

**La réduction des délais de mise sur le marché
des nouveaux produits: Un changement radical
du processus de conception et de développement.**



Fabienne FEL LIFFRAN, Groupe ESCP-EAP

L'intérêt stratégique pour une entreprise d'être capable de développer rapidement ses nouveaux produits, tout en maîtrisant la qualité et les coûts de l'ensemble du cycle de vie des produits finis fait l'objet d'un large consensus dans la littérature. De très nombreux auteurs ont développé les avantages que peut procurer cette capacité à une entreprise dont la stratégie est d'être pionnière en matière d'innovation. Elargissant le champ de la réflexion, d'autres auteurs ont montré l'intérêt de l'accélération pour l'ensemble des entreprises, indépendamment de leur stratégie d'innovation; ainsi Jean-Claude Tarondeau (1993) insiste sur le fait que l'accélération des développements bénéficie au moins autant aux entreprises qui ont une stratégie d'innovation de suiveur, en leur permettant de suivre des stratégies d'imitation à faible risque, tout en réduisant les avantages durables qui pourraient être obtenus par les leaders en innovation.

Dans un contexte marqué par le raccourcissement de la durée de vie des produits, et donc par l'accroissement du nombre de développements de nouveaux produits, ainsi que par l'augmentation de leur complexité en raison de leur sophistication technique toujours plus importante, la recherche d'accélération des développements impose une réorganisation complète du processus de conception et de développement des nouveaux produits : il s'agit pour les entreprises de passer d'un développement dit « séquentiel », où le projet de nouveau produit passe successivement d'un métier à l'autre... à un développement dit « parallèle » ou « concourant », où l'ensemble des acteurs du projet travaillent ensemble du début à la fin du projet de nouveau produit.

Devant l'absence, à notre connaissance, de recherches faisant le point sur l'intérêt porté par les entreprises françaises à ce sujet, et sur leurs pratiques en ce domaine, nous avons choisi de réaliser une recherche à large spectre, auprès de sociétés appartenant à l'ensemble des secteurs industriels. Nous nous proposons donc dans un premier temps de définir le concept d'*ingénierie concourante*, en comparaison avec les processus « classiques » de développement afin de mesurer l'importance des changements induits par cette démarche dans le processus de conception et de développement des nouveaux

produits. Nous présenterons rapidement, dans notre deuxième partie, notre méthodologie de recherche, avant de détailler de façon plus approfondie les principaux résultats de notre étude, qui concernent les pratiques des entreprises, ainsi que les facteurs de réussite ou d'échec des démarches d'ingénierie concurrente. Nous analyserons enfin la façon dont le changement a été introduit dans les processus de conception et de développement des nouveaux produits, afin de voir s'il est possible d'établir une typologie des modes de mise en œuvre des démarches d'ingénierie concurrente, et de chercher à déterminer si certains semblent plus propices à l'obtention de résultats favorables.

1. Du développement séquentiel à l'ingénierie concurrente

1.1 Le développement séquentiel

L'organisation la plus répandue des processus de développement de produit a longtemps été en France l'approche séquentielle, ou PPP (Phased Project Planning). Suivant cette approche, le projet, découpé en phases, doit passer par un certain nombre de points de contrôle pré-déterminés, avant qu'une phase suivante ne puisse être engagée. Cette démarche présente un certain nombre d'avantages, qui expliquent qu'elle se soit généralisée: elle permet tout d'abord de résoudre de façon rationnelle des problèmes fragmentés (Nonaka, 1990). Elle est d'autre part conçue en cohérence avec les structures traditionnelles des grandes entreprises, caractérisées par un cloisonnement important entre les fonctions, et un éloignement tant physique qu'organisationnel des concepteurs par rapport aux autres membres de l'entreprise (Clark et Wheelwright, 1992). Cette organisation de développement de produit nouveau protège donc les structures opérationnelles permanentes des entreprises des effets déstabilisateurs des projets, ce qui a longtemps correspondu au choix opéré par les sociétés. Dans ce cadre, il paraît par conséquent logique que la solution retenue pendant des années ait été de faire progresser le projet service après service, chacun "jetant le bébé par dessus le mur" à la fin de sa tâche, selon une expression désormais classique.

L'organisation séquentielle présente également l'avantage de simplifier la supervision du projet par la Direction Générale, dans la mesure où le passage d'une phase à la suivante s'effectue lorsque toutes les données relatives à l'étape achevée sont disponibles, facilitant ainsi la prise de décision quant à la poursuite, la modification, ou l'abandon du

projet. Pour Smith et Reinertsen (1991), il s'agit là d'un système conçu pour donner à la Direction d'importants moyens de contrôle pour un faible investissement en temps de dirigeants.

L'approche séquentielle du développement des produits nouveaux se montre en revanche peu performante dès lors que l'entreprise souhaite réduire son délai de mise sur le marché:

- le travail séquentiel interdit par définition de concevoir à la fois un nouveau produit et son processus de production, ce qui retarde des tâches qui pourraient être commencées plus tôt, et les choix retenus lors de la validation d'une étape constituent autant de contraintes pour la phase suivante,
- Le fait que les acteurs intervenant en aval du processus de développement (industrialisation, fabrication, fournisseurs, maintenance,...) ne soient pas impliqués dès le démarrage du projet retarde la découverte d'éventuels problèmes, voire d'impossibilités de faisabilité technique. Ce problème est accentué par le cloisonnement «classique » des organisations traditionnelles

Au-delà du retard apporté au lancement commercial du produit nouveau par l'approche séquentielle du développement, il convient d'en souligner les surcoûts: heures d'études, maquettes et prototypes supplémentaires liés aux nombreuses modifications, et en particulier aux modifications tardives. D'autres dysfonctionnements liés à ce type d'organisation sont fréquemment remarqués: les acteurs du projet sont peu responsabilisés quant au résultat final, dans la mesure où les contributions individuelles sont jugées indépendamment du succès du projet. Ces dysfonctionnements ont conduit à l'émergence de nouvelles organisations et de méthodes de gestion des projets de développement propres à réduire les délais de mise sur le marché des produits nouveaux.

1.2 L'ingénierie concourante : une démarche complexe

Le concept d'ingénierie parallèle, ou concourante, a été formalisé aux Etats-Unis à la fin des années quatre-vingts par le Département Américain de la Défense, qui souhaitait

rationaliser son processus d'acquisition d'armements et de systèmes associés, jugé trop long, trop cher, et peu performant. La solution retenue, nommée Concurrent Engineering, est définie comme une « approche systématique qui intègre le développement simultané des produits et des processus associés, incluant la fabrication et le soutien logistique. Cette approche prend en considération, dès le démarrage, le cycle de vie du produit depuis sa conception jusqu'à son exploitation, en incluant la qualité, les coûts, la planification et les besoins de l'utilisateur » (Winner et alii, 1988). Dans le même temps, une étude menée par une équipe de chercheurs de Harvard (Clark et al., 1987) auprès de constructeurs automobiles japonais, américains et européens a mis en évidence le fait que la supériorité des industriels japonais sur leurs concurrents occidentaux était liée à un mode plus efficace de gestion des nouveaux produits.

L'ingénierie concourante repose sur deux piliers principaux, qui sont d'une part le chevauchement partiel entre les phases du projet, et d'autre part, l'intégration entre les fonctions de l'entreprise. Le chevauchement partiel entre les phases du projet permet une réduction des délais de développement en autorisant le démarrage d'une tâche du projet avant que la tâche précédente ne soit complètement terminée, ce qui réduit la durée globale du processus de développement. Cette mise en parallèle n'est cependant possible que si l'ensemble des acteurs du projet travaillent ensemble de façon étroite, en communiquant régulièrement, durant toute la durée du projet. Ainsi l'ingénierie concourante permet de réduire la durée du développement, non par une simple réduction des plannings, mais par la prise en compte précoce des contraintes de tous les métiers concernés.

Pour parvenir à mettre en œuvre le travail en parallèle et l'intégration entre les fonctions, la littérature dénombre une cinquantaine de moyens organisationnels et d'outils informatisés à introduire dans le processus de conception et de développement des nouveaux produits. Parmi ces cinquante moyens et outils, une quinzaine font l'objet d'un consensus sinon général, du moins relatif quant à leur efficacité:

1.2.1 Les moyens organisationnels de l'ingénierie concourante :

- La réduction du nombre de projets de développements (Gupta et Wilemon, 1990 ; Smith et Reinertsen, 1991 ; Wheelwright et Clark, 1992)

- L'adoption d'une structure adaptée de gestion des projets, à savoir une structure matricielle (Clark et Fujimoto, 1991 ; Clark et Wheelwright, 1992)
- Le renforcement du poids du Directeur de projet (Clark *et al.*, 1987 ; Midler, 1993b ; Brown et Eisenhardt, 1995 ; Eisenhardt et Tabrizi, 1995)
- La mise en place d'équipes pluridisciplinaires de gestion de projet (Imai et al., 1985 ; Midler, 1993a, 1995 ; Garel, 1994, 1996 ; Eisenhardt et Tabrizi, 1995 ; Pawar et Sharifi, 1997)
- La localisation géographique de cette équipe sur un même site (Gupta et al, 1986 ; Pawar et Sharifi, 1997)
- La mise en place de systèmes de rémunération de l'équipe prenant en compte les performances en matière de vitesse de développement (Cordero, 1991 ; Kessler et Chakrabarti, 1999)
- L'intégration plus précoce des fournisseurs dans le projet de nouveau produit (Clark et Fujimoto, 1991 ; Millson *et al.*,1992 ; Pawar et Riedel, 1994 ; Garel, 1994, 1996 ; Langerak et al, 1999)
- Le recouvrement partiel entre les phases du projet, (Imai et al., 1985 ; Clark et Fujimoto, 1991 ; Cordero, 1991 ; Millson *et al.*, 1992 ; Kessler et Chakrabarti, 1999)
- Le gel précoce des spécifications (Smith et Reinertsen, 1991 ; Pawar et Riedel, 1994 ; Gerwin et Mofat, 1997)
- L'augmentation du nombre de prototypes (Mabert et al, 1992 ; Eisenhardt et Tabrizi, 1995)
- Eventuellement, l'augmentation du nombre d'ingénieurs de R&D (Gupta et Wilemon, 1990)

1.2.2 Les outils informatisés de l'ingénierie concourante :

- L'utilisation d'outils plus performants de planification des projets (Gupta et Wilemon, 1990 ; Cordero, 1991 ; Millson et al, 1992)
- L'utilisation plus soutenue d'outils de CAO et de CFAO (Voss et al., 1991 ; Millson et al ,1992 ; Langerak et al ,1999)
- Le développement de bases de données partagées entre les différents acteurs du projet, y compris les fournisseurs (Robertson et Allen,1993 ; Hull ,1996)

- Le développement de systèmes informatisés de communication tels que messageries et intranets (Rafii, 1995)

1.3 Les stratégies de mise en œuvre de l'ingénierie concourante

Malgré l'importance des bouleversements induits par la mise en œuvre des moyens et outils de l'ingénierie concourante dans le processus de conception et de développement, il existe un manque de littérature sur les itinéraires à suivre pour réduire les délais de mise sur le marché des nouveaux produits, ainsi que le soulignaient Pawar et Riedel en 1994. A notre connaissance, ce manque n'a pas depuis lors été réellement comblé : s'il existe quelques modèles proposant une succession d'étapes à respecter pour obtenir une accélération des cycles de conception et développement, aucune recherche jusqu'à aujourd'hui n'a essayé d'analyser les itinéraires suivis par les entreprises qui ont réussi à réduire véritablement le délai de mise sur le marché de leurs nouveaux produits. Or, en tenant compte d'une part de la multiplicité et de la complexité des moyens à mettre en œuvre dans le cadre d'une démarche d'ingénierie concourante, et d'autre part de la diversité des entreprises industrielles, il paraît peu vraisemblable que toutes les entreprises qui ont réussi à réduire le cycle de conception et développement de leurs nouveaux produits aient toutes suivi le même itinéraire de mise en place des méthodes et techniques de l'ingénierie concourante. A notre sens, plusieurs trajectoires de mise en œuvre des démarches d'ingénierie concourante sont possibles.

La problématique de notre recherche est donc de déterminer comment les entreprises mettent en œuvre les changements nécessaires au sein du processus de conception et de développement de leurs nouveaux produits selon les principes de l'ingénierie concourante, qui imposent à la fois des changements organisationnels importants et l'utilisation d'outils informatisés sophistiqués. Les entreprises qui cherchent à réduire le délai de mise sur le marché de leurs nouveaux produits initient-elles tous les changements simultanément, ou suivent-elles un cheminement progressif ? Dans ce dernier cas, n'existe-t-il qu'une seule trajectoire, ou rencontre-t-on au contraire des trajectoires de types différents ? Ces trajectoires sont-elles « universelles », c'est-à-dire indépendantes des caractéristiques internes et externes de l'entreprise, ou au contraire contingentes ? Enfin, les trajectoires favorisent-elles toutes de la même façon la réussite des démarches d'ingénierie concourante, ou certaines semblent-elles plus favorables

que d'autres à l'obtention de résultats significatifs en matière de réduction des délais de développement ?

1.4 Méthodologie de recherche

Afin de répondre à ces interrogations et de dresser un bilan des pratiques et des résultats obtenus en matière d'accélération des développements, nous avons choisi de réaliser une recherche quantitative, auprès de l'ensemble des entreprises industrielles françaises de plus de 500 personnes ; pour ce faire, nous avons envoyé un questionnaire adressé au Directeur de la Recherche et du Développement des 770 entreprises que nous avons issues la base de données Kompas. Le premier envoi du questionnaire nous a permis de recueillir 174 réponses en retour ; un mailing de relance, réalisé un mois après le premier envoi auprès des entreprises qui n'avaient pas répondu, a été suivi de 83 réponses. **Au total, nous avons recueilli 257 réponses exploitables, ce qui correspond à un taux de retour de 33%.** Le questionnaire nous a permis de recueillir des données sur les points suivants :

- Le secteur d'appartenance de l'entreprise,
- L'engagement ou non d'une démarche d'accélération des développements, et, si oui, l'ancienneté de la démarche,
- Les résultats obtenus en termes de réduction de la durée des développements, mesurés en pourcentage du temps de cycle de conception et de développement,
- L'estimation du degré de rapidité des développements réalisés par l'entreprise, en regard de celle de ses principaux concurrents occidentaux,
- La mise en œuvre ou non, au sein de chaque entreprise, de chacun des quinze moyens et outils de l'ingénierie concourante que nous avons exposés ci-dessus, ainsi que le moment de la mise en œuvre de chacun de ces moyens, afin de reconstituer les trajectoires de mise en œuvre du changement

2 Résultats de l'étude

2.1 L'intérêt porté par les entreprises à l'accélération des développements

Plus de 91% des entreprises de notre échantillon (235 sur 257 réponses), tous secteurs industriels confondus, affirment chercher à réduire le temps de conception et de

développement de leurs nouveaux produits. Ce chiffre, très important, représente peut-être une asymptote sur la courbe des entreprises concernées par l'accélération de la mise sur le marché de leurs nouveaux produits. En effet, aucune stratégie industrielle ne concernera jamais la totalité des entreprises, et les réponses que nous avons obtenues des entreprises qui n'ont pas engagé de démarche de réduction de leur cycle de conception et développement vont dans ce sens : sur les 22 entreprises qui nous ont répondu ne pas chercher à réduire leurs délais, 5 affirment ne pas le faire en raison d'un cycle de développement déjà très court, et 2 pensent engager rapidement une démarche de réduction des délais. 14 autres entreprises, en revanche, estiment qu'il s'agit là d'un objectif inadapté à la nature de leurs produits ou aux attentes de leurs clients, et n'envisagent pas de se lancer un jour dans ce type de démarche.

Ainsi, au global, seules 14 entreprises sur 257, soit un peu moins de 6% de notre échantillon, estiment qu'il ne leur est pas utile de posséder des cycles rapides de conception et de développement de leurs nouveaux produits, ce qui, a contrario, signifie que pour **plus de 94% des entreprises de plus de 500 salariés, la maîtrise des délais de mise sur le marché des nouveaux produits est une nécessité.**

2.2 Ancienneté de la démarche

Nous avons demandé aux entreprises d'indiquer l'ancienneté de leur démarche de réduction des délais de conception et développement. Une première analyse des réponses obtenues, tous secteurs industriels confondus, montre que la très grande majorité des entreprises qui ont engagé ces démarches l'ont fait entre un et cinq ans avant notre enquête, c'est-à-dire entre 1993 et 1997.

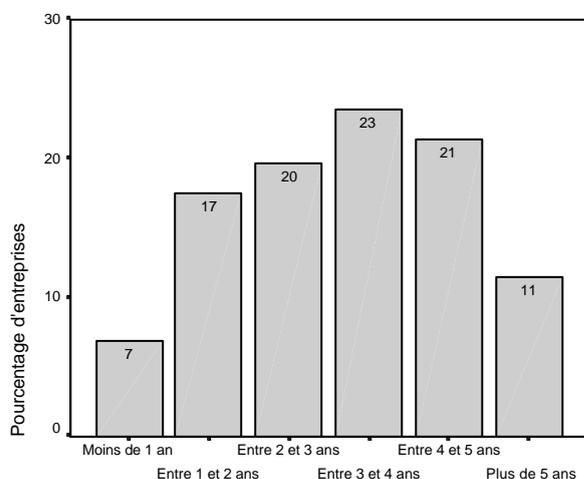


Figure 1 Ancienneté des démarches de réduction des cycles de développement

Ainsi, seules 11% des entreprises avaient engagé une démarche d'accélération de la mise sur le marché de leurs nouveaux produits avant 1993, et seulement 7% l'ont fait après 1997. Ceci signifie que plus de 80% des entreprises l'ont fait entre ces deux dates, c'est-à-dire sur une période très courte, et confirme bien le très grand intérêt qu'a connu le sujet ces dernières années. Cet intérêt a pu être interprété comme un phénomène de mode, même si nous pensons, en accord avec C. Midler (1995), qu'au-delà de l'effet de mode suscité et entretenu notamment par les consultants, l'engouement pour les démarches de réduction des délais de mise sur le marché des nouveaux produits représente avant tout une tendance lourde liée à l'évolution des marchés.

2.3 Analyse sectorielle

L'exploitation des questionnaires reçus nous a permis de classer les entreprises de l'échantillon en onze secteurs différents (dont un secteur "autres"). L'analyse de l'intérêt porté par les entreprises à l'accélération de la mise des nouveaux produits sur le marché fait apparaître que cet intérêt est très majoritairement présent dans chacun des secteurs étudiés, comme l'illustre la figure 2.

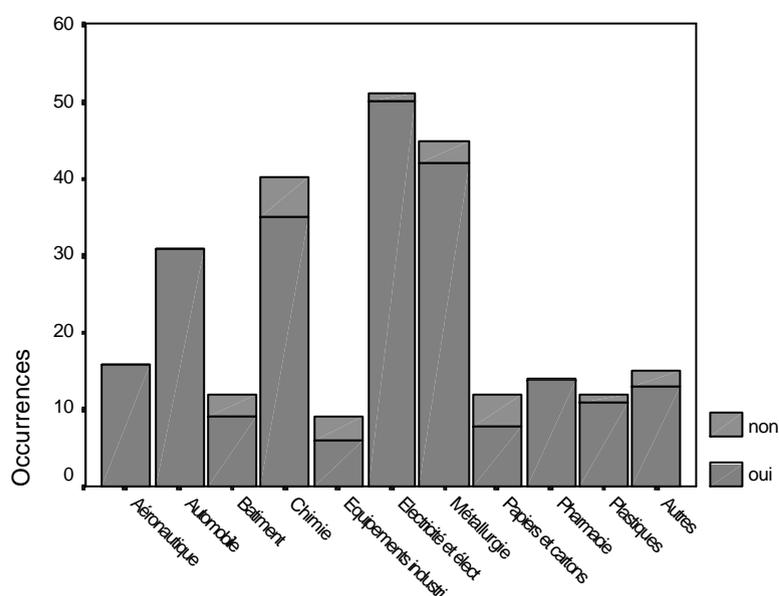


Figure 2 : intérêt sectoriel pour les démarches d'accélération des développements

Il ressort néanmoins de l'exploitation sectorielle des questionnaires un certain nombre de différences significatives quant au degré d'engagement des entreprises dans des

démarches d'accélération des développements de nouveaux produits. Ainsi, l'objectif de réduction des délais de conception et développement des nouveaux produits est un objectif affiché par toutes les entreprises des secteurs *automobile*, *aéronautique* et *pharmacie*, et par la quasi-totalité des entreprises des secteurs *électricité et électronique* et *plastiques*. A l'inverse, cet intérêt semble plus nuancé dans les secteurs *bâtiment*, *équipements industriels* et *papiers et cartons*, puisque deux entreprises sur trois seulement affirment s'y intéresser. Comment interpréter ces différences sectorielles ? Sans perdre de vue le fait que nos échantillons au sein de chaque secteur sont de trop faible taille pour que nous soyons autorisés à en tirer des conclusions de portée générale, il nous semble logique de considérer que les secteurs, tels l'automobile ou l'aéronautique, qui ont engagé les premiers les réflexions sur la réduction des cycles de conception et développement, soient aujourd'hui entièrement acquis à cette nécessité.

2.4 Les résultats obtenus en termes de réduction des cycles de développement

Nous avons mesuré les résultats obtenus par les entreprises dans leurs démarches d'accélération des développements en analysant les pourcentages de réduction du cycle de développement atteint depuis la mise en œuvre de la démarche.

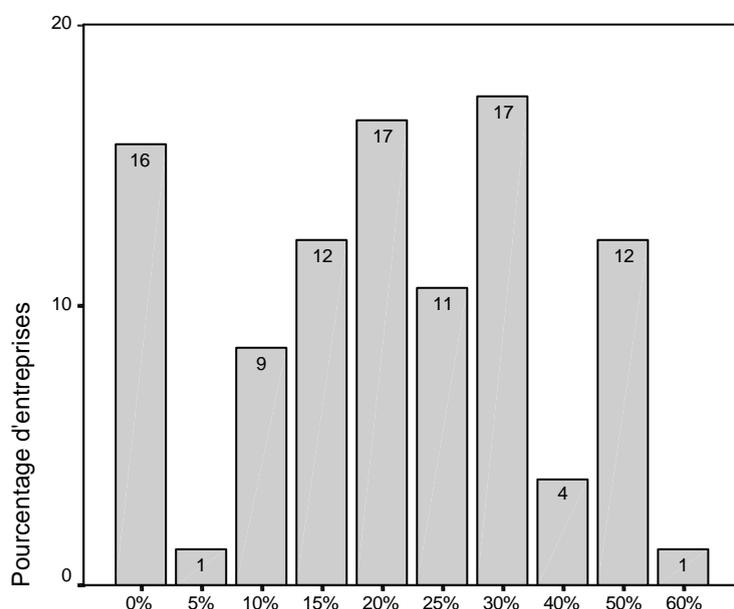


Figure 3 Gains obtenus par les entreprises (en % du temps de cycle)

85% des entreprises qui ont engagé une démarche d'accélération de leurs développements affirment avoir obtenu des résultats mesurables en termes de baisse de la durée de cycle de mise sur le marché des nouveaux produits. En moyenne, la baisse

obtenue par les entreprises qui ont eu des résultats, c'est-à-dire 198 entreprises de notre échantillon, est de plus de 25% (26,6% exactement), avec néanmoins une variation très importante autour de cette moyenne, comme l'illustre la figure 3.

Ces chiffres sont à rapprocher des chiffres évoqués par Navarre (1992b), qui cite des réductions pouvant aller de 30 à 70% du temps de cycle. En première lecture, les résultats obtenus par les entreprises de notre échantillon paraissent très inférieurs à ces gains potentiels, puisque seules 34% des entreprises obtiennent des baisses de temps de développement supérieures ou égales à 30%, et que seules 1% affichent des réductions de cycle supérieures à 50%. Toutefois, Navarre précise dans le même article que les démarches d'ingénierie concurrente nécessitent une période d'environ deux ans pour permettre l'obtention de résultats. A la lumière de cette réflexion, il nous a paru intéressant d'analyser les baisses de temps de développement obtenues par les entreprises en fonction de l'ancienneté de la démarche engagée.

2.4.1 Le lien entre résultats et ancienneté de la démarche

La figure 4 semble indiquer une certaine dépendance des résultats par rapport au temps écoulé depuis la mise en œuvre des démarches d'ingénierie concurrente dans les entreprises. Il apparaît ainsi clairement que les entreprises qui ont engagé des démarches de réduction des délais depuis moins d'un an n'ont encore aucun résultat, et que ces résultats s'améliorent pendant les trois premières années, puisque la médiane des classes d'ancienneté correspondantes augmente, avant de plafonner aux alentours de 25 ou 30% à partir de trois ans d'ancienneté de mise en œuvre des démarches d'ingénierie concurrente. Le lien entre les résultats obtenus d'une part, et l'ancienneté de la démarche d'autre part, nous est par ailleurs confirmé par le calcul du coefficient de corrélation de Pearson entre ces deux variables, qui est de 0,320, coefficient significatif au niveau 0.01, ce qui implique que nous rejetons l'hypothèse d'indépendance entre ces deux variables.

Nous pouvons donc conclure en accord avec Christian Navarre (1992b), que les démarches d'ingénierie concurrente nécessitent au minimum un à deux ans pour donner leurs premiers résultats. Si nous observons maintenant les résultats obtenus par les entreprises qui ont engagé depuis plus de deux ans une démarche d'accélération de la

mise sur le marché de leurs nouveaux produits, la moyenne de la baisse de temps de conception et développement obtenue est de plus de 25% contre 22% pour l'ensemble des entreprises. Les résultats des démarches d'ingénierie concourante ne sont pas sensibles immédiatement, en raison d'une part de l'ampleur du changement concerné, qui nécessite un certain temps pour être réellement mis en place, et d'autre part en raison de la nature même du processus de conception et de développement, dont le cycle est naturellement long.

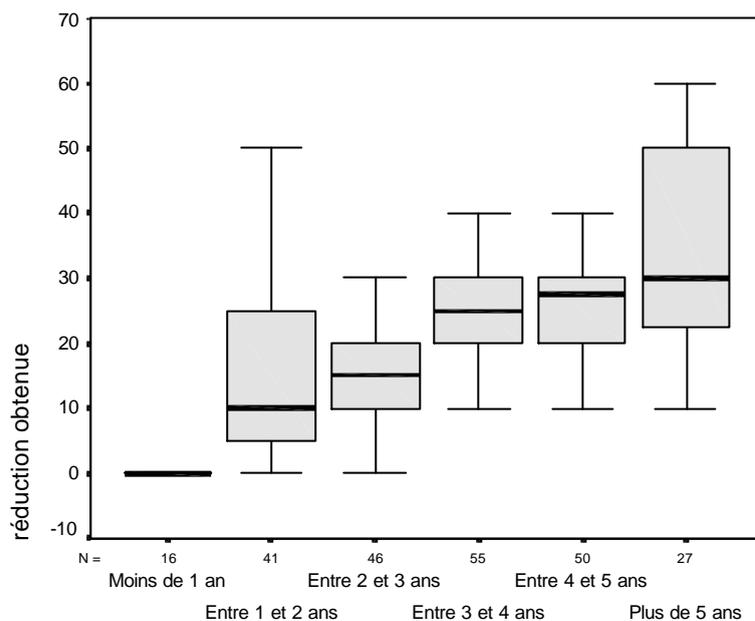


Figure 4 Répartition des résultats en fonction de l'ancienneté de la démarche

Néanmoins, une démarche d'ingénierie concourante engagée depuis plus de deux ans n'est pas une garantie de réussite, comme le montre la dispersion importante des résultats des entreprises qui ont mis en œuvre une telle démarche depuis plus de 5 ans. Dans la suite de notre recherche, nous nous intéresserons plus précisément aux moyens organisationnels et aux outils mis en place par les entreprises, afin de voir dans quelle mesure ils peuvent constituer des facteurs explicatifs de la réussite ou de l'échec des démarches d'ingénierie concourante.

Au vu du résultat précédent, il nous a paru pertinent de réduire notre échantillon initial aux 178 entreprises qui ont engagé une démarche d'accélération des développements depuis au moins deux ans, afin de ne pas biaiser notre analyse en incluant dans nos calculs des entreprises qui ne pouvaient encore avoir obtenu de résultats, et ce, quels que soient les moyens et outils mis en place. Nous avons également été amenés, pour

mener les analyses suivantes, à définir une variable dichotomique «réussite / échec des démarches d'ingénierie concurrente », variable basée à la fois sur le pourcentage de gain obtenu par les entreprises (en référence à la moyenne des résultats), et également sur la performance concurrentielle du processus de développement (il est en effet plus difficile pour une entreprise déjà plus «rapide » que ses concurrents d'obtenir une forte réduction de ses cycles de développement, que pour une entreprise peu performante à ce niveau).

Le tableau 1 explicite les modalités de cette variable :

| Baisse de temps de développement obtenue | Performance concurrentielle | Résultat |
|---|------------------------------------|-----------------|
| Inférieure ou égale à 10% | | Echec |
| 15% | Moins rapide Aussi rapide | Echec |
| | Plus rapide | Réussite |
| 20% | Moins rapide | Echec |
| | Aussi rapide Plus rapide | Réussite |
| Supérieure ou égale à 25% | | Réussite |

Tableau 1 Définition de la variable « réussite »

2.4.2 Les moyens mis en œuvre

L'observation des moyens et outils mis en œuvre par les entreprises montre que quelques moyens et outils sont utilisés par une très grande majorité d'entreprises : la modification de la structure de gestion de projet (95% des entreprises), la constitution d'équipes pluridisciplinaires durables (88%), le recouvrement partiel entre les tâches du projet (80%), l'utilisation plus soutenue d'outils de CAO et de CFAO (80%), le développement de systèmes informatisés de communication (76%) et, dans une mesure un peu moindre, l'intégration plus précoce des fournisseurs dans la démarche de développement (72%), le renforcement du poids du directeur de projet (69%) , ainsi que

l'utilisation d'outils plus performants de planification des projets (69%). Les autres moyens ne sont mis en place que dans des proportions plus faibles.

Ces résultats ne sont pas surprenants globalement, dans la mesure où les moyens les plus fréquemment mis en place, et en particulier les trois premiers, sont ceux qui sont le plus fréquemment cités dans la littérature, et qui constituent le cœur réel de l'ingénierie concurrente, au sens où ils permettent l'intégration entre les fonctions et le travail en parallèle. Il convient néanmoins de s'étonner que 30% environ des entreprises engagées dans des démarches d'accélération des développements n'aient pas renforcé le rôle de leurs directeurs de projets, et que la même proportion d'entre elles n'aient pas engagé plus tôt leurs fournisseurs dans leurs projets de nouveaux produits, car ces moyens sont également au cœur de l'ingénierie concurrente. Cependant nous ne pouvons ici que constater ce fait, et non l'expliquer, en raison de la nature même de notre méthode de recherche.

2.4.3 L'efficacité des moyens et outils de l'ingénierie concurrente

Afin de déterminer l'efficacité des différents moyens et outils de l'ingénierie concurrente, nous avons réalisé une série de tests de Khi-deux pour mesurer la dépendance statistique entre ces moyens et la réussite de ces démarches. **Ces tests ont montré le lien entre la réussite des démarches d'ingénierie concurrente et les moyens suivants : renforcement du poids du directeur de projet, mise en place d'équipes pluridisciplinaires durables, intégration plus précoce des fournisseurs dans le projet dans le cadre de véritables partenariats à long terme, recouvrement partiel entre les phases du projet, et dans une moindre mesure, utilisation plus soutenue des outils de CAO et CFAO, développement de bases de données partagées, développement de systèmes informatisés de communication.**

Considérant qu'une démarche d'ingénierie concurrente est une démarche lourde de transformation du processus de conception et développement, qui ne peut se limiter à quelques modifications au sein de ce processus, nous nous sommes intéressés plus globalement aux trajectoires suivies par les entreprises dans la mise en œuvre des moyens et outils de l'ingénierie concurrente. Pour ce faire, nous avons comptabilisé pour chaque entreprise l'ensemble des moyens cités par nos répondants, à qui nous

avons donné dans le questionnaire la possibilité d'indiquer d'autres items que les 15 que nous proposons.

2.5 Les trajectoires suivies par les entreprises

2.5.1 Le nombre de moyens mis en oeuvre

Les 178 entreprises de notre échantillon ont mis en moyenne 9 moyens ou outils de l'ingénierie concourante en place depuis le début de leur démarche d'accélération des développements, avec des variations importantes d'une entreprise à l'autre, puisque ce nombre varie, aux deux extrémités de la fourchette, de 2 à 15 moyens.

Le lien entre le nombre de moyens mis en œuvre et la réussite ou l'échec des démarches d'ingénierie concourante semble important, comme l'illustre la figure 5 :

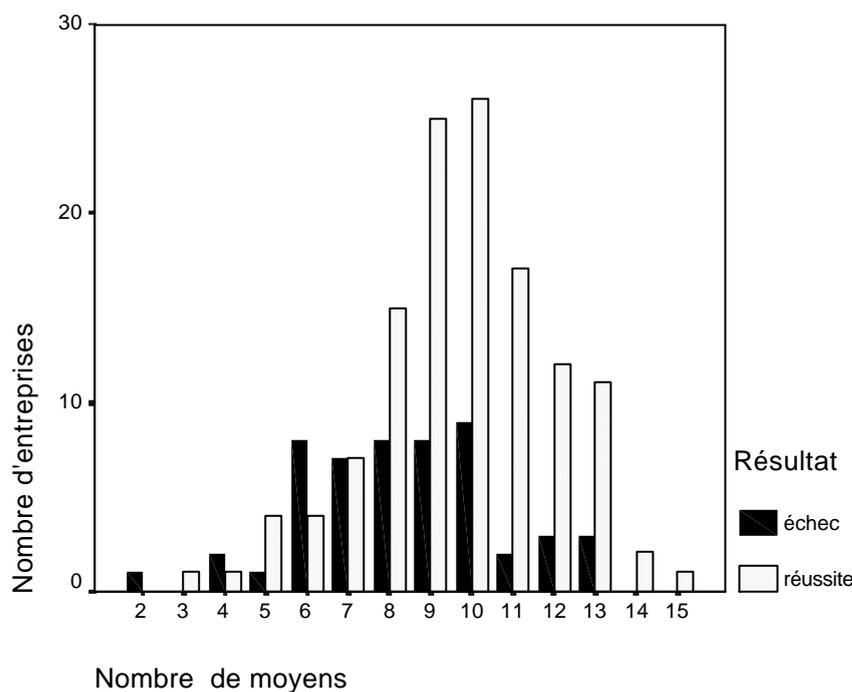


Figure 5 : Lien entre le nombre de moyens mis en œuvre et les résultats des démarches d'ingénierie concourante

Le lien existant entre le nombre de moyens mis en place et la réussite des démarches d'ingénierie concourante nous est confirmé statistiquement par le calcul d'un coefficient du Khi-deux significatif au seuil de 1% entre la variable « réussite », et la variable « nombre de moyens ».

La figure 5 met en évidence le lien entre le nombre de moyens et la réussite des démarches d'ingénierie concurrente : le taux de réussite est inférieur au taux d'échec pour les entreprises qui n'ont mis en œuvre que sept moyens ou moins, pour progresser jusqu'à plus de 80% des entreprises qui ont mis en œuvre 11 moyens ou plus. **Il existe donc un effet de seuil, c'est-à-dire un nombre minimal de moyens et outils à mettre en œuvre, en dessous duquel le changement constitué par l'introduction d'une démarche d'ingénierie concurrente dans le processus de développement des nouveaux produits n'est pas suffisant pour permettre une réduction effective des cycles de développement.**

Ce résultat est d'autant plus intéressant que nous n'avons pas réussi à montrer le lien existant entre 11 moyens pris séparément et la réussite des démarches d'ingénierie concurrente. Ainsi que nous l'avons signalé ci-dessus, les tests de Khi-deux n'ont mis en évidence que le lien des 7 variables suivantes avec la réussite réelle des démarches d'accélération des développements :

- Le renforcement du poids du directeur de projet,
- La mise en place d'équipes pluridisciplinaires durables,
- L'intégration plus précoce des fournisseurs dans le projet,
- Le recouvrement partiel entre les phases du projet,
- L'utilisation plus soutenue des outils de CAO et CFAO,
- Le développement de bases de données partagées,
- Le développement de systèmes informatisés de communication.

Ce fait s'explique à notre sens par plusieurs raisons :

- D'une part, les moyens et outils de l'ingénierie concurrente sont très complémentaires les uns des autres, le recouvrement entre les tâches ne pouvant par exemple pas être effectif si l'équipe projet n'est pas constituée de façon durable pour toute la durée de vie du projet, et si elle n'intègre pas ses fournisseurs comme de véritables co-concepteurs, partenaires à long terme... ; une mise en œuvre trop partielle de ces moyens d'intégration compromet vraisemblablement la possibilité d'un véritable travail en parallèle entre l'amont et l'aval du processus de développement, qui permet pourtant de réduire la durée globale des projets de nouveaux produits.

- D'autre part, l'ingénierie concourante constitue une modification radicale du processus de développement, alors que les moyens et outils de cette démarche, pris isolément, ne peuvent constituer que des modifications incrémentales de ce processus ; il convient par conséquent d'introduire, simultanément ou progressivement, un nombre suffisant de ces moyens et outils pour que le changement puisse porter ses fruits.

- Enfin, il est à notre sens possible d'interpréter le nombre de moyens et outils mis en œuvre comme la traduction de l'implication de la direction générale dans la démarche d'ingénierie concourante : la mise en œuvre d'un nombre aussi important de moyens ne peut se faire que si la direction parvient à les imposer et à les faire accepter par les acteurs du développement, ou que si elle parvient à les faire émerger des réflexions de ces acteurs et à les canaliser. Nous rejoignons ici certains chercheurs qui préconisent une implication forte de la direction générale dans la mise en œuvre des démarches d'ingénierie concourante (Takeuchi et Nonaka, 1986 ; Gupta et Wilemon, 1990 ; Pawar et Riedel, 1994; Brown et Eisenhardt, 1995), cette implication devant prendre la forme d'un soutien et d'une aide, en particulier lors du démarrage des projets, mais sans interventionnisme durant le déroulement du développement. Une explication de nos résultats, complémentaire par rapport aux explications précédentes, serait donc que les entreprises qui réussissent la mise en œuvre de leur démarche d'ingénierie concourante sont celles qui bénéficient du soutien de la direction générale dans la mise en œuvre de cette démarche à long terme.

2.5.2 Le moment de mise en œuvre des différents moyens

Le tableau 2 indique pour chaque moyen ou outil de l'ingénierie concourante le nombre d'entreprises qui l'ont mis en œuvre, le pourcentage de ces entreprises qui l'ont fait dès le démarrage de leur démarche d'accélération des développements, ainsi que le pourcentage de celles qui l'ont fait ultérieurement.

| Moyen | Nombre d'entreprises ayant mis en œuvre ce moyen | % d'entreprises l'ayant fait au démarrage de leur démarche d'IC | % d'entreprises l'ayant fait ensuite |
|---|--|---|--------------------------------------|
| Réduction du nombre de projets de nouveaux produits | 71 | 46,5% | 53,5% |
| Augmentation des effectifs de R&D | 77 | 44% | 56% |
| Modification de l'organisation des projets | 166 | 72% | 28% |
| Renforcement du poids du Directeur de Projet | 120 | 72,5% | 27,5% |
| Mise en place d'équipes pluridisciplinaires | 153 | 77% | 23% |
| Localisation de l'équipe sur un même site | 91 | 75% | 25% |
| Systèmes de rémunération récompensant les performances en matière de délais | 18 | 28% | 72% |
| Intégration plus précoce des fournisseurs dans le développement | 127 | 54% | 46% |
| Utilisation d'outils plus performants de planification | 120 | 59% | 41% |
| Recouvrement partiel entre les phases du projet | 138 | 76% | 24% |
| Gel précoce des spécifications | 81 | 60% | 40% |
| Augmentation du nombre de prototypes | 40 | 60% | 40% |
| Utilisation plus soutenue d'outils informatisés d'aide au développement | 141 | 72% | 28% |
| Développement de bases de données partagées | 100 | 50% | 50% |
| Développement de systèmes informatisés de communication | 133 | 39% | 61% |

Tableau 2 Moment de mise en œuvre des moyens de l'ingénierie concurrente

Ces résultats autorisent un certain nombre de commentaires. Tout d'abord, ils montrent de façon évidente que les entreprises n'ont pas toutes un comportement similaire en matière d'introduction des différents moyens de l'ingénierie concurrente au sein du processus de conception et développement de leurs nouveaux produits : aucun moyen n'est mis en œuvre au même moment de façon unanime. Néanmoins, nous pouvons observer plusieurs catégories de moyens suivant le moment où ils sont implantés dans l'entreprise :

- Les moyens qui sont très majoritairement mis en œuvre dès le démarrage de la démarche sont essentiellement **les moyens qui concernent l'organisation du processus de conception et de développement des nouveaux produits** : il s'agit en effet par ordre décroissant de la constitution d'équipes pluridisciplinaires (77%), du recouvrement partiel entre les phases du projet (76%), de la localisation géographique de l'équipe sur un même site (75%), du renforcement du poids du chef de projet (72.5%), et de la modification de l'organisation des projets (72%). Néanmoins, au-delà de ces moyens organisationnels, nous constatons que les entreprises qui décident d'utiliser de façon plus soutenue les outils informatisés d'aide à la conception et au développement le font pour 72% d'entre elles également dès le début de leur démarche d'accélération des développements.
- Les moyens qui sont mis en œuvre de façon à peu près équivalente "dès le démarrage de la démarche d'ingénierie concurrente" ou "ultérieurement" sont majoritaires. Parmi eux se trouvent des moyens organisationnels, tels, toujours par ordre décroissant, le gel précoce des spécifications (60%), l'intégration précoce des fournisseurs dans le développement (54%), la réduction du nombre de projets de nouveaux produits (46,5%) et l'augmentation des effectifs d'ingénieurs de Recherche et Développement (44%). Des outils informatisés appartiennent également à cette catégorie, puisque l'utilisation d'outils plus performants de planification est réalisée à 59% dès le démarrage de la démarche d'ingénierie concurrente, et que les bases de données partagées sont développées pour moitié dès la recherche d'accélération des développements de nouveaux produits, et pour moitié dans une phase ultérieure.

Enfin, seuls deux moyens de l'ingénierie concurrente sont majoritairement mis en œuvre non pas au démarrage des démarches d'ingénierie concurrente, mais ultérieurement : il s'agit du développement de systèmes informatisés de communication, entrepris pour 39% seulement dès le démarrage de la démarche d'ingénierie concurrente, et de la définition de systèmes de rémunération récompensant les performances en matière de délais, mis en œuvre dans une phase ultérieure de la démarche pour 72% des entreprises de notre échantillon qui utilisent ce moyen.

2.5.3 Typologie des trajectoires observées

Au-delà de ce simple constat, qui ne permet pas d'identifier précisément des modes différents d'introduction du changement, nous avons cherché à qualifier les trajectoires suivies par les entreprises. Nous avons pour ce faire réalisé une analyse en composantes principales en utilisant les 4 variables suivantes :

- Nombre de moyens organisationnels mis en œuvre au démarrage de la démarche,
- Nombre de moyens organisationnels mis en œuvre ultérieurement,
- Nombre d'outils informatisés en œuvre au démarrage de la démarche,
- Nombre d'outils informatisés en œuvre ultérieurement.

Ces quatre variables sont des variables ordinales, pouvant varier pour les deux premières entre 0 et 11, et pour les deux secondes entre 0 et 4. Nous avons réalisé notre analyse en composantes principales sur l'ensemble des individus de notre échantillon, c'est-à-dire les entreprises qui avaient mis en œuvre des moyens d'accélération des développements de nouveaux produits depuis au moins deux ans, qu'elles aient ou non obtenu des résultats significatifs en termes de réduction des délais de mise sur le marché des nouveaux produits.

Le cercle des corrélations (figure 6) met en évidence deux facteurs principaux :

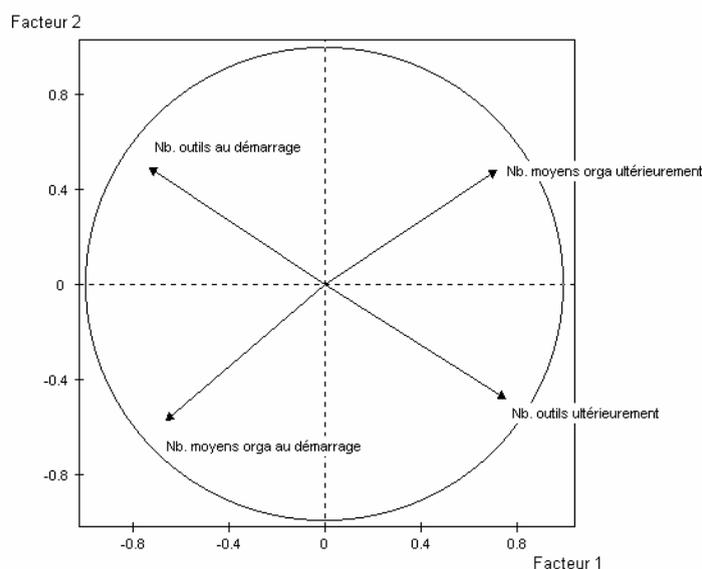


Figure 6 Cercle des corrélations

- Le premier facteur différencie les entreprises qui ont mis en place de nombreux changements dès le démarrage de leur démarche, de celles qui les ont mis en place

progressivement ; nous retrouvons ici la dichotomie rencontrée classiquement dans la littérature sur le changement organisationnel, dichotomie qui différencie le changement brutal du changement progressif.

- Le second facteur différencie les entreprises suivant qu'elles ont initié leur démarche d'ingénierie concurrente par des moyens organisationnels ou des outils informatisés. La dichotomie rencontrée ici est celle fréquemment rencontrée dans la littérature sur l'ingénierie concurrente.

La cartographie des entreprises obtenue par projection sur le plan factoriel constitué par ces deux facteurs pourra donc être interprétée suivant la typologie ci-dessous, sachant que notre modèle, qui explique 77% des différences de comportement entre les entreprises, offre de ce fait une très bonne qualité de représentation :

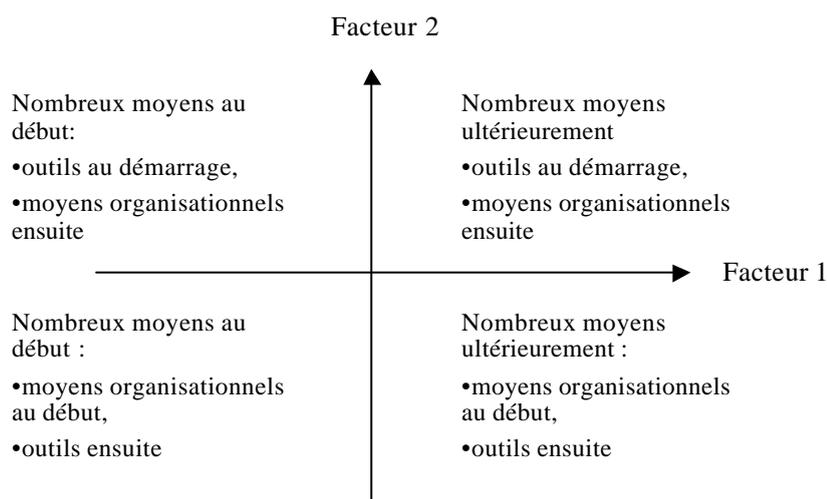


Figure 7 : Typologie des trajectoires

La figure 8, qui représente cette cartographie, met en évidence le fait que les entreprises se répartissent de façon relativement homogène sur l'ensemble du plan factoriel, ce qui implique qu'elles ne suivent pas une, ni même plusieurs, trajectoires bien identifiées de mise en œuvre des démarches d'ingénierie concurrente : en effet, l'existence de quelques trajectoires "types" conduirait à identifier sur le plan factoriel plusieurs groupes de points, proches les uns des autres au sein du même groupe, et éloignés des autres groupes. En regard de la typologie que nous avons établie précédemment, le plan factoriel montre bien qu'il existe des entreprises au sein de chacune des quatre catégories de trajectoires que nous avons définies.

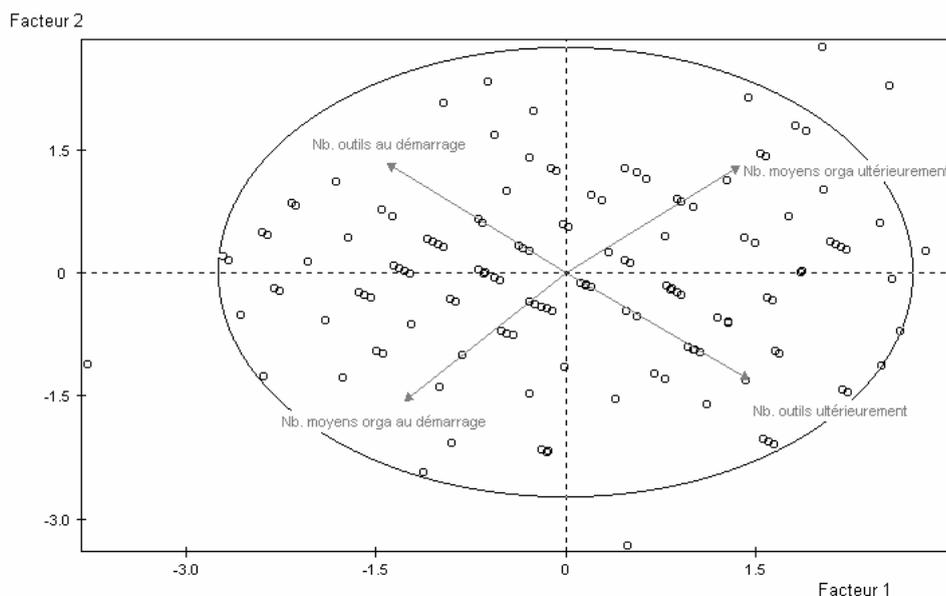


Figure 8 Cartographie des trajectoires

2.6 Lien entre la trajectoire suivie et la réussite des démarches d'ingénierie concurrente

Les statistiques descriptives nous ont permis d'établir un positionnement des entreprises quant à leur trajectoire de mise en œuvre des démarches d'ingénierie concurrente, sans établir de lien entre les trajectoires suivies d'une part, et les résultats des démarches d'ingénierie concurrente d'autre part, en termes de succès ou d'échec. Or, l'étude de ce lien est possible, en analysant le positionnement des entreprises suivant le succès ou l'échec de leurs démarches d'accélération des développements, comme l'illustre la figure 9.

Cette figure montre clairement que la dispersion des entreprises sur le plan factoriel est homogène, quels que soient les résultats de leurs démarches d'ingénierie concurrente. Ainsi, il n'existe pas de secteur du plan qui regroupe de façon privilégiée des entreprises ayant réussi ou des entreprises en échec, ce qui signerait l'efficacité ou a contrario le manque d'efficacité d'une trajectoire donnée. Sur l'ensemble du plan, c'est-à-dire sur l'ensemble des quatre catégories de trajectoires que nous avons identifiées, se trouvent des entreprises qui ont réussi, ce qui montre que toutes les trajectoires autorisent la réussite des démarches d'ingénierie concurrente. Mais nous trouvons aussi sur l'ensemble de ces quatre catégories de trajectoires des entreprises en échec, réparties régulièrement, ce qui prouve que la trajectoire suivie par

les entreprises n'est pas dans l'absolu un facteur déterminant du résultat des démarches d'accélération des développements.

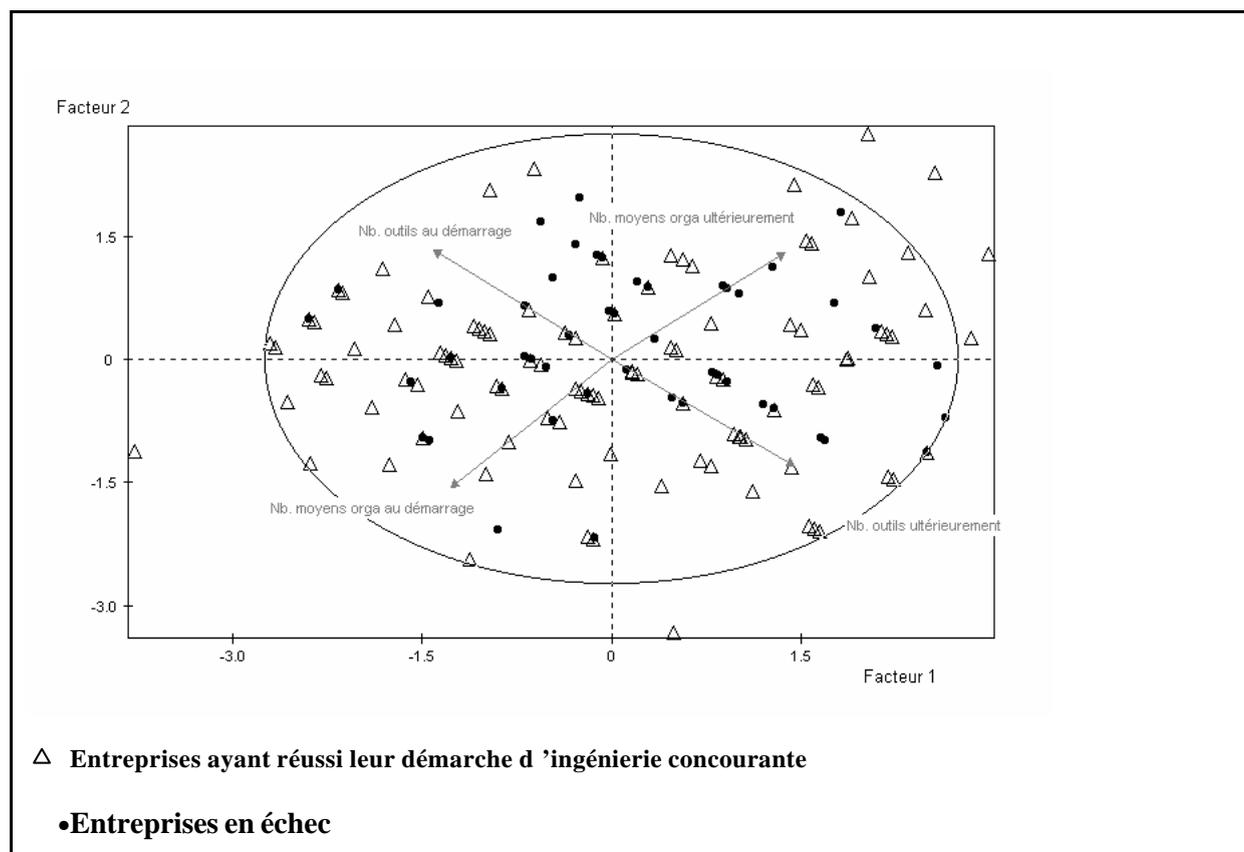


Figure 9. Positionnement des entreprises prenant en compte le résultat de leurs démarches d'ingénierie concurrente

Nous remarquons au contraire que, sur l'ensemble du plan factoriel, des entreprises en échec sont situées à côté d'entreprises qui ont réussi. Les trajectoires suivies par ces entreprises, trajectoires dont la proximité est illustrée par la proximité des points "entreprises" sur le plan factoriel, ne peuvent donc en aucun cas expliquer dans l'absolu les différences observées quant aux résultats des démarches d'ingénierie concurrente : il n'existe pas de trajectoires qui, en elles-mêmes, sont susceptibles de conduire ou non au succès des démarches d'ingénierie concurrente.

Conclusion

Doit-on en conclure que les trajectoires suivies par les entreprises n'ont aucune influence sur la réussite des démarches d'ingénierie concurrente ? Non, car nos résultats quantitatifs ne peuvent approcher le lien éventuel existant entre la trajectoire de l'entreprise et ses résultats d'une part, et sa situation de départ d'autre part. Nous atteignons ici les limites de notre

recherche, qui, reposant sur une étude quantitative, ne nous permet pas de prendre en compte l'adéquation entre la trajectoire suivie et sa pertinence par rapport au contexte interne et externe de l'entreprise. En clair, il est possible que la culture de l'entreprise, les raisons qui ont présidé au choix de suivre telle ou telle trajectoire, ainsi que la façon dont les changements nécessaires à la réduction des cycles de conception et développement ont été annoncés puis conduits dans l'entreprise, aient une influence significative sur les résultats des démarches d'ingénierie concurrente. Il est donc possible d'envisager une approche contingente de l'introduction des différents moyens et outils de l'ingénierie concurrente, dont les paramètres restent à déterminer.

Notre recherche nous a toutefois permis de mettre en évidence l'importance qu'accordent actuellement les entreprises industrielles françaises aux démarches d'accélération des développements, tous secteurs industriels confondus, et de définir les moyens qu'elles mettent en œuvre. Au-delà de ce constat, notre principal apport est d'avoir pu montrer l'existence d'un lien entre l'ancienneté des démarches d'ingénierie concurrente et leur réussite, ainsi que l'existence d'un effet de seuil, nécessitant la mise en place d'un nombre suffisant de moyens et outils de l'ingénierie concurrente, pour que ces démarches puissent être couronnées de succès. Enfin, nous avons réussi à établir une typologie des démarches suivies par les entreprises, typologie qui se caractérise par le caractère brutal ou progressif du changement réalisé, ainsi que par la nature des moyens et outils mis en place. L'accélération des développements est donc une démarche qui s'inscrit dans le temps, tant entre les acteurs internes du projet qu'avec les fournisseurs externes, et qui nécessite un changement radical de l'organisation des projets de nouveaux produits, initié et soutenu par la Direction Générale.

Références bibliographiques

- BROWN S.H. and EISENHARDT K.M., "Product Development: Past Research, Present Findings, and Future Directions", *Academy of Management Review*, April 1995, vol. 20, n° 2, p. 343-378
- CLARK, CHEW and FUJIMOTO, "Product Development in the World Auto Industry", *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 1987, p. 729-781
- CLARK and FUJIMOTO, *Product Development Performance*, Harvard Business School Press, 1991
- CLARK and S.C. WHEELWRIGHT, "Organizing and Leading "Heavyweight" Development Teams", *California Management Review*, Spring 1992, vol 34, n°3, p.9-28
- CORDERO Rene, "Managing for Speed To Avoid Product Obsolescence: A Survey of Techniques", *Journal of Product Innovation Management*, vol 8, n°4, december 1991, p. 283-294
- EISENHARDT K.M. and TABRIZI B.N., "Accelerating Adaptive Processes: Product Innovation in the Global Computer Industry", *Administrative Science Quarterly*, 40, march 1995, p. 84-110
- GAREL G., *Réduction du temps de conception, concurrence et savoirs professionnels : le cas de l'emboutissage dans les projets automobiles*, Thèse de Doctorat de l'école Polytechnique, Décembre 1994, 410 pages

- GAREL G., "L'entreprise sur un plateau : un exemple de gestion de projet concourante dans l'industrie automobile », *Cahiers du Centre de Recherche en Gestion*, n°13, Ecole Polytechnique, Septembre 1996, p.55-69
- GERWIN D. and MOFFAT L., "Withdrawal of Team Autonomy During Concurrent Engineering ", *Management Science*, vol.43, n°9, september 1997, p.1275-1287
- GUPTA A.K., RAJ S.P. and WILEMON D.L., " A model for studying R&D-marketing interface in the product innovation process ", *Journal of Marketing*, April 1986, vol.50, p.7-17
- GUPTA and WILEMON, "Accelerating the Development of Technology-Based New Products", *California Management Review*, Winter 1990, Vol. 32, n° 2 , p. 24-44
- HULL F.M., COLLINS P.D. and LIKER J.K., "Composite forms of organization as a strategy for concurrent engineering effectiveness", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1996, vol.43, p.133-142
- IMAI, NONAKA and TAKEUCHI, "Managing the New Product Development Process: How Japanese Companies Learn and Unlearn", in *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-Technology Dilemma*, Edited by K. CLARK, R. HAYES and C. LORENZ, Harvard Business School Press, Boston, 1985, p.337-375
- KESSLER E.H. and CHAKRABARTI A.K., "Speeding up the pace of new product development ", *Journal of Product Innovation Management*, 1999, vol.16, p.231-247
- LANGERAK F., PEELLEN E. and NIJSSEN E. , " A Laddering Approach to the Use of Methods and Techniques to Reduce the Cycle Time of New-to-the-Firm Products ", *Journal of Product Innovation Management*, 1999, vol 16, p 173-182
- LAWRENCE et LORSCH, "Differentiation and Integration in Complex Organizations", *Administrative Science Quarterly*, vol. 12, n°1, June 1967, p. 1-47
- MIDLER Christophe, *L'auto qui n'existait pas*, InterEditions, Paris, 1993a
- MIDLER Christophe, "Le responsable de projet, portrait d'un rôle d'influence," *Gestion 2000*, n°2, avril 1993 (b), p.123-147
- MIDLER Christophe, "Une affaire d'apprentissage collectif", *L'Expansion Management Review*, mars 1995, p.71-79
- MILLSON M.R., RAJ S.P. and WILEMON D., "A Survey of Major Approaches for Accelerating New Product Development ", *Journal of Product Innovation Management*, 1992 ; 9 : p 53-69
- NAVARRÉ Christian, "Management des projets : outil et levier d'une politique Qualité Totale", *Actes Colloque Qualité Totale Renault*, Septembre 1992, p. 615 (a)
- NAVARRÉ Christian, "De la bataille pour mieux produire ... à la bataille pour mieux concevoir", *Gestion 2000*, n°6, Décembre 1992, p. 13-30 (b)
- NONAKA, "Redundant, Overlapping Organization: A Japanese Approach to Managing the Innovation Process", *California Management Review*, Spring 1990, p. 27-38
- PAWAR Kultwant S.and RIEDEL Johann C.K.H., "Achieving integration through managing concurrent engineering", *International Journal of production Economics*, n°34,1994, p. 329-345
- PAWAR K.S. and SHARIFI S., "Physical or virtual collocation : Does it matter ? ", *International Journal of production Economics*, n°52, 1997, p. 283-290
- RAFII Farshad, "How Important is Physical Collocation to Product Development Success? ", *Business Horizons*, January-February 1995, pages 78-84
- ROBERTSON D. and ALLEN T.J., "CAD system use and engineering performance", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1993, vol.40, P.274-282
- SMITH and REINERTSEN, *Developing Products in Half the Time*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991
- TAKEUCHI and NONAKA, "The new new product development game", *Harvard Business Review*, January-February 1986, p. 137-146
- TARONDEAU Jean-Claude, *Stratégie industrielle*, Vuibert, Paris, 1993, 424 pages
- VOSS, C.A., RUSSELL, V., and TWIGG ,D., "Implementation issues in simultaneous engineering", *International Journal of Technology Management, Special Issue on Manufacturing Strategy*, 1991, Vol 6, Nos 3/4, p. 293-302
- WHEELWRIGHT and CLARK, "Creating Project Plans to Focus Product Development", *Harvard Business Review*, March-April 1992, p. 70-82