

UNE VISION MULTIDIMENSIONNELLE DES TYPOLOGIES D'INNOVATION POUR IDENTIFIER ET CONCEVOIR UNE DEMARCHE D'INNOVATION

Adrien Lecossier¹, Pascal Crubleau², Fabienne Goux-Baudiment³, Simon Richir⁴

¹SOURIAU ESTERLINE, Arts et Métiers ParisTech, LAMPA, 2 Bd du Ronceray, 49000 Angers, France, adrien.lecossier@ensam.eu

²ISTIA Innovation, Arts et Métiers ParisTech, LAMPA, 2 Bd du Ronceray, 49000 Angers, France, pascal.cruleau@univ-angers.fr

³ProGective, ISTIA Innovation, Arts et Métiers ParisTech, LAMPA, 2 Bd du Ronceray, 49000 Angers, France, propective@propective.com

⁴Arts et Métiers ParisTech, LAMPA, 2 Bd du Ronceray, 49000 Angers, France, simon.richir@ensam.eu

Résumé : Quels que soient les auteurs majeurs, la première partie de cet article confirme qu'il ressort une valeur universelle portée par une innovation, celle d'une nouveauté associée à une réussite commerciale. Nous rappellerons la vision pionnière de Schumpeter qui tend vers une caractérisation générale de l'innovation jusqu'à une échelle internationale portée par le manuel d'Oslo. Nous verrons comment ces visions croisées ont permis de faire émerger un nouvel agencement des typologies pour lequel nous proposons un modèle synthétique. Cette synthèse s'est basée sur le système de caractérisation originale proposé par Garcia et Calantone, mais en considérant cette fois les innovations radicales, réellement nouvelles et incrémentales non pas comme des typologies mais comme des niveaux d'intensité. De plus, nous apporterons des compléments qui renforcent les notions de discontinuités, fondations de leur modèle. Enfin, et toujours dans un souci de clarification et de compréhension, il nous a semblé utile de représenter les domaines de validité de ces différentes typologies d'innovations par des équations booléennes, en complément des travaux de Garcia et Calantone. La mise en exergue des différentes variables, composantes de chaque typologie, favorise ainsi l'ajustement voire le choix de la meilleure typologie en fonction de l'objectif visé. A l'inverse, notre formalisation croisée peut faciliter la reconnaissance de l'origine d'un résultat à partir de son observation.

Mots clés: innovation de produit ; innovation de processus ; typologies ; intensités ; stratégie

1. INTRODUCTION

La nécessité d'innover, l'obligation sans cesse renouvelée d'évoluer dans un environnement concurrentiel dans le respect de contraintes normatives toujours plus exigeantes sont autant d'objectifs antagonistes que les acteurs de la vie économique essaient de maîtriser afin de maintenir voire d'accroître leurs parts de marché.

En revanche et malgré l'importante quantité d'articles parus sur le sujet ces dernières années, l'innovation reste, pour de nombreuses entreprises, imperceptible et incomprise par faute de structuration comme le signale la diversité de ses acceptions: « innovation réellement nouvelle, innovation d'avancée technologique, innovation incrémentale, innovation radicale, innovation perturbatrice, innovation drastique ou révolutionnaire, innovation modulaire, innovation architecturale, innovations administratives et techniques, innovation de produits, innovation de processus, innovation technologique de procédé, »

C'est le contexte dans lequel s'inscrit notre travail de recherche qui a pour but d'éclairer un équipementier majeur dans les systèmes de transport en commun sur la culture, les méthodes et les outils lui permettant de proposer des produits voire des services au plus près des besoins de ses clients. Aussi, ces travaux suivent une hypothèse centrale qui considère que l'agencement spatio-temporel des typologies d'innovation facilitera l'organisation, l'application et la compréhension de l'innovation pour l'industriel.

2. DEFINITIONS DE L'INNOVATION

L'innovation est spécifiée comme le processus de création de changements dans un système établi par l'introduction d'une nouveauté par Fagerberg, Mowery et Nelson[1]. Historiquement, Schumpeter [2] l'a définie comme l'introduction d'un nouveau produit, l'introduction d'une nouvelle méthode de production, l'ouverture d'un nouveau marché, la conquête d'une nouvelle source de matière première ou de produit semi-fini et la mise en place d'une nouvelle forme d'organisation. La vision de Schumpeter semble aujourd'hui tendre vers une caractérisation générale malgré un manque de standardisation et d'organisation notamment relevé par Peter et Elze[3].

En effet, plus récemment, la normalisation française FD X 50- 271[4] a elle aussi défini l'innovation comme « un processus qui conduit à la mise en œuvre d'un ou plusieurs produit, service, procédé, forme d'organisation, modèle d'affaires, nouveaux ou améliorés, susceptible de répondre à des attentes implicites ou explicites et de générer une valeur économique, environnementale ou sociétale pour toutes les parties prenantes ». A l'échelle internationale, le manuel d'Oslo [5] reprend les termes proposés par Schumpeter pour présenter l'aspect économique de l'innovation. Toutefois, le manuel limite sa portée au niveau de la firme, à l'innovation technologique de produit et de procédé et couvre la diffusion de l'innovation jusqu'au stade « nouveau pour la firme » en précisant « qu'une enquête couvrant la totalité du champ des investigations (de l'innovation) serait d'une lourdeur telle qu'elle serait impossible à réaliser dans la pratique ».

Plus tôt, Bayarre[6] a défini l'innovation comme une variable qui met en application une découverte, une invention ou un concept selon un contexte. L'auteur délimite trois contextes dans lesquels l'innovation intervient : le processus global de création, l'adoption d'une nouveauté par une société, la nouveauté elle-même.

Avec une vision analogue, Gopalakrishnan & Damanpour[7] considèrent l'innovation comme un processus de deux grandes phases, par lequel quelque chose de nouveau (un résultat) est introduit dans un environnement. La première phase est l'étape de génération de l'innovation, elle-même décomposée en 5 sous-étapes telles que la génération de l'idée, la définition du projet, la résolution des problèmes, le développement, et le marketing ou la commercialisation. La deuxième phase est l'adoption de l'innovation. Cette étape traite sur les notions d'adoption de la nouveauté par l'adaptation d'une organisation aux changements. En guise d'exemple, les mêmes auteurs citent Rogers[8] qui évoque que les conséquences de l'innovation sont les changements qui se produisent et apparaissent dans une organisation comme un résultat de l'adoption d'innovations[9].

D'un point de vue plus conceptuel, il est possible de dire que la définition de l'innovation se base sur deux axes : le premier considère l'innovation comme une nouveauté (un résultat) aussi diverse soit-elle (produit, procédé, processus, organisation, service...) et le second la regarde comme un processus.

L'innovation en tant que processus est le moyen de générer la nouveauté puis de l'introduire dans un environnement grâce à une bonne adoption qui s'accomplit par des changements, souvent organisationnels. La nouveauté que l'on retrouve parfois sous le terme « quelque chose de nouveau » est le résultat du processus d'innovation et est qualifiée « d'innovation » si et seulement si elle a trouvé un moyen de s'introduire dans son environnement. Selon Ben Rejeb[10], ces terminologies ont fait germer une réelle confusion entre les notions de nouveauté et d'innovation.

Pour synthétiser et éviter toute confusion, il semble adéquat de convenir que la nouveauté ou l'invention (selon Schumpeter) provient d'une phase de génération. La nouveauté ou l'invention parcourt ensuite une phase d'adoption qui fera d'elle, en cas d'adaptation réussie, une « innovation ». La Figure 1 représente la définition de l'innovation sur laquelle nous nous baserons.

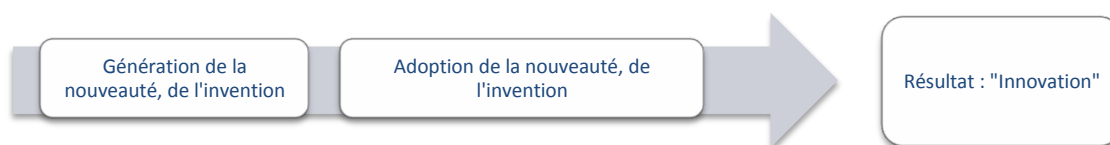


Figure 1- Le processus d'innovation et son résultat selon notre vision

3. LES TYPOLOGIES D'INNOVATION RADICALE ET INCREMENTALE SONT DES INTENSITES D'INNOVATION

Le recensement des typologies d'innovation effectué par divers auteurs permet aujourd'hui de définir les grands types d'innovation existants bien qu'ils soient encore non exhaustifs. Parmi les typologies d'innovation recensées, les innovations radicales et incrémentales semblent être les plus répandues bien que d'autres typologies se positionnent entre les deux.

L'innovation radicale aussi appelée innovation de rupture, est souvent utilisée pour décrire la création d'un nouveau produit provoquant un bouleversement sur le marché. Elle s'accorde bien avec la « destruction créatrice » de Schumpeter[2] pour qui l'innovation radicale est la destruction de l'existant par la nouveauté. Plus précisément, la forte adoption de la nouveauté a fait d'elle une innovation radicale qui provoque la destruction de l'existant par des changements. D'un point de vue similaire, Reinganum[11] puis Caseli[12] et Rosen[13] cités par Chandy et Prabhu[14], qualifient l'innovation radicale d'**innovation « drastique »** ou **« révolutionnaire »**. Les auteurs présentent ces innovations comme l'apparition d'une nouveauté qui rend l'existant obsolète. Les travaux de Garcia et Calantone appuient avec plus de détails cette définition et caractérisent l'innovation radicale comme une innovation qui provoque des discontinuités de marché et de technologie aux macro et micro-niveaux[15]. L'innovation qui impacte le macro-niveau correspond à une innovation qui est nouvelle pour le monde, l'industrie ou le marché alors qu'une innovation impactant le micro-niveau est une innovation nouvelle pour l'entreprise ou le client (Figure 2).

L'innovation réellement nouvelle est une typologie qui fait le lien entre les typologies d'innovations radicale et incrémentale. Elle inclue les innovations qui provoquent selon Garcia et Calantone des discontinuités aux macro et micro-niveaux (Figure 2).

Chandy et Gerard[16] proposent deux typologies assez proches de cette définition. Par exemple la typologie d'**innovation « d'avancée technologique »**. Cette typologie se caractérise par l'apparition d'un nouveau produit, service ou processus qui fait appel aux principes scientifiques pour être considérablement différent de l'existant et par conséquent provoquer une discontinuité de technologie aux micro ou macro-niveaux.

La seconde typologie qu'ils présentent est la typologie d'**innovation « d'avancée de marché »**. Elle correspond à une amélioration technologique basée sur un ensemble technologique existant qui assure une hausse considérable des bénéfices générés par les clients.

La prise en considération de ces deux typologies d'innovation conforte les caractéristiques « technologie et marché » de Garcia et Calantone.

L'innovation incrémentale est plus proche de l'optimisation, l'amélioration et du changement mineur. Pour reprendre les notions de discontinuité, l'innovation incrémentale provoque des discontinuités de technologie et de marché au micro-niveau seulement (Figure 2).

Macro		Micro		Typologie d'innovation		
Discontinuité marché	Discontinuité technologique	Discontinuité marché	Discontinuité technologique	Radicale	Réellement nouvelle	Incrémentale
1	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1

Figure 2- Les typologies d'innovation selon Garcia et Calantone[15]

Le terme d'« intensité d'innovation » évoqué par Ammar [17] repositionne les typologies d'innovations radicale et incrémentale comme des « intensités d'innovation ». Cette vision confortée par Garel et Mock[18], élève les typologies d'innovation de Garcia et Calantone à un niveau supérieur, ordonné selon 3 niveaux : radicale, réellement nouvelle et incrémentale.

Dès lors, les autres typologies d'innovation de la littérature peuvent être classifiées en fonction du niveau d'intensité aussi appelé degré, qu'elles peuvent atteindre, autrement dit selon leurs capacités à provoquer des discontinuités.

4. DES LIENS EXISTENT ENTRE LES TYPOLOGIES D'INNOVATIONS DE PRODUIT ET PROCESSUS ET LA NOTION DE « DOMINANT DESIGN »

4.1 Typologie d'innovation de processus

L'innovation de processus est considérée comme l'introduction d'une nouvelle méthode de production et, plus précisément, comme l'introduction de nouveaux éléments au sein du système de production d'une organisation.

Le manuel d'Oslo présente un cas particulier d'innovation de processus qui est **l'innovation technologique de procédé**. Cette innovation arrive dans le cas de « l'adoption de méthodes de production technologiquement nouvelles ou sensiblement améliorées, qui peuvent impliquer des modifications portant sur l'équipement ou l'organisation de la production, ou une combinaison de ces modifications [...] ». Ces méthodes peuvent viser à produire ou à livrer des produits technologiquement nouveaux ou améliorés, qu'il est impossible de produire ou de livrer à l'aide de méthodes classiques, ou essentiellement à augmenter le rendement de production ou l'efficacité de la livraison de produits existants[5]. »

Sémantiquement et d'après les caractéristiques d'innovation de Garcia et Calantone, une innovation de processus ne peut être qu'incrémentale. En effet, elle intervient au sein même d'une organisation ce qui ne lui permet de se diffuser qu'au micro-niveau. Le Fordisme n'est pas un contre-exemple. Le processus créé par Ford a, avec le temps, su trouver un marché externe à son organisation et devenir en quelque sorte « commercialisable ». Le processus de Ford est alors devenu un véritable produit – une innovation de produit et même plus tard, une innovation à l'échelle des sociétés ; l'innovation de processus a évolué (muté) en innovations de produit puis de société grâce au succès de la méthodologie de production. Ce constat fait d'une innovation de processus une innovation incrémentale, capable de muter et d'évoluer en intensité en cas de conjonction.

Passons maintenant aux typologies de l'innovation de Damanpour et Gopalakrishnan[9] pour qui les **innovations administratives** impliquent les structures organisationnelles et les processus administratifs. C'est pourquoi les auteurs les qualifient plutôt comme l'adoption d'un nouveau moyen de recruter du personnel, allouer des ressources, récompenser et structurer des tâches ou des unités. Considérant les innovations administratives comme plus directement associées aux activités de management, les auteurs précisent qu'elles se composent en majorité d'innovations de processus [18], [19]. Birkinshaw, Hamel et Mol complètent cette vision en parlant d'**innovation de management** qui correspond selon eux à l'introduction d'une nouveauté dans une organisation structurée. Ils la définissent comme l'invention et l'implémentation de pratiques managériales, processus, structures ou techniques, nouveaux pour l'état de l'art et destinés à accomplir l'ensemble des objectifs d'une organisation [20]. Selon les caractéristiques d'innovation de Damanpour et Gopalakrishnan et de Garcia et Calantone, **les innovations administratives, structurelles ou de management sont des innovations organisationnelles et plus précisément des innovations de processus qui peuvent favoriser l'accomplissement d'innovations de produit et augmenter leurs performances.**

4.2 Typologie d'innovation de produit

Une **innovation de produit** est caractérisée par Rolstadas, Henriksen et O'Sullivan comme l'introduction d'un nouveau bien ou d'une nouvelle qualité de bien [21]. Avec plus de précisions, Damanpour et Gopalakrishnan la définissent comme l'introduction de nouveaux produits ou services qui rencontrent le besoin d'un utilisateur externe ou d'un marché[9]. Le manuel d'Oslo, complète cette vision en considérant qu'une « **innovation Technologique de Produit et de Procédé (TPP)** » peut prendre deux grandes formes :

- **Innovations technologiques de produits technologiquement nouveaux**, qui sont des innovations qui peuvent faire intervenir des technologies radicalement nouvelles, ou reposer sur l'association de technologies existantes dans de nouvelles applications, ou découler de la mise à profit de nouvelles connaissances.

- **Innovations technologiques de produits technologiquement améliorés**, qui sont des innovations qui améliorent un produit grâce à l'utilisation de composants ou de matériaux plus performants ou à la réalisation de modifications partielles apportées à l'un des sous-systèmes du produit[5].

Assez proche de l'analyse de discontinuité de Garcia et Calantone, le manuel d'Oslo rapporte aussi le phénomène de diffusion des innovations TPP indiquant notamment qu'il y a « innovation TPP à l'échelle mondiale lorsqu'un produit ou un procédé nouveau ou amélioré est accompli pour la toute première fois. L'innovation TPP au niveau "de la firme seulement" intervient lorsqu'une firme réalise un produit ou un procédé technologiquement nouveau ou amélioré, nouveaupour elle, mais qui a déjà été réalisé dans d'autres firmes et industries ».

Le manuel propose aussi 3 intensités d'innovation : l'intensité Maximale équivalente à Radicale, Intermédiaire pour Réellement Nouvelle et Minimale qui correspond à l'intensité Incrémentale [5]. Par conséquent, l'innovation technologique de produit du manuel d'Oslo est une sous-typologie de la typologie plus générale d'innovation de produit.

N'oublions pas qu'une innovation de produit peut être supportée par le développementsatellite d'innovations de processus. Dans le cas d'une grande entreprise, cela consistera à alléger l'organisation de sorte à la rendre plus fluide. De nouvelles méthodes de production peuvent aussi encourager l'apparition de nouveaux produits, même si le plus souvent, ce sont les nouveaux produits qui encouragent l'apparition de nouveaux procédés.

Ce constat nous permet de compléter la classification technologique du manuel d'Oslo. Nous proposons en complément de Garcia et Calantone de caractériser une innovation de produit selon sa typologie et les discontinuités qu'elle provoque (Tableau 1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

N° d'innovation	Discontinuités				Intensité d'innovation			Type d'innovation de produit
	Marché macro	Technologie macro	Marché micro	Technologie micro	Radicale	Réellement nouvelle	Incrémentale	
$IProduit_{rad}$	1	1	1	1	1	0	0	Mixte
$IProduit_{rn1}$	1	0	1	0	0	1	0	Marketing
$IProduit_{rn2}$	0	1	0	1	0	1	0	Technologique
$IProduit_{rn3}$	0	1	1	1	0	1	0	Mixte à tendance technologique
$IProduit_{rn4}$	1	0	1	1	0	1	0	Mixte à tendance marketing
$IProduit_{in1}$	0	0	0	1	0	0	1	Technologique
$IProduit_{in2}$	0	0	1	0	0	0	1	Marketing
$IProduit_{in3}$	0	0	1	1	0	0	1	Mixte

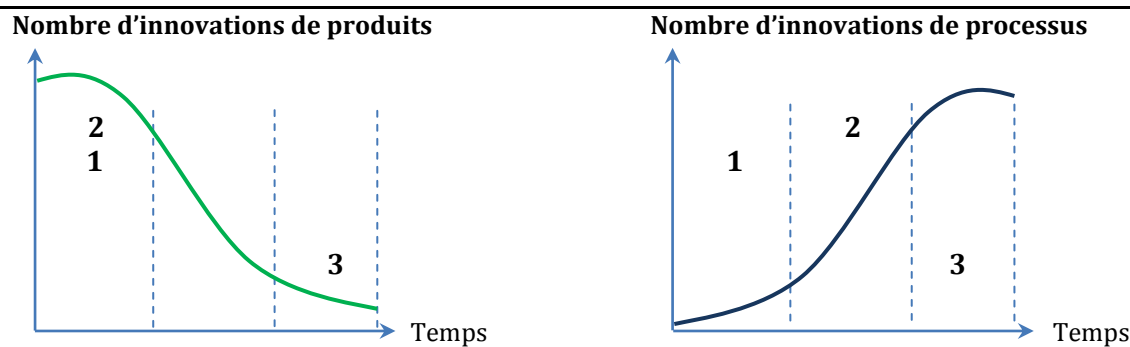
Tableau 1- Version 1 de la Matrice d'identification des innovations de produit

4.3 Liens entre « dominant design » et innovations de produit et processus

Pour établir des liens entre les typologies d'innovation de produit et de processus nous nous intéressons aux travaux de Damanpour[19] qui abordent notamment les **innovations administratives et techniques**. La partie administrative comprend les innovations organisationnelles tandis que les innovations techniques rassemblent les innovations technologiques de produits, processus et procédés.

Plus en détail, Damanpour et Gopalakrishnan[9] décrivent notamment à l'aide des travaux de Daft[18] que **les innovations techniques se rapportent aux produits, services et aux processus** de production technologique. Selon eux, les innovations techniques peuvent être l'adoption d'une idée pour un nouveau produit ou un nouveau service, ou l'introduction d'un nouvel élément dans l'organisation d'un processus de production. Les innovations techniques touchent ainsi la phase d'adaptation d'une organisation et peuvent par conséquent être des innovations de produit ou de processus. Les auteurs complètent leur point de vue en citant les travaux d'Abernathy et Utterback[22] qui considèrent que **les innovations technologiques sont similaires aux innovations techniques** et se construisent en une succession temporelle de développement **d'innovations de produits** et de **processus** qui suit 3 phases à l'échelle de l'industrie (Figure 3) :

- La phase fluide "fluid phase" (1),
- La phase de transition "transitional phase" (2),
- La phase spécifique "specific phase" (3).



D'après Abernathy et Utterback[22], Utterback[23]

Figure 3- Évolution du nombre d'innovations de produits et de processus dans le temps

Utterback[23], explique que la première phase se caractérise par le fait que le nombre d'innovation de produits est plus grand que le nombre d'innovation de processus. Il précise que le foisonnement d'innovations de produits prend éventuellement fin avec l'émergence d'un **modèle dominant couramment appelé « dominant design » notamment dans la théorie C-K d'Hatchuel[24], [25], [26]**. La seconde phase nommée phase de transition, se distingue par la régression du nombre d'innovations de produits et par la croissance de celui des innovations de processus. C'est à l'entrée de cette phase que l'émergence d'un **« dominant design »** vient réduire la variété d'innovation de produits et que les efforts de développement vont progressivement se concentrer à produire le « dominant design » plus efficacement. Pendant la troisième phase, que les auteurs nomment « specific phase », le nombre des deux types d'innovations ralentit et tend à se stabiliser [22].

En citant les mêmes auteurs, Brockhoff, Hauschildt et Chakrabarti[25] ajoutent que les deux premières phases sont des périodes de changements radicaux où **les innovations de produits et de processus immergent** et s'introduisent respectivement dans un **environnement émergent**. La phase spécifique est d'après les auteurs une période de changements incrémentaux où moins d'innovations fondamentales de produits et de processus sont introduites dans un ensemble cependant plus harmonieux.

Plus récemment, dans le quinzième chapitre de leur ouvrage, Rolstadås, Henriksen et O'Sullivan[21] décrivent que les innovations de processus sont étroitement associées aux innovations de produits. Aussi, ils présentent (Figure 4) sans lui faire référence, comme une superposition des deux courbes proposées par Utterback (Figure 3). D'après eux, la majorité des innovations de produits surviennent au début du cycle de vie d'une technologie et tout comme Abernathy et Utterback[22] les auteurs rapportent que le nombre d'innovations de produits tend à chuter suite à l'apparition d'un modèle « stable » (dominant design). En revanche, les auteurs apportent un supplément en soulignant que **suite à la parution de l'invention, le nombre d'innovation de produits progresse en exploitant l'invention puis tend à chuter à partir de l'apparition du « dominant design » qui subit des améliorations par l'apparition d'innovations satellites de processus.**

D'après Rolstadås, Henriksen et O'Sullivan[21]

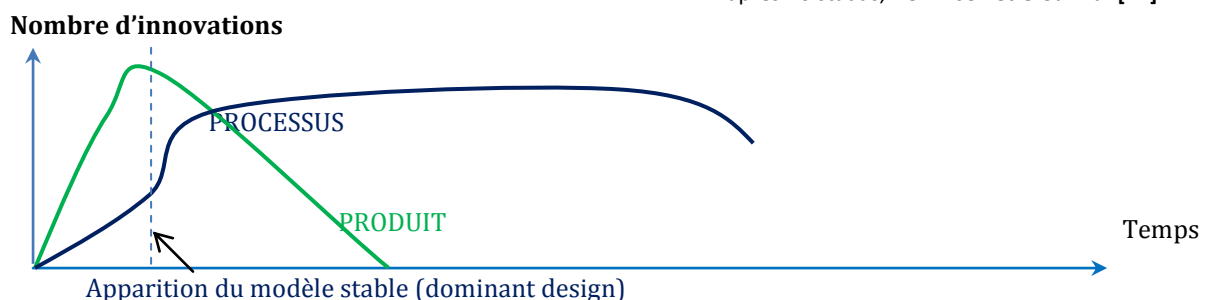


Figure 4- Représentation de l'évolution du nombre de développement d'innovations de produits et de processus dans le temps

Afin d’approfondir et caractériser la notion de « dominant design », les chercheurs de l’école des Mines ParisTech ont défini l’identité d’un objet à l’aide de caractéristiques énumérées dans l’Encadré 1[26].

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Technologique : <ul style="list-style-type: none"> ○ Description fonctionnelle de l’objet ○ Performance ou Nature de la performance technologique ○ Technologies mises en œuvre (connaissances, métiers, savoirs)
 ▪ Marché : <ul style="list-style-type: none"> ○ Usages et valeur pour le client ○ Business model et écosystème de vente |
|---|

Encadré 1- Caractéristiques de l'identité d'un objet (source :Hooge et al. [26])

Ils justifient que le « dominant design » est révisé lorsque l’identité de l’objet à concevoir est incertaine. Cela signifie que l’objet observera une modification de son identité à travers l’évolution d’au moins une de ses caractéristiques (Encadré 1).

En complément, nous constatons sans difficulté que des liens existent entre les notions d’identité d’un objet et celle des discontinuités de marché et de technologie de Garcia et Calantone (Figure 2).

Une discontinuité de technologie se produit lorsque la description fonctionnelle de l’objet, la performance ou la nature de la performance technologique et les technologies mises en œuvre évoluent. De même, une discontinuité de marché est issue d’une évolution du business model et de l’écosystème de vente ainsi que des usages et de la valeur pour le client. Si ces évolutions sont nouvelles pour le monde, l’industrie ou le marché, alors elles provoqueront des innovations d’intensité radicale. Au contraire, si la nouveauté se limite à l’entreprise ou à un client, les évolutions ne causeront que des innovations d’intensité incrémentale.

Toutefois, il faut noter que les modèles d’Utterback[23] et de Rolstadås, Henriksen et O’Sullivan[21], indiquent que les innovations de processus surviennent pour accompagner ou rendre plus performantes des innovations de produit antérieures. C’est pourquoi, il est nécessaire de dissocier les caractéristiques des discontinuités selon la typologie de l’innovation.

Ainsi, nous admettons que par définition, une innovation de produit provoque une discontinuité liée à l’objet tandis qu’une innovation de processus induit une discontinuité associée à la performance de l’objet.

Par conséquent, il est cohérent de considérer les caractéristiques des discontinuités comme équivalente aux caractéristiques de l’identité d’un objet en prenant soin de les différencier selon la typologie d’innovation. Le Tableau 2 et le Tableau 3 résumés nos propositions permettent de reconnaître les types d’innovations en fonction des caractéristiques des discontinuités.

Caractéristiques des discontinuités pour une innovation de produit			
Marché		Technologie	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Usages et valeur pour le client ○ Business model et écosystème de vente 		<ul style="list-style-type: none"> ○ Description fonctionnelle de l’objet ○ Performance ou Nature de la performance technologique ○ Technologies mises en œuvre (connaissances, métiers, savoirs) 	
Niveaux des discontinuités			
Micro niveau	Macro niveau	Micro niveau	Macro niveau

Tableau 2- Liens entre la typologie d’innovation de produit, les discontinuités de Garcia et Calantone [15] et l’identité d’un objet de Hooge et al. [21].

Caractéristiques des discontinuités pour une innovation de processus	
Marché	Technologie
<ul style="list-style-type: none"> ○ Performance des usages et de lavaleur pour le client ○ Performance du business model et écosystème de vente 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Performance fonctionnelle de l'objet ○ Performance technologique ○ Performance des technologies mises en œuvre
Niveaux des discontinuités	
Micro niveau	Micro niveau

Tableau 3- Liens entre la typologie d'innovation de processus, les discontinuités de Garcia et Calantone [15] et l'identité d'un objet de Hooge et al. [21].

5. LA CONSIDERATION DE LA VISION COGNITIVE PASSE PAR L'INTEGRATION DES TYPOLOGIES D'INNOVATION MODULAIRE ET ARCHITECTURALE

L'adaptabilité de nos travaux au milieu industriel est une exigence que nous ne négligeons pas. Notre hypothèse porte sur le fait qu'un agencement plus clair des typologies d'innovation servirait les entreprises à mieux définir et adapter leurs stratégies d'innovation. L'approfondissement de notre étude passe aussi par la prise en considération d'innovations qui intègrent la vision cognitive dans leur définition. Les deux typologies d'innovation modulaire et architecturale proposées par Gottelan et Haon[27] nous semblent idéales comme première base de travail.

L'innovation modulaire aussi nommée **innovation de composant** correspond à la modification des sous-systèmes d'un ensemble de connaissances par la création d'un produit, service ou processus issu du même ensemble [27],[14]. Un des cas qui illustre bien ce type d'innovation se trouve dans le domaine d'enregistrement de données : la bande magnétique et la disquette sont deux sous-systèmes différents pourtant basés sur le même ensemble technologique qui est l'enregistrement magnétique.

L'innovation architecturale consiste à combiner plusieurs sous-systèmes issus de différents ensembles technologiques et ainsi à modifier des liens ou en créer de nouveaux. La montre à cristaux liquide est un exemple souvent évoqué pour illustrer l'innovation architecturale, car elle accorde deux sous-systèmes qui proviennent d'ensembles technologiques distincts : les sous-systèmes "cristaux liquides" et "horloge à quartz »[27], [28].

Contrairement à ce que nous avons introduit précédemment, Gottelan et Haon estiment que les typologies d'innovation architecturale et modulaire ne s'intègrent ni dans la typologie d'innovation radicale ni dans celle de l'innovation incrémentale puisque ces dernières ne permettent pas de « prendre en compte les fortes perturbations induites par certaines améliorations technologiques considérées comme mineures ». Ils proposent alors un modèle de classification des innovations représenté par la Figure 5.

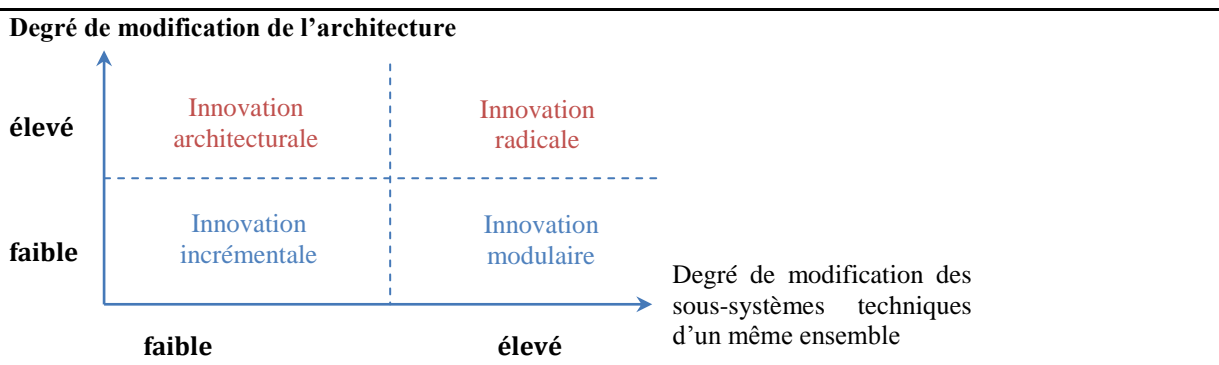


Figure 5- Modèle de classification de l'innovation de Gottelan et Haon[27]

Leur classification cognitive se fait en fonction du degré de modification de l'architecture d'un système technique et du degré de modification des sous-systèmes techniques. Ce modèle est intimement lié avec la notion de « dominant design » évoquée précédemment.

Par définition, **l'innovation modulaire ne modifie pas le « dominant design » de façon radicale** puisqu'elle s'en inspire pour évoluer. Les valeurs et les usages sont donc en partie conservés. Par analogies aux typologies de Garcia et Calantone, une innovation modulaire ne pourra pas provoquer une discontinuité de macro-niveau, donc une innovation d'intensité radicale.

L'innovation architecturale aura par contre plus de possibilités pour perturber le « dominant design ». Le fait d'élargir l'espace cognitif à d'autres ensembles de connaissances permettra de faire évoluer plus facilement les caractéristiques de l'identité d'un objet que ce soit pour la partie technologique ou pour la partie marché.

Pour assurer la prise en compte de la vision cognitive, les typologies d'innovation modulaire et architecturale ont été introduites au sein de la première matrice d'identification des innovations de produit (Tableau 1). La nouvelle version (Tableau 4), considère les innovations architecturales, modulaires et de processus comme origine des innovations de produit. Ainsi, la version 2 offre la possibilité de positionner et d'identifier un grand nombre d'innovations de produit de façon claire et intuitive.

Tableau 4- Version 2 de la Matrice d'identification des innovations de produit

N° d'innovation	Discontinuités (voir Tableau 2)				Intensité d'innovation			Origine d'innovation			Type d'innovation de produit	INNOVATION DE PRODUIT
	Marché macro	Technologie macro	Marché micro	Technologie micro	Radicale	Réellement nouvelle	Incrémentale	IArch	IMod	IProcessus		
$IProduit_{rad}$	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	Mixte	
$IProduit_{rn1}$	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	Marketing	
$IProduit_{rn2}$	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	Technologique	
$IProduit_{rn3}$	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	Mixte à tendance technologique	
$IProduit_{rn4}$	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	Mixte à tendance marketing	
$IProduit_{in1}$	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	Technologique	
$IProduit_{in2}$	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	Marketing	
$IProduit_{in3}$	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	Mixte	

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{innovation de produit : } IProduit \\ \text{innovation de processus : } IProcessus \\ \text{innovation architecturale : } IArch \\ \text{innovation modulaire : } IMod \end{array} \right.$$

Prenons par exemple, le cas d'une innovation « disruptive » ou perturbatrice [29]. Cela consiste à trouver un marché avec des produits de moins haute performance mais avec des prix de vente moins élevés que les produits existants. Au top du classement des meilleures innovations disruptives, on retrouve Renault et sa gamme Dacia, Orange et sa branche Sosh ou même les supermarchés avec la vente de fruits et légumes dits « vilains ».

A l'aide de notre Matrice d'identification des innovations de produit, il est assez intuitif d'identifier le type d'innovation de produit provoqué par cette pratique. Par définition, la gamme Dacia ne fait appel à aucune technologie nouvelle ce qui ne provoque par conséquent aucune discontinuité technologique. En revanche, Renault a su créer une discontinuité marketing de macro-niveau par une modification architecturale du modèle de commercialisation de ses véhicules. En s'inspirant des offres low-cost employées dans des domaines extrêmement différents comme celui de l'alimentaire, Renault a construit une nouvelle offre qui allie low-cost et véhicule ; mariage inimaginable jusqu'alors. Plus en détail, grâce à l'observation des caractéristiques des discontinuités (Tableau 2), nous comprenons que Renault a vendu sa gamme Dacia en faisant évoluer de façon inédite pour le marché, les usages et la valeur que les consommateurs accordent généralement à leurs automobiles : c'est une innovation de produit marketing d'intensité réellement nouvelle ($I_{Produit_{rn1}}$) ! Pour accomplir son innovation, Renault a probablement dû réaliser des innovations de processus qui ont remis en cause le fonctionnement organisationnel.

Pour poursuivre les travaux de Garcia et Calantone, nous utiliserons une équation booléenne pour représenter l'innovation générée par la gamme Dacia de Renault :

$$\begin{aligned}
 \text{Renault Dacia} &= \\
 &= \Delta(\text{usages et valeur pour le client})_M \\
 &= (I_{ProduitArchMarketing})_M \cdot (I_{Processus_2}) \\
 &= (I_{ProduitArchMarketing})_M \cdot (I_{OrgMarketing}) \\
 &= (\text{discontinuitéMarketing})_M \cdot (\text{discontinuitéMarketing})_\mu \\
 &= I_{Produit_{rn1}}
 \end{aligned}$$

Encadré 2- Représentation algébrique de l'innovation Renault Dacia (source : Tableau 2, Tableau 4 et Tableau 5)

Il en est de même pour le cas des fruits et légumes vilains. Bien qu'aucune amélioration liée à la technologie ne soit manifeste, l'observation des caractéristiques des discontinuités (Tableau 2) nous fait comprendre que la vente de fruits et légumes vilains n'est pas anodine. Conçue sur la base d'une innovation de produit marketing, elle implique une évolution radicale de la valeur du consommateur habitué aux fruits et légumes aux gabarits et à l'aspect normalisés. C'est une innovation architecturale de marketing qui est employée, jouant sur l'alliance du principe de proximité et d'authenticité du produit imparfait que l'on pourrait trouver dans notre potager avec des principes fondateurs des supermarchés que sont la disponibilité, la rentabilité et la facilité. L'écosystème de vente à lui aussi subi une évolution modulaire mineure tandis que des innovations de processus ont certainement fluidifié l'organisation liée à la logistique et aux contrôles. C'est une nouvelle fois une innovation de produit marketing d'intensité réellement nouvelle ($I_{Produit_{rn1}}$) !

$$\begin{aligned}
 \text{Fruits et légumes vilains en supermarché} &= \\
 &= \Delta(\text{usages et valeur pour le client})_M \cdot \Delta(\text{business model et écosystème de vente})_\mu \\
 &= (I_{ProduitArchMarketing})_M \cdot 2 \times (I_{Processus_2}) \\
 &= (I_{ProduitArchMarketing})_M \cdot (I_{ModMarketing}) \cdot (I_{OrgMarketing}) \\
 &= (\text{discontinuitéMarketing})_M \cdot (\text{discontinuitéMarketing})_\mu \\
 &= I_{Produit_{rn1}}
 \end{aligned}$$

Encadré 3- Représentation algébrique de l'innovation Fruits et Légumes vilains en supermarché

Tableau 5- Matrice d'identification des innovations de processus

N° d'innovation	Discontinuités (voir Tableau 3)				Intensité d'innovation			Origine d'innovation			Type d'innovation de processus	INNOVATION DE PROCESSUS
	Marché macro	Technologie macro	Marché micro	Technologie micro	Radicale	Réellement nouvelle	Incrémentale	IArch	IMod	IOrg		
<i>IProcessus₁</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	Technologique	
								0	1	0		
								0	0	1		
<i>IProcessus₂</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	Marketing	
								0	1	0		
								0	0	1		
<i>IProcessus₃</i>	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	Mixte	
								0	1	0		
								0	0	1		

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nos travaux montrent qu'il est possible de simplifier la représentation de l'innovation industrielle selon deux grandes typologies.

La première est l'**innovation de produit**, constituée à la fois d'une partie technologique et d'une partie marché. Elle apparaît suite à une modification d'une des caractéristiques du « dominant design » qui provoque l'apparition d'une discontinuité au niveau de l'entreprise ou de l'ensemble du marché. Les caractéristiques du « dominant design » sont équivalentes à celles des discontinuités et suivent le squelette de l'innovation qui se divise en deux parties.

D'un côté, le groupe lié à la partie technologique de l'innovation pour laquelle les discontinuités sont technologiques et caractérisées par la description fonctionnelle de l'objet, la performance ou nature de la performance technologique, les technologies mises en œuvre ;

De l'autre celui lié à la partie marché pour lequel les discontinuités sont de marché et caractérisées par les usages et la valeur pour le client ainsi que par le business model et l'écosystème de vente.

Plus en profondeur, il est également possible d'identifier à l'aide de la matrice d'identification des innovations de produit que nous proposons (Tableau 4), si les évolutions des caractéristiques qui provoquent les discontinuités, donc l'innovation de produit, se basent sur un changement modulaire, architectural ou même sur une innovation de processus.

La seconde est l'**innovation de processus** également constituée d'une partie technologique et d'une partie marché. Ce qui la différencie d'une innovation incrémentale de produit est que sa portée se limite aux résultats de type procédure, procédé ou processus sans toucher un utilisateur extérieur à l'organisation.

Contrairement à l'innovation de produit, l'innovation de processus n'apparaît pas lorsque le « dominant design » évolue, mais plutôt lors de l'amélioration des performances qui lui sont associées.

C'est pourquoi nous avons défini que les discontinuités liées aux innovations de processus correspondent à une évolution de la performance des caractéristiques du « dominant design ».

De plus, la matrice d'identification des innovations de processus que nous proposons (Tableau 5), aide l'entreprise à comprendre si un changement de type Architectural, Modulaire ou Organisationnel, a été nécessaire à la réussite de son innovation passée.

Pour aller plus loin, notre apport théorique validé par quelques exemples doit être davantage testé en milieu industriel afin de vérifier l'aisance de son utilisation. De belles perspectives sont envisageables à partir d'une approche plus globale de notre modèle ; plus particulièrement le combiner avec la

stratégie d'entreprise et les processus opérationnels, permettrait de créer des liens indispensables au succès d'une innovation et répondrait plus largement à la problématique de l'industriel.

Toutefois, notre modèle multidimensionnel accompagné d'exemples concrets, valide la logique d'agencement des typologies d'innovation que nous proposons. Simple d'utilisation et facilitant l'identification des innovations de produit et de processus passées, il offre d'ores et déjà la possibilité à une entreprise de positionner et définir des objectifs d'innovation en fonction d'une vision marché et technologique.

7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson, *The Oxford handbook of innovation*, London: Oxford University Press, 2005.
- [2] J. A. Schumpeter, "The Theory of Economic Development," London, Oxford, 1934, p. 66.
- [3] F. Klaus Peter and R. Elze, "Future research topics and calls for action," in *Advances in Services Innovations*, Springer, 2007, pp. 289-306.
- [4] "FD X 50-271- Management de l'innovation - Guide de mise en oeuvre d'une démarche de management de l'innovation," AFNOR, 2013.
- [5] Organisation de Coopération et de Développement Économiques, "Manuel d'Oslo : Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données de l'innovation - 3e édition.," Les éditions de l'OCDE, Paris, 2005.
- [6] P.-Y. Bayerre, "Typologie des innovations," *Revue française de gestion*, pp. 9-15, Janvier/Février 1980.
- [7] S. Gopalakrishnan and F. Damanpour, "A Review of Innovation Research in Economics, Sociology and Technology Management.," *Omega – International Journal of Management Science*, pp. 15-28, 1997.
- [8] E. Rogers, "Diffusion of innovations," 4th ed Free Press, New York, 1995.
- [9] F. Damanpour and S. Gopalakrishnan, "Organizational adaptation and innovation : The dynamics of adopting innovations types," in *The dynamics of innovation*, Berlin, Springer, 1999, pp. 57-80.
- [10] H. Ben Rejeb, Phases amont de l'innovation : proposition d'une démarche d'analyse de besoins et d'évaluation de l'acceptabilité d'un produit, Génie des Systèmes Industriels: Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), 2008.
- [11] J. F. Reinganum, "Innovation and Industry Evolution," *Quarterly Journal of Economics*, no. 100, pp. 81-99., 1985.
- [12] F. Caselli, "Technological Revolutions," *American Economic Review*, no. 89, pp. 78-102, 1989.
- [13] R. J. Rosen, "Research and Development with Asymmetric Firm Sizes," *RAND Journal of Economics*, no. 22, pp. 411-429, 1991.
- [14] R. K. Chandy and J. C. Prabhu, "Innovation typologies," *Wiley International Encyclopedia of Marketing*, no. February, pp. 1-9, 2011.
- [15] R. Garcia and R. Calantone, "A critical look at technological innovation typology and innovativeness: a literature review," *The Journal of Product Innovation Management*, vol. 19, pp. 110-132, 2002.
- [16] R. K. Chandy and J. T. Gerard, "Organizing for Radical Product Innovation: The Overlooked Role of Willingness to Cannibalize," *Journal of Marketing Research*, no. November, pp. 474-487, 1998.
- [17] A. A. Ammar, Adaptation et mise en place d'un processus d'innovation et de conception au sein d'une PME, Arts et Métiers ParisTech, 2010.
- [18] G. Gareil and E. Mock, *La fabrique de l'innovation*, Paris: Dunod, 2012.
- [19] R. Daft, "A dual-core model of organizational innovation," *Academy of Management Journal*, pp. 193-210, 1978.

- [20] F. Damanpour and W. M. Evan, "Organizational Innovation and Performance: the Problem of "Organizational Lag" .," *Administrative Science Quarterly*, pp. 392-409., 1984.
- [21] J. M. Birkinshaw, G. Hamel and M. J. Mol, "Management innovation," *Academy of Management Review*, vol. 33, no. 4, pp. 825-845, 2008.
- [22] A. Rolstadås, B. Henriksen and D. O'Sullivan, "The Innovation Process," in *Manufacturing Outsourcing*, Springer, 2012, pp. 129-144.
- [23] W. Abernathy and J. Utterback, "Patterns of industrial innovation," *Technology Review*, pp. 40-47, June - July 1978.
- [24] J. Utterback, *Mastering the Dynamics of Innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change*, Boston: MA: Harvard Business School Press, 1994.
- [25] P. Le Masson, B. Weil and A. Hatchuel, *Les Processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises*, Paris: Hermès Sciences Ed., 2006.
- [26] P. Blanchard, *Modélisation de la contribution du design industriel au processus de conception de produits ou services innovants dans un environnement contraint*, Ecole nationale supérieure d'art et métiers - ENSAM, 2015.
- [27] K. Brockhoff, J. Hauschildt and A. K. Chakrabarti, *The dynamics of Innovation*, Berlin: Springer, 1999.
- [28] S. Hooge, M. K. Chen, K. Levillain and L.-A. Parpaleix, "Conception Recherche et Innovation : Raisonnements de conception et organisation de la firme innovante," Centre de Gestion Scientifique, Mines ParisTech, Paris, 2016.
- [29] D. Gotteland and C. Haon, "Qu'est ce qu'un nouveau produit ?," in *Développer un nouveau produit méthode et outils*, Pearson Education France, 2005, pp. 2-4.
- [30] D. Zouaoua-Ragab, "Lois d'évolution de TRIZ pour la conception des futures générations de produits : Proposition d'un modèle," École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 2012.
- [31] J. L. Bower and C. M. Christensen, "Disruptive technologies: Catching the wave," *Harvard Business Review Video.*, 1995, pp. 506-520.

Contact principal :

Adrien LECOSSIER

Courriel :

adrien.lecossier@ensam.eu

Coordonnées :

ENSAM Laval – Équipe Présence & Innovation – 4 rue de l'Ermitage – 53000 Laval
SOURIAU ESTERLINE – Rue de Paris – 72470 Champagné