

Modélisation de la conception

Les démarches de conception traitées dans le paragraphe précédent font appel à des modèles spécifiques. L'objectif de ce paragraphe est de les présenter et également d'identifier leurs caractéristiques. En effet, ceux-ci peuvent aussi constituer un référentiel auquel il est potentiellement possible de faire appel pour répondre à la problématique et à l'objectif de ces travaux. Comme pour le précédent paragraphe, ils sont décrits à travers leurs principales caractéristiques puis une synthèse en présente les apports et les limites.

2.4.1. Présentation

Que ce soit en conception intégrée ou en ingénierie système, les travaux menés ont essentiellement abouti à l'élaboration de nouvelles méthodes de travail qui concernent tous les domaines de la conception. Mais, du point de vue du produit, l'activité de conception doit être considérée dans sa globalité et pas uniquement à travers certaines facettes. En effet, celle-ci ne se résume pas à décrire un produit qui puisse simplement être fabriqué puis vendu. Il doit avant tout répondre aux attentes du client en termes de coût, de délai et de performances. Or, l'atteinte de ces objectifs dépend non seulement de la manière dont les concepteurs travaillent, mais également de la façon dont ils s'organisent. Ainsi, le succès d'un projet de conception de produit est inexorablement lié à trois points de vue : celui du produit, mais également celui de son processus de conception et celui des ressources qui l'accompagnent [Krause 93].

Par conséquent, Il est impératif d'assurer la cohérence de l'ensemble via un modèle d'intégration supportant ces trois points de vue. Il en existe deux:

- le modèle « PPR » associant le Produit, son Processus de conception et ses Ressources,
- le modèle « PPO » intégrant le Produit, son Processus de conception et son Organisation [Geryville 06].

Ces deux modèles sont très similaires. Cependant, le premier considère les ressources comme un simple ensemble d'éléments typés (ressources humaines, matérielles, logicielles...), alors que le second les associe aussi à une organisation hiérarchique.

De nombreuses propositions de modèles de conception multi points de vue ont été faites à partir de ces deux variantes. Trois exemples représentatifs sont présentés en fin de paragraphe : le modèle de HARANI, le projet « IPPOP » et le projet « ATLAS ». Mais avant, les modèles fondamentaux sur lesquels ils reposent sont détaillés. Ils concernent la modélisation du produit, des processus de conception et des organisations d'entreprises [Noël 04].

2.4.2. Les modèles de produits

2.4.2.1. Le modèle « FBS »

Le modèle « FBS » a été proposé par John S GERO au début des années quatre vingt-dix. Il propose de structurer les données de conception d'un produit à partir de trois vues [Gero 03]. La première rassemble celles décrivant les fonctions du produit. La deuxième regroupe celles relatives à son comportement (statique, dynamique, thermique...). Enfin, la troisième contient celles qui permettent de définir sa structure. Bien entendu, ces trois vues

interagissent. La figure 2-45 présente ce modèle produit ainsi que l'ensemble des interactions entre les différentes vues qui le composent [Labrousse 04]. Il est important de noter que ce modèle produit s'appuie sur un nombre limité d'étapes de conception. Même s'il est complet et cohérent, son niveau de généralité trop élevé ne lui permet pas de couvrir l'ensemble des besoins de conception. Par exemple, il ne permet pas de prendre en compte les éléments de conception intermédiaires entrant dans l'élaboration de l'architecture organique du produit physique. Pourtant, cette étape est cruciale pour le suivi du produit tout au long de sa vie car elle permet notamment de contrôler les impacts des modifications.

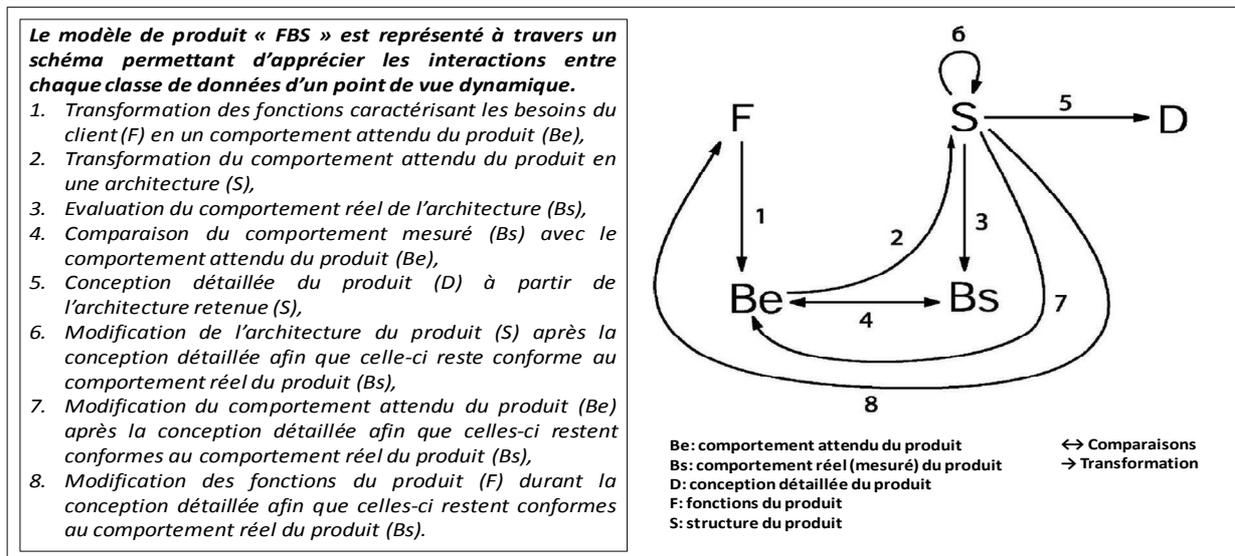


Figure 2-45: le modèle de produit « FBS » [Gero 03].

2.4.2.2. Le modèle « RFLP »

Le modèle « RFLP » est similaire au modèle « FBS ». Il caractérise également un produit à travers les fonctions qu'il doit remplir (F), la manière dont il le fait (L pour « logique ») et ses constituants (P). Cependant, il introduit une nouvelle vue qui rassemble l'ensemble des besoins du client, ou exigences (R). En effet, le modèle « RFLP » est essentiellement utilisé en ingénierie système car il propose des outils permettant de caractériser et de formaliser ces exigences (exemple : l'ingénierie des exigences). Cet aspect est donc considéré comme une partie importante et indissociable de l'activité de conception. Par conséquent, elle doit être représentée clairement dans les modèles de données [Lebrun 09] [O2M 10] [IBM-DS 09].

2.4.2.3. Les « L-graphe, T-graphe et P-graphe »

Les modèles « T-graphe, L-graphe et P-graphe » permettent de représenter un produit à partir de trois graphes complémentaires. Ils ont été proposés par Eric DUPINET au début des années quatre vingt-dix. Ainsi, le « L-graphe » (ou graphe « Logique ») permet de décrire les fonctions d'un produit à travers les relations cinématiques et géométriques entre ses surfaces fonctionnelles. Le « T-graphe » (ou graphe « Technologique ») permet, quant à lui, de caractériser les zones de contact entre les composants élémentaires du produit. Enfin, le « P-graphe » (ou graphe « Produit ») est construit à partir de l'association des deux graphes précédents. Son rôle est de maintenir la cohérence de l'ensemble. La figure 2-46 présente un exemple de « L-graphe » et de « T-graphe » appliqué à un frein à disque [Dupinet 91] [Constant 96].

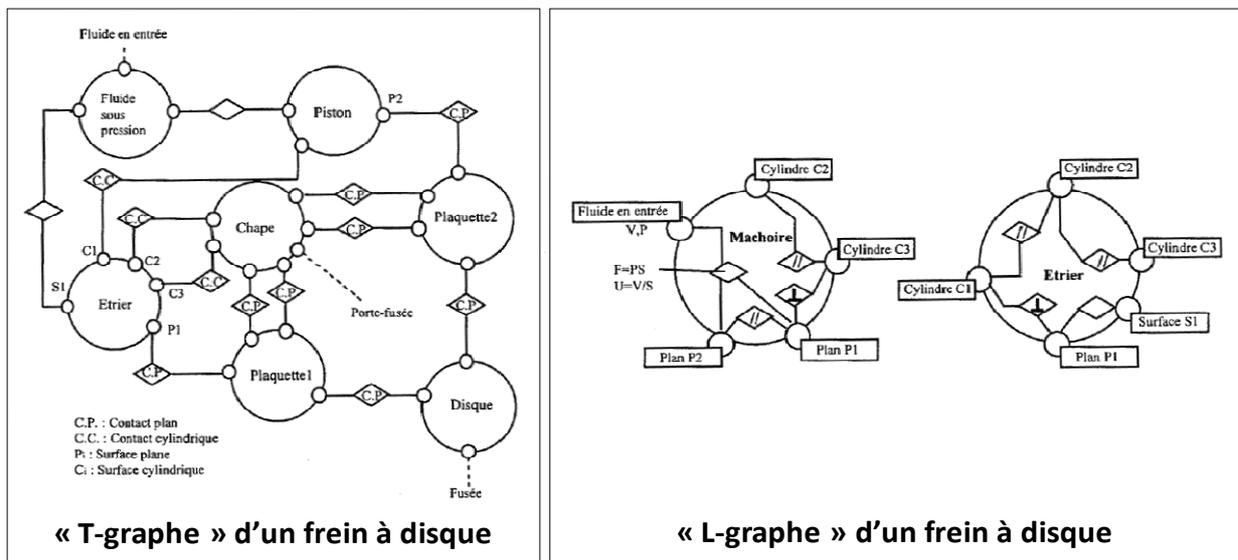


Figure 2-46: exemple d'application du modèle « L/T/P-graphe » [Constant 96].

2.4.3. Les modèles de processus

2.4.3.1. Le modèle « Graphe »

Ce modèle est proposé par C VARGAS au milieu des années quatre vingt-dix [Vargas 95]. Il permet de formaliser un processus de conception de manière déclarative. Il est constitué de « tâches » qui représentent les problèmes de conception et les « méthodes élémentaires » susceptibles de les résoudre. Une même méthode peut être utilisée par plusieurs tâches et inversement. Le tout est complété par des liens booléens (« ET » et « OU ») permettant de créer la filiation de chaque problème à travers une arborescence unique (voir figure 2-47).

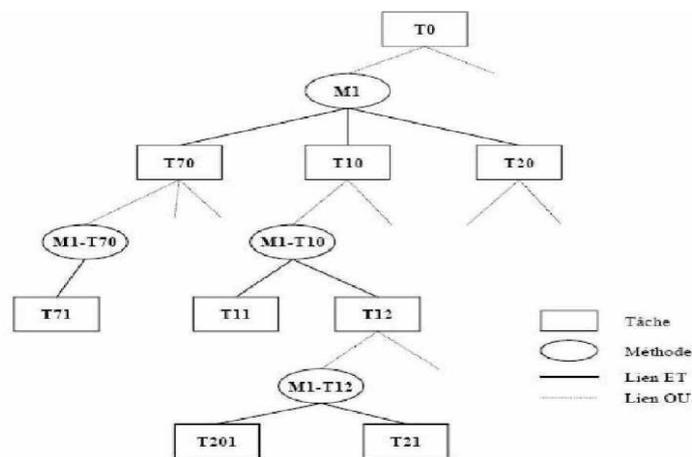


Figure 2-47: représentation du modèle de processus proposé par VARGAS [Vargas 95].

La mise en œuvre de ce modèle est réalisée en deux temps : l'identification et la hiérarchisation des problèmes à résoudre, puis le choix d'une méthode de résolution. Un ensemble de contraintes est alors affecté à cette dernière par propagation. Elles permettent de limiter les solutions ou même de les déterminer entièrement si la méthode le permet.

Même si ce modèle n'est pas accompagné de méthode et d'outil formels permettant de décomposer les « tâches » et d'identifier les « méthodes de réalisation », il définit néanmoins le besoin impératif de structurer et de capitaliser les savoir-faire. De plus, il met en évidence la manière dont ceux-ci sont distribués tout au long du processus de conception.

2.4.3.2. Le modèle « GRAI »

Ce modèle est créé au milieu des années quatre-vingt par G DOUMEINGTS [Doumeingts 84]. Sa portée initiale dépasse le cadre de la conception puisque son objectif est de modéliser les processus d'une entreprise afin de pouvoir les analyser puis les améliorer. Pour cela, il aborde l'entreprise suivant trois niveaux : stratégique, tactique et opérationnel (voir figure 2-48). Il propose une méthode outillée composée de deux types de grilles et d'un outil graphique qui assurent à la fois la complétude et la cohérence de l'ensemble vis à vis des objectifs fixés.

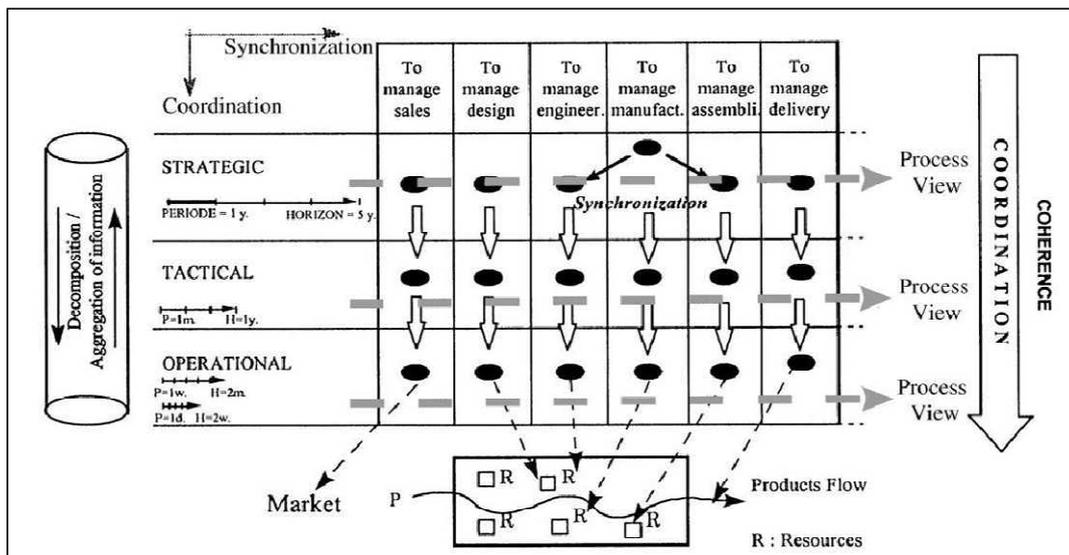


Figure 2-48: représentation globale de la méthode GRAI.

Les grilles permettent de modéliser les fonctions de l'entreprise et la manière dont elles sont gérées (planification, gestion des produits et des ressources de l'entreprise). Quand à l'outil graphique (appelé « réseaux GRAI »), il permet de modéliser les processus de l'entreprise à partir de deux types d'éléments : les « activités d'exécution » et les « activités de décision ». Elles peuvent être reliées par des opérateurs booléens de type « ET/OU » et par des opérateurs logiques de type « séquençement », « bouclage » (voir figure 2-49).

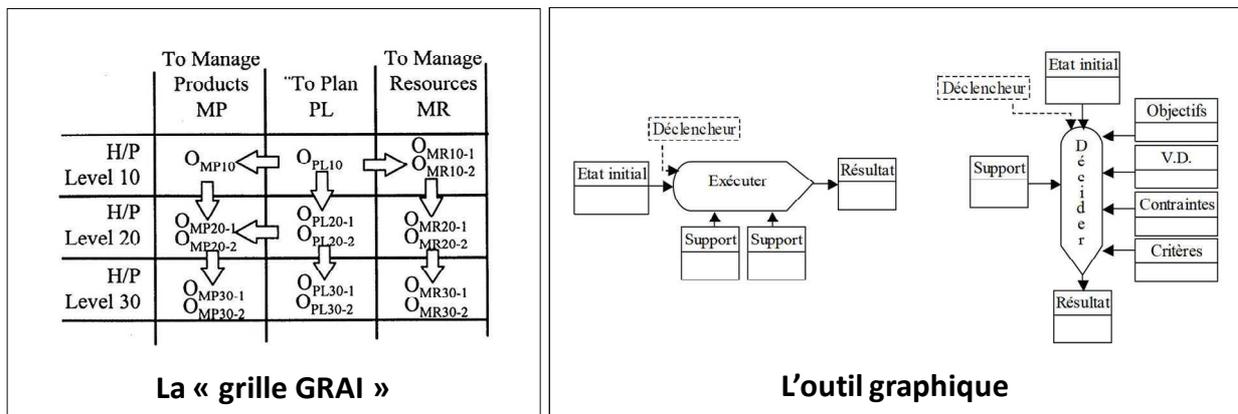


Figure 2-49: présentation des outils de la méthode GRAI.

Le modèle « GRAI » est souvent utilisé par les entreprises. Il leur permet d'évaluer leur organisation et de l'améliorer grâce à des outils opérationnels qui répondent à leurs besoins.

2.4.4. Les modèles d'organisation

Ces modèles s'appuient exclusivement sur les organisations réellement déployées dans les entreprises. Ils en formalisent les principaux constituants, mais également les fonctionnements. Il est donc possible d'en évaluer les avantages et les inconvénients face à un contexte industriel donné. Cinq modèles sont présentés ci-dessous.

2.4.4.1. Le modèle « fonctionnel »

De manière classique, l'organisation des ressources d'une entreprise est représentée par un organigramme fonctionnel. Celui-ci reflète le rôle de chacun du point de vue de ses compétences métier et de ses responsabilités. Il permet donc d'assurer de manière implicite la coordination entre les différentes activités de l'entreprise (voir figure 2-50).

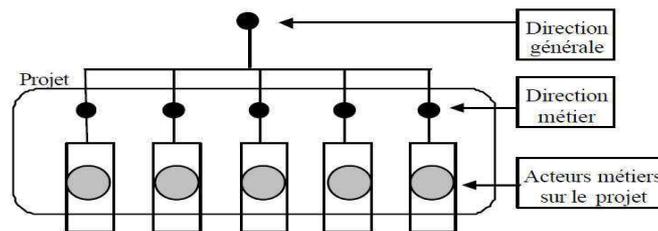


Figure 2-50: organisation « fonctionnelle » de l'entreprise [Poveda 01] [Clark 88].

Ainsi, toute entreprise amenée à concevoir des produits doit le faire à travers une démarche spécifique visant à formaliser et à structurer l'ensemble des données permettant d'atteindre des objectifs de conception préalablement fixés [Poveda 01]. Cette approche méthodologique sous forme de projet implique donc une organisation appropriée. Or, celle-ci peut entrer en conflit avec celle de l'entreprise. Par exemple, elle peut entraîner des choix contradictoires provenant de deux chaînes décisionnelles différentes (l'une appartenant à l'entreprise et l'autre au projet). Même si elle ne dure que le temps d'un projet, elle peut malgré tout provoquer de graves dysfonctionnements. Faire cohabiter deux organisations différentes ne constitue pas une situation idéale.

2.4.4.2. Le modèle basé sur la « coordination de projet »

Afin de remédier au problème évoqué précédemment, l'une des solutions est de coordonner les deux organisations. Ainsi, chaque projet de conception de produit est doté d'un « coordinateur » dont le rôle est d'assurer la cohérence décisionnelle en informant chacune des deux parties-prenantes des évolutions susceptible de les impacter mutuellement (voir figure 2-51). Cet apport pertinent de communication fluidifie les relations entre les deux organisations, mais elle ne permet pas de gérer les éventuels conflits tels que les divergences d'opinions ou d'intérêts.

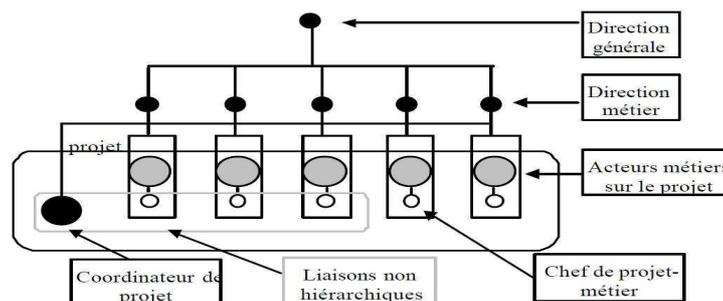


Figure 2-51: illustration de la coordination de projet [Poveda 01] [Clark 88].

2.4.4.3. Le modèle basé sur la « direction de projet »

Pour améliorer la coordination entre les deux organisations, il est indispensable de faire évoluer le rôle du coordinateur en le dotant d'un pouvoir décisionnel au moins équivalent à celui des supérieurs hiérarchiques des ressources humaines associées à son projet (voir figure 2-52). Il peut alors participer activement à la résolution des divergences en apportant son soutien à l'un ou l'autre des protagonistes. Mais, il ne s'agit là que d'une influence qui ne constitue en aucun cas un réel levier de pilotage du projet.

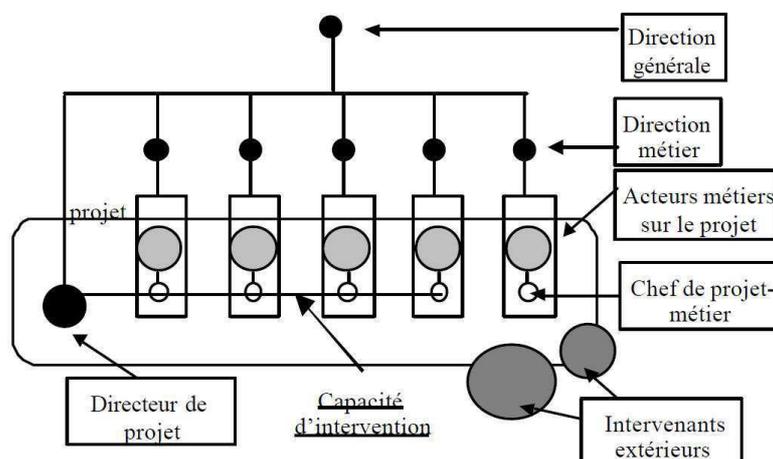


Figure 2-52: illustration de la direction de projet [Poveda 01] [Clark 88].

2.4.4.4. Le modèle basé sur les « plateaux projets »

Une autre solution permettant à une entreprise de mener un projet de conception de produit dans de bonnes conditions est de conserver un minimum de liens entre les deux organisations. Ainsi, le projet est vu comme une « boîte noire » confiée à un « responsable de projet » chargé d'atteindre un ensemble d'objectifs préalablement fixés par l'entreprise (voir figure 2-53).

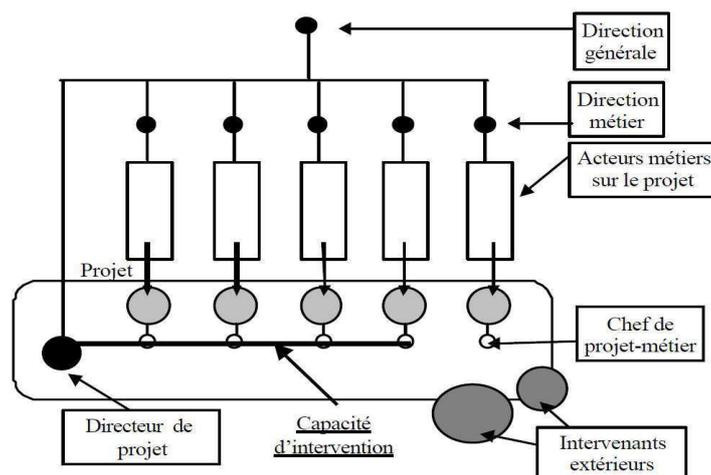


Figure 2-53: illustration d'un « plateau projet » [Poveda 01] [Clark 88].

Dans ce cas, les seules relations entre le projet et l'entreprise consistent à tenir informer l'entreprise de l'avancement et des difficultés éventuellement rencontrées. L'entreprise peut alors intervenir sur le projet à travers le recadrage des objectifs de conception. En dehors de cela, le responsable est libre de mener le projet comme il l'entend à partir du moment où il

respecte ses engagements vis-à-vis de l'entreprise. Par exemple, il dirige directement l'ensemble des ressources humaines affectées au projet.

2.4.4.5. Les modèle « projet/entreprise »

Les paragraphes précédents ont montré que l'organisation des ressources de l'entreprise est influencée par le fonctionnement des projets de conception de ses propres produits. Ainsi, plusieurs modèles d'organisations existent dotés de caractéristiques différentes qui permettent à chaque entreprise d'atteindre ses objectifs de développement dans les meilleures conditions.

Cependant, un second facteur influence l'organisation de ses ressources. Il s'agit du type de relation qui la lie à un projet. En effet, soit celui-ci appartient entièrement à l'entreprise, soit il est partagé entre plusieurs entreprises. Ce dernier cas (généralement appelé « entreprise étendue ») est lui-même composé de trois configurations différentes qui sont présentés dans la figure 2-54.

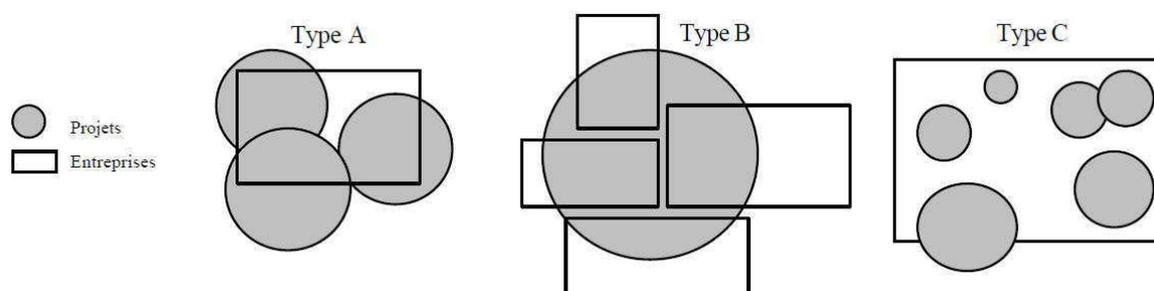


Figure 2-54: typologie de la relation « projet/entreprise » [Poveda 01] [Clark 88].

Il est important de noter que le partage d'un projet peut prendre différentes formes. Il peut s'agir d'une relation client/fournisseur dans le cas d'une simple sous-traitance, mais cela peut également être un co-développement dans lequel les risques sont mutualisés. Quoiqu'il en soit, le fonctionnement en « entreprise étendue » implique de nouvelles contraintes organisationnelles qu'il faut prendre en compte lors du choix d'un modèle d'organisation. En effet, le projet ne cohabite plus avec une seule entreprise, mais avec plusieurs qui ont toutes leur propre organisation [Kaplan 98] [Garel 03] [Lenfle 10] [Oosterman 01] [Sureephong 06].

2.4.5. Exemples de modèles de conception multi-points de vue

2.4.5.1. Le modèle d'HARANI

Ce modèle est proposé par Y HARANI à la fin des années quatre vingt-dix. Son principal objectif est de capitaliser les connaissances dans le domaine de la conception. Pour cela, il repose sur le modèle de type « PPR ». Il est décrit à travers deux modèles conceptuels.

Le premier représente la partie consacrée au produit (voir figure 2-55). Il repose sur le modèle produit « FBS » (Function/Behaviour/Structure) dont il exploite particulièrement l'aspect comportemental (exemple : intégration des équations de comportement du produit).

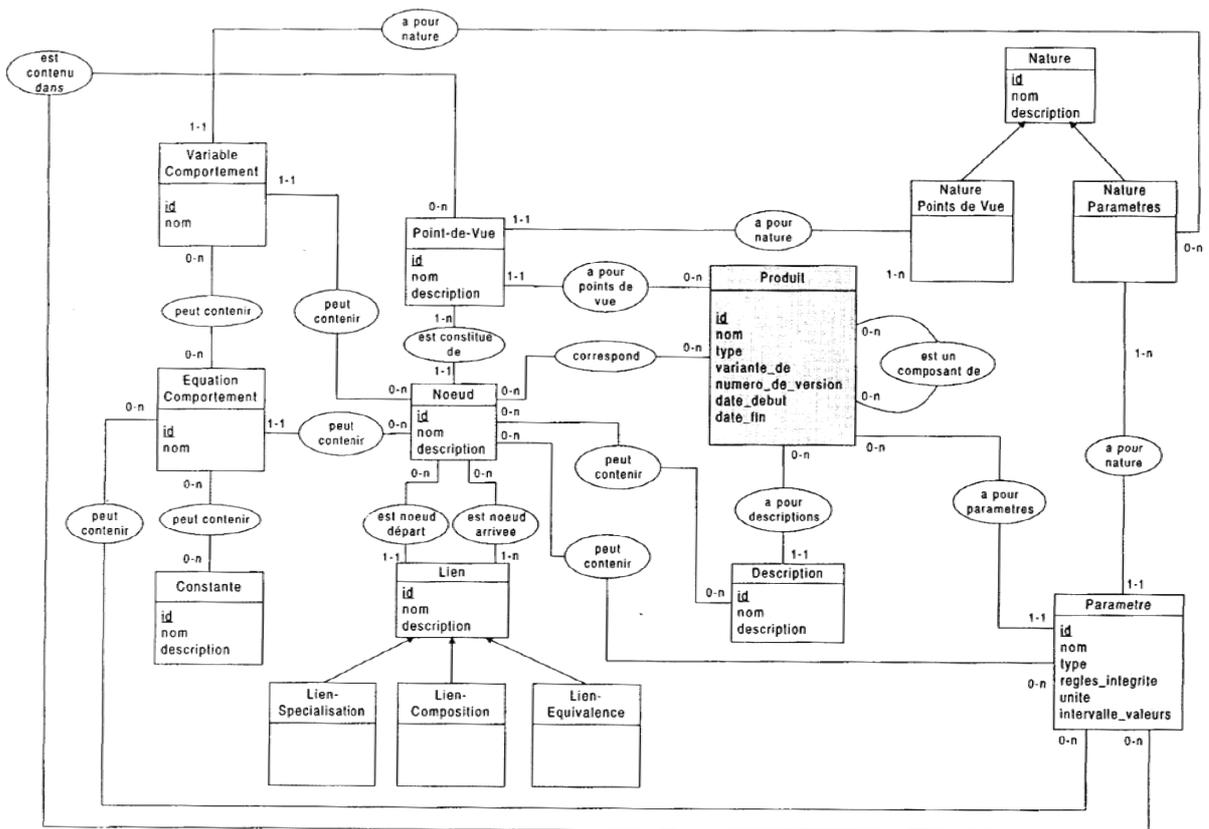


Figure 2-55: modèle de conception multi-vue d'HARANI (partie « Produit ») [Harani 97].

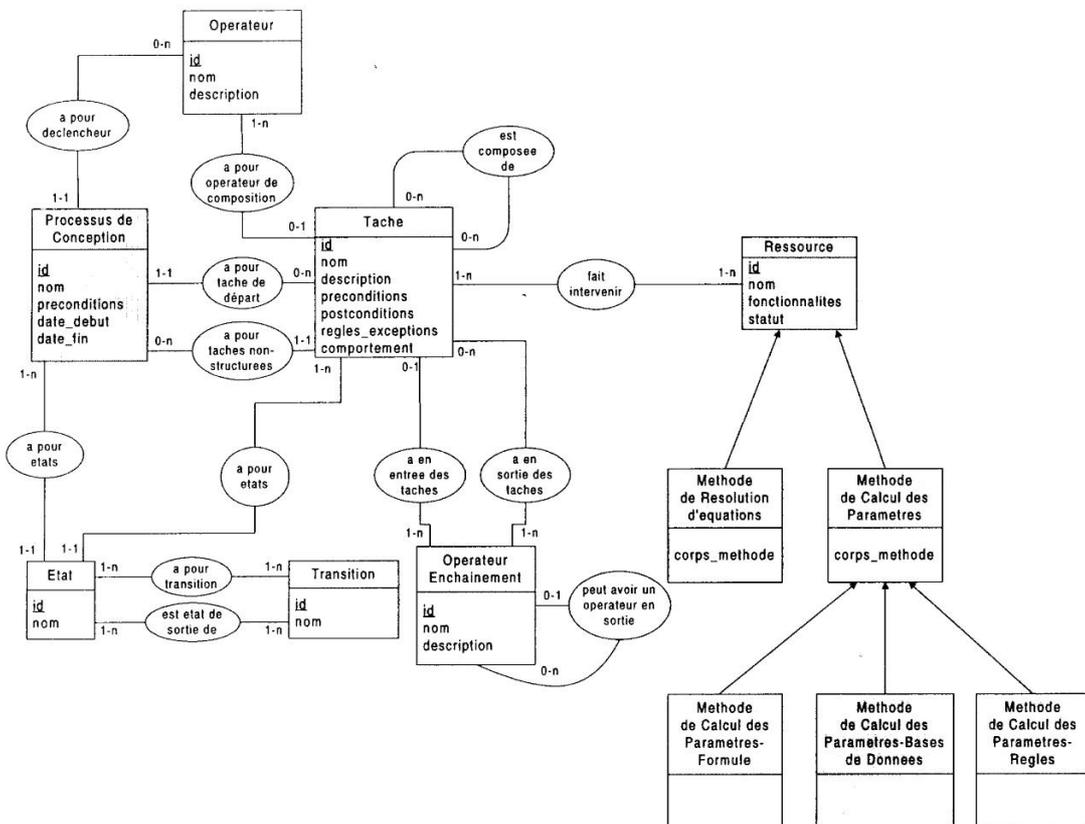


Figure 2-56: modèle de conception multi-vue d'HARANI (partie « Processus/Ressources ») [Harani 97].

Quant au second, il associe directement les parties processus et ressources (voir figure 2-56). Les processus sont constitués de tâches associées à un état. Elles sont complétées par des déclencheurs, des opérateurs d'enchaînements et de transitions. Concernant les ressources, elles prennent en compte les méthodes de réalisation nécessaires à l'accomplissement des tâches de conception [Harani 97] [Labrousse 04].

2.4.5.2. Le projet « IPPOP »

Ce projet a été mené par cinq laboratoires français au début des années deux mille. L'objectif est de proposer un environnement de conception de produit intégrant les trois aspects produit, processus et organisation. Pour cela, chaque aspect est associé à un modèle dont le périmètre d'action est précisé. Le tout est réuni au sein d'un unique modèle autorisant les interactions entre chacun des trois vues [Girard 05].

Concernant le modèle produit, il permet de capitaliser et de structurer les données et les connaissances de conception du produit, mais également celles relatives au projet. L'ensemble de ces données est centralisé puis distribué au grès des besoins de conception via les logiciels métiers (moyennant un interfaçage spécifique).

Quand au modèle processus, il permet de capturer le déroulement d'un projet dans le but de l'analyser et de le réutiliser dans d'autres projets. Il se focalise particulièrement sur les collaborations survenues lors de la conception. Pour cela, il s'appuie sur le concept de « maturité » qui permet d'affecter un indice de « confiance » aux données échangées.

Enfin, le modèle organisation permet de définir le contexte décisionnel d'un projet. Il est ainsi possible de piloter l'activité de conception à partir d'une situation de conception préalablement formalisée. Celle-ci est composée « d'indicateurs de performance » et de « leviers d'actions » qui aident la prise de décision.

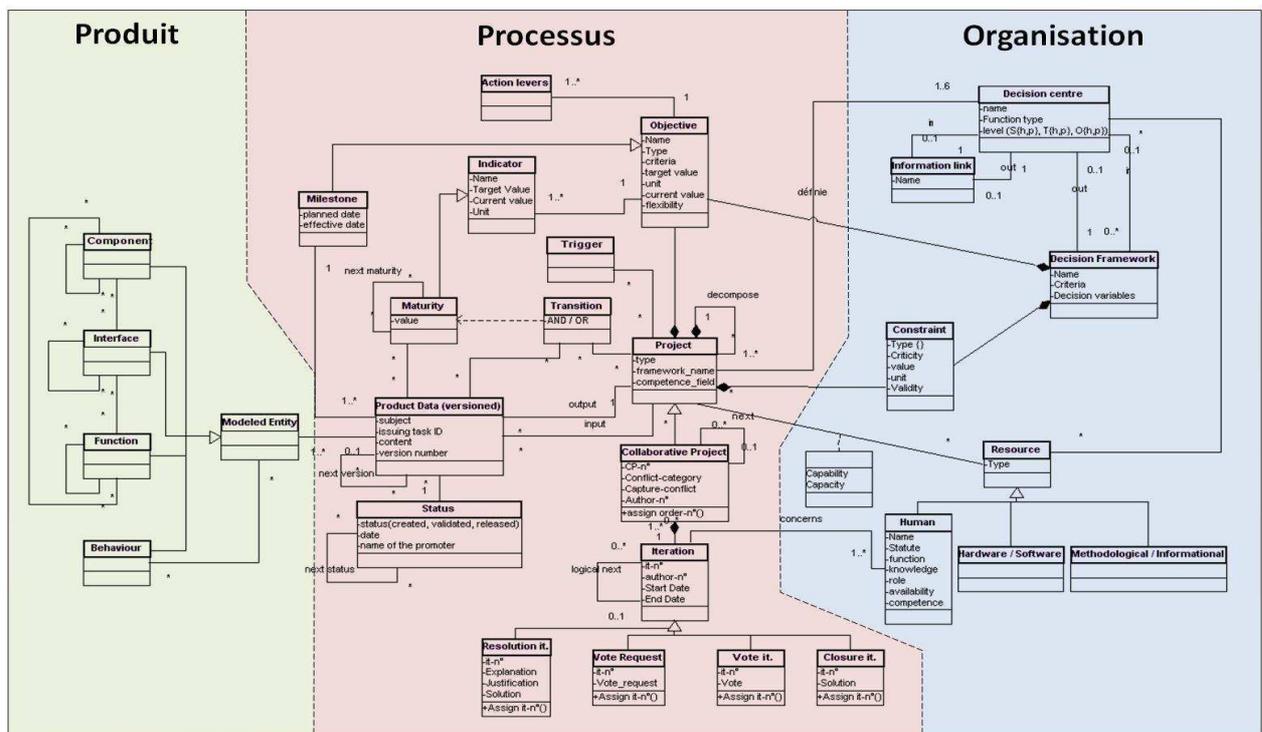


Figure 2-57: diagramme de classe du modèle IPPOP.

La figure 2-57 présente le diagramme de classe du modèle IPPOP. Les parties consacrées au produit, au processus et à l'organisation y sont clairement identifiées ainsi que les interactions qui les unissent [Etienne 11].

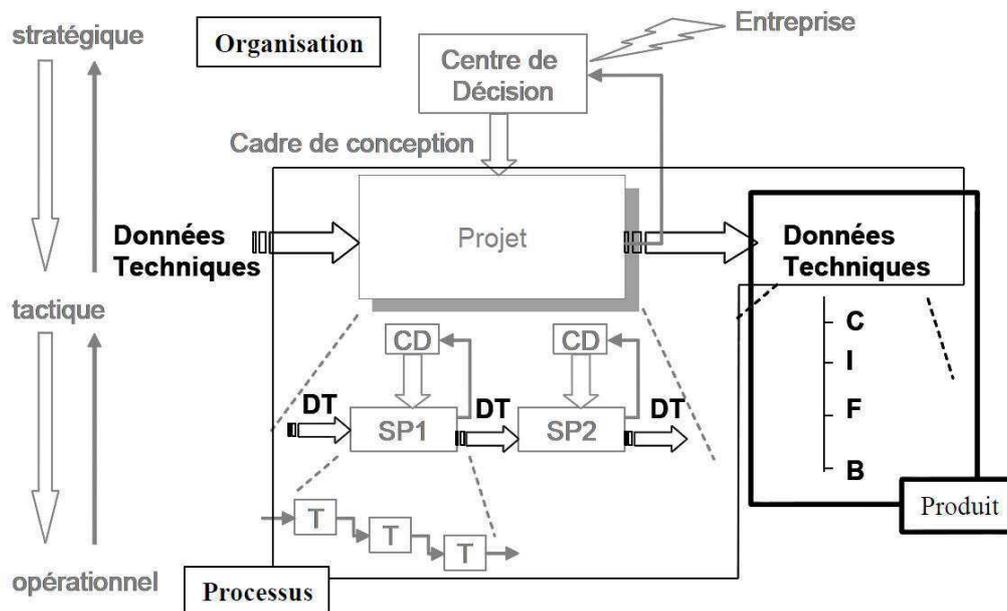


Figure 2-58: processus décision/conception assurant le lien dynamique entre les données des différentes vues dans le projet IPPOP [Roucoules 07].

Il est important de noter que le projet « IPPOP » repose sur postulat suivant : « la conception est avant tout un processus d'émergence, de construction de solutions et non un processus déterministe » (voir figure 2-58) [Girard 05]. En d'autres termes, le processus de conception résulte de la mise en œuvre de ressources organisées qui concourent à décrire un produit répondant aux attentes du client. Par conséquent, les événements de conception tels que les conflits sont traités au fur et à mesure qu'ils apparaissent. Leur résolution a d'ailleurs fait l'objet d'un développement particulier au sein de ce projet [Rose 04].

2.4.5.3. Le projet « ATLAS »

Ce projet a pour objectif de créer une plate-forme logicielle permettant d'assurer le couplage entre l'activité de conception et la planification de projet. En effet, durant la conception d'un produit, les décisions prises pour atteindre les performances attendues du produit ont une influence certaine sur la planification du projet. Réciproquement, le respect des objectifs de conception en termes de coût et de délai de développement a un impact direct sur la conception du produit.

Le sujet étant complexe, le projet se limite à la conception routinière et plus précisément à celle engendrant de très nombreuses configurations de produits. Ainsi, le couplage conception/planification est subdivisé afin de prendre en compte les aspects structurels, informationnels et décisionnels d'un projet. Le premier permet d'identifier les différents niveaux de décomposition du produit (ou du système) et d'assurer la bijection avec la planification. Le deuxième permet d'alerter chaque partie des changements survenus. Quant au troisième, il fournit un ensemble d'indicateurs d'avancement et de performance qui aident à la prise de décision.

Le projet « ATLAS » est organisé en sept lots de travail permettant de couvrir l'intégralité des besoins du projet (voir figure 2-59):

1. Environnements de conception de produits (ou systèmes) et mécanismes de capitalisation de l'expérience (WP1),
2. Environnement de gestion de projets et mécanisme de planification/réutilisation de projets (WP2),
3. Couplage conception/planification et formalisation des échanges de données (WP3),
4. Définition du système d'information complet compatible avec les propositions des trois lots précédents (WP4),
5. Création d'une plate-forme logicielle d'aide à la décision reposant sur les propositions des quatre lots précédents (WP5),
6. Validation générale à travers des exemples industriels (WP6),
7. Pilotage du projet (WP7).

Compte-tenu des caractéristiques du projet, le système d'information repose sur un modèle de type « PPO » afin de pouvoir gérer simultanément les données de conception du produit et celles du projet. Quant au couplage conception/planification, il est abordé comme un problème de satisfaction de contraintes [Djefel 10].

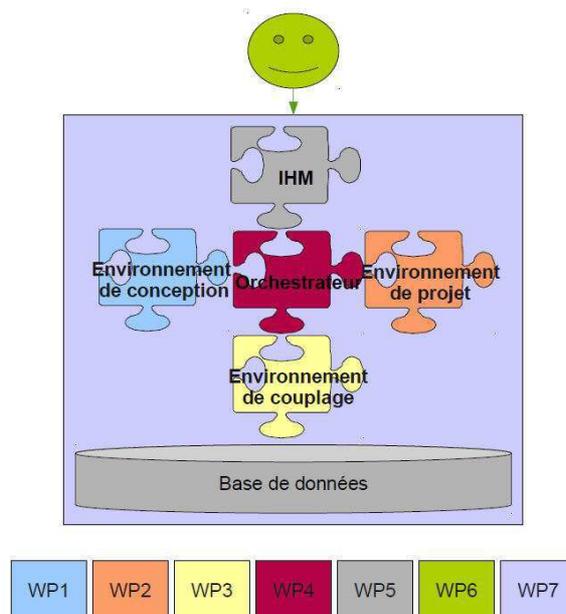


Figure 2-59: découpage du projet « ATLAS » [Djefel 10].

2.4.6. Synthèse des modèles de conception existants

Les modèles de conception sont apparus avec les démarches de conception. Ils forment le noyau du système d'information de ces dernières. Par conséquent, ils doivent théoriquement répondre à l'ensemble des besoins informationnels des concepteurs (des plus généraux aux plus précis) tout en restant le plus générique possible. Il s'agit là d'un exercice très délicat à réaliser car ces objectifs sont antagonistes.

Il en résulte que les modèles de conception proposés s'appuient sur des concepts tellement génériques qu'ils occultent des pans complets de l'activité de conception. Ils ne couvrent donc pas l'ensemble des besoins des concepteurs et notamment ceux liés à la conception détaillée des produits [Pallez 00]. Les modèles produits en sont l'exemple le plus représentatif car ils ne permettent pas d'en gérer la complexité.

Il faut également souligner que l'hétérogénéité des données numériques pose d'importants problèmes de traitement au sein des systèmes d'information. C'est notamment le cas des données géométriques dont la manipulation demeure délicate. Elles sont généralement mal intégrées et par conséquent, mal gérées. Or, il a été montré précédemment qu'elles sont d'une importance capitale lors de la conception d'un produit.

Malgré cela, les modèles de conception proposent de nombreuses solutions de représentation et de structuration des données. Les modèles multi-points de vue, les modèles de processus et d'organisation sont particulièrement aboutis car ils traduisent fidèlement la réalité industrielle et sont à même de répondre à ses besoins.

2.5. Positionnement des travaux existants

Les paragraphes précédents de ce chapitre ont permis de dresser un panorama des méthodes, outils, démarches et modèles dédiés à l'activité de conception. Pour chacun d'entre eux, une analyse critique a été présentée afin d'en percevoir les avantages mais également les limites.

Néanmoins, ces éléments n'ont pas encore été positionnés par rapport à la problématique de cette thèse. Ce travail est réalisé en deux temps. Les démarches de conception sont tout d'abord positionnées, puis leurs apports et leurs manques sont identifiés à travers les méthodes, les outils et les modèles sur lesquels elles reposent.

Le tableau 2-3 synthétise la première partie du travail. Chaque démarche de conception y est caractérisée à travers les méthodes et outils qu'elle propose pour transformer ou structurer les données de conception mais aussi par les modèles qu'elle utilise pour les représenter. Cet ensemble est alors confronté à six critères directement issus des six questions formant la problématique de cette thèse. Un septième critère est ajouté pour prendre en compte leur complétude par rapport à l'activité de conception. Les annotations situées en dessous du tableau permettent de quantifier chaque positionnement. Ainsi, ce tableau met en évidence trois éléments importants :

- aucune démarche de conception n'est à même de couvrir l'ensemble de la problématique de ces travaux (les produits innovants, les ressources de conception et l'estimation des risques et de la rentabilité d'un projet de conception de produit ne sont pas du tout ou peu couvertes),
- la plupart d'entre elles ne permet de traiter que partiellement l'activité de conception (par exemple, la conception systématique présente la plus grande complétude mais elle ne permet pas d'aborder des produit multi-technologiques).

Objectif à atteindre	Couverture de l'activité de conception		Prise en compte de l'innovation	Prise en compte de produits multi-technologiques	Prise en compte des fluctuations des objectifs de conception d'un produit	Prise en compte des ressources humaines et matérielles nécessaires à la conception d'un produit	Capacité de pilotage d'un projet permettant de garantir la cohérence de l'ensemble des données de conception	Prise en compte du risque et de la rentabilité d'un projet de conception de produit
	Partielle	Complète						
Modèle de données/système d'information Méthodes/outils de structuration des données Méthodes/outils de transformation des données								
	A		D		1		1	
	A		D		2			
Ingénierie système Modèle de données/système d'information Méthodes/outils de structuration des données Méthodes/outils de transformation des données	A		D		2			
	B				3		3	3
	B				4		5	6
Conception intégrée Modèle de données/système d'information Méthodes/outils de structuration des données Méthodes/outils de transformation des données	B				7 et 8		7	
	B							
	B							
Axiomatic design Modèle de données/système d'information Méthodes/outils de structuration des données Méthodes/outils de transformation des données	B		E		9		9	
	B		E		10		10	
	C		F		11		11	
Conception avant 1970 (dont la conception systématique) Modèle de données/système d'information Méthodes/outils de structuration des données Méthodes/outils de transformation des données	C		F		12		12	
	C		F		13		13	
	C		F					

1	Modèle RFLP (prise en compte partielle)
2	Cycle de conception en "V", Ingénierie des exigences, dimensionnement multi-physique (prise en compte partielle)
3	Modèle PPO ou PPR (ex: projet IPPOP...)
4	Interactions données/planification (ex: projet ATLAS...)
5	Conversion de données numériques
6	Gestion des conflits de conception (projet CO ² MED)
7	Outils de représentation multi-vues (ex: entités "peau/squelette", graphes multi-vues...), outils d'intégration multidisciplinaires (ex: fabrication, graphes multi-vues...)
8	Concepts de gestion de données (prise en compte partielle)
9	Les 4 domaines (prise en compte partielle)
10	Les règles et les axiomes (prise en compte partielle)
11	Identification et caractérisation des documents de conception dans de nombreuses discipline (prise en compte partielle)
12	Méthode de nommage et de gestion des documents de conception, processus de modification et de validation des données du produit (prise en compte partielle)
13	Conception systématique (prise en compte partielle)
A	L'ingénierie système ne traite pas l'ingénierie de réalisation (elle s'arrête à la spécification de sous-systèmes élémentaires)
B	Les objets sur lesquels elle repose ne permettent pas de prendre en compte tous les types de données de conception d'un produit (notamment ceux liés à sa conception détaillée)
C	Les documents de conception reposant sur les méthodes de conception, ils permettent de couvrir l'ensemble des besoins des concepteurs
D	L'ingénierie système assure la continuité de la chaîne des données de conception et l'anticipation des périodes créatives sur le domaine couvert par le processus de conception qu'elle propose
E	Ces démarches de conception ne proposent pas les objets nécessaires et suffisants pour assurer une chaîne de données continue (elle n'aborde pas la création de l'architecture organique du produit physique)
F	Les méthodes et les documents de conception disponibles permettent d'assurer la continuité de la chaîne de données de conception et d'identifier les périodes de créativité

Tableau 2-2: positionnement des travaux existants par rapport à la problématique de l'étude.

Deux remarques s'imposent concernant les deux premiers critères de ce tableau. La couverture de l'activité de conception est considérée complète si elle aboutit à une description détaillée d'un produit à partir des besoins bruts d'un client. Cette description doit permettre la fabrication complète du produit physique. Quant à la prise en compte de l'innovation, elle est appréciée à partir de deux critères spécifiques :

- la continuité de la chaîne des données de conception du produit qui contribue directement au potentiel innovant d'un produit (la figure 2-60 en explique les raisons),
- l'anticipation des périodes créatives durant tout le projet de conception afin de favoriser l'émergence de l'innovation et de préparer sa protection.

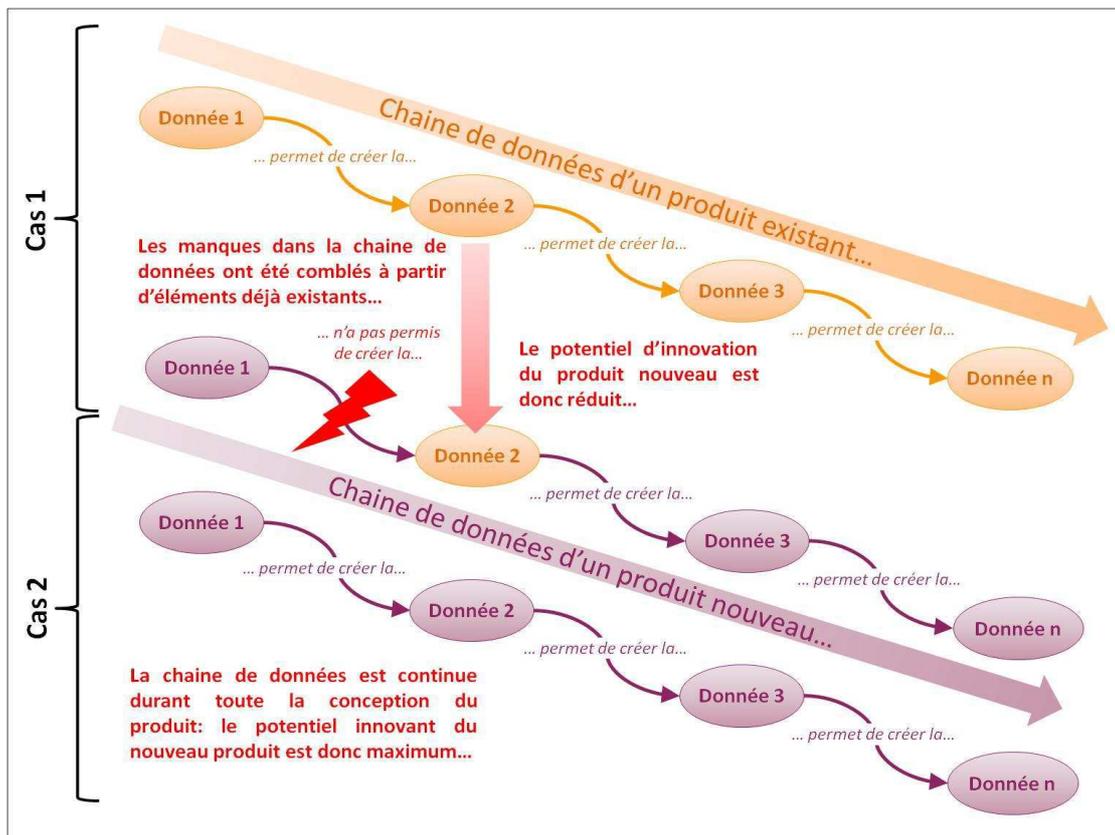


Figure 2-60: influence de la chaîne des données de conception d'un produit sur l'innovation.

Malgré les carences identifiées précédemment, ces démarches de conception présentent des caractéristiques qui entrent partiellement ou complètement dans le cadre de la problématique de cette étude. Ainsi, les concepts, méthodes, outils et modèles sur lesquels elles s'appuient constituent la principale source d'inspiration à partir de laquelle notre démarche et notre proposition ont été élaborées. Celles-ci sont présentées de manière détaillée dans le chapitre suivant. Le tableau 2-4 présente une synthèse de ces caractéristiques et de leur influence sur les six questions de la problématique.

Méthodes, outils, démarches et modèles de conception existantes	Problématique					
	1	2	3	4	5	6
l'approche systémique du produit (ingénierie système, conception intégrée)	X	X	X	X	X	X
la prise en compte du cycle de vie du produit (ingénierie système, conception intégrée)						X
la traçabilité des données de conception par l'intégration des interactions entre les données de conception (Axiomatic Design, Ingénierie Système, conception avant 1970)			X			X
l'application du principe du moindre engagement dans la coordination des actions de conception (conception avant 1970)			X		X	X
le recours à des objets intermédiaires de conception structurants pour gérer les données de conception durant toute la vie du produit (conception avant 1970)			X		X	X
la prise en compte des spécificités des données de conception dans leur gestion et dans la coordination des actions dont elles sont issues (conception avant 1970)			X			X
la prise en compte simultanée des points de vue produit, projet et ressource dans la structuration et la modélisation de l'activité de conception (modèle PPR)	X		X			X
la structuration et la modélisation de l'activité de conception de produits à travers une approche modulaire représentée par un modèle générique sur lequel viennent se greffer des expertises (conception intégrée)	X					
l'émergence d'actions de conception récurrentes dont l'ordonnancement est implicitement imposé par les données qu'elles génèrent et par les outils requis pour leur création et leur modification (outils numériques de conception, conception avant 1970).			X			

- 1. Comment concevoir des produits répondant à des objectifs de conception fluctuants en termes de coût, de délai et de performance du produit?**
- 2. Comment innover?**
- 3. Comment estimer le risque et la rentabilité d'un projet durant tout son déroulement?**
- 4. Comment assurer la cohérence et le pilotage d'un projet?**
- 5. Comment concevoir des produits complexes et multi-technologiques?**
- 6. Comment adapter les compétences aux besoins de conception?**

Tableau 2-3: apports et manques des démarches et modèles existants par rapport à la problématique de la thèse.

