit unique. La plate-forme peut également comprendre les aspects industriels de la famille de produits tels que des technologies, installations ou procédés de fabrication et d'assemblage. L'objectif d'une plate-forme est d'obtenir un « effet de levier » (selon Meyer et Lehnerd, 1997, [33]) sur la base des éléments communs : cet « effet de levier » est lié à la capacité de la plate-forme de permettre de développer un grand nombre de produits partageant des technologies communes ou des matières et composants. Dans de nombreux secteurs industriels (automobile ou aéronautique, par exemple), une partie substantielle des produits nouveaux est dérivée de plates-formes produits existantes. Pour l'entreprise productrice, une stratégie de plate-forme produits cohérente et planifiée permet, en principe, de réduire le nombre de pièces et composants, de réduire les coûts de développement des produits dérivés ainsi que les investissements nécessaires en matière de procédés de fabrication.

En matière d'organisation des activités de conception et de développement, une tendance majeure est le recours au parallélisme et aux approches d'ingénierie concourante. Défini en 1986 par l'*Institute for Defense Analysis* du *Department of Defense* (DOD), le *concurrent engineering* est une approche méthodologique qui intègre le développement simultané des produits et des processus associés, incluant la fabrication et le soutien logistique. L'ingénierie concourante remet en cause l'organisation séquentielle classique des activités de conception et de développement. Ce type d'organisation conduit à l'intervention des fonctions aval dès les phases avancées du processus de conception et développement, ce qui permet de mieux cerner les alternatives techniques globalement les plus performantes pour l'ensemble des parties concernées et donc de mieux gérer l'irréversibilité du projet. Par contre, l'ingénierie concourante accroît la complexité des décisions de conception dans la mesure où les solutions en matière de systèmes productifs rétroagissent sur les décisions portant sur le produit nouveau. Selon Midler (1996, [35], p. 77), le modèle de la concourance conduit à développer de nouvelles instrumentations « pour favoriser l'efficacité de ce dialogue inter-métiers dans le contexte ambigu, incertain et fluctuant de la conception et orienter cette coopération sur les finalités propres de chaque projet » :

- une première gamme d'instrumentation a trait aux supports de validation des choix techniques ;
- « une seconde gamme ... a pour objectif d'évaluer les différentes options qui apparaissent dans le cours de la conception et de permettre ainsi de négocier des compromis... avec un accent tout particulier mis sur la qualification de l'incertitude attachée aux données manipulées, d'une part, et la décentralisation maximale du jugement en valeur d'autre part ».

Les évolutions stratégiques et organisationnelles des projets de conception et développement de produits nouveaux supposent donc la mise en place d'instrumentations de gestion permettant

d'évaluer les enjeux économiques des différentes décisions prises par les membres de l'équipe de conception.

1-2 Évaluation économique et pilotage des projets de conception

1-2.1 Vers une prise en compte de la temporalité : le concept de coût sur le cycle de vie

Le pilotage économique d'un projet de conception et développement d'un produit nouveau suppose d'évaluer l'ensemble des conséquences des décisions de conception sur les coûts ainsi que sur les avantages retirés du produit nouveau. En matière d'évaluation des coûts, le concept de coût sur le cycle de vie du produit (*life cycle costing* ou coût global) permet de prendre en compte les conséquences des décisions de conception sur l'ensemble des coûts récurrents et notamment les coûts de production (dans une optique d'ingénierie concurrente). Le coût sur le cycle de vie consiste en «l'accumulation des coûts des activités qui surviennent au cours de l'intégralité du cycle de vie d'un produit, de sa conception à son abandon par le producteur et par le client» (Berliner & Brimson, 1988, [7], p. 241). Cette approche renouvelle la perspective en matière de gestion des coûts des produits dans la mesure où, comme le souligne Bouquin (1997, [9], p. 284), «il est apparu que les systèmes comptables avaient tendance, du fait même de leur nature, à s'intéresser aux dépenses au moment où elles se constatent, alors que l'important est d'influencer la décision qui provoque les dépenses». La perspective d'un coût sur le cycle de vie du produit permet de mettre en œuvre ce que l'ACE (1993, [1], p. 24) dénomme le management du coût total et définit comme «l'application d'une expertise professionnelle et technique pour planifier et contrôler les ressources, le coût, la profitabilité et les risques». L'idée est de maîtriser le coût avant que les charges ne se réalisent effectivement.

Enfin, le concept de coût sur le cycle de vie peut faire l'objet d'une acceptation plus ou moins large quant à son objet et il peut comprendre les charges supportées par l'industriel ou, de manière plus large, celles supportées par l'industriel et l'utilisateur du produit nouveau. Dans certains secteurs industriels, tels que l'aéronautique, ce dernier point de vue est important dans la mesure où le prix d'achat ne constitue qu'une des variables de choix de l'utilisateur. Cette double perspective peut être représentée dans le [tableau 2](#).

Tableau 2 : Décomposition du coût global (Gormand, 1995, [25], p. 20)

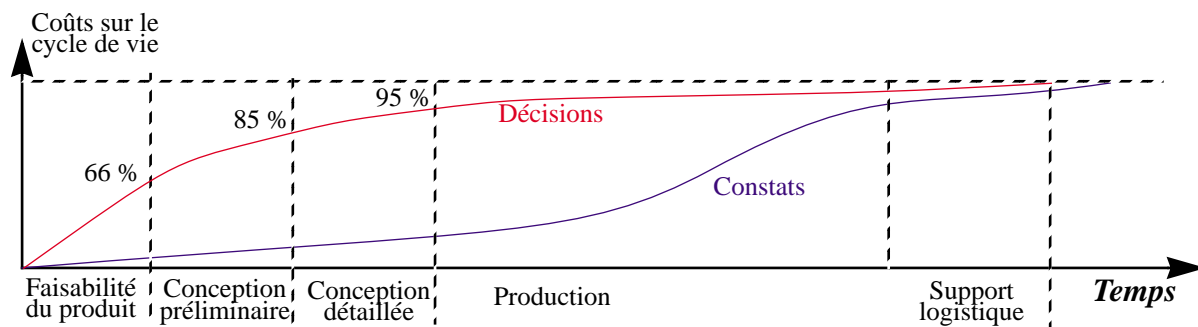
Coût global dans l'optique du producteur	Coût de possession utilisateur
Coût de développement + Coût d'industrialisation + Coût de production + Coût de distribution + Coûts après-vente	Coût d'acquisition + Coûts annexes d'acquisition + Coût d'utilisation + Coût de maintenance + Coût de fin de vie = Coût global

Ce principe de calcul du coût sur le cycle de vie d'un produit est traditionnellement présenté par le schéma de la [figure 1](#) qui distingue la courbe des coûts engagés sur le cycle de vie de la courbe des coûts constatés

La perspective d'évaluation ex-ante des coûts sur le cycle de vie suppose de pouvoir gérer la courbe haute du graphique avant que les coûts ne soient réellement figés, alors que les systèmes comptables traditionnels portent principalement sur la courbe des constats. Cette perspective d'évaluation ex-ante des coûts sur le cycle de vie du produit peut faire l'objet de deux traductions analytiques différentes : une traduction sous forme de flux ou une traduction sous forme de coûts.

1-2.1.1 Approche en termes de flux de trésorerie

L'approche en termes de flux de trésorerie générés par le projet est classique en matière de choix des investissements et conduit à établir le bilan économique ou le bilan actualisé du projet de conception et de développement. Les problèmes méthodologiques de ce type d'approche ont

Figure 1 : courbe des coûts sur le cycle de vie (Berliner et Brimson, 1988, [7], page 32)

déjà été soulignés (Giard, 1988, [21]). En matière de projets de conception et développement de produits nouveaux, une des difficultés de ce type d'approche, comme le souligne Anthony (1988, [4]), réside dans la prise en compte de tous les aléas futurs et l'estimation des risques économiques encourus. La temporalité du cycle de vie est traduite sous forme d'un échéancier. La détermination des flux financiers induits par la conception et le développement du produit nouveau suppose une analyse physique des effets du projet et notamment l'explicitation des conséquences sur les systèmes productifs. L'évaluation économique de ces conséquences physiques suppose, quant à elle, de déterminer un niveau d'observation de l'évaluateur. En effet, comme l'ont précisé Fray et Giard (1990, [18], p. 302), «l'évaluation d'une décision varie nécessairement selon le niveau d'observation de l'acteur». En matière de conception et développement d'un produit nouveau, l'évaluation économique peut se situer au niveau du projet ou de l'entreprise (et éventuellement au niveau d'une plate-forme).

- Au niveau de l'entreprise, les modifications effectives de flux de trésorerie sont prises en compte. Cependant, en matière d'évaluation de coûts ou prix unitaires de certaines ressources, des conventions peuvent être utilisées, comme par exemple le recours à un coût standard, dont la définition peut différer selon le point de vue retenu ou dans une perspective de responsabilisation et de motivation. En conséquence, ce type de convention d'évaluation portant sur les coûts peut également jouer au niveau du projet.
- Au niveau d'un centre de décision (dans le cas de la conception et du développement du produit nouveau, au niveau du projet ou de la plate-forme), il peut être souhaitable d'adopter une logique d'évaluation largement conventionnelle où il s'agit d'évaluer les variations de flux de charge relatifs à cette seule entité. Cette évaluation conventionnelle de certains flux de trésorerie porte non seulement sur les coûts mais aussi sur les quantités, lorsque l'on se place dans une perspective de relations clients-fournisseurs de ressources entre le projet, la plate-forme et l'entreprise. En effet, une modification des ressources affectées au projet ne se traduit pas nécessairement par une modification équivalente et immédiate pour l'entreprise. Les différences entre l'évaluation des flux au niveau entreprise et celle au niveau du projet portent en fait, sur les quantités des ressources non stockables ; en ce qui concerne les ressources stockables (matières et composants, par exemple), il ne peut y avoir divergence d'évaluation entre le niveau projet et celui de l'entreprise.

En conséquence, en l'absence d'évaluation conventionnelle et en se plaçant uniquement au niveau projet, l'évaluation pourrait conduire à certaines incohérences. Ces incohérences sont levées au niveau de l'entreprise lorsque les écarts de quantité de ressources non stockables induits par les différents centres de décision de l'entreprise (ou projets) se compensent, c'est-à-dire lorsque la synergie entre les différents projets est suffisamment forte.

1-2.1.2 Approche en termes de coûts moyens

Le **second type d'approche** sur le cycle de vie de produit résulte de méthodologies liées à la conception pour un coût objectif (design-to-cost) ou au *target costing* : nous nous intéressons ici essentiellement au modèle d'évaluation économique sur le cycle de vie sous-jacent à ces méthodologies et non pas aux multiples apports de ces méthodologies en tant que telles. Cooper et Slagmulder (1997, [11], p. 72) définissent le *target costing* comme «une approche structurée pour

déterminer le coût sur le cycle de vie auquel un produit donné, comportant des fonctionnalités et un niveau de qualité spécifiés, doit être fabriqué pour générer un niveau de profitabilité défini sur son cycle de vie lorsqu'il est vendu à un certain prix de vente anticipé». Cependant cette définition traduit mal les résultats d'une étude de Tanaka (1989, [40]), portant sur 209 entreprises industrielles japonaises, qui précise que le coût-cible est, en réalité, un coût de production et devient le standard dès le début des opérations récurrentes. Il est évident que le calcul d'un coût, en matière d'évaluation économique des décisions de conception et développement, n'est pertinent qu'en rapport aux volumes de vente du produit nouveau. Ces méthodes reposent sur l'évaluation ex-ante d'un coût moyen du produit nouveau. Les difficultés méthodologiques liées à ce type d'approche semblent nettement plus importantes que pour une approche par les flux. Quatre points méritent d'être soulignés.

Tout d'abord se pose le problème de définir les différentes *conventions* permettant de calculer le coût moyen (volumes prévisionnels, règles d'amortissement des dépenses non récurrentes...).

En second lieu, se pose la question du *contenu* de coût objectif ou cible, c'est-à-dire des éléments de charges qui sont pris en compte. Monden (1995, [36]), s'appuyant sur les pratiques de *target costing* dans l'industrie automobile au Japon, distingue au sein du coût-cible les coûts faisant l'objet du *target costing* de ceux qui ne sont pas objet de la méthodologie. Cette distinction est résumée dans le tableau suivant

Tableau 3 : Contenu du coût-cible (Monden, [36], 1995)

Coûts faisant l'objet du <i>target costing</i>	
Coûts variables	Charges de matières premières ; charges de transport de pièces et composants ; coût d'achat de pièces coût variable de production
Coûts fixes directs	Amortissement des équipements et outillages spécifiques ; coûts de développement des prototypes ; autres coûts de développement : heures d'ingénierie...
Coûts ne faisant pas l'objet du <i>target costing</i>	
Coûts directs de ventes	Leur montant est déterminé sur la base des charges encourues pour les modèles actuels ;
Coûts fixes indirects de production (hors amortissements spécifiques)	Reflètent les conditions de production globales et non spécifiques au produit ;
Autres coûts fixes indirects (administration, commercialisation...)	

Selon Tanaka et alii (1993, [41]), la non prise en compte de la plupart des charges indirectes dans l'objectif de réduction des coûts a deux origines :

- tout d'abord, ces charges sont influencées par un grand nombre de produits et donc l'impact d'un seul produit n'apparaît pas significatif ;
- en second lieu, les méthodes de rattachement des charges indirectes au produit des industriels japonais ont un caractère plus conventionnel qu'économique rendant leur analyse au cours des phases de conception et de développement peu pertinente.

La troisième difficulté est liée à la *temporalité* qui semble largement oubliée des méthodologies de *target costing* puisque le coût-cible est un coût calculé à un instant donné, par exemple un coût de production lors du démarrage réel de la production en série du produit nouveau. En conséquence, les analyses d'évolution à moyen, long terme de ce coût ne sont pas retenues par les méthodologies du *target costing*. Cependant, le *target costing* s'insère dans un dispositif plus large de réduction des coûts au cours du cycle de vie qui se traduit par la mise en œuvre des méthodologies de *kaizen costing* lors des phases de fabrication du produit.

Enfin, le modèle du *target costing* postule que la part de marché est uniquement déterminée par le prix. Certains modèles retiennent une causalité entre prix de vente et volume moins simpliste que celle retenue par la méthodologie du *target costing* avec pour objectif de faire le lien entre les attributs spécifiques du produit et le comportement du client sur un plan économique. En matière d'aviation civile, par exemple, un modèle économique classique au niveau du comportement du client est celui du *Direct Operating Cost* (Westphal et Scholz, 1997, [46]) qui analyse, sur la base de quelques inducteurs, le coût d'utilisation d'un nouvel avion pour une compagnie aérienne. Ce n'est donc pas tant le prix d'un nouvel avion qui conditionne la part de marché et, in fine, les volumes de vente, que les spécifications commerciales et le coût d'utilisation pour la compagnie aérienne. On passe d'une logique coût global pour le producteur à une logique de coût global pour l'utilisateur.

Ces limites, notamment en matière de prise en compte de la temporalité, peuvent être dépassées grâce au développement de modèles basés sur les coûts mais reprenant les principes d'un échancier. Reinertsen (1997, [39]) propose, par exemple, un modèle économique décrit au [tableau 4](#) basé sur quatre variables causales et permettant d'analyser la sensibilité d'une variable dépendante, la rentabilité du produit (mesurée par la rentabilité commerciale), lors d'une variation d'une des variables causales.

Tableau 4 : variables causales de la rentabilité d'un produit (Reinertsen, [39], 1997)

Variables causales	Dépenses du projet	Coût unitaire	Performance	Délais
Définition	Les contrôles sur les dépenses mesurent l'efficacité relative des processus de développement	Mesures des coûts unitaires générés par les processus de développement.	Les performances se traduisent par le flux de revenus générés par le produit.	Métrique du temps de cycle du processus de développement.
Exemples d'indicateurs permettant de mesurer la variable causale	- montant des dépenses de R & D par produit introduit ; - montant de ventes générées par 1 \$ de R & D ; - marge brute générée par \$ de R & D.	- évolutions du ratio coût/performance pour les produits individuels - comparaison des coûts unitaires par rapport à ceux des concurrents.	- gains de parts de marché ; - croissance des ventes ; - écart favorable de prix sur le marché ; - mesures de performance technique : puissance...	- avant-projet : de la proposition à l'approbation du projet ; - cycle de développement ; - temps entre la date d'arrivée du produit sur le marché et la date d'arrivée des produits concurrents.

Ce modèle économique peut être défini au niveau du projet ou à un niveau plus global, celui de la firme, pour tenir compte des effets du produit nouveau notamment sur les systèmes productifs de l'entreprise. Dans le cas d'un produit nouveau, Reinertsen (1997, [39]) propose le modèle du [tableau 5](#) (N étant la date de lancement du produit nouveau sur le marché, N-J la date de début du projet et N+I la date de fin de vie du produit).

Ce type d'approche présente un certain nombre d'avantages par rapport aux méthodologies proposées par le *target costing* ou la conception pour un coût objectif.

- Tout d'abord, la prise en compte explicite du cycle de vie du produit permet d'approcher deux catégories d'impact des décisions de conception sur les coûts futurs : un impact direct sur les coûts (en reprenant la courbe des coûts engagés, cet impact se matérialise par l'asymptote de cette courbe qui correspond aux charges cumulées sur le cycle de vie du produit) et un impact sur les facteurs d'évolution des coûts engagés. L'évaluation des coûts récurrents générés par un produit nouveau pose le problème de l'analyse de l'évolution de ces coûts tout au long du cycle de vie du produit : des facteurs comme l'accumulation de savoir-faire, l'expérience (courbe d'apprentissage) ou encore l'échelle sont susceptibles de conduire à des évolutions des coûts qui peuvent être prises en compte dans un modèle faisant apparaître, de manière explicite, la temporalité.
- Ensuite, ce type de modèle permet de tenir compte des éléments de coûts qui ne sont pas

Tableau 5 : : Modèle économique basé sur les coûts (Reinertsen, [39], 1997)

	N - J	...	N	...	N + I
Taille du marché (unités)			Q_N		
Part de marché			Z_N		
Unités vendues			$q_N = Q_N \times Z_N$		
Prix de vente moyen			p_N		
Chiffre d'affaires			$CA_N = p_N \times q_N$		
Coût unitaire			c_N		
Coût des produits vendus			$C_N = c_N \times q_N$		
Marge brute			$MB_N = CA_N - C_N$		
Charges d'ingénierie			ci_N		
Charges commerciales			co_N		
Charges administratives			ca_N		
Résultat opérationnel			$Ro_N = MB_N - ci_N - co_N - ca_N$		
Rentabilité commerciale			$ROS_N = \frac{Ro_N}{CA_N}$		
Taux de marge brute			$\frac{MB_N}{CA_N}$		

suivis par le *target costing* (tableau 3 de la page 6) :

- les coûts de commercialisation ainsi que les autres coûts indirects (administration...) sont clairement explicités par le modèle ;
- les coûts fixes indirects de production sont pris en compte au niveau du coût unitaire et viennent en déduction de la marge brute.
- Les coûts fixes spécifiques (hors ingénierie) sont pris en compte au niveau du coût unitaire.

En conclusion de cette sous-partie, nous proposons une grille de lecture des méthodologies d'évaluation économique des projets de conception, sur la base de la prise en compte du temps et des principales conventions retenues (tableau 6 de la page 9). La cohérence entre les différents types de projets de développement de produits nouveaux (schéma 1) semble mieux assurée par les modèles d'évaluation économique basés sur les flux de trésorerie grâce à l'explicitation des hypothèses physiques et la prise en compte de l'amortissement économique

1-2.2 Différentes méthodes d'aide à la décision en conception dans une perspective de cycle de vie

Différentes approches partielles permettent d'apporter un éclairage et d'améliorer la prise de décision en matière de conception sur le cycle de vie du produit. La mise en œuvre du principe de calcul d'un coût sur le cycle de vie du produit pose le problème de l'estimation des coûts futurs et des outils permettant d'influencer effectivement les décisions de conception.

Les méthodes d'estimation des coûts futurs sont relativement bien connues (méthode analogique, méthodes paramétriques et méthode analytique reposant sur les données de la comptabilité de gestion de l'entreprise) et de nombreux ouvrages relevant plutôt du domaine des sciences de l'ingénieur traitent de ces méthodes utilisées en conception (Gautier, 1997, [19]).

Tableau 6 : Grille de lecture des approches en matière d'évaluation des coûts engagés sur le cycle de vie

Approches	Méthodes	Prise en compte du temps et nature des conventions		
		Charges variables directes (CVD)	Charges fixes directes (CFD)	Charges fixes indirectes (CFI)
Flux de trésorerie		Datées Conventions, liées au niveau d'évaluation retenu, portant sur : - Coût unitaire : recours à un standard ; - quantité de ressources dans une optique de relation client/fournisseur entre le projet et l'entreprise.	Datées (vision temporelle réelle) Absence de convention d'évaluation	Datées (vision temporelle réelle) Absence de convention d'évaluation
Coûts	Design-to-cost Target costing	Non datées Conventions, liées au niveau d'évaluation retenu, portant sur: - coût unitaire: recours à un standard; - quantité de ressources non stockables dans une optique de relation client/fournisseur entre le projet et l'entreprise CVD de commercialisation non prises en compte	Non datées Conventions portant sur le calcul de leur amortissement (durées ou quantités) CFD de commercialisation non prises en compte	Non prises en compte dans la méthodologie du " target costing "
	Modèle économique basé sur les coûts (échancier de comptes de résultats)	Datées Conventions, liées au niveau d'évaluation retenu, portant sur: - coût unitaire: recours à un standard; - quantité de ressources non stockables dans une optique de relation client/fournisseur entre le projet et l'entreprise	Datées (mais vision temporelle conventionnelle) Conventions portant sur le calcul de leur amortissement (durée ou quantités, hors charges d'ingénierie)	Datées (mais vision temporelle conventionnelle) Conventions portant sur le calcul de leur amortissement (durée ou quantités)

De même, les méthodes permettant d'influencer les décisions de conception sont nombreuses mais partielles : Conception à coût objectif, ingénierie de la valeur, QFD (*Quality Function Deployment*), DFM (*Design For Manufacturing*), standardisation, méthodologies classiques de gestion des projets (ordonnancement, contrôle des coûts...). Ces différentes méthodologies visent à restreindre les choix possibles en matière de conception par la mise en place de systèmes de prescriptions réciproques faibles (Hatchuel, 1994, [26]), c'est-à-dire des prescriptions qui aboutissent à la compatibilité des différentes interventions et à un niveau de performance sans complètement déterminer les solutions à mettre en œuvre par chaque concepteur, et ainsi expliciter progressivement les différentes hypothèses retenues par les acteurs et assurer la convergence du projet. En matière d'évaluation économique, ces méthodes vont permettre de réduire le nombre de scénarios à envisager (arbitrages entre spécifications, délai et ressources) et de préciser progressivement les paramètres des scénarios retenus. Sans entrer dans le détail de chacune de ces méthodes, nous présentons rapidement les objectifs et les apports de l'analyse de la valeur, du QFD et du DFM en matière d'évaluation économique des choix de conception. De manière synthétique, ces différentes méthodologies visent à aider les décisions portant sur l'étendue du problème de conception (définition du concept produit et des processus associés), la faisabilité commerciale et technique du projet, l'identification de solutions de conception et

la validation des solutions retenues. En conséquence, ces méthodologies vont permettre de fournir certaines données nécessaires aux modèles économiques d'évaluation. En même temps, les solutions prescrites par ces méthodologies doivent faire l'objet d'un éclairage en valeur sur la base des modèles d'évaluation économique.

Tableau 7 : liens entre les variables conditionnant la profitabilité d'un produit nouveau et les méthodologies d'aide à la conception

Variables du modèle d'évaluation économique	Décomposition des variables retenues	Méthodologies d'aide à la conception
Dépenses du projet	- Dépenses de conception et de développement (D) - Équipements spécifiques (F)	- Techniques de contrôle de gestion des projets (budgets et contrôle budgétaire) - Estimation des coûts
Coût unitaire	- Coût variable unitaire de production (C)	- Conception pour un coût objectif ou coût-cible / estimation des coûts - Analyse de la valeur des composants achetés - DFM, standardisation, QFD (matrice de déploiement des composants, matrice de planification des processus et de la production)
	- Charges indirectes, frais généraux de production et fonctions support (S)	- DFM, standardisation, QFD (matrice de déploiement des composants, matrice de planification des processus et de la production) - Analyse ABC/ABM, prise en compte de la variété interne
Performance (spécifications fonctionnelles et techniques)	- Quantités (Q) - Prix unitaires (P)	- QFD – matrice de la qualité (lien entre spécifications fonctionnelles et spécifications techniques) - Analyse de la valeur (lien entre spécifications et coûts)
Délai	- Durée du développement - Date d'introduction - Date de retrait du marché (T)	Techniques d'ordonnancement de projet

1-2.2.1 Analyse de la valeur

L'AFNOR (Association Française de Normalisation) définit l'analyse de la valeur «comme 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».

Tableau 8 : analyse de la valeur

Besoin	Exigence fondamentale qui nécessite la création du produit. C'est l'expression du juste nécessaire.
Fonction	Est définie comme le rôle caractéristique d'un produit ou les services qu'il rend. Peut s'exprimer par l'ensemble des services que le produit rend à son utilisateur en répondant à son besoin.
Coût	Le coût d'un produit est l'ensemble des dépenses engendrées pour l'obtenir (production) et pour le vendre (distribution). L'Analyse de la Valeur s'intéresse essentiellement aux premières.
Valeur	La notion de valeur ne répond pas uniquement à la valeur d'échange que possède l'argent. Par exemple, pour un utilisateur, elle est déterminée par : - son degré d'utilité (valeur d'usage) ; - sa qualité en fonction de l'utilisation (valeur utile)...

Le point de départ de la méthode est l'analyse fonctionnelle de l'objet. Celle-ci débouche sur la rédaction du cahier des charges fonctionnel qui exprime les fonctions de service que doit remplir le produit pour répondre aux besoins de l'utilisateur et respecter les contraintes liées à l'utilisation du produit. Après la détermination des fonctions, l'objectif est d'estimer le coût des différentes fonctions déterminées pour orienter la recherche ultérieure d'économies. Les différentes solutions envisageables font l'objet d'une évaluation à partir de critères techniques (fiabilité, maintenance, interchangeabilité, délais d'introduction...) et de critères économiques (coût d'études, coût des outillages et investissements de production spécifiques, coût de production unitaire...), l'objectif final étant la rentabilité du produit.

La méthodologie permet ainsi d'expliciter le coût de solutions de conception envisagées et de les lier aux fonctionnalités et donc, de manière indirecte, au prix de vente du produit nouveau. L'ingénierie de la valeur (méthodologie de l'analyse de la valeur en phase de conception et développement d'un produit nouveau) apparaît comme un des outils de base des méthodologies du target costing, permettant de faire le lien entre le prix de vente du produit nouveau et son coût. Comme le soulignent Kato et alii (1995), les analyses issues de l'ingénierie de la valeur permettent de rapprocher progressivement le coût estimé du produit nouveau de son coût-cible, déterminé par les conditions de marché. Les industriels japonais utilisent, en effet, des systèmes de calcul du prix du produit nouveau par fonction.

La méthodologie de l'analyse de la valeur connaît cependant deux limites :

- tout d'abord, elle retient une vision particulière du temps (estimation du coût et de la «valeur» d'une fonction à un instant donné) qui n'est pas celle du cycle de vie du produit ;
- ensuite, dans le cadre de la conception modulaire (Tarondeau, 1999, [43], p. 34), les concepteurs peuvent doter un module de surcapacités fonctionnelles pour optimiser le nombre de cas d'emploi du module. Ce type d'hypothèse rentre difficilement dans le cadre d'une analyse de la valeur d'un produit nouveau.

1-2.2.2 QFD

Le *Quality Function Deployment* vise à être une méthodologie globale et systématique de conception pour comprendre et intégrer la perspective du consommateur. Elle fournit une aide à la décision structurée et graduelle pour traduire la «voix du consommateur» (sous forme d'attributs critiques) en cibles de conception (sous forme de spécifications) et points clés de maîtrise associés aux caractéristiques du produit ou de vérification associés aux procédés de fabrication (Cristiano, 1998, [14]). La méthode utilise un ensemble de matrices pour organiser l'information. L'outil central de la méthodologie du QFD est la matrice de la qualité (Hauser et Clausing, 1988, [27]) :

- en ligne, les attributs critiques des consommateurs : on peut définir des attributs individuels ou des catégories d'attributs homogènes (coût, forme, fiabilité...). Chaque attribut est pondéré en fonction de son importance pour le consommateur (cf. méthodologies d'analyse de la valeur qui pondèrent, elle, des fonctions) ;
- dans une deuxième étape, l'équipe établit les paramètres critiques qui induisent la performance du système. Ces paramètres décrivent une pièce ou le produit dans des termes mesurables et doivent être directement reliés aux attributs critiques pour le consommateur. Les paramètres critiques figurent en colonne.
- la troisième étape consiste à remplir les différentes intersections de la matrice : chaque cellule représente le lien potentiel entre un paramètre de conception et un attribut critique. Ce lien est spécifié par la relation entre l'attribut et le paramètre et la force du lien. Suivant les connaissances de l'équipe, des valeurs spécifiques peuvent être assignées à la relation.

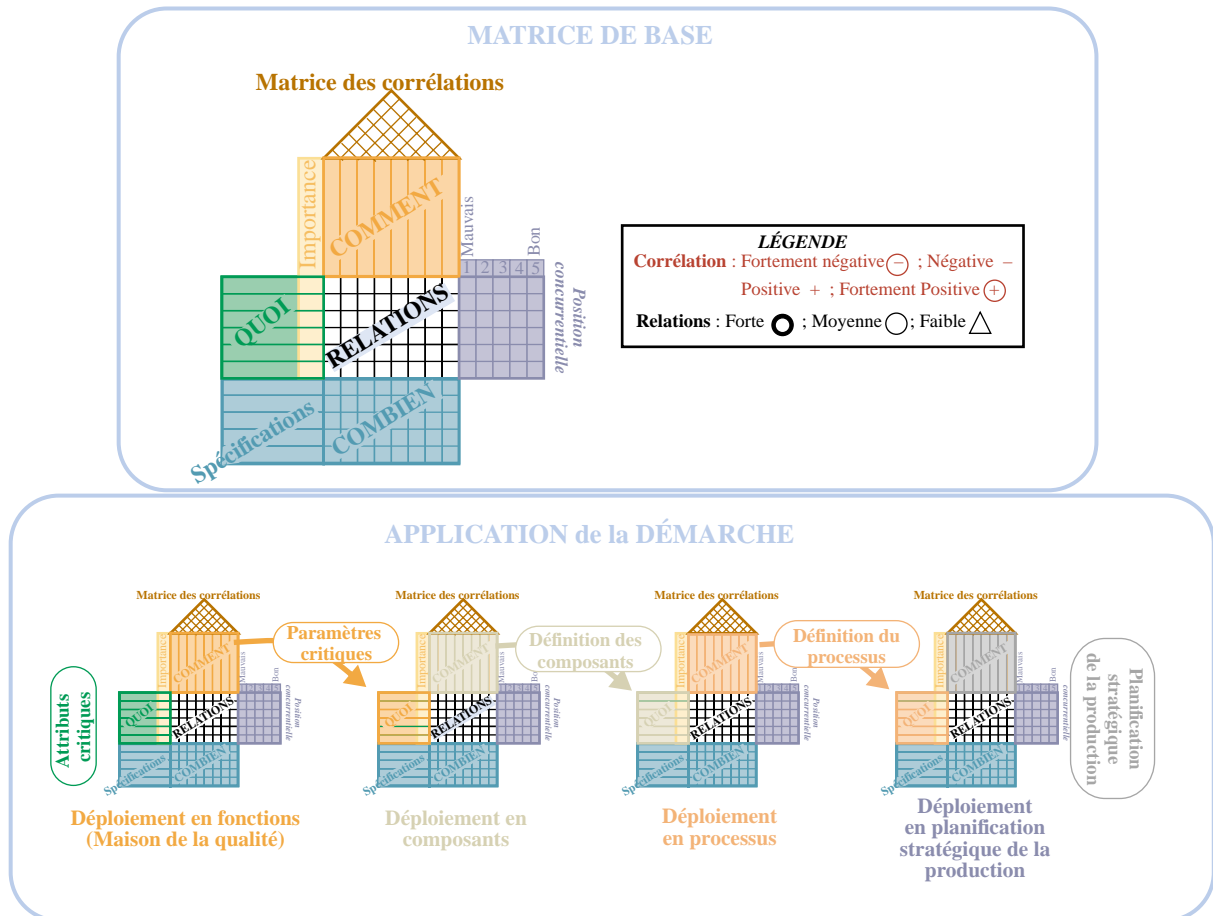
L'objectif étant de mettre en place des efforts permettant d'établir des relations claires entre les processus de production et la satisfaction du consommateur, il est en effet possible de construire de nouvelles matrices faisant le lien entre les paramètres techniques et les opérations physiques de production. Cette approche conduit à un ensemble de matrices :

- la matrice de la qualité qui fait le lien entre les attributs des consommateurs et les caractéristiques techniques de conception ;
- la matrice de déploiement des composants, qui fait le lien entre les caractéristiques techniques et les caractéristiques des composants ;
- la matrice de planification des processus qui établit les liens entre les caractéristiques des composants et les caractéristiques des processus clés ;
- la matrice de planification de la production faisant le lien entre les processus clés de production et les exigences de la production.

Ces quatre matrices reliées permettent de traduire progressivement les attributs souhaités par les clients en paramètres de conception des opérations de production. La mise en œuvre des différentes matrices de la méthodologie joue un rôle d'explicitation de l'information qui nourrit

les modèles d'évaluation économique. De manière réciproque, le QFD ne devient un outil de prescription que lorsque des cibles précises sont établies pour chaque paramètre de conception : les modèles d'évaluation économique permettent alors de simuler les conséquences du choix des paramètres techniques sur le niveau de performance économique du projet.

Figure 2 : les matrices du QFD



1-2.2.3 DFM

Dans l'organisation séquentielle de la conception et du développement de produits nouveaux, les problèmes de production ne sont soulevés qu'après que les ingénieurs aient conçus les pièces et conçus et testés les fonctionnalités des prototypes. Le *Design For Manufacturing* vise à prendre en compte des paramètres de production plus tôt dans les décisions de conception. Le DFM inclut en fait une grande variété de méthodes (Whitney, 1988, [48]). De ce point de vue, le DFM peut s'analyser comme une des instrumentations mobilisables par l'ingénierie concurrente.

Tout d'abord, des règles de conception : les solutions de conception doivent tenir compte des contraintes et capacités du processus de production. Ces règles expriment des limites dans lesquelles opèrent les processus de production. Ces limites peuvent porter, par exemple, sur :

- la taille maximale des pièces ;
- les tolérances admissibles ;
- les volumes de production ;
- les types de matières...
- ou les autres caractéristiques définissant des paramètres de conception critiques.

Ces règles de conception permettent d'établir une enveloppe dans laquelle le processus de production est capable d'atteindre les exigences de conception. Certaines firmes ont étendu la

notion de règles de conception pour inclure des principes de conception dont l'application permet d'améliorer la mise en œuvre des opérations de production, telles que :

- minimiser le nombre de pièces pour simplifier l'assemblage, réduire la main d'œuvre directe, les frais de manutention et de stockage ;
- utiliser des pièces communes pour réduire les frais de manutention et de stockage, accroître les économies d'échelle ;
- éliminer les ajustements sur lignes de production...

Ces règles de conception peuvent avoir un impact considérable sur le coût de production et la productivité.

Enfin, la méthodologie du DFM vise à établir des règles de «productibilité». Sur la base d'une analyse compréhensive de la performance du système de production, le concept de DFM peut être élargi et approfondi pour considérer :

- une conception large des processus de production prenant en compte le comportement global du système de production et comprenant le temps et la flexibilité ;
- un élargissement des activités de conception vers les plates-formes pour comprendre la conception modulaire de pièces et de composants et la gestion des interfaces.

Selon Ulrich et alii (1993, [45]), les méthodologies du DFM peuvent être différenciées selon deux objectifs : celles centrées sur la réduction du coût des éléments individuels et celles centrées sur la réduction du coût des assemblages. Ces méthodologies reposent sur des principes de réduction du nombre de pièces (évaluation de la nécessité d'une pièce) et des principes d'orientation et d'insertion des différentes pièces pour faciliter les opérations d'assemblage. Cependant, la mise en œuvre des principes du DFM ne peut être effectuée que sur la base d'une évaluation économique selon un modèle identique¹ au modèle de flux présenté au § 1-2.1, page 4. Sur un plan conceptuel, les méthodologies du DFM visent essentiellement à minimiser le coût variable unitaire de production pour améliorer la contribution de chaque unité vendue. Un des effets secondaires du DFM peut également être de réduire les charges indirectes de production et de support $S(t)$. Cependant, la mise en œuvre des principes du DFM peut conduire à augmenter le délai de mise sur le marché du produit nouveau, les charges de développement $D(t)$ ou les charges fixes d'investissement spécifiques $F(t)$ ou à modifier les fonctionnalités obtenues du produit. En conséquence, le recours aux principes du DFM doit être apprécié sur la base d'un modèle d'évaluation économique conforme à ceux qui ont été exposés précédemment.

L'ensemble de ces méthodologies d'évaluation économique et d'influence des décisions en conception conduit à se poser deux questions qui mettent en évidence trois principes :

- Quelles méthodes retenir pour un projet particulier? Cette question fait tout d'abord référence à la contingence des outils d'évaluation et de pilotage des projets de conception et de développement des produits nouveaux. En effet, le mécano des méthodologies retenues varie en fonction des mises sous tension nécessaires sur les trois contraintes du projet : les spécifications, les coûts et le délai. En second lieu, cette question se pose en raison de l'incomplétude de chacune des différentes méthodologies par rapport à la complexité des décisions en matière de conception et développement d'un produit nouveau. Sur la base de l'étude de

1. Ce modèle est résumé par la formule suivante (Ulrich et alii, 1993, [45], p. 431) :

$$\Pi = \int_0^{\infty} e^{-rt} \{Q(t)[p(t) - c(t)] - F(t) - S(t) - D(t)\} dt$$

r : taux d'actualisation continu ;

$Q(t)$: taux d'unités vendues ;

$p(t)$: prix unitaire ;

$c(t)$: coût variable unitaire de production ;

$F(t)$: dépenses en équipements spécifiques (outillages...) ;

$S(t)$: charges indirectes (frais généraux de production et fonctions support) ;

$D(t)$: dépenses de conception et développement.

Sur un plan opérationnel, la mise en œuvre du modèle recourt en fait au principe de l'actualisation par période

cas longitudinale d'un projet de conception et de développement, Nixon (1998, [37]) précise que le recours à des méthodes dépend des objectifs techniques et financiers de projet. Pour Nixon (1998, [37], p. 332), «les différentes méthodologies d'évaluation de la performance de la recherche et du développement constituent une réflexion sur la complexité de ces activités et sur les différences existant parmi les technologies et les produits. Une des difficultés majeures de l'évaluation des activités de R & D est qu'une innovation réussie requiert des caractéristiques de performance et structurelles qu'aucune fonction, à elle seule, ne peut complètement maîtriser».

- La seconde question porte sur le moment approprié de recours à une ou plusieurs des méthodologies disponibles. Les projets de conception et développement de produits nouveaux sont des projets à rentabilité contrôlée pilotés en «dérive» qui supposent le développement de méthodes en vue de mesurer, tout au long du projet, les écarts par rapport aux prévisions initiales. En conséquence, les outils nécessaires évoluent au cours du projet, sous l'effet de l'évolution du niveau d'information disponible sur le projet et le niveau d'incertitude. Ce constat est directement lié à la temporalité et à la convergence du projet. Pour Nixon (1998, [37]), au fur et à mesure de l'avancement du projet, les mesures deviennent de plus en plus précises, plus centrées sur des éléments techniques ou financiers, plus formelles et explicites. Ce constat est directement lié à la temporalité du projet, comme nous l'avons souligné plus haut. La CAM.I. (1997, [3]) propose, par exemple, un modèle explicite liant le déroulement du projet et le recours aux différentes méthodologies.

Tableau 9 : outils du «target costing» et étapes d'un projet (CAM.I., 1997)

	1.0. Stratégie produit et planification de la rentabilité	2.0. Concept produit et études de faisabilité	3.0. Conception détaillée et développement	4.0. Démarrage de la production et logistique
Principaux jalons	- Stratégie d'activité définie	- Approbation du concept de produit - Confirmation de la faisabilité	- Finalisation de la conception - Validation des procédés de production - Finalisation du plan de production	- Lancement de la production à volume réel
Planification	- Plan produit pluriannuel			- Plan produit pluriannuel
Marketing	- Benchmarking - QFD			
Comptabilité	- Estimation - Tables de coûts	- Estimation du coût des fonctions, des caractéristiques - QFD	- Estimation du coût des composants - Estimation du coût des procédés	
Ingénierie		- Ingénierie de la valeur - «Design-to-Cost» - QFD	- Ingénierie de la valeur, - DFMA - «Design-to-Cost» - QFD	- Analyse de la valeur
Achats		- Ingénierie de la valeur chez les fournisseurs	- Ingénierie de la valeur chez les fournisseurs	

Ce **tableau 9** met clairement en évidence les difficultés pour présenter la temporalité des différentes méthodologies sans tenir compte du contexte particulier du projet.

- Tout d'abord, centré sur les outils utilisés par la méthodologie du *target costing*, ce tableau ne fait pas le lien avec les outils classiques de gestion de projet utilisés par l'équipe de développement et omet certaines méthodes (simulation par exemple). De plus, ce tableau ne relie pas les types de problèmes à résoudre, les décisions à prendre suivant les phases et l'avancement du projet et la mise en œuvre des outils support du *target costing*.
- En second lieu, ce type de présentation semble peu cohérent avec une approche fondée sur l'ingénierie concourante. En effet, le principe de l'ingénierie concourante est de favoriser la participation de l'ensemble des expertises fonctionnelles lors de chacune des phases du projet. D'autre part, la plupart des méthodologies d'évaluation et de pilotage des projets de con-

ception supposent une équipe multifonctionnelle dans la mesure où les données proviennent des différentes fonctions de l'entreprise.

2 Analyse des problèmes méthodologiques de l'évaluation ex-ante d'un projet de conception et développement d'un produit nouveau sur son cycle de vie

L'objectif de cette seconde partie est de présenter les principaux problèmes méthodologiques liés à l'évaluation ex-ante des décisions de conception et de développement d'un produit nouveau dans le secteur industriel, notamment dans une perspective de développement simultané du produit nouveau et des processus productifs.

2-1 Problèmes de cohérence temporelle des décisions

La démarche de conception d'un produit nouveau s'appuie sur une démarche de spécification progressive d'un produit et de son processus de fabrication se traduisant par la création d'un échéancier de flux de dépenses et de recettes qui va de l'adaptation du système productif, préalablement à la fabrication de la première unité, jusqu'à la fabrication des dernières pièces détachées vendues au titre du service après-vente, postérieurement à la vente de la dernière unité produite. La détermination de ces échéanciers pose un certain nombre de problèmes méthodologiques.

Il est évident tout d'abord que les spécifications finales du produit, de son prix de vente conditionneront le réalisme des hypothèses relatives à l'échéancier en volume des produits vendus. Cet aspect du problème doit être considéré comme en dehors du champ d'étude mais doit être à l'origine d'études de sensibilité pour tester la robustesse «économique» de certaines solutions techniques relatives au produit ou au processus.

2-1.1 Le coût de conception du produit et de son processus de fabrication

Les dépenses liées à l'adaptation du système productif commencent par les dépenses réalisées par les bureaux d'études et des méthodes dans le cadre du projet de conception du produit et de son processus. Économiquement, il s'agit d'un investissement immatériel conditionnant la possibilité de lancement en production de nouvelles références au même titre que la disponibilité des équipements requis pour cette production. Cet investissement immatériel est pris en compte dans l'analyse économique du projet de production de produits nouveaux. S'il s'agit de composants principalement utilisés dans la production de produits finis, se pose alors le problème d'un éventuel amortissement économique de cet investissement immatériel, ce que l'on examinera ultérieurement.

2-1.2 Le coût des équipements utilisés

Il convient de distinguer le cas de l'acquisition d'équipements nouveaux, de celui d'une utilisation d'équipements préexistants mais, d'un point de vue méthodologique, ces deux problèmes sont liés comme on va le voir.

Examinons d'abord le cas d'équipements nouveaux ayant pour vocation d'être utilisé *exclusivement* par le produit nouveau.

- S'ils s'avèrent physiquement non réutilisables à la fin de l'horizon de fabrication retenu, en raison de leur usure, d'une inévitable obsolescence technique ou économique ou d'une dépendance trop forte aux spécifications de production du produit nouveau, leurs valeurs résiduelles sont nulles et la totalité de l'investissement est à porter au débit du projet. Si certaines de ces durées sont inférieures à cet horizon de fabrication, on devra procéder au renouvellement des équipements concernés et la question est alors de savoir s'il s'agit ou non d'un renouvellement à l'identique.
- Les équipements, qu'ils soient d'origine ou non, dès lors qu'ils sont physiquement réutilisa-

bles à la fin de l'horizon de fabrication retenu, posent le problème de la détermination de leurs valeurs de récupération. Deux points de vue peuvent alors être défendus.

- On peut d'abord considérer que le projet doit supporter seul ces investissements au nom d'un principe de prudence, auquel cas, ces valeurs résiduelles sont nulles. Un autre point de vue conduit au même résultat : celui consistant à considérer comme faisant partie du « slack » de l'entreprise les actifs réutilisables considérés comme « économiquement amortis » dans la production qui a suscité leur introduction dans l'entreprise.
- Un équipement réutilisable peut conduire au contraire à vouloir porter au crédit du projet une valeur résiduelle dont les règles de calcul sont largement conventionnelles. S'il s'agit d'un équipement pour lequel existe un marché de l'occasion, on peut envisager de calculer une évaluation prévisionnelle, pessimiste ou optimiste, d'autant plus difficile à établir que le marché de l'occasion est étroit. Si ce marché est trop étroit ou inexistant, la valeur résiduelle devrait être considérée comme nulle sauf si l'on a des chances raisonnables de pouvoir les réutiliser pour produire ensuite d'autres références, ce qui pose implicitement le problème – sur lequel on reviendra – du « rachat conventionnel » d'équipements anciens par une nouvelle génération de produits à fabriquer.

Examinons maintenant le cas de l'acquisition d'équipements qui sont partagés par plusieurs références dont une partie seulement correspond aux références nouvelles étudiées.

- La production des références anciennes peut parfaitement s'inscrire dans l'horizon de fabrication utilisé par le scénario qui avait conduit à décider la fabrication de ces références. Dans ce cas, l'acquisition de ces équipements était prévue et justifiée économiquement par la fabrication des « anciennes » références. La cohérence temporelle des évaluations conduit soit à considérer comme gratuite la disponibilité résiduelle d'équipements intégralement « payés » par les anciennes références, soit à imputer à la nouvelle production, la partie du coût des équipements explicitement non prise en compte par les anciennes références lors de l'achat de ces équipements¹.
- Ce partage peut aussi s'inscrire dans le cadre d'une poursuite de la fabrication des « anciennes » références au-delà de l'horizon de fabrication initialement retenu. Dans ce cas, il doit y avoir partage du coût de l'équipement entre références nouvelles et anciennes. Plusieurs techniques sont envisageables, celle qui s'appuie sur l'amortissement économique (présentée ci-après) semblant la plus rationnelle.

Le cas de l'utilisation d'équipements disponibles par les références nouvelles est implicitement étudié dans les deux cas qui viennent d'être présentés.

En définitive, le calcul du coût des équipements utilisés pour fabriquer de nouvelles références implique une traçabilité décisionnelle peu évidente à réaliser. Une solution à ce problème peut cependant être imaginée dans les entreprises qui basent économiquement l'acceptation de leurs projets sur l'obtention d'une rentabilité supérieure à un seuil minimal. L'utilisation de ce seuil comme taux d'actualisation de référence revient à accepter les projets ayant une valeur actuelle nette positive d'échéancier de flux de trésorerie associé au projet. Dans ces conditions, comme on va le voir, il est mathématiquement équivalent de prendre en compte soit l'échéancier d'investissements lié à l'acquisition d'un équipement soit l'amortissement économique de cet équipement, en s'appuyant sur une durée de vie physique raisonnable (déconnectée de considérations fiscales) et sur le taux d'actualisation de référence.

Cette notion d'amortissement économique a été introduite pour la première fois de manière cohérente par Marcel Boiteux dans les années cinquante pour EDF, sous le nom de charges d'immobilisation. Une synthèse de ses travaux sur ce thème peut être trouvée dans Boiteux, 1963, [8], chap. X ; un panorama intéressant de ce courant peut également être trouvé dans Lévy-Lambert & Dupuy, 1973, [31], chap. IV. L'échéancier d'amortissements économiques A_t défini sur n périodes et associé à un investissement ponctuel I , pour un taux d'actualisation α

1. Cette option implique, à l'achat de l'équipement, le transfert sur l'entreprise, du risque de non financement de la partie du coût non justifiée par les anciennes références. La détermination de règle de partage du coût d'acquisition entre les références anciennes et les références à venir peut être traitée suivant les principes décrits dans la note du bas de la [page 17](#)

défini pour le découpage temporel utilisé est tel que $I = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+\alpha)^t}$. Cette approche revient implicitement à déterminer la valeur résiduelle V_t de l'équipement à une date t après prise en compte de l'amortissement économique¹ de cette période : cette valeur résiduelle n'est autre que la valeur actualisée, à la date t et au taux α , des amortissements restant à venir ($V_t = \sum_{\tau=t+1}^n \frac{A_\tau}{(1+\alpha)^\tau}$). Dans ces travaux, l'amortissement économique est principalement présenté comme la conséquence de l'utilisation d'un taux d'actualisation permettant de réaliser l'équilibre entre une offre de capitaux et une demande de capitaux, interne à l'entreprise et tenant compte des opportunités du marché². Mais, ici, l'amortissement économique est vu avant tout comme un outil de cohérence temporelle des décisions (ce qui implique, notamment, une certaine stabilité du taux d'actualisation de référence utilisé).

Toute analyse économique du projet de lancement d'un produit nouveau dans laquelle on prend en compte l'utilisation d'équipements nouveaux ou existants par le biais de leurs amortissements économiques ou d'une partie de ces amortissements économiques est cohérente quant au bien-fondé de l'acquisition de ces équipements si ces amortissements économiques sont effectivement supportés en totalité par les différentes productions. L'usage d'un tel amortissement économique dans les prix de cession internes présente en outre l'avantage de la cohérence interne comme on va le voir ci-après.

2-1.3 Le coût des composants utilisés

Les coûts des composants acquis à l'extérieur ne posent a priori pas de problème puisqu'ils sont déterminés contractuellement. Des problèmes peuvent cependant surgir lorsque le fournisseur est une société détenue partiellement ou en totalité par l'entreprise concernée car les prix de vente peuvent se rapprocher de prix de cession et être minorés ou majorés en fonction de critères liés à une stratégie de groupe. Le développement des pratiques de co-développement ne modifie pas la transparence des coûts dans l'évaluation économique. En effet, les coûts de développement de l'entreprise co-traitante peuvent être partiellement pris en charge par le budget de

1. Plusieurs échéanciers d'amortissement économiques sont imaginables, ce qui a un fort impact sur la définition de la valeur résiduelle à la fin d'une période.

On peut décider de retenir un amortissement constant (d'où $A = I \frac{\alpha}{1 - (1+\alpha)^{-n}}$), ce qui est assez logique

dans le cas d'une stabilité d'utilisation du bien considéré.

On peut imaginer de faire décroître progressivement cet amortissement pour tenir compte d'hypothèses d'obsolescence technique (tout dépend alors de ces hypothèses).

On peut enfin vouloir tenir compte explicitement des variations prévisionnelles de la production p_t , tout en

voulant définir un coût unitaire économique constant a ($A_t = ap_t \Rightarrow a = I / \left\{ \sum_{t=1}^n p_t (1+\alpha)^{-t} \right\}$). Cette approche

permet facilement prendre en compte la production simultanée de références différentes par cet équipement, combinant des échéanciers de production très hétérogènes. Il convient alors d'exprimer les productions p_{it} des différentes références i produites au cours de la durée de vie de cet équipement avec une unité d'œuvre

cohérente avec ce coût unitaire constant a : $A_t = a \sum_i p_{it} \Rightarrow a = I / \left\{ \sum_{t=1}^n \frac{\sum_i p_{it}}{(1+\alpha)^t} \right\}$.

Il est possible également d'inclure dans cet échéancier les dépenses de maintenance préventive destinées à garantir une qualité constante de prestations offertes par l'équipement (auquel cas, il faudra imaginer un système de comptabilité de gestion évitant de prendre en compte deux fois ce type de charge). En cas d'inflation sensible et de durée de vie longue, il convient de réfléchir sur les avantages et inconvénients d'une solution utilisant un taux d'actualisation non déflaté et d'une solution utilisant un taux d'actualisation déflaté, avec modification des amortissements économiques par un facteur correctif de prise en compte de l'inflation.

développement du produit nouveau et le reste être répercuté sur le prix de vente, tandis que la participation du donneur d'ordre au développement du produit nouveau est prise en compte dans le coût du projet de développement.

La détermination du coût des composants fabriqués en interne pose quelques problèmes méthodologiques dont certains sont bien connus (déversement des charges indirectes, en particulier, abordé au § 2-3, page 22). On s'intéressera plus particulièrement ici au problème de l'amortissement. Dans le calcul des coûts de revient, l'usage d'une quote-part de l'amortissement fiscal des équipements utilisés équivaut à admettre que le produit nouveau bénéficie d'une subvention indirecte liée à l'usage d'équipements existants. En effet, avec cette convention de calcul, cette consommation de capital, contrairement à celle des équipements nouveaux, n'a pas à être justifiée économiquement par une rentabilité minimale du capital investi. Si, au lieu de l'amortissement fiscal, on utilise l'amortissement économique, la cohérence décisionnelle est restaurée.

Un dernier problème posé est celui de la cohérence des projets « produits finis » et des projets « organes », généralement conçus dans une optique de modularité et de standardisation (voir Giard, 1999, [23]). Les projets « organes » correspondent à la conception de modules complexes (organes mécaniques, cartes électroniques, ...) qui ont pour vocation d'être utilisées par plusieurs gammes de produits dont certaines ne sont encore qu'à l'état de projet. Ces projets n'ont pas de rentabilité intrinsèque puisque la production qui en résulte ne fait que marginalement l'objet de ventes (au titre de pièces détachées). La pratique du bilan différentiel conduit à décider de fabriquer en interne certains composants plutôt que de les acheter à l'extérieur mais, à notre connaissance, une fois cette décision prise, le système de prix de cession interne n'en tire pas de conséquences quant à une quelconque rentabilité minimale des capitaux investis. L'usage de l'amortissement économique des équipements utilisés (ou d'une quote-part en cas d'utilisation partagée) apporte une solution élégante et facile à mettre en œuvre au problème de la cohérence temporelle des décisions, à condition d'y ajouter un amortissement complémentaire correspondant aux investissements immatériels. En effet, l'amortissement économique est calculé sur la base de l'investissement et non du différentiel d'investissement ce qui permet d'en assurer la rentabilité minimale désirée (par le biais du taux d'actualisation). Par ailleurs, en y ajoutant un amortissement des investissements immatériels, on est cohérent avec l'évaluation économique initiale du dossier d'investissement du projet « organe », dont la spécificité garantit habituellement la pérennité¹. Si le projet de nouveau produit fini conduit, pour le taux d'actualisation de référence de l'entreprise, à une valeur actuelle nette positive, cela implique une rentabilité du projet des nouveaux investissements matériels et immatériels au moins égale au taux d'actualisation et une participation de ce projet à la rentabilité des projets organes implicitement mobilisés dans cette affaire.

2-2 Problèmes liés au caractère ex-ante de l'évaluation économique

2-2.1 Impact de l'incertitude sur la construction de l'échéancier des coûts engagés

La figure 1, page 5, de la courbe des coûts engagés sur le cycle de vie relève plutôt d'une évaluation ex-post des décisions de conception. En effet, dans les phases initiales du cycle de

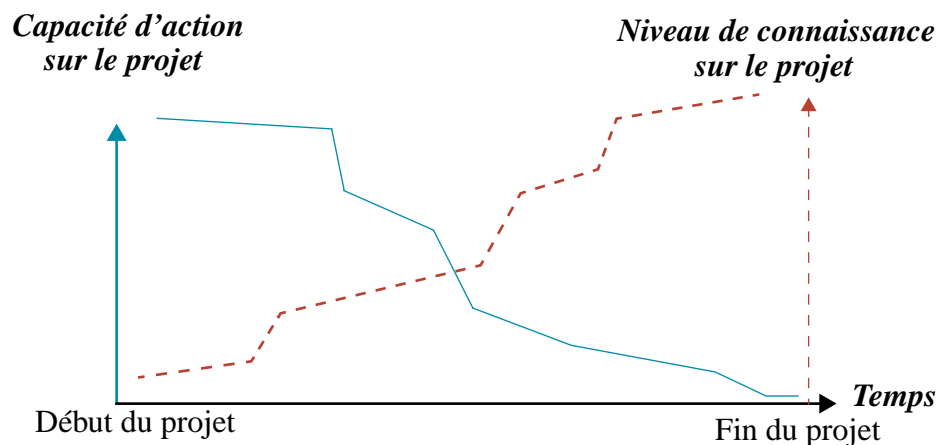
2. M. Boiteux écrit [8] « tout se passe entre le service financier de l'entreprise et le service d'exploitation comme si le premier louait au second des installations qu'il exploite », ce qui confère au taux d'actualisation un rôle d'affectation du capital similaire à celui du ROI dans les organisations divisionnelles. Il ajoute, à propos de la valeur résiduelle calculée suivant la méthode rappelée ici, que « la référence au marché permettra chaque année de prendre des décisions d'achat et de revente qui s'imposent ».

1. L'existence, sur le marché, de produits substituables comparativement moins chers peut conduire à abandonner la production de l'organe considéré. Cet abandon n'est pas judicieux si l'usage d'un coût n'incluant ni la rémunération du capital investi pour les équipements, ni un amortissement des investissements immatériels, conduit à la décision inverse. En effet, dans ce cas la différence entre ce dernier coût et celui d'acquisition du produit substituable reste dans l'entreprise et permet de ne pas tout perdre dans le processus de récupération des sommes investies. Bien évidemment, la technique de calcul retenue pour ce coût (niveau de prise en compte des charges indirectes...) peut amplifier ce problème.

vie du produit (correspondant aux décisions prises avant le démarrage effectif des opérations récurrentes de production), la courbe n'est pas connue avec certitude. Cette constatation conduit à plusieurs conséquences.

Tout d'abord, il convient de s'interroger sur les éléments de la courbe qui peuvent être effectivement gérés en fonction des phases d'avancement du projet. En effet, l'instrumentation et le pilotage d'un projet de conception sont influencés par la temporalité du projet. L'objectif du projet est de construire progressivement une réalité à venir. Cette temporalité est marquée par le découpage d'un projet en phases distinctes et se traduit par «la convergence du projet» (Midler, 1993, [34]) représentée par les deux courbes sur le graphique suivant.

Figure 3 : convergence des projets (Midler, 1993, [7], page 87)



Cette temporalité pose la question du niveau de granularité de l'estimation des coûts engagés sur le cycle de vie du produit. Ce niveau de granularité apparaît de manière explicite dans les niveaux progressifs de définition du produit et dans le recours à des méthodes d'estimation des coûts de plus en plus «précises». Dans le même temps, l'évaluation ex-ante des coûts ne présente un réel intérêt que dans la mesure où le cumul des coûts engagés laisse des marges de manœuvre. Dans les phases les plus avancées du projet de conception et développement, l'évaluation économique peut avoir pour rôle d'aider au choix des solutions techniques sur la base d'un éclairage économique ou de tester la robustesse d'une solution technique par rapport à tous les scénarios d'hypothèses envisagées. Sur un plan instrumental, la simulation en univers certain (de type «what if») permet d'éclairer l'impact économique de choix techniques alternatifs.

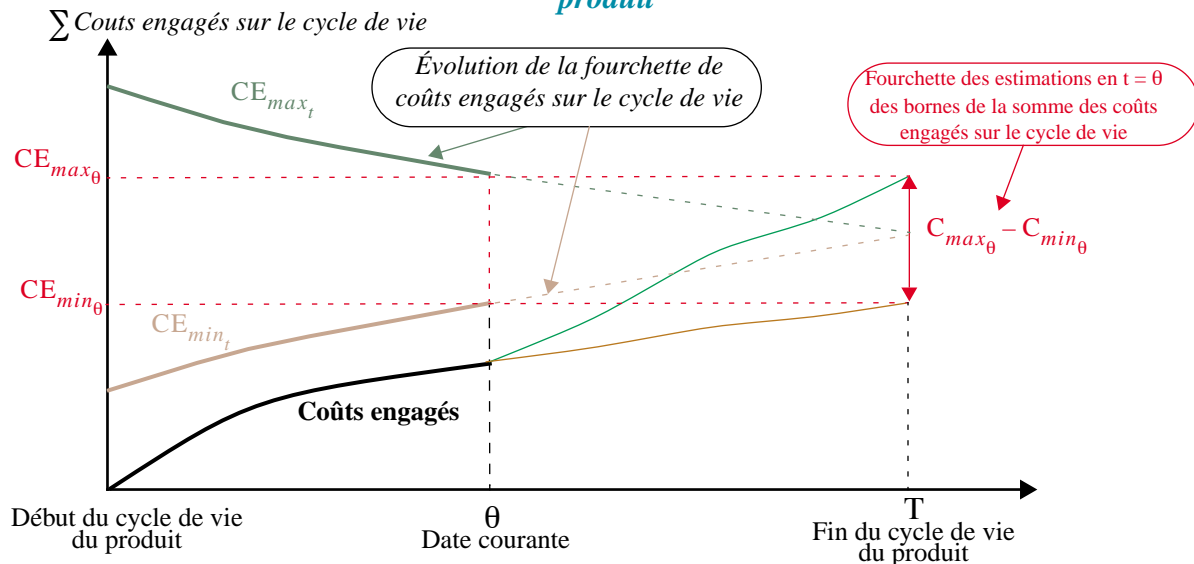
En second lieu, la prévision des coûts engagés sur le cycle de vie n'ayant pas un caractère certain, il existe, à un instant donné, un ensemble de courbes de coûts à engager. Cet ensemble de courbes conduit à deux conséquences en matière d'évaluation ex-ante des décisions de conception.

- Tout d'abord, cet ensemble de courbes résulte de l'existence de degrés de liberté en matière de choix de conception du produit et des processus correspondants, dans les phases amont du projet ; le rôle de l'évaluation est alors d'analyser la variabilité induite par ces degrés de liberté. Cette variabilité se matérialise par le choix de scénarios alternatifs et, sur un plan opérationnel, les techniques de simulation en avenir certain permettent d'explicitier les hypothèses ou de valider un scénario.
- En second lieu, l'ensemble de courbes résulte du caractère aléatoire des coûts engagés. L'objectif du pilotage est alors de définir les courbes enveloppe (limite basse et la limite haute) de cet ensemble de courbes. À cet égard, la détermination de ces courbes enveloppes suppose de rapprocher le pilotage économique du projet des méthodes de gestion des risques d'un projet (Giard, 1991, [22], ou Courtot, 1997, [13], sur ces méthodes).

Cette évolution des coûts engagés de manière irréversible à la date θ et des extrapolations au-delà de cette date cumul des coûts déjà engagés est décrite dans la [figure 4](#). À partir de cette

date, on peut déterminer deux courbes enveloppes de l'évolution du cumul des coûts engagés entre la date courante θ et la date T de fin du cycle de vie du produit : une courbe optimiste $CE_{Min\theta}$ et une courbe pessimiste $CE_{Max\theta}$. La différence $CE_{Max\theta} - CE_{Min\theta}$ représente à la fois des marges de manœuvre sur le projet de conception mais aussi l'existence de risques ayant un impact économique. Ce travail de projection est effectué tout au long du développement du projet de conception du produit et du processus. Dès lors, on peut déterminer l'évolution de l'estimation des bornes $CE_{Min,t}$ et $CE_{Max,t}$ du cumul des coûts engagés. Cette fourchette converge nécessairement vers le constat qui sera fait en fin de cycle de vie et, à la date T , on retrouve la courbe des coûts engagés de la [figure 1](#).

Figure 4 : Évolution des évaluations de bornes de coûts engagés au cours du cycle de vie du produit

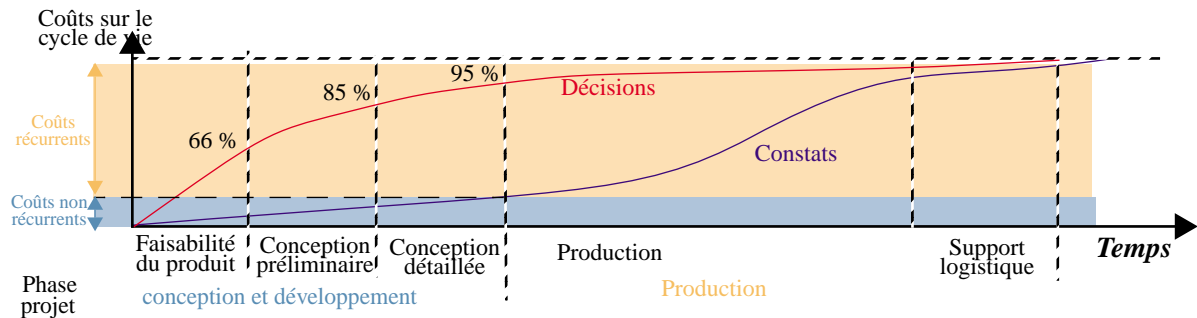
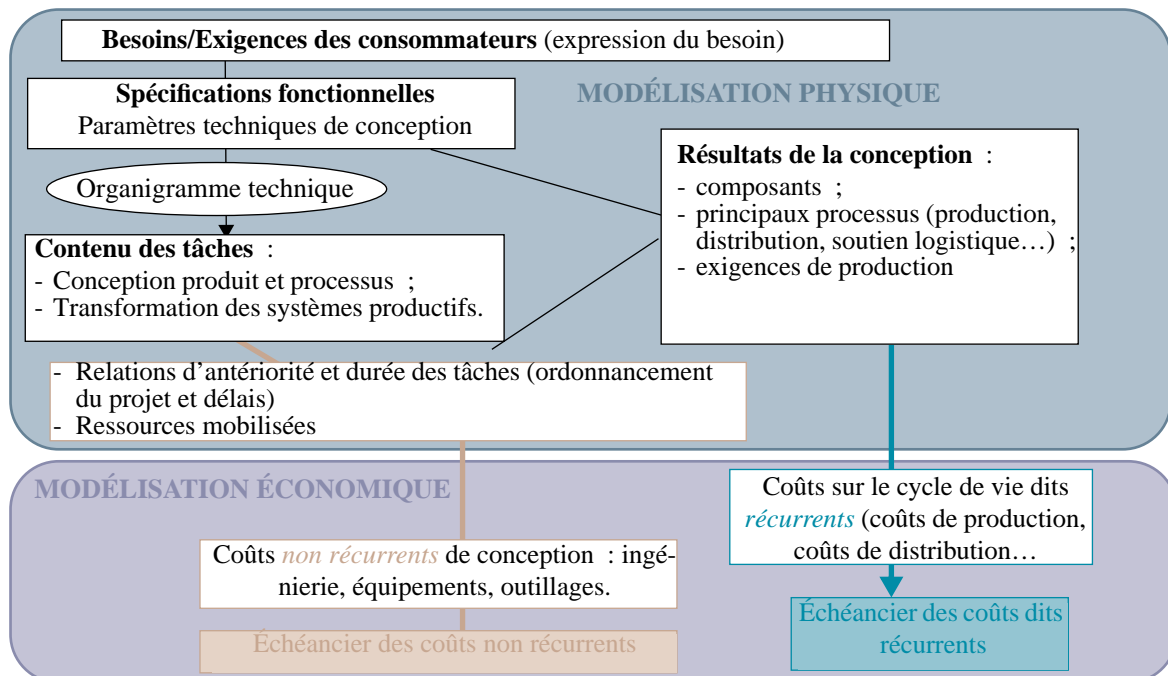


Sur un plan épistémologique, il convient de comprendre les conséquences du caractère aléatoire des éléments de coûts estimés. En effet, il existe un certain nombre de causes différentes (estimation des quantités vendues, phénomènes de diversité...) pouvant avoir un impact sur les différents coûts. Lorsque ces différentes causes sont liées, c'est-à-dire que l'on observe des phénomènes de co-variation entre les différentes causes (par exemple, des inducteurs de coût « liés » c'est-à-dire entre lesquels il existe une corrélation non nulle), il n'est plus possible d'obtenir un coût par agrégation de coûts élémentaires. En effet, calculer un coût global en additionnant des coûts individuels suppose une absence de corrélation statistique entre les coûts individuels. Ces problèmes d'interdépendance entre variables de décisions ayant un impact sur le produit et les systèmes productifs peuvent être renforcés par le caractère plus ou moins aléatoire de ces variables de commande. Sur un plan instrumental, la détermination des courbes enveloppe repose notamment sur des outils de simulation aléatoire (Méthode initialement proposée par Hertz (1968, [29]) en matière d'analyse des investissements), avec prise en compte des corrélations entre variables aléatoires dépendantes.

2-2.2 L'appel à un double niveau de modélisation

L'évaluation d'un coût sur le cycle de vie repose sur la distinction entre les coûts récurrents et ceux qui ne le sont pas, ce qu'illustre la [figure 5](#).

L'évaluation des coûts non récurrents de conception repose sur la valorisation des consommations de ressources par les différentes tâches. Ce problème est classique en matière de gestion de projet et les principales difficultés méthodologiques ont déjà été analysées (Giard, 1991, [22]). La détermination des coûts dits récurrents pose des problèmes de cohérence dans la mesure où, comme l'indique la [figure 6](#), leur évaluation repose sur deux niveaux de modélisation, l'un physique, l'autre économique (Giard et Pellegrin, 1992, [24]).

Figure 5 : décomposition des coûts sur le cycle de vie et courbes de coûts**Figure 6 : principe de décomposition des coûts sur le cycle de vie**

Tout d'abord, l'évaluation économique repose sur un niveau de description physique. La première difficulté provient de la multiplicité des descriptions physiques dans le cadre de la conception et du développement d'un nouveau produit :

- le premier niveau concerne la description physique du produit : or, la conception physique du produit n'est pas encore achevée, sa description pose des difficultés. Certaines spécifications physiques du produit peuvent rester à déterminer. Ce niveau de description physique va permettre de déterminer un coefficient d'analogie dans le cadre d'une estimation par analogie, les paramètres physiques pour l'estimation paramétrique et les charges directes de matières et composants dans le cadre de la méthode analytique ;
- le second niveau de description physique doit permettre de décrire les processus qui vont concourir à la production et à la commercialisation du produit : en phase de conception et de développement d'un produit nouveau, ces processus ne sont pas stabilisés. Cette dernière difficulté explique que les méthodes d'estimation analogique et paramétrique ignorent ce deuxième niveau de description physique pour ne s'intéresser qu'à la description physique du produit (évaluation basée sur une hypothèse de non modification des processus physiques nécessaires à la fabrication et la commercialisation du produit nouveau). La méthode analytique prend en compte implicitement une description physique du processus de production : celui-ci fournit les quantités de M.O.D nécessaires pour réaliser le produit et les quantités d'activités consommées par le produit (nombre d'inducteurs).

Ensuite, dans la mesure où l'on cherche à valoriser les décisions de conception et de développement sous la forme de coûts récurrents futurs de production, il faut valoriser ces éléments physiques par des coûts unitaires appropriés. Que ces coûts soient issus de la comptabilité de gestion ou des réalisations antérieures pour les méthodes analogiques et paramétriques, ils reposent explicitement sur une certaine représentation physique, c'est-à-dire certains choix organisationnels ou stratégiques (Giard & Pellegrin, 1992, [24]). Or, les décisions de conception et de développement qui font l'objet de la valorisation peuvent remettre en cause ces hypothèses :

- par exemple, le développement d'un produit nouveau peut être l'occasion de remettre en cause des décisions en matière de processus d'industrialisation et de fabrication, notamment dans le cadre du développement de l'ingénierie concurrente ;
- de même, les choix d'industrialisation peuvent avoir des impacts en matière de processus de production pour d'autres produits existants dans l'entreprise.

D'autre part, les décisions de conception retenues sur la base des coûts récurrents qu'elles induisent doivent être cohérentes avec les décisions stratégiques retenues au niveau de la firme ou du produit.

En raison de ces problèmes de cohérence dans le suivi et la réévaluation des coûts récurrents engagés par les décisions de conception et de développement, il importe de qualifier la valorisation en précisant, d'une part, le degré d'irréversibilité technique qui le sous-tend et, d'autre part, la nature de la valorisation (sources d'informations, méthodes de calcul, hypothèses de travail).

2-3 Problèmes liés à la variété et apport la méthode ABC

Anderson (1997, [2]) propose une analyse des coûts de production générés par la conception d'un produit nouveau en terme de coûts de variétés et distingue deux types de variétés :

- la variété externe perçue par les consommateurs qui peut être source de valeur lorsqu'elle est appréciée ;
- la variété interne qui porte sur les pièces et composants, les matières premières, les outillages et les procédés. Cette variété n'est généralement pas valorisée par le consommateur et engendre des coûts. En conséquence, la variété interne doit être réduite en utilisant des techniques de standardisation.

Anderson propose une analyse des différents éléments à l'origine de coûts de la variété. L'inducteur principal du coût de la variété pour Anderson est la taille des lots qui est déterminée par le nombre de changements en production. L'augmentation de la taille des lots conduit à une augmentation des coûts des éléments suivants :

- stocks d'en-cours ;
- espace nécessaire pour la production ;
- les coûts récurrents de non-qualité : plus la taille d'un lot est importante, plus le coût d'un éventuel problème qualité sera important ;
- transports et manutentions internes.

À l'inverse, les coûts de variété sont une fonction décroissante de la taille des lots en ce qui concerne les deux éléments suivants :

- taux d'utilisation des équipements, sous condition que les temps de changement de série soient non négligeables ;
- les coûts de main d'œuvre d'installation des lots de production.

En synthèse, Anderson propose un tableau des différents éléments à prendre en compte pour évaluer le coût de la variété (tableau 10).

Un des objectifs de la production de masse de produits sur mesure (mass customization) est de réduire la variété interne jusqu'au point où les produits puissent être réalisés de manière flexible sans supporter les coûts et délais des changements de séries. Pour Anderson (1997, [2]), cela est réalisé grâce à la standardisation des pièces, composants, matières, installations et procédés de fabrication au cours de la phase de conception des produits. La standardisation

Tableau 10 : évaluation du coût de la variété interne (Anderson, 1997, [2])

Coûts de stockage	- Stocks de matières premières ; - Stocks d'en-cours ; - Stocks de produits finis
Coûts relatifs aux stocks	- coûts administratifs, traitements de données relatifs aux stocks, personnels dépôts ; - coûts des surfaces ; - obsolescence et détériorations ; - coûts de manutentions des stocks
Démarrages de lots en production	- coûts de main d'œuvre - Impact sur le taux d'utilisation des équipements, des opérateurs ; - coûts liés au réapprovisionnement de la chaîne ou de l'atelier ;
Coûts de changements de modèles	- coûts de main d'œuvre et d'outillages nouveaux liés au changement de modèle ;
Matières	- gestion du MRP ; - gestion et validation des pièces ; - distribution interne des pièces ; - impact sur les coûts d'achats (main d'œuvre, économies d'échelle monétaires...) ;
Coût des opérations de production	- coût de la variété des outillages, installations liées à la variété ; - coût des délais liés à la variété.
Coût de la qualité	- coût des différents défauts liés à la taille des lots.

(Giard, 1999, [23]) peut porter sur les différents éléments mentionnés afin de réduire les coûts de variété :

- standardisation des pièces et composants, programmes de réduction du nombre de pièces et de composants en ne retenant que certaines pièces « préférées » ;
- standardisation des outillages : réduction du nombre d'outillages nécessaires pour l'assemblage, l'alignement, le calibrage, les tests, réparations... Les changements d'outillages se trouvent réduits lors des changements de lots ;
- standardisation des caractéristiques techniques pour une famille de produits permettant d'utiliser des outillages standards sans coûts d'installation d'un nouveau lot ;
- standardisation des matières premières ;
- standardisation des procédés de fabrication : celle-ci repose essentiellement sur l'ingénierie concourante spécifiant de manière simultanée les caractéristiques du produit et des processus de fabrication.

Un des moyens d'encourager la standardisation est de disposer d'un système de calcul des coûts favorisant la réduction du nombre de pièces, matières, outillages (faisant clairement apparaître l'ensemble des coûts liés à la diversité, notamment au niveau des charges indirectes)... À cet égard, un des avantages du système de calcul des coûts selon la méthode ABC est de mettre en évidence l'hétérogénéité des lois de consommation de ressources par les produits, notamment à partir de l'usage des activités par les produits individuels (Foster et Gupta, 1990, [17]). Au lieu de ne retenir que des lois de consommations des coûts liées au volume, la mise en place d'un système ABC a permis, dans le cadre d'une entreprise du secteur électronique, de retenir différents types de variables expliquant la formation des coûts :

En synthèse, Anderson propose un tableau des différents éléments à prendre en compte pour évaluer le coût de la variété (tableau 9).

L'amélioration permise par le système de calcul des coûts par la méthode ABC est directement liée à la prise en compte de facteurs différenciés permettant d'expliquer les lois des coûts. En effet, les choix de conception et de développement, une fois les spécifications arrêtées, portent sur des variables de complexité et d'efficacité et pas seulement sur des variables liées au volume. Les systèmes de calcul de coûts basés sur les activités permettent de mettre en évidence le rôle de la variété comme vecteur d'influence des coûts récurrents. Pour autant, en matière d'évaluation des décisions de conception, les systèmes de comptabilité ABC connaissent deux limites principales :

- tout d'abord, dans le cadre d'une étude portant sur l'identification de facteurs générant une

Tableau 11 : consommation des activités par les produits (Foster & Gupta, 1990, [17])

catégories de variables	Exemples de variables
Variables liées au volume (quantités produites)	Par exemple, montant de matières directement incorporées au produit ou temps de MOD.
Variables liées à la complexité du produit	Ces variables sont liées aux caractéristiques des produits, par exemple : - nombre de composants ; - nombre de points d'insertion ou de points de soudure ;
Variables liées à l'efficacité	Ces variables sont liées à des activités qui augmentent le temps du cycle d'assemblage des produits, sans véritablement apporter de valeur au produit, par exemple : - temps de mise au point, d'installation ; - temps de test et d'inspection par produit.

demande d'activités de support à la production (supervision, contrôles, maintenance...), Banker et alii (1990, [6]) ont montré, sur la base d'analyses de régression, qu'au moins cinq facteurs de complexité étaient statistiquement significatifs pour expliquer le coût des activités support à la production. On peut alors penser que, même si le système de comptabilité de gestion apparaît pertinent, il ne peut fournir une information exhaustive aux concepteurs sur les paramètres de conception pouvant influencer les coûts. En retenant uniquement des lois de coûts linéaires et unicausales, les systèmes de comptabilité de gestion procèdent à une simplification difficilement justifiable, ce qui constitue une première limite à l'utilisation de la comptabilité de gestion pour évaluer les choix en phase de conception et de développement d'un produit nouveau.

- En second lieu, les systèmes ABC qualifiés à « orientation interne » (Cooper et Turney, 1990, [12]) ont pour objectif principal d'influencer les décisions de conception et de développement des produits et des processus de production, en vue d'une réduction des coûts. Ces systèmes ABC doivent permettre d'envoyer des messages spécifiques aux concepteurs des produits et aux ingénieurs de production sur les moyens pratiques d'améliorer les capacités de production de l'entreprise. Selon ces auteurs, un système ABC « orienté interne » est d'autant plus intéressant que le cycle de vie des produits est court. Ces systèmes ABC s'opposent aux systèmes « orientés externe » conçus pour analyser la stratégie de la firme. Les systèmes « orientés internes » ne visent pas le calcul de coûts plus précis et comportent, en conséquence, moins d'inducteurs que les systèmes « orientés externe ». Pour autant, les trois exemples retenus par les auteurs pour présenter l'intérêt des systèmes ABC « orientés interne » montrent les limites de ces systèmes : dans tous les cas, les inducteurs sont calculés sur la base de systèmes productifs stabilisés. Le système productif existant contraint les décisions de conception des ingénieurs. Au contraire, les principes de l'ingénierie concurrente visent l'étude simultanée des décisions portant sur le produit et les décisions portant sur les systèmes productifs. Lorsque le processus de production n'est pas stabilisé, seule une étude simulatoire de type « what if » (simulation en univers certain) permet de dépasser les insuffisances des systèmes ABC « orientés interne » et de prendre en compte la simultanéité de la conception du produit et de celle des processus de production.

L'utilisation de la modélisation ABC pose le problème de la définition des inducteurs et de la différence entre le concept d'inducteur et celui de mesure d'activités. La différence entre les deux concepts est principalement liée à l'horizon temporel considéré. Selon l'analyse de Brimson (1991, [10], p. 121), l'inducteur de coût est un facteur dont l'occurrence est à l'origine du coût. La mesure d'activité, que Lorino (1989, [32]) nomme en fait unité d'œuvre, représente le facteur par lequel le coût d'une activité varie le plus directement. Une mesure d'activité est une variable dépendante au sens de l'analyse de régression. Il s'ensuit que la mise en place de la méthode ABC ne garantit nullement une modélisation des consommations de ressources utiles pour les concepteurs. En effet, certaines conditions apparaissent nécessaires.

- Tout d'abord, l'activité doit être caractérisée par un véritable inducteur et non pas simplement une mesure d'activité (qui ne traduit qu'une corrélation et non pas une causalité réelle).
- L'inducteur déterminé pour une activité doit correspondre à une variable de décision du processus de conception et développement du produit nouveau. En reprenant les modèles con-

ceptuels de Wheelwright et Clark (1992, [47]) et Reinertsen (1997, [39]) concernant le développement de produits nouveaux, ces variables de décision peuvent s'articuler autour de quelques grands domaines :

- les décisions produit et marché qui reposent essentiellement sur la définition des fonctionnalités du produit ;
- les décisions relatives aux technologies du produit qui reposent sur les capacités avec lesquelles la firme cherche à obtenir un avantage concurrentiel ;
- les décisions relatives à l'architecture du produit, qui portent sur la définition des sous-systèmes du produit et de leurs interfaces ;
- les décisions relatives aux technologies et processus de production.

Or, comme le souligne Lorino (1989, [32]), il peut être difficile lors de la mise en place de la modélisation ABC d'opter pour des mesures d'activité qui correspondent à des variables de décisions de la conception et du développement. Dans cette situation, une analyse ad hoc doit être menée pour déterminer les inducteurs de coût des activités, sous réserve que ces inducteurs correspondent à de véritables paramètres de conception. En effet, certains inducteurs peuvent être déterminés par les choix technologiques ou des choix antérieurs en matière de stratégie de développement et, dans ce cas, ne pas constituer de véritables variables de commande du projet considéré.

- Enfin, la dernière difficulté méthodologique repose sur l'impact des choix de conception et de développement sur les activités. En effet, une décision de conception peut avoir un impact sur les coûts récurrents indirects sur le nombre d'occurrence de l'activité ou sur le coût de réalisation de l'activité. Par exemple, pour une activité telle les changements de série sur lignes de production, les décisions de conception et de développement peuvent avoir un impact sur le nombre de changements de série nécessaires ou sur le temps moyen de changement d'une série. Les décisions de conception ne visent pas seulement à réduire le nombre futur d'occurrences de l'inducteur ; dans le cadre de projets de conception et de développement de produits nouveaux, un des objectifs est de réduire la variété interne, ce qui passe par la réduction même du coût des inducteurs de variété interne. Par exemple, si les concepteurs cherchent à réduire les charges de changements de série sur une ligne d'assemblage, la connaissance de l'inducteur va permettre de tenter de réduire les causes des changements de séries. Cependant, un des objectifs de la conception est aussi de réduire le coût des changements de série et donc de réduire le coût de l'inducteur en agissant sur les paramètres techniques du système de production.

3 Conclusion

L'évaluation économique des projets de conception et de développement apparaît nécessaire pour une double raison.

- Tout d'abord, les activités de conception et de développement ont acquis une dimension stratégique, dans de nombreux secteurs industriels, en raison de l'évolution des marchés et de la concurrence.
- En second lieu, la complexité (liée aux variables commerciales, techniques et organisationnelles) de ces activités ainsi que la multiplicité de leurs objectifs (délai de développement, coûts, et spécifications) rendent illusoire l'utilisation de quelques règles normatives simples découlant de l'analyse de bonnes pratiques.

La perspective sur le cycle de vie permet de rendre compte de manière pertinente des conséquences des décisions de conception sur la rentabilité du projet, même si les méthodes basées sur ce principe comportent de nombreux problèmes conceptuels, principalement liés à la prise en compte de la temporalité et du caractère ex-ante de l'évaluation en conception. Cette perspective peut se traduire par deux types d'approches en matière d'évaluation : une approche de type flux de trésorerie et une approche basée sur les coûts. Elle conduit à mettre en place une instrumentation complexe s'apparentant à un mécano qui possède deux caractéristiques.

- Cette instrumentation doit tenir compte des objectifs et du contexte ambigu, incertain et fluctuant du projet de conception et de développement du produit nouveau
- Elle suppose une participation de l'ensemble des acteurs-métiers de l'entreprise et conduit à expliciter les différentes hypothèses commerciales et techniques retenues.

En ce sens, l'évaluation systématique des enjeux économiques des choix de conception et l'explicitation de leurs risques peut favoriser la structuration du travail collectif nécessaire au développement de l'ingénierie concurrente.

4 Bibliographie

- [1] **AACE International**, «Total Cost Management», in *Cost Engineering*, vol. 35, n° 12, décembre, 1993 ; AACE = American Association of Cost Engineers.
- [2] **Anderson D. M.**, *Agile Product Development for Mass Customization : How to Develop and Deliver Products for Mass Customization, Niche Markets, JIT, Build-to-Order and Flexible Manufacturing*, McGraw-Hill, 1997.
- [3] **Ansari S.L., Bell J.E. & the CAM. I Target Cost Core Group**, «Target Costing, The Next Frontier», *Strategic Cost Management*, Irwin, Chicago, 1997.
- [4] **Anthony R.N.**, *The management control Function*, Harvard Business School Press, Boston, 1988.
- [5] **Arto K.A.** (1994), «Life Cycle Cost Concepts and Methodologies», *Journal of Cost Management*, vol.8, n° 3, Fall.
- [6] **Banker R.D., Datar S.M., Kekre S. & Mukhopadhyay T.**, «Cost of Product and Process Complexity», in Kaplan R. S (éditeur), *Measures for Manufacturing Excellence*, [30].
- [7] **Berliner C. & Brimson J.A.**, *Cost management for today's advanced manufacturing, The CAM.I. conceptual Design*, Harvard Business School Press, Boston, 1988.
- [8] **Boiteux M.**, *Cours d'économie politique*, cours photocopié de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, année universitaire 1963-1964.
- [9] **Bouquin H.**, *Comptabilité de gestion*, Sirey, Paris, 2e édition, 1997.
- [10] **Brimson J.A.**, *Activity Accounting, An Activity-Based Costing Approach*, Wiley, New York, 1991.
- [11] **Cooper R. & Slagmulder R.**, *Target Costing and Value Engineering*, Productivity Press, Portland & The IMA Foundation for Applied Research, Montvale, 1997.
- [12] **Cooper R. & Turney P.**, «Internally Focused Activity-Based Cost Systems», in Kaplan R. S (éditeur), *Measures for Manufacturing Excellence*, [30].
- [13] **Courtot H.**, *La gestion des risques dans les projets*, Economica, Paris, 1998.
- [14] **Cristiano J.-J.**, *An Investigation into Best Practice Usage of Quality Function Deployment (QFD) with Proposed Extensions : A U.S./Japan Comparative Study*, doctoral dissertation, The University of Michigan, 1998.
- [15] **ECOSIP**, *Pilotages de Projet et Entreprises – diversités et convergences*, Economica, Paris, 1993.
- [16] **Fabrycky W. & Blanchard B.**, *Life Cycle Cost and Economic Analysis*, Prentice Hall, 1991.
- [17] **Foster G. & Gupta M.**, «Activity Accounting : An Electronics Industry Implementation», in Kaplan R. S (éditeur), *Measures for Manufacturing Excellence*, [30].

- [18] **Fray C. & Giard V.**, «Méthode d'analyse et d'évaluation économique des décisions stratégiques en production», in ECOSIP, *Gestion Industrielle et Mesure Economique*, Economica, Paris, 1990.
- [19] **Gautier F.**, *Évaluation économique des activités de conception et de développement des produits nouveaux*, Cahier de recherche du GREGOR 1997.12, IAE de Paris, 1997.
- [20] **Gautier F.**, «Intégrer le processus de pilotage économique au processus de conception et de développement des produits nouveaux : enjeux et difficultés», in *Revue Française de Gestion Industrielle*, vol. 17, n° 2, 1998.
- [21] **Giard V.**, *Gestion de Production*, Economica, Paris, 2° édition, 1988.
- [22] **Giard V.**, *Gestion de Projet*, Economica, Paris, 1991.
- [23] **Giard V.**, *Analyse économique de la standardisation des produits*, Cahier de recherche du GREGOR 1999.13, IAE de Paris, 1999.
- [24] **Giard V. & Pellegrin C.**, «Fondements de l'évaluation économique dans les modèles économiques de gestion», *Revue Française de Gestion*, pages 18 à 31, mars-avril-mai, 1992.
- [25] **Gormand C. ()**, *Le coût global, pratique et études de cas*, AFNOR, Paris, 1995.
- [26] **Hatchuel A.**, «Apprentissages collectifs et activités de conception», in *Revue Française de Gestion*, juin-juillet-août, 1994.
- [27] **Hauser J.-R. & Clausing D.**, «The House of Quality», *Harvard Business Review*, vol. 66, n° 3 pages 63-73, mai-juin, 1988.
- [28] **Kato Y., Böer G. & Chow C.W.** (1995), «Target Costing : An Integrative Management Process», in *Journal of Cost Management*, Vol.9 n°1, pages 39 à 51.
- [29] **Hertz D.B.**, «Investment policies that pay off», *Harvard Business Review*, janvier-février, 1968.
- [30] **Kaplan R. S** (éditeur), *Measures for Manufacturing Excellence*, Harvard Business School Press, Boston, 1990.
- [31] **Lévy-Lambert & Dupuy**, *Les choix économiques dans l'entreprise et l'administration*, Dunod, Paris, 1973.
- [32] **Lorino P.**, *Le contrôle de gestion stratégique, la gestion par les activités*, Dunod, Paris, 1989.
- [33] **Meyer M. H & Lehnerd A.P.**, *The Power of Product platforms, Building Value and Cost Leadership*, The Free Press, New York, 1997.
- [34] **Midler C.**, «L'acteur-projet : situations, missions, moyens», ECOSIP (Giard V. & Midler C. éditeurs), *Pilotages de Projet et Entreprises – diversités et convergences*, Economica, Paris, 1993.
- [35] **Midler C.**, «Modèles gestionnaires et régulations économiques de la conception», de Terssac & Friedberg éditeurs, *Coopération et Conception*, [44].
- [36] **Monden Y.**, *Cost Reduction Systems, target Costing and kaizen Costing*, Productivity Press, Portland, 1995.
- [37] **Nixon B.**, «Research and development performance measurement : a case study», *Management Accounting Research*, vol.9, n° 3, pages 329 à 355, 1998.
- [38] **Perrin J.**, «Cohérence, pertinence et évaluation économique des activités de conception», ECOSIP, *Cohérence, Pertinence et Evaluation*, Economica, Paris, 1996.
- [39] **Reinertsen D.G.**, *Managing the Design Factory, A Product Developer's Toolkit*, The Free Press, New York, 1997.

- [40] **Tanaka M.** (), «Le contrôle des coûts dans la phase de conception d'un nouveau produit», Monden Y. & Sakuray M., *Japanese Management Accounting*, Productivity Press, Cambridge (traduction), 1989.
- [41] **Tanaka M., Yoshikawa T., Innes J. & Mitchell F.**, *Contemporary Cost Management*, Chapman & Hall, Londres, 1993.
- [42] **Tarondeau J.-C.**, *Stratégie industrielle*, Vuibert, Paris, 2e édition, 1998.
- [43] **Tarondeau J.-C.**, *La flexibilité dans les entreprises*, P.U.F, Paris, 1999.
- [44] **de Terssac G. & Friedberg E.**, *Coopération et Conception*, Octares Editions, Toulouse, 1996.
- [45] **Ulrich K., Sartorius D., Pearson S. & Jakiela M.**, «Including the Value of Time in Design-for-Manufacturing Decision making», *Management Science*, vol.39, n° 4, avril, 1993.
- [46] **Westphal R. & Scholz D.**, «A Method for Predicting Direct Operating Costs During Aircraft System Design», in *Cost Engineering*, vol.39, n° 6, juin, 1997.
- [47] **Wheelwright S.C. & Clark K.B.**, *Revolutionizing Product Development, Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality*, The Free Press, New York, 1992.
- [48] **Whitney D.E.** (1988), «Manufacturing by Design», *Harvard Business Review*, vol.66, n° 4, juillet-août.

2000.01

**Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur
le cycle de vie, lors de la conception de produits
nouveaux**

Frédéric Gautier*, Vincent Giard**

* Doctorant à l'IAE de Paris, ** Professeur à l'IAE de Paris

Les papiers de recherche du GREGOR sont accessibles
sur INTERNET à l'adresse suivante :

<http://panoramix.univ-paris1.fr/GREGOR/>

Site de l'IAE de Paris : <http://panoramix.univ-paris1.fr/IAE/>

