

---

# **Modéliser la croissance et les blocages industriels à partir des modalités d'échanges entre acteurs économiques pour la conception de biens nouveaux**

---

Pour étudier les dynamiques industrielles et en particulier les blocages qui peuvent subvenir, nous souhaitons modéliser les blocages qui peuvent apparaître au sein d'un collectif industriel, *i.e.* les mécanismes de blocages au sein d'un ensemble d'acteurs échangeant et interagissant. Au sein de ce chapitre, nous chercherons à modéliser le phénomène d'innovation orpheline et donc à expliciter le nombre minimum de variables permettant de comprendre cette situation singulière de blocage. Cela conduira ainsi à développer une stratégie d'investigation des facteurs qui conditionnent la croissance et dont l'explicitation permet de modéliser les différentes situations de croissance économique, y compris les blocages. Nous entreprendrons une démarche de construction pas à pas d'un modèle, en intégrant une variable après l'autre, afin d'identifier celle(s) qui conditionne(nt) l'innovation orpheline.

Dans un premier temps (V-1) sera exposée la démarche modélisatrice choisie pour rendre compte des dynamiques industrielles et des blocages qui peuvent advenir. Nous discuterons ensuite des différents critères auxquels la modélisation devra être robuste (V-2). Puis le modèle en tant que tel sera présenté (V-3) : après avoir construit une situation de référence à un seul acteur et sans coordination, nous examinerons le rôle des échanges entre plusieurs acteurs et construirons alors l'ensemble de notre raisonnement sur une situation simple d'une industrie à deux acteurs devant se coordonner autour de biens nouveaux, dans un processus de conception. Une simulation nous permettra d'étudier nos propositions de modélisations en faisant varier les paramètres un à un et en recommençant avec les mêmes conditions initiales si nécessaire. La situation d'innovation orpheline, configuration particulière de la croissance industrielle, sera alors utilisée dans la simulation comme un critère d'évaluation de la modélisation.

## **1. Modéliser les dynamiques industrielles : une approche par les échanges entre acteurs économiques**

Les problématiques de la croissance sont l'objet d'études des économistes depuis longtemps, ceux-ci cherchant à expliquer les facteurs macro-économiques endogènes aux processus de croissance, tels que le capital, le niveau d'emploi, l'épargne, l'investissement, le progrès technique (Guellec & Ralle, 1995). Il ne s'agit pas d'adopter ici un point de vue d'économiste et de discuter des phénomènes de compétitivité, de prix de l'échange marchand ou de la nature des rendements de la croissance. Le parti pris dans le chapitre est de s'interroger sur les éléments endogènes à une industrie qu'il est nécessaire d'explicitier pour comprendre les dynamiques de croissance contemporaines et rendre compte de la situation d'innovation orpheline.

Parmi les approches de modélisation de la croissance, le modèle de Solow (1956) donne une représentation de la croissance à rendements constants, où le capital et l'emploi sont les ressources d'une fonction de production, et où l'accumulation du capital physique est à rendements constants (*i.e.* la productivité marginale du capital ne s'annule pas quand celui-ci s'accroît). Ce type de modèle considère le progrès technique comme exogène, la théorie néo-classique identifiant une seule source endogène de croissance : le capital. A l'inverse, les modèles de la croissance endogène retiennent des sources variées de facteurs de croissance : apprentissage, division du travail ou encore recherche et innovation, et mettent en avant les externalités entre différents acteurs : les investissements de l'un des acteurs peuvent influencer sur la productivité des autres (Romer, 1986). Cependant, ces travaux sur la modélisation des sources de la croissance ne permettent pas de relier la croissance des entreprises et la croissance économique, ni ne mettent pas en lumière les processus de conception qui sont à l'origine de la création de valeur au sein de l'économie. Aussi, depuis plusieurs années, les travaux en conception menés au sein du Centre de Gestion Scientifiques de Mines ParisTech ont mis en évidence la relation entre innovation, conception et croissance (Hatchuel & Le Masson, 2003, 2006; Hatchuel, Le Masson, & Weil, 2008; Le Masson, 2001, 2008). Ces recherches proposent une fonction de conception qui modélise les ressources mobilisées par un acteur (l'ensemble des biens existants et l'ensemble des connaissances à la disposition de l'acteur) et la croissance économique engendrée par l'utilisation de ces ressources. Ces travaux offrent un cadre théorique permettant de comprendre les processus de production de biens nouveaux et les phénomènes d'apprentissage associés.

Nous proposons au sein de ce chapitre de conduire une stratégie d'investigation des facteurs qui conditionnent la croissance et dont l'explicitation permet de modéliser les différentes situations de croissance économique. La situation d'innovation orpheline décrite dans la première partie est utilisée comme un scénario particulier de la croissance industrielle, permettant de mettre à l'épreuve ce modèle de dynamique industrielle. Nous cherchons ainsi à étudier si les modèles existants de la croissance permettent de rendre compte de la situation d'innovation orpheline, et si non, nous souhaitons identifier les paramètres de la croissance qui sont nécessaires à mobiliser pour reproduire cette situation particulière de blocage de la croissance. L'approche modélisatrice adoptée n'est pas une démarche classique de modélisation, au sens d'ajuster un paramètre au sein d'un modèle préexistant. Il s'agit en effet de concevoir le modèle en lui-même et de discuter des facteurs qui, dans notre cas, permettent de rendre compte des diverses dynamiques industrielles, et plus particulièrement de l'innovation orpheline. Nous pourrions opter pour une ligne de travail menant, à partir d'une situation empirique, à modéliser la diversité des différentes relations entre les acteurs, pour comprendre les modalités de coopération et d'échange qui peuvent exister, les freins individuels et collectifs au partage de connaissances nouvelles, *etc.* Nous avons privilégié une approche sur un schématisme, dans une situation minimale, permettant de modéliser le phénomène d'innovation orpheline que nous souhaitons mieux comprendre. Nous adoptons donc une démarche de modélisation progressive qui, à partir d'hypothèses de départ simples quant aux capacités d'action d'un acteur économique, permet d'étendre la fonction de conception proposée par (Le Masson, 2001) et de construire un modèle discutant de la **nature des échanges** entre différents acteurs pouvant conduire soit à une croissance

économique (perçue comme l'accroissement de la valeur accordée à la liste des biens conçus), soit à un blocage de cette croissance.

## **2. Cahier des charges d'un modèle d'échanges entre acteurs concepteurs rendant compte de l'innovation orpheline**

Nous proposons ainsi de construire le modèle avec un nombre minimal de variables nous permettant de rendre compte des modalités de coordination entre des acteurs pouvant conduire à une croissance économique soutenue ou à un blocage de celle-ci. La croissance, dans la modélisation, sera comprise comme la variété de biens différents sur un marché. Notre modèle d'échanges entre acteurs concepteurs pour la conception de biens nouveaux devra ainsi rendre compte des phénomènes suivants :

- La liste des biens de l'industrie n'est pas définie *ex ante*, mais évolue au cours du temps, du fait de l'obsolescence des biens et du fait de la conception de biens nouveaux qui étendent la liste des biens au fur et à mesure ;
- La fonction de conception enrichit à la fois l'espace des biens et l'espace des connaissances (Le Masson, 2001) ;
- La croissance de l'espace des biens est à rendements décroissants sur un même modèle de conception dominant (*dominant design*) (Abernathy & Utterback, 1978) : la construction et la diffusion d'un modèle de conception dominant d'un produit sur un marché concurrentiel se caractérisent par la stabilisation progressive d'un ensemble de caractéristiques de base et de composants principaux de l'objet, et la croissance prend alors la forme d'une courbe en S : un départ progressif lent, puis une diffusion rapide et enfin une stabilisation avec une croissance lente ;
- Selon les modalités de coordination entre les acteurs économiques pour la conception de biens nouveaux, les dynamiques de croissance économique peuvent être soutenues ou bloquées, comme nous l'avons montré dans la partie 1 ;
- Une dynamique industrielle particulière est la situation d'innovation orpheline. Comme nous l'avons présenté dans le chapitre 3, l'innovation orpheline est caractérisée comme suit : (1) une demande sociale forte, formulée et compréhensible, c'est à dire une demande émise par des acteurs évaluant des nouveaux biens mis à leur disposition, interprétable pour être pris en compte par des acteurs souhaitant concevoir des biens pour répondre à cette demande ; (2) des innovations proposées ne répondant pas à la demande et ne suscitant pas de croissance, c'est à dire que des efforts de conception sont menés, des biens nouveaux sont proposés, mais la croissance industrielle ne s'opère pas ; (3) des connaissances accessibles et atteignables à un effort de recherche près, *i.e.* des stratégies de circulation de la connaissance étant en place.

### **3. Une modélisation des dynamiques industrielles : l’imaginaire, variable clé des échanges entre acteurs pour la conception de biens nouveaux**

Après avoir détaillé les capacités d’action d’un acteur au sein d’une dynamique industrielle (3.1), nous étudierons une situation de référence, le cas d’un acteur unique à la fois concepteur et client de sa conception : l’usager-concepteur (3.2). Nous étendrons ensuite ce modèle en distinguant l’acteur qui conçoit de l’acteur qui reçoit la conception (3.3). Nous considérerons comme acteur concepteur tout acteur tenant un raisonnement de conception, et nous mettrons en regard un acteur concepteur avec un acteur récepteur. Cependant, l’acteur récepteur n’est pas uniquement le porteur d’un choix exogène et passif face à des biens proposés, adoptant ou non les propositions innovantes qui lui sont faites. C’est également un acteur capable d’exprimer des désirs au concepteur. Cela permet la modélisation des échanges qui peuvent exister entre ces deux acteurs, concepteur et récepteur, au sein d’une industrie simplifiée à deux acteurs. Dans un premier temps (3.3) nous ne modéliserons la capacité de l’acteur récepteur que comme une capacité à évaluer la conception proposée par le concepteur et à l’adopter ou non. Les capacités d’action de l’acteur récepteur, jouant alors un rôle actif dans la conception de bien nouveaux, seront ensuite étendues pour rendre compte de l’impact des prescriptions exprimées par cet acteur sur la conception menée par l’acteur concepteur (3.4). Les limites d’un modèle d’échange entre concepteur et récepteur seront décrites. Ainsi, lorsque les modalités d’échange ne s’appuient que sur des éléments connus (bien conçu ou prescription exprimée), nous montrerons pourquoi la modélisation ne permet pas de rendre compte des situations d’innovation orpheline. Dans une dernière partie (3.5), nous ajouterons une nouvelle variable dans notre modèle, que nous choisirons de nommer « imaginaire ». L’espace des imaginaires sera mis en évidence comme un élément endogène nouveau dans la fonction de conception permettant de modéliser la variété des dynamiques industrielles contemporaines.

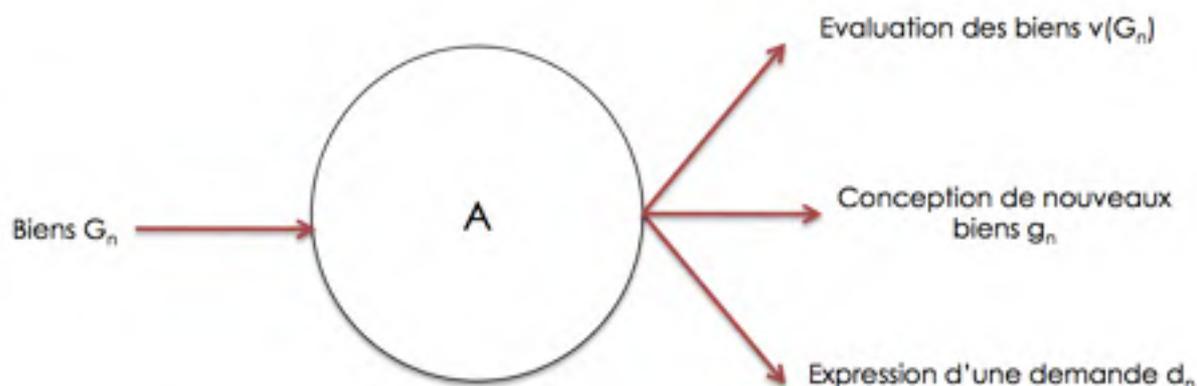
#### **3.1. Préambule : capacités d’action d’un acteur dans une activité de conception**

Tout d’abord, posons une axiomatique quant aux capacités d’action d’un acteur dans une activité de conception. Chaque acteur de la société est doté d’une fonction d’évaluation des biens existants  $v(G_n)$ , d’une fonction de conception de biens nouveaux  $g_n$  et d’une fonction de prescription  $d_n$ . Un acteur économique, face à une liste de biens existants  $G_n$ , peut :

- évaluer ces biens (fonction d’évaluation  $v(G_n)$ ),
- concevoir des biens nouveaux pour rallonger la liste des biens existants. L’extension de la liste des biens se comprendra comme le passage de la liste des biens entre la liste à l’instant  $n$  ( $B_1, \dots, B_k$ ) à celle à l’instant  $n+1$ , ( $B_1, \dots, B_{k+j}$ ). La conception  $g_n$  correspond alors à la variété de nouveaux biens proposés à l’instant  $n+1$ , *i.e.*  $B_{k+1}, \dots, B_{k+j}$ . On simplifiera par la suite l’extension des biens en notant  $G_n$  la liste des biens à l’instant  $n$ , et  $G_{n+1}$  celle à l’instant  $n+1$ ,  $g_n$  étant la variété de biens nouveaux proposée pendant le pas de temps.

- exprimer des *desideratas*, exprimer une prescription quant à la nature de potentiels biens futurs et quant à la valeur accordée à ces biens futurs ( $d_n$ ).

La fonction de conception s'apparente ainsi à la fonction de production d'un bien nouveau, la fonction d'évaluation à une fonction d'utilité sur les biens proposés (mais qui évoluent puisque de nouveaux biens sont proposés), la fonction d'expression d'une demande à une capacité de construire l'utilité d'un bien encore inconnu.



**Figure 7 - Axiomatique de conception, trois capacités d'action d'un acteur : une capacité d'évaluation des biens conçus, une capacité de conception de bien nouveaux et une capacité d'expression de désirs nouveaux**

En d'autres termes, chaque acteur peut évaluer les biens qu'il a à sa disposition selon son utilité personnelle, émettre des envies quant à d'éventuels biens qui pourraient l'intéresser et concevoir des biens nouveaux et différents des biens existants.

Pour expliciter la modélisation proposée dans ce chapitre, nous proposons de prendre l'exemple de l'industrie de la gastronomie comme fil conducteur pour incarner les mécanismes décrits dans ces différentes étapes de notre modélisation. Selon notre axiomatique, tout acteur A de cette industrie, en fonction des biens existants  $G_n$ , *i.e.* des restaurants, des traiteurs, des menus qui sont sur le marché, peut évaluer les offres existantes  $v(G_n)$ , concevoir de nouveaux plats  $g_n$ , et prescrire des envies gastronomiques nouvelles  $d_n$ .

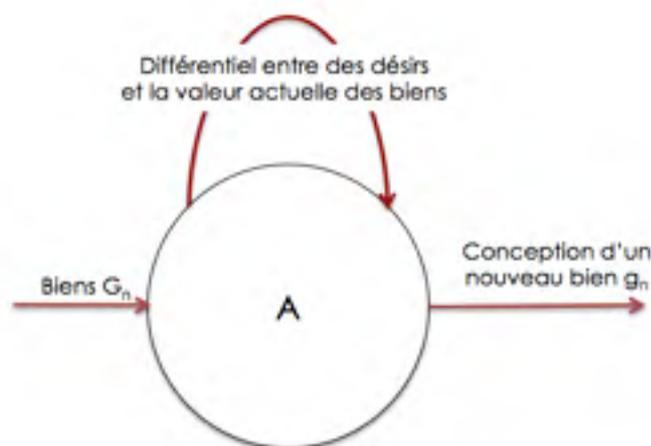
**Synthèse du préambule :** On dote chaque acteur de trois capacités d'action : une fonction d'évaluation des biens existants, une fonction de conception de biens nouveaux et une fonction d'expression d'une demande.

### 3.2. Une conception sans coordination : le cas de l'utilisateur concepteur

Selon l'hypothèse que chaque acteur est doté d'une fonction d'évaluation des biens existants, d'une fonction de prescription et d'une fonction de conception telles que définies précédemment, un modèle de conception de biens nouveaux avec un acteur unique (et donc sans modalités de coordination ni d'échanges) est la caractérisation d'un utilisateur concepteur qui conçoit de nouveaux produits à ses fins propres, lorsque la valeur qu'il peut tirer des biens existants n'est pas suffisante au regard des désirs et des souhaits qu'il est capable d'émettre. Cette figure de l'utilisateur qui conçoit pour lui-même renvoie à la notion d'« utilisateur leader » (*lead-user*) développée en particulier par Von Hippel, (Urban & Von Hippel, 1988; von Hippel, 1982) :

*“Lead users face needs that will be general in a marketplace, but they face them months or years before the bulk of that marketplace encounters them, and lead users are positioned to benefit significantly by obtaining a solution to those needs”*  
(Von Hippel, 1988).<sup>29</sup>

Dans l'axiomatique proposée, l'utilisateur concepteur se modélise comme un acteur A, qui, étant donné un ensemble de biens ( $G_n$ ), conçoit un nouveau bien  $g_n$  lui permettant de combler le différentiel entre la valeur qu'il peut retirer des biens existants et celle qu'il aspire à avoir dans le futur.



**Figure 8 - Conception sans coordination, l'utilisateur concepteur qui conçoit des biens nouveaux pour augmenter l'utilité qu'il tire de la liste des biens existants**

<sup>29</sup> Notre traduction : « Les utilisateurs leaders font face aux besoins du marché, mais plusieurs mois ou années avant l'ensemble du marché, et de ce fait, les utilisateurs leaders sont mieux positionnés pour bénéficier d'une solution à ces besoins ».

Ainsi, dans notre exemple de l'industrie de la gastronomie, nous aurions un acteur qui, ne trouvant pas son bonheur gustatif dans les propositions qui lui sont accessibles, décide de concevoir et préparer dans sa propre cuisine le menu dont il a envie.

De plus, en reprenant le cahier des charges précédemment présenté, nous modélisons alors la situation comme suit : étant donné un ensemble de biens ( $G_i$ ) et de connaissances ( $K_i$ ), le processus de conception se comprend comme une extension de cet ensemble de biens par la fonction de conception  $g_n$ , et comme une extension de l'ensemble des connaissances par les apprentissages générés au cours du processus de conception (Le Masson, 2001).

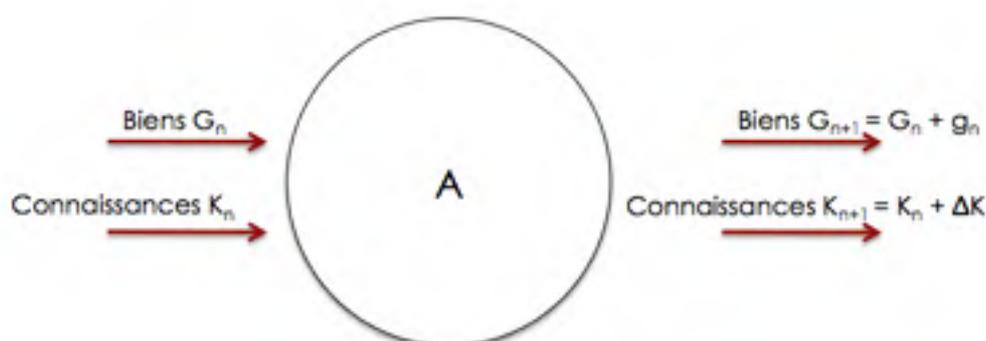


Figure 9 - Fonction de conception d'après (Le Masson 2001)

Les évolutions de la croissance dans le cas d'un acteur unique sont très variées et dépendent d'hypothèses qui sont faites sur l'acteur : est-il un bon concepteur ? quelles sont les ressources à sa disposition ? quelles sont ses connaissances quant aux biens existants ? quels sont les désirs qu'il souhaite combler ? La croissance dépend alors de paramètres exogènes. Pour prendre en compte ces facteurs, nous proposons de distinguer les deux fonctions de proposition d'un bien nouveau et de réception de ce bien, au sein d'un modèle à deux acteurs.

**Synthèse d'un modèle à un seul acteur :** l'utilisateur concepteur se modélise comme un acteur qui, étant donné un ensemble de biens, conçoit un nouveau bien lui permettant de combler le différentiel entre la valeur qu'il peut retirer des biens existants et celle qu'il aspire à avoir dans le futur. Cependant, dans ce modèle, la croissance de l'espace des biens dépend de paramètres exogènes à la modélisation, notamment les capacités internes de l'utilisateur concepteur. Pour prendre en compte ces facteurs, nous proposons de distinguer les deux fonctions de proposition d'un bien nouveau et de réception de ce bien, au sein d'un modèle à deux acteurs.

### 3.3. La coordination entre deux acteurs sur un bien : mécanisme d'offre et de demande

Le modèle de la conception par l'utilisateur concepteur est élargi en différenciant l'acteur récepteur (l'utilisateur) de l'acteur concepteur, pour rendre compte de la distinction entre les activités de conception (conduisant à l'offre) et les activités d'évaluation et de prescription (symbolisant la demande). Seront distingués dorénavant deux acteurs : l'acteur concepteur et l'acteur récepteur<sup>30</sup>.

La modalité la plus simple d'échange entre un concepteur et un récepteur est le cas où le concepteur fait une offre au récepteur. Pour cela, le concepteur mobilise les ressources à sa disposition pour concevoir une proposition de bien nouveau, et la présente au récepteur. En fonction de la réception de cette conception, partie ou totalité de cette proposition conçue est sélectionnée et devient alors un bien nouveau qui étend la liste des biens existants.

Pour l'exemple de la gastronomie, cette première étape de modélisation correspond à une situation à deux acteurs, un chef concevant des plats et un gastronome recevant ces plats. Mobilisant son savoir-faire et étant donné les plats déjà proposés dans le secteur de la restauration, notre chef va concevoir un nouveau menu et proposer une variété de plats dans le menu. A l'issue de ce processus de conception, le chef va également avoir appris, par exemple sur une nouvelle cuisson ou sur une nouvelle technique de préparation d'un produit. A la vue des plats conçus et proposés, le gastronome va être séduit par certains plats, en dédaigner d'autres. Cette sélection va décider des plats proposés qui seront effectivement cuisinés et goûtés, et donc décider des nouveaux plats étendant ainsi la liste des plats existants au sens où ils seront consommés. La coordination sur le bien nouveau proposé, ici le filtre opéré par le gastronome, dépend de nombreux paramètres : ses envies, ses goûts, mais aussi la recommandation du serveur, l'avis de la dernière chronique d'un critique gastronomique influent ou les tendances dans la presse spécialisée. On peut noter que le chef n'apprend rien sur la nature de la sélection faite par l'amateur puisqu'il reçoit le choix de ce dernier sans explication.

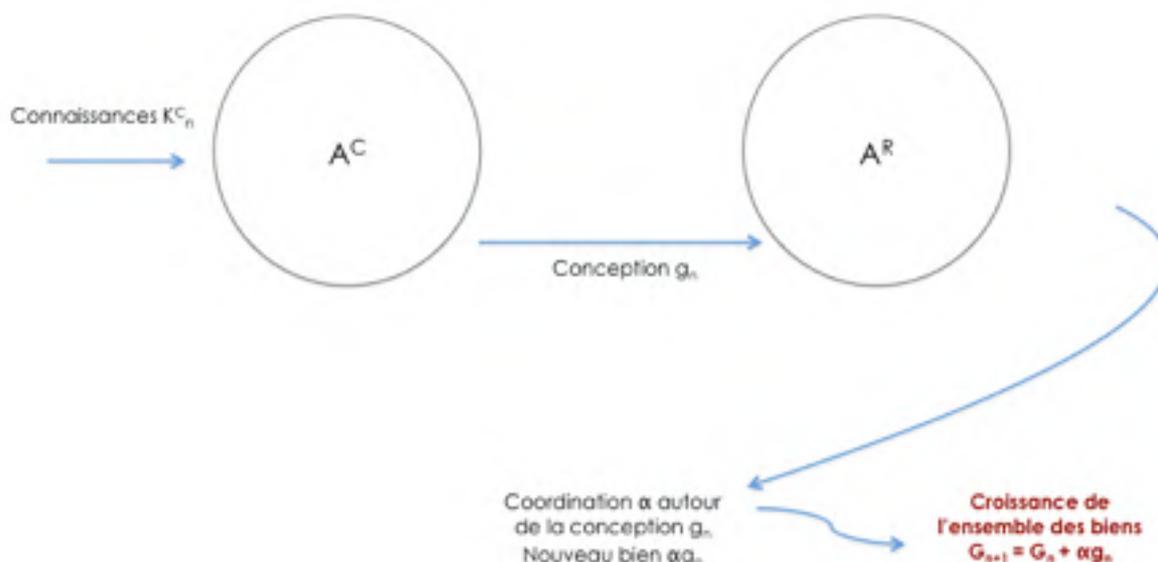
L'extension de la liste des biens  $g_n$  est alors reçue par l'acteur récepteur et allonge la liste des biens existants. Un **coefficient de coordination  $\alpha$  sur le bien conçu** entre le concepteur et le récepteur apparaît. Il décrit le filtre de sélection opéré par le récepteur sur l'ensemble de la proposition de conception  $g_n$  : seule les propositions de biens nouveaux sélectionnées  $\alpha g_n$  deviennent des biens nouveaux. La conception ne produit pas uniquement des nouveaux biens mais également une nouvelle

---

<sup>30</sup> Cette distinction, nous en avons conscience, n'est qu'une simplification nous permettant de penser un modèle simple de coordination entre acteurs, dans le sens où un acteur concepteur peut être récepteur et vice-versa, comme nous venons de le discuter précédemment dans le cas de l'utilisateur-concepteur.

connaissance utilisable ultérieurement par le concepteur, qui est modélisée comme dépendant de  $g_n$  et de la fonction d'apprentissage  $L$ <sup>31</sup>.

La modélisation des échanges sur des biens nouveaux entre concepteur et récepteur se représente comme suit :



**Figure 10 - Coordination sur un bien proposé par le concepteur au récepteur. L'ensemble des biens est à comprendre comme la variété des biens, i.e. le nombre de biens différents sur le marché.**

La modélisation décrit une évolution de l'ensemble de biens ( $G_n$ ) et l'ensemble des connaissances du concepteur ( $K_n$ ) que l'on peut écrire sous la simulation suivante :

-  $g_n = B.K_n^a$ , où  $a$  et  $B$  sont des constantes,  $a < 1$  et  $B > 0$  (fonction de conception que l'on choisit comme assimilée à une fonction de Cobb-Douglas à rendements décroissants <sup>32</sup>)

$$- G_{n+1} = G_n + \alpha g_n$$

$$- K_{n+1} = K_n + L g_n \text{ On a alors } K_{n+1} = K_n + L B K_n^a .$$

<sup>31</sup> L'incrément de connaissances dû à la conception peut avoir lieu du fait de processus de conception qui ne débouchent pas sur la fonction de conception. Une exploration de nouvelles connaissances peut ainsi avoir lieu mais ne pas se traduire immédiatement dans  $g_n$ . Ainsi, en règle générale, l'apprentissage n'est pas linéaire avec  $g_n$ . Cependant, pour des raisons de simplification, nous admettrons pour ce qui suit que l'accroissement des connaissances est dû uniquement à l'apprentissage sur  $g_n$ . Dans les simulations proposées, la fonction d'apprentissage  $L$  sera considérée sous sa forme la plus simple, i.e. comme une fonction linéaire.

<sup>32</sup> La fonction de Cobb-Douglas est une fonction largement utilisée en économie pour représenter le lien qui existe entre input et output. C'est une fonction typiquement utilisée pour simuler les fonctions de production, c'est pourquoi nous l'avons choisie pour notre simulation.

### **Encadré 6 : Etude de la simulation d'un modèle d'échanges sur le bien**

En essayant d'exprimer les premiers termes  $K_1, K_2, K_3, \dots$ , il apparaît que donner une expression explicite simple de  $K_n$  en fonction de  $K_0$  et  $n$  est compliqué. En effet,  $K_1 = K_0 + L B K_0^a$ ,  $K_2 = K_0 + L B K_0^a + (K_0 + L B K_0^a)^a$ , etc.

Il est cependant possible d'étudier le comportement de  $K_n$  en procédant à une analogie entre les suites récurrentes et les équations différentielles. L'analogie entre suites récurrentes et équations différentielles n'est pas à notre connaissance fondée de manière théorique, mais dans certains cas c'est un bon point de départ, notamment pour un équivalent en  $+\infty$ . Il faut voir les termes  $K_{n+1} - K_n = (K_{n+1} - K_n) / ((n+1) - n)$  comme une dérivée discrète, analogue pour les suites de la dérivée  $f'$  d'une fonction  $f$ .

Ainsi nous étudions l'équation différentielle  $f'(x) = L B f(x)^a$ . On divise par  $(f(x))^a$  et on voit que  $f'(x) f(x)^{-a}$  est la dérivée de  $(1/(1-a))(f(x))^{1-a}$ . Ainsi notre équation peut-elle s'écrire  $1/(1-a) d/dx (f(x))^{1-a} = L B$ . La résolution de cette équation différentielle donne  $f(x) = ((1-a)L B x + (1-a)s)^{1/a}$  où  $s$  est une constante.

L'étude en l'infini de cette fonction donne  $f(x) \sim_{+\infty} ((1-a)L B x)^{1/a}$ , et on a alors  $K_n \sim_{+\infty} ((1-a)L B n)^{1/a}$ . Comme  $G_{n+1} = G_n + \alpha B(K_n)^a$ , on en déduit  $G_{n+1} - G_n \sim_{+\infty} \alpha B ((1-a)L B n)^{(1-a)a}$

D'après l'étude présentée dans l'encadré 6, la croissance de l'ensemble des biens est exponentielle, toute innovation produite étant cumulative dans l'espace de biens et l'espace des connaissances. Ces hypothèses ne rendent ainsi pas compte d'une des caractéristiques de base de la croissance que nous souhaitons retrouver, à savoir une croissance à rendements décroissants.

Sur notre exemple gastronomique, on observe que certaines connaissances sur les processus de conservation des aliments à l'alcool ne sont plus utilisables une fois le réfrigérateur installé dans la cuisine, et que certains plats passent de mode et sont remplacés par des versions plus séduisantes (comme le montre aujourd'hui l'exemple de la sauce, qui disparaît de plus en plus au profit des huiles d'olive, des jus minute, etc.). Cela montre une obsolescence à la fois liée à la volatilité des connaissances et à la péremption progressive des biens.

Si l'on introduit une condition d'obsolescence de la connaissance ( $obs_k$ ) ainsi qu'une condition d'obsolescence des biens ( $obs_g$ ) dans notre modèle, l'obsolescence des biens traduit les effets de substitution des biens nouveaux aux biens existants, et l'obsolescence des connaissances caractérise la perte de pertinence de certaines connaissances du fait du progrès technique, mais aussi les phénomènes de désapprentissage (Hedberg, 1981; Starbuck, 1996). Si l'introduction de facteurs d'obsolescence est classique en économie, il est important cependant de noter qu'il ne s'agit pas d'une opération d'endogénéisation d'un paramètre. L'obsolescence est ici plutôt un ajustement du modèle permettant d'introduire, *via* la notion d'usure des biens et de la connaissance au cours du temps, une sélection des diverses courbes de croissances qui correspondent au cahier des charges présenté au

début de ce chapitre. Avec les conditions d'obsolescence, le modèle rend compte d'une croissance à rendements décroissants et non exponentielle, avec la simulation suivante :

- $g_n = B K_n^a$
- $G_{n+1} = \text{obs}_g G_n + \alpha g_n$
- $K_{n+1} = \text{obs}_k K_n + L g_n$

On a alors  $K_{n+1} = \text{obs}_k K_n + L B K_n^a$  et  $G_{n+1} = \text{obs}_g G_n + \alpha B K_n^a$ .

### **Encadré 7 : Etude de la simulation d'un modèle d'échanges sur le bien avec obsolescence**

En poursuivant la logique d'analogie avec les équations différentielles, nous devrions étudier l'équation différentielle  $f'(x) = (\text{obs}_k - 1) f(x) + L B (f(x))^a$ , dont la résolution est trop compliquée pour nous permettre d'interpréter le comportement à l'infini. Cependant nous pouvons faire une étude de l'évolution de l'espace des connaissances en étudiant les suites  $K_n$  et  $G_n$ . Soit la fonction  $f$  définie sur  $[0, +\infty[$  par  $f(x) = \text{obs}_k x + L B x^a$ .

On a :

1. La fonction  $f$  est strictement croissante sur  $[0, +\infty[$ . En effet c'est la somme de deux fonctions strictement croissantes.

2. L'équation  $f(x)=x$  a deux solutions :  $x=0$  et  $x=x_0$  où on a noté  $x_0 = L B / (1 - \text{obs}_k)^{1/(1-a)}$ . On a  $f(x) > x$  pour  $0 < x < x_0$  et  $f(x) < x$  pour  $x > x_0$ .

D'après l'étude de  $f$  on voit qu'on a deux intervalles stables par  $f$  :  $]0, x_0[$  et  $]x_0, +\infty[$  (c'est-à-dire que si  $x$  est dans un de ces intervalles, c'est aussi le cas pour  $f(x)$ ). Remarquons que si la suite  $K$  converge vers une limite  $l$ , alors en passant à la limite dans la définition de  $K$  on a  $f(l) = l$ , donc  $l = 0$  ou  $l = x_0$ . On va avoir trois cas à considérer :

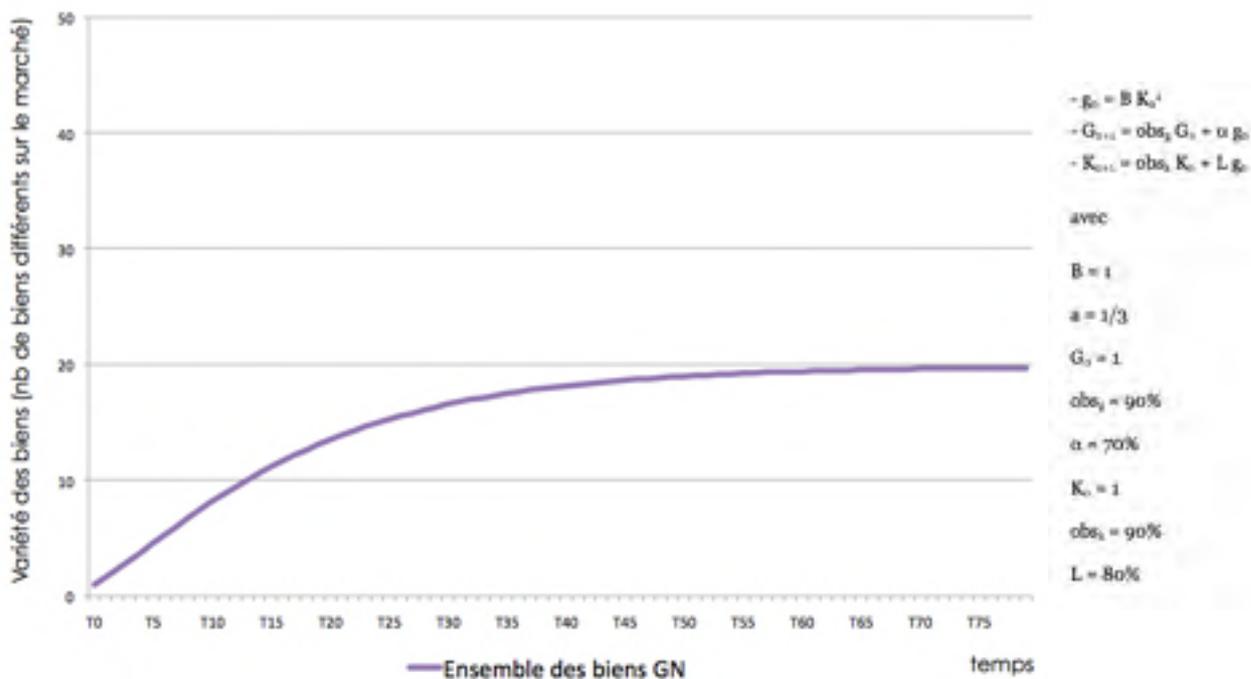
(a).  $K_0 = x_0$ , alors la suite est constante égale à  $x_0$ .

(b).  $0 < K_0 < x_0$ . Alors comme l'intervalle  $]0, x_0[$  est stable par  $f$  on aura pour tout  $n$ ,  $K_n \in ]0, x_0[$ . Ainsi d'après l'étude de  $f$  on aura pour tout  $n$ ,  $K_{n+1} - K_n = f(K_n) - K_n > 0$ , donc  $K$  est croissante. Comme elle est majorée (par  $x_0$ ) elle converge vers une limite  $l > K_0 > 0$ , et donc  $l = x_0$ .

(c).  $K_0 > x_0$ . Alors comme l'intervalle  $]x_0, +\infty[$  est stable par  $f$  on aura pour tout  $n$ ,  $K_n > x_0$ . Ainsi d'après l'étude de  $f$  on aura pour tout  $n$ ,  $K_{n+1} - K_n = f(K_n) - K_n < 0$ , donc  $K$  est décroissante. Comme elle est minorée (par  $x_0$ ) elle converge vers une limite  $l \geq x_0$ , et donc  $l = x_0$ .

Conclusion : dans tous les cas, la suite  $K_n$  converge vers  $l = L B / (1 - \text{obs}_k)^{1/(1-a)}$ . On démontre de même que  $G_n$  est croissante si  $G_0 \in ]0, x_0/(1 - \text{obs}_g)[$ , majorée par  $x_0/(1 - \text{obs}_g)$  et donc convergente vers cette limite.

D’après l’étude de l’encadré 7, l’ensemble des connaissances  $K_n$  et l’ensemble des biens  $G_n$  convergent et sont à rendements décroissants. On peut alors simuler sous Excel l’évolution de l’ensemble des biens et des connaissances du concepteur comme suit (figure 11) :



**Figure 11 - Modèle de croissance sous conditions d’obsolescence et coordination sur un bien : évolution de l’ensemble des biens et des connaissances du concepteur sur une durée de 80 pas de temps selon le paramétrage indiqué sur la droite de la figure. Le choix des paramètres renvoie à une situation (1) d’obsolescence faible ( $obs_g$  et  $obs_k$  à 90%) donc de renouvellement faible des produits d’une génération à l’autre ; (2) d’apprentissage fort ( $L$  à 80%), et de bonne coordination sur le bien ( $\alpha$  à 70%) donc de fort taux de sélection par le récepteur des biens conçus.**

Grâce à l’introduction de conditions d’obsolescence, la modélisation rend compte d’une croissance à rendements décroissants. Les courbes d’évolution de l’ensemble des biens et des connaissances du concepteur permettent de simuler l’épuisement d’un *dominant design* et l’essoufflement d’une lignée de produits du point de vue d’un concepteur.

La modélisation ne permet alors de rendre compte de blocage que selon le coefficient de coordination  $\alpha$ . Si celui-ci est suffisamment élevé, c’est-à-dire si la coordination entre concepteur et récepteur sur le bien est bonne, alors il y a croissance. Cependant, dans le cas de l’innovation orpheline, il existe une bonne coordination sur les biens proposés et pourtant, il y a blocage de la dynamique industrielle.

**Synthèse d'un modèle d'échange sur le bien à deux acteurs** : Le modèle de la conception par l'utilisateur concepteur est élargi en différenciant l'acteur récepteur (l'utilisateur) de l'acteur concepteur. Cela rend compte de la distinction entre les activités de conception (conduisant à l'offre) et les activités d'évaluation et de prescription (symbolisant la demande). La modalité la plus simple d'échange entre un concepteur et un récepteur est le cas où le concepteur fait une offre au récepteur. Pour cela, le concepteur mobilise les ressources (connaissances) à sa disposition pour concevoir une proposition de bien nouveau, présentée au récepteur. En fonction de la réception de cette conception, partie ou totalité de cette proposition conçue devient alors un bien nouveau qui étend la liste des biens existants. Le concepteur apprend également du processus de conception (fonction d'apprentissage). Apparaît alors **un coefficient de coordination  $\alpha$  sur le bien conçu** entre le concepteur et le récepteur: il décrit le filtre de sélection opéré par le récepteur sur l'ensemble de la proposition de conception.

### **3.4. La coordination entre deux acteurs sur une demande : le mécanisme de prescription**

Le premier modèle d'échange sur le bien ne permet pas pour le moment de rendre compte de la diversité des situations liées à l'acteur récepteur : la demande, les prescriptions exprimées par le récepteur n'ont dans ce premier modèle aucun impact sur le processus de conception du concepteur. En effet, l'hypothèse d'une coordination entre concepteur et récepteur seulement sur un bien existant et conçu conduit à des suppositions fortes sur la capacité d'acceptation par le récepteur d'un produit qui ne répond *a priori* à aucun besoin exprimé. Le modèle ne rend ainsi pas compte de la demande qui peut être émise par l'acteur récepteur.

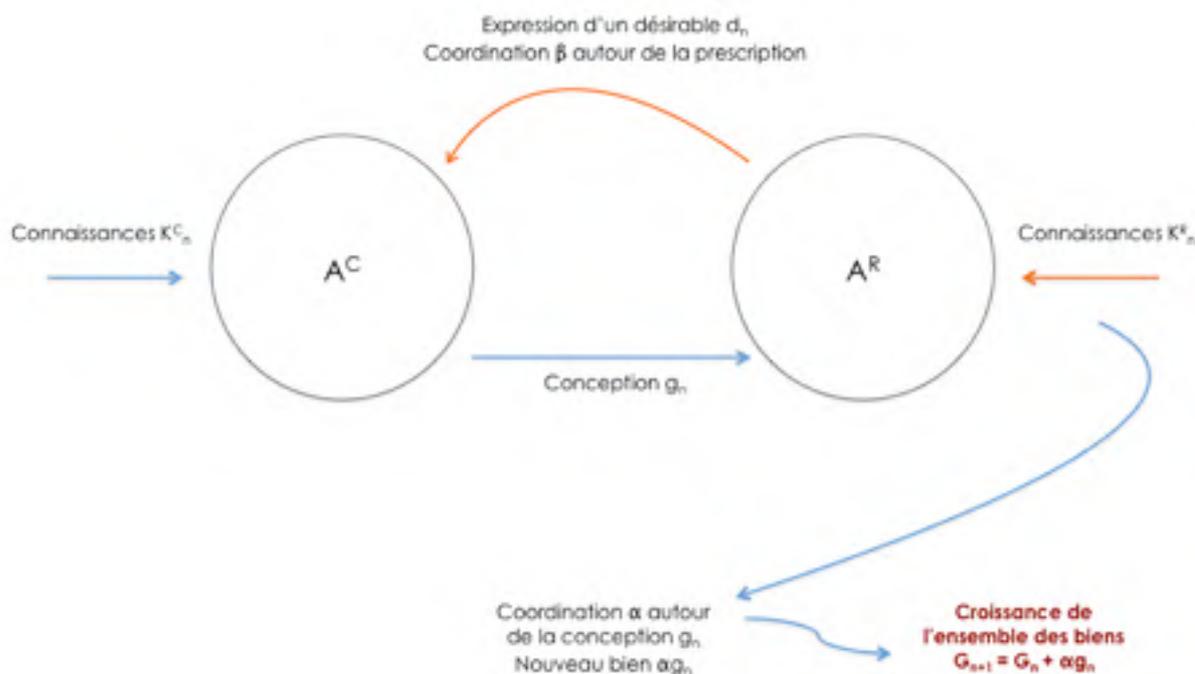
Nous symétrisons le modèle et nous considérons désormais une situation à deux acteurs où l'acteur récepteur peut exprimer une demande de bien à concevoir. Cette demande, assimilable à une prescription, peut alors devenir une connaissance pour le concepteur, s'il existe un échange entre concepteur et récepteur sur la demande.

Si l'on revient à notre exemple du chef et du gastronome, l'introduction de la prescription rend compte du fait que le client peut exprimer ses envies de nouveautés auprès du chef en utilisant les connaissances dont il dispose. Ainsi, la pêche melba, le sandwich, les pommes dauphines, le potage du Barry, la cuisson Rossini ou encore la sauce Mornay sont autant d'exemples de plats créés à la demande des bourgeois au XIX<sup>ème</sup> siècle. Il faut bien noter que la prescription est un « signal faible » émis par un amateur qui peut ne pas avoir les compétences nécessaires pour exprimer les saveurs, les rondeurs, les acidités, les textures gustatives qu'il recherche. La demande est ainsi généralement exprimée en compréhension (« j'aimerais un dessert qui fond sous le palais et qui laisse un effet frais en bouche ») plutôt qu'en extension (« j'aimerais un dessert qui croise le soufflé au chocolat préparé

avec un sucre roux cuit à 121° et la fraîcheur d’une pointe de menthe, comme le fait le chef de tel restaurant »). L’ambiguïté de l’expression d’une demande la rend plus ou moins interprétable par le chef. Elle sera alors plus ou moins bien transformée en connaissances, selon le mode de communication entre les deux acteurs et surtout selon le langage dans lequel le gourmet a formulé sa demande. D’autre part, la fonction d’apprentissage du gastronome rend compte du fait qu’il apprend des plats qu’il retient du chef (et qu’il goûte !) : il peut en effet apprendre sur ses propres goûts, sur les techniques de cuisson inhabituelles employées, sur un mariage inédit de saveurs.

Ainsi, la prescription devient une nouvelle variable de la modélisation. Etant donné ses connaissances, l’acteur récepteur peut exprimer une demande de bien à concevoir. Celle-ci peut alors devenir une connaissance pour le concepteur, s’il existe un échange entre concepteur et récepteur sur la demande. **Un coefficient  $\beta$ , traduisant la coordination entre le concepteur et le récepteur sur cette prescription, apparaît** : il décrit la capacité du concepteur à interpréter la demande du récepteur.

Les échanges entre concepteur et récepteur se modélisent alors comme suit (figure 12) :



**Figure 12 - Coordination sur une prescription, une demande émise par le récepteur et qui est plus ou moins interprétable par le concepteur**

En prenant en compte l’effet de la demande dans la modélisation, l’acteur récepteur A<sup>R</sup> exprime une demande (d<sub>n</sub>), qui émane de l’ensemble des connaissances acquises par l’acteur récepteur quant aux biens existants. Cela décuple la fonction des connaissances du concepteur par une fonction des connaissances du récepteur, et de ce fait, endogénéise la prescription :

$$- K_{n+1}^R = \text{obs}_k K_n^R + \alpha L g_n$$

La demande s'exprime alors en fonction des connaissances du récepteur :

$$- d_{n+1} = F K_n^R{}^a$$

La conception  $g_n$  faite par le concepteur peut ainsi être mise en symétrie avec une fonction de prescription par le récepteur. De même que le concepteur mobilise des ressources pour concevoir un nouveau bien, le récepteur mobilise des ressources pour concevoir une demande. Cette perception de la prescription comme une activité de conception s'appuie sur la proposition d'Hatchuel (Hatchuel, 1995, 2010), qui montre que l'activité de prescription n'est pas seulement un processus de diffusion de connaissances entre diverses parties, mais qu'elle est la conception d'un système social et d'un principe de réalité permettant l'échange de ces connaissances (*ibid.*).

La demande est alors prise en compte par l'acteur concepteur en fonction du coefficient  $\beta$ , traduisant la coordination entre le concepteur et le récepteur sur cette prescription, ce qui impacte la fonction de connaissances du concepteur :

$$- K_{n+1}^C = \text{obs}_k K_n^C + L g_n + \beta d_n$$

On a ainsi une expansion des connaissances du concepteur du fait de l'échange avec le récepteur sur la nature de la demande exprimée par celui-ci. Cette nouvelle connaissance acquise (en partie ou entièrement) peut en effet activer la production de nouvelles connaissances chez le concepteur<sup>33</sup>, et ainsi étendre l'espace des connaissances du concepteur au-delà du simple apprentissage du fait de l'expression de la prescription. L'interprétation de la demande par le concepteur agit alors comme une stimulation à la production de nouvelles connaissances.

Par ailleurs, s'il n'y a pas de coordination sur la prescription (ou si celle-ci est inexistante), le concepteur n'a aucune incitation à innover pour satisfaire la demande et opérera des processus de conception en fonction seulement de ses connaissances propres et sans interaction avec le récepteur.

Cette modélisation conduit à la simulation de l'évolution de l'ensemble de biens ( $G_i$ ) et l'ensemble des connaissances ( $K_i$ ) comme suit :

$$- \text{Fonction de conception : } g_n = B K_n^C{}^a$$

$$- \text{Evolution de l'ensemble des biens : } G_{n+1} = \text{obs}_g G_n + \alpha g_n$$

$$- \text{Evolution des connaissances du concepteur : } K_{n+1}^C = \text{obs}_k K_n^C + L g_n + \beta d_n$$

$$- \text{Evolution des connaissances du récepteur } K_{n+1}^R = \text{obs}_k K_n^R + L \alpha g_n$$

$$- \text{Fonction de prescription } d_{n+1} = F K_n^R{}^a$$

<sup>33</sup> Dans un souci de simplification, nous considérerons dans les simulations la coordination  $\beta$  comme une fonction linéaire, ce qui, nous en avons conscience, ne rend pas compte de la richesse de la fonction d'expansion des connaissances.

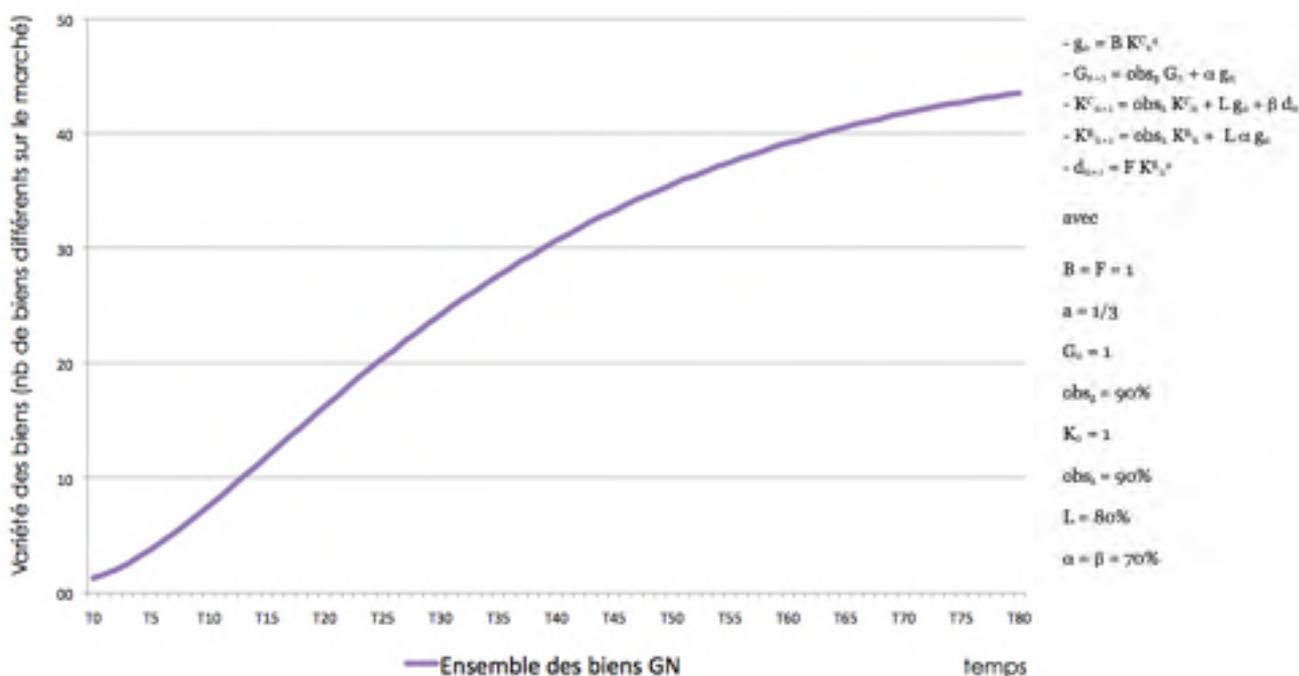
(avec L fonction d'apprentissage, B, F et a constantes,  $\alpha$  coefficient de coordination sur le bien et  $\beta$  coefficient de coordination sur la demande).

Les deux espaces des connaissances sont alors couplés :

$$- K^C_{n+1} = \text{obs}_k K^C_n + L B K^{C_n a} + \beta F K^{R_n a}$$

$$- K^R_{n+1} = \text{obs}_k K^R_n + L \alpha B K^{C_n a}$$

L'étude des suites  $K^C_n$  et  $K^R_n$  n'est pas possible de manière analytique. L'utilisation de simulations sous Excel en faisant varier l'ensemble des paramètres montre que ces deux suites convergent vers des limites qui dépendent des constantes B et F. On peut par exemple simuler sous Excel l'évolution de l'ensemble des biens comme suit (figure 13) :



**Figure 13 - Modèle de croissance sous conditions de coordination sur une prescription : évolution de l'ensemble des biens et de la prescription exprimée à chaque instant sur une durée de 80 pas de temps selon le paramétrage indiqué sur la droite de la figure. On peut remarquer que la courbe de l'évolution de l'ensemble des biens a un point d'inflexion, et a ainsi une forme en « S », avec une double inflexion. Le paramétrage est le même que précédemment, le coefficient de coordination sur la prescription étant pris comme élevé (70%).**

Nous avons enrichi notre modélisation en endogénéisant le mécanisme de la demande. Au travers de la simulation nous retrouvons les courbes de croissance à double courbure avec un point d'inflexion, des « courbes en S », telles que le décrit classiquement la littérature économique. Ce modèle montre en particulier la coévolution d'acteurs dans une situation de rationalité limitée, les échanges de connaissances étant contrôlés par les facteurs  $\alpha$  et  $\beta$ . On peut noter cependant que la croissance est liée aux facteurs B et F de la fonction de conception et de la fonction d'expression de la

demande, et peut ainsi donc être liée à la nature de facteurs considérés comme exogènes et qui ne sont pas encore explicités, cachés dans ces coefficients B et F.

Ce modèle rend-il alors compte de l'innovation orpheline ? Dans le cas d'une innovation orpheline, des demandes sont exprimées, des efforts de coordination sont menés pour que les biens proposés soient bien acceptés et les demandes bien interprétées, et malgré tout, la croissance n'a pas lieu. Dans la modélisation à cette étape, des efforts élevés de coordination sur le bien et sur la demande impliquent une croissance de l'ensemble des biens. Ainsi, un modèle d'échanges entre deux acteurs explicitant seulement les échanges sur les biens conçus et sur la demande ne permet pas de rendre compte du phénomène d'innovation orpheline. Aussi nous faut-il approfondir la modélisation de la fonction de conception  $g_n = B K C_n^a$  et de la fonction de prescription  $d_{n+1} = F K R_n^a$ , et identifier un nouveau facteur moteur de la croissance qui reste exogénéisé dans les coefficients B et F.

**Synthèse d'un modèle d'échange sur le bien et sur la demande dans une configuration à deux acteurs** : nous avons enrichi la modélisation en endogénéisant le mécanisme de la demande. L'acteur récepteur exprime une demande, qui émane de l'ensemble des connaissances acquises par le récepteur quant aux biens existants. Cela dédouble la fonction des connaissances par une fonction des connaissances du récepteur, et de ce fait, endogénéise la prescription. De même que le concepteur mobilise des ressources pour concevoir un nouveau bien, le récepteur mobilise des ressources pour concevoir une demande. Celle-ci est alors prise en compte par le concepteur en fonction du coefficient  $\beta$ , traduisant la coordination entre le concepteur et le récepteur sur cette prescription, ce qui enrichit les connaissances du concepteur. Dans le cas d'une innovation orpheline, des demandes sont exprimées, des efforts de coordination sont menés pour que les biens proposés soient bien acceptés et les prescriptions bien interprétées, et malgré tout, la croissance n'a pas lieu. Dans cette étape de modélisation, des efforts élevés de coordination sur le bien et sur la prescription impliquent une croissance de l'ensemble des biens. Ainsi, un modèle d'échanges entre deux acteurs explicitant seulement les échanges sur les biens conçus et sur la demande ne permet pas de rendre compte du phénomène d'innovation orpheline.

### **3.5. La coordination d'acteurs concepteurs sur un inconnu : l'espace des imaginaires, ressource de conception innovante**

#### **3.5.1 L'imaginaire, nouvelle variable endogène de la croissance**

Mais alors, quelle variable cachée doit être mise à jour pour rendre compte des phénomènes de blocages notamment des situations d'innovation orpheline ? Cette variable à expliciter doit permettre de montrer une stagnation de l'évolution de l'ensemble des biens alors même qu'il y a des échanges de connaissances entre concepteur et récepteur, échanges qui se traduisent par une meilleure

acceptabilité par le récepteur des biens conçus et proposés (coefficient  $\alpha$  élevé) et par une meilleure interprétation des désirs du récepteur par le concepteur (coefficient  $\beta$  élevé). Nous avons ainsi l'hypothèse d'un autre vecteur que la connaissance dans le processus de conception et d'expression d'une demande, une ressource qui se consomme par l'activité de conception. La démarche exploratoire menée au sein de la partie 1, et plus particulièrement l'étude de la nature des blocages au sein du chapitre IV, apportent des éléments de réponses : l'innovation orpheline dans le cas de la sécurité des deux-roues s'explique par le fait qu'il existe des représentations mentales partagées par l'ensemble des acteurs de l'industrie, qui les fixent dans des paradigmes technologiques connus et empêchent une partie de ces acteurs de s'écarter consciemment des cadres cognitifs existants pour explorer des alternatives qui, si elles apparaissent comme coûteuses sur du court terme, sont porteuses de valeur sur du long terme.

Ainsi guidée par les blocages cognitifs mis en avant dans le chapitre 1 et par la généralisation de la fonction de conception comme « forme d'articulation entre connaissances et concepts » (Le Masson 2001, p.97), **nous introduisons donc, en plus de l'ensemble des biens et l'ensemble des connaissances, un nouvel ensemble que nous nommons l'ensemble des imaginaires.**

L'exemple de l'interaction entre le chef et son client va permettre de qualifier plus précisément le rôle des imaginaires dans la modélisation. Le chef ne conçoit plus seulement en fonction de ses connaissances mais également en fonction de ses idées créatives, des imaginaires qui lui sont propres<sup>34</sup>. Cet imaginaire du chef est alors stimulé par ses échecs, par tous les plats qui n'ont pas séduit son client. De même, le gastronome exprime ses envies et conçoit sa demande en fonction à la fois de ses connaissances mais aussi de ses propres imaginaires. Ces imaginaires sont alors enrichis, aiguillonnés par le sentiment que le désir exprimé n'est pas pris en compte par le chef. C'est donc de la frustration que se nourrit le désirable. Que cette frustration engendre un renouvellement des imaginaires du récepteur peut sembler aller à l'encontre d'une intuition qui serait que si le concepteur ne répond pas au désirable, le récepteur perd patience, est déçu, ce qui bride son imagination. Cependant, la proposition que nous formulons prend le contre-pied de cette intuition et traduit le fait que le gastronome, si ses demandes ne sont pas entendus, va chercher à mieux les exprimer en élargissant son imaginaire, c'est à dire en allant par exemple sur des blogs culinaires ou en lisant des livres de cuisine. L'imaginaire du gastronome diminue lorsqu'il sélectionne des plats parmi ceux proposés, car ils rencontrent une part de son imaginaire. L'échange des imaginaires entre chef et gastronome traduit comment l'échange d'idées, de concepts, par exemple lorsque le chef passe en salle en fin de service ou lors d'un salon culinaire, nourrit à la fois l'imaginaire du chef et celui du gastronome. Cet échange apparaît comme le moyen le plus adroit de régénérer les imaginaires de ces deux acteurs.

---

<sup>34</sup> Certains grands chefs sont connus pour leurs imaginaires, comme Ducasse et son travail de la saveur méditerranéenne, ou encore Troigros avec ses inspirations asiatiques et italiennes.

En utilisant les termes de connaissances et de concepts au sens de la théorie C-K (voir encadré 8), nous définissons alors l'imaginaire ( $I_n$ ) d'un acteur comme l'ensemble des concepts qu'un acteur est capable de formuler et d'interpréter selon ses connaissances.

**Encadré 8 : La distinction entre connaissances et concepts, apports de la théorie C-K de la conception d'après (Hatchuel & Weil, 2002)**

*La théorie C-K a été développée à la suite de travaux empiriques. Elle a été esquissée par Hatchuel et Weil (2002), puis consolidée par la suite par de nombreux travaux empiriques et théoriques (Agogué, Le Masson, et al., 2012; Béjean, 2008; Gillier, 2010; Hatchuel & Weil, 2009; Hatchuel, Le Masson, & Weil, 2004, 2011; Hooge, Agogué, & Gillier, 2012; Kazakçi, 2009; Kazakçi & Tsoukias, 2005; Le Masson, Weil, & Hatchuel, 2009; Le Masson et al., 2010).*

*La théorie C-K repose sur la distinction formelle entre « concept » et « connaissance ».*

*Une connaissance est une proposition ayant un statut logique pour le concepteur ou pour le récepteur de la conception. C'est alors une proposition, un énoncé, pour lequel l'acteur concerné est capable de dire si cet énoncé est vrai ou faux. Le statut des connaissances est opératoire dépendant : pour un physicien expert en mécanique quantique, le chat de Schrödinger qui est à la fois mort et vivant est une connaissance, ce qui n'est pas le cas pour la très vaste majorité des élèves de terminale par exemple, pour qui un chat ne peut être à la fois mort et vivant. Un ensemble de connaissances est donc un ensemble de propositions ayant toutes un statut logique pour un acteur donné.*

*Un concept se distingue d'une connaissance comme étant une proposition sans statut logique : on ne peut dire d'un concept, par exemple celui d'un « bateau qui vole », qu'il est vrai, faux, incertain à une certaine probabilité. Un concept n'est donc pas « une connaissance ». En revanche, un concept évoque une proposition inconnue dépendant de la connaissance disponible : il faut d'une part que le concept soit interprétable relativement à la connaissance, i.e. que l'on dispose des connaissances nécessaires sur un bateau et sur l'action de voler pour comprendre « un bateau qui vole », et d'autre part que ce concept soit indécidable étant données les connaissances à disposition, i.e. qu'il n'y ait pas de connaissance sur l'existence ou la preuve d'une impossibilité d'existence d'un bateau qui vole.*

Ces imaginaires deviennent alors des ressources de conception pour le concepteur se comportant différemment des connaissances. Ainsi, un processus de conception non seulement étendra la liste des biens et conduira à un phénomène d'apprentissage, mais sera aussi le moteur d'une évolution de l'espace des imaginaires, dont une partie peut s'épuiser (lorsqu'une idée devient un bien ou une connaissance, elle n'est plus dans l'espace des imaginaires) et dont une partie peut se régénérer (par expansion conceptuelle). Nous proposons ainsi une nouvelle fonction de conception en étendant la proposition de Le Masson (2001) :

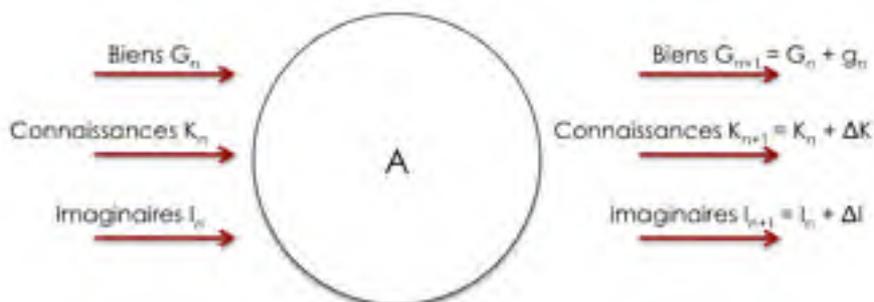


Figure 14 - Une fonction de conception étendue

Comment évoluent alors l'espace des imaginaires d'un acteur concepteur et celui d'un acteur récepteur ? Lorsque l'acteur concepteur propose une conception  $g_n$ , une part de cette conception est acceptée par le récepteur et devient un bien nouveau,  $\alpha g_n$ . Ce bien nouveau faisant alors partie des imaginaires du récepteur qui l'a accepté comme bien nouveau, l'imaginaire du récepteur s'appauvrit de cette part qui est désormais non plus un concept, mais un bien. Une part  $(1 - \alpha) g_n$  du processus de conception ne devient pas un bien reconnu par le récepteur et donc stimule l'espace des imaginaires du concepteur qui l'a formulé.

D'autre part, le récepteur exprime une demande, dont seulement une partie  $\beta d_n$  devient une connaissance pour le concepteur. La part de prescription qui n'est pas interprétée  $(1 - \beta) d_n$  par le concepteur enrichit alors l'imaginaire du récepteur.

Par ailleurs, les idées, les concepts, sont des éléments qui peuvent s'échanger entre des acteurs. On introduit donc une **coordination d'une nature nouvelle  $\gamma$ , coordination sur l'inconnu, caractérisant la circulation des imaginaires au sein d'un collectif**. La coordination sur l'inconnu entre le concepteur et le récepteur permet de régénérer les imaginaires de chacun, provoquant une expansion des imaginaires. En effet, de même que l'interprétation d'une demande par un concepteur va stimuler la production de nouvelles connaissances chez ce dernier, l'échange de concepts, d'idées entre deux acteurs active chez l'un et l'autre la naissance de nouvelles idées, régénérant ainsi l'espace des imaginaires de chacun.

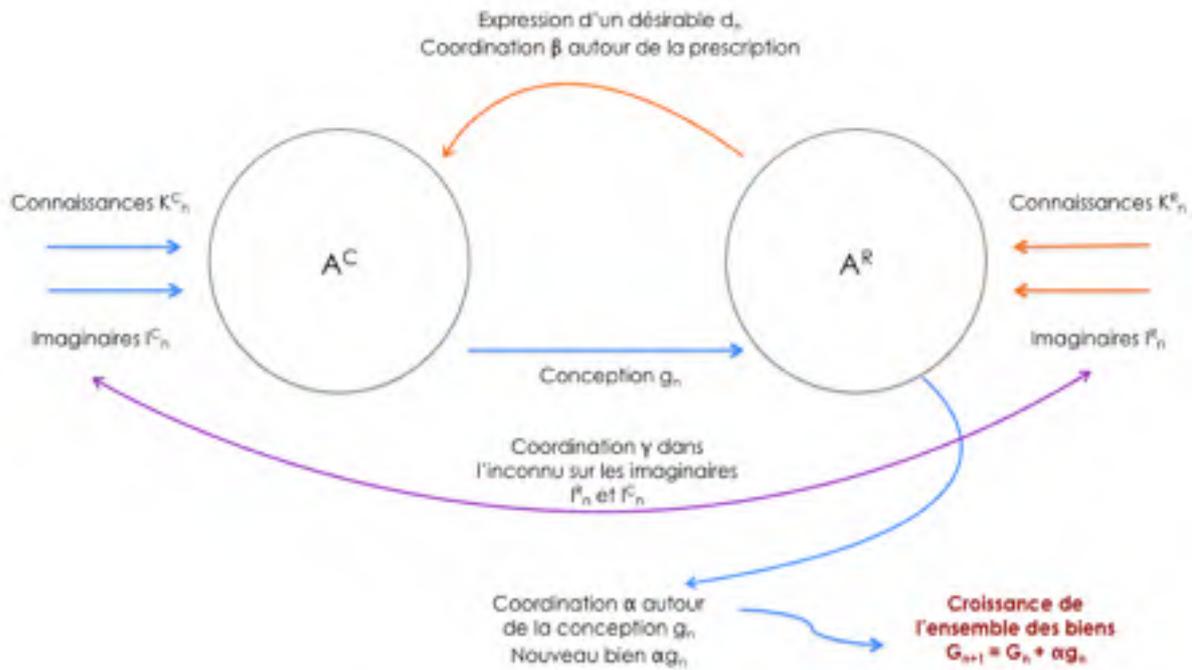


Figure 15 - Coordination sur un inconnu

Le modèle constitue ainsi un point d'entrée dans l'étude des interactions sur les imaginaires au sein d'un collectif. Cette modélisation conduit alors à l'évolution suivante de l'ensemble de biens ( $G_i$ ), l'ensemble des connaissances ( $K_i$ ) et l'ensemble des imaginaires ( $I_i$ ):

- Fonction de conception :  $g_n = B K_n^C \mathbf{I}_n^C$
- Evolution de l'ensemble des biens :  $G_{n+1} = \text{obs}_g G_n + \alpha g_n$
- Evolution des connaissances du concepteur :  $K_{n+1}^C = \text{obs}_k K_n^C + L g_n + \beta d_n$
- Evolution des connaissances du récepteur :  $K_{n+1}^R = \text{obs}_k K_n^R + L \alpha g_n$
- Fonction de prescription :  $d_{n+1} = F K_n^R \mathbf{I}_n^R$
- **Evolution des imaginaires du concepteur :  $\mathbf{I}_{n+1}^C = \text{obs}_i \mathbf{I}_n^C - \beta d_n + (1 - \alpha) g_n + \gamma_{R \rightarrow C} \mathbf{I}_n^R$**
- **Evolution des imaginaires du récepteur :  $\mathbf{I}_{n+1}^R = \text{obs}_i \mathbf{I}_n^R - \alpha g_n + (1 - \beta) d_n + \gamma_{C \rightarrow R} \mathbf{I}_n^C$**

(avec  $L$  fonction d'apprentissage,  $B$ ,  $F$  et  $a$  constantes,  $\alpha$  coefficient de coordination sur le bien,  $\beta$  coefficient de coordination sur la demande et  $\gamma$  coefficient de coordination sur l'imaginaire, et  $\text{obs}$  les différents coefficients d'obsolescence).

On remarque que les espaces de connaissances s'accroissent avec les activités de conception et d'expression de la prescription, modélisant bien les processus d'apprentissage. Cependant, le comportement des imaginaires est bien différent : ces espaces diminuent par les activités de conception, mais s'accroissent du fait des échecs. Nous avons donc introduit une nouvelle variable dans la modélisation, qui se comporte différemment d'une connaissance, et que nous avons choisi d'appeler « imaginaire ».

### 3.5.2 Une modélisation qui rend compte de la variété des dynamiques industrielles

Cette modélisation nous permet-elle alors de retrouver des dynamiques de croissance variées, et de rendre compte de la situation d'innovation orpheline ? La simulation donne par exemple une courbe de croissance du type de celle de la figure ci-dessous :

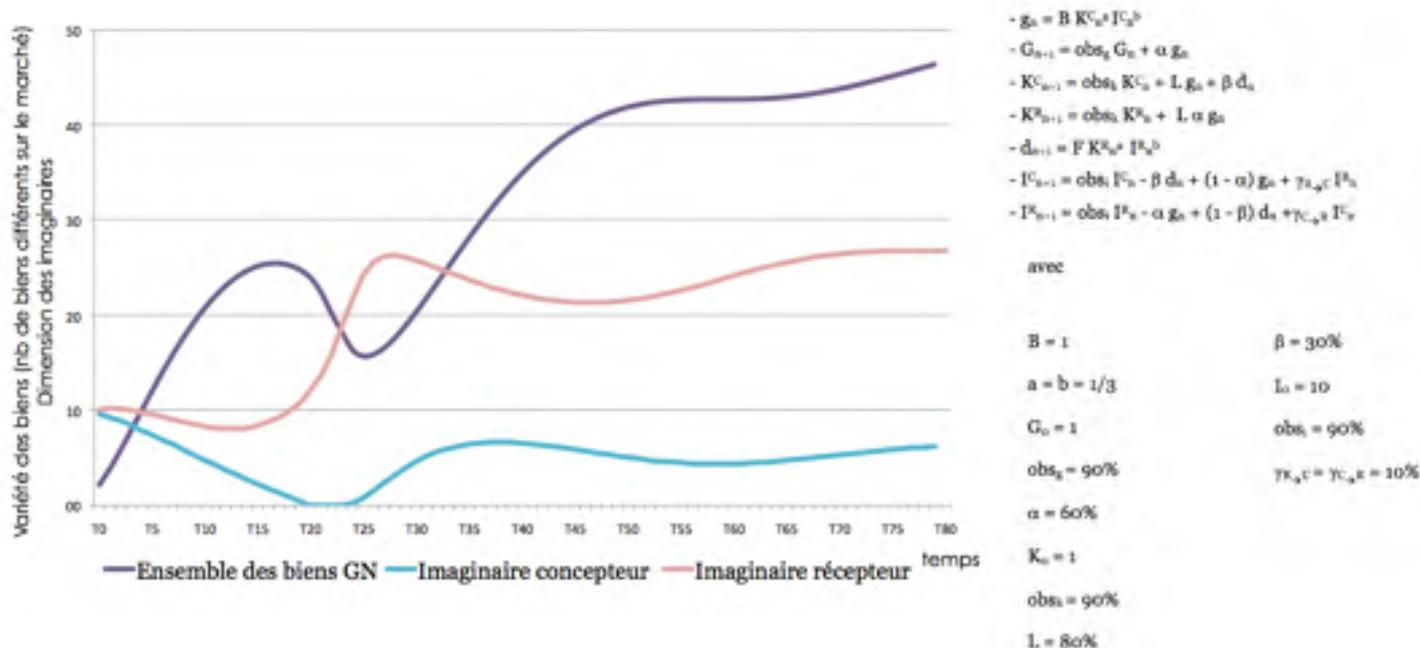


Figure 16 – Modèle de croissance sous conditions de coordination sur un inconnu : évolution de l'ensemble des biens et des imaginaires du concepteur et du récepteur sur une durée de 80 pas de temps selon le paramétrage indiqué sur la droite de la figure. Ce paramétrage décrit une situation de coordination forte sur la conception, une coordination moyenne sur la demande et une interaction forte sur les imaginaires (10% est en effet un facteur élevé tant ce type d'interaction est coûteuse et complexe)

On peut alors formuler diverses remarques :

- Si le coefficient  $\beta$  augmente, apparaît une saturation de la demande, ce qui épuise les imaginaires. Maintenir une croissance avec un coefficient fort d'interaction sur la prescription nécessite alors d'augmenter la coordination  $\gamma$ , *i.e.* de susciter une stimulation de création de valeur nouvelle, et non pas seulement une interprétation des valeurs existantes et qui seraient insatisfaites.
- Les paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  contrôlent les questions de décisions, liées à l'échange entre les acteurs : l'offre conçue par le concepteur est-elle adaptée au filtre de sélection du récepteur (interaction  $\alpha$ ) ? la demande est-elle bien comprise par le concepteur (interaction  $\beta$ ) ? L'interaction  $\gamma$ , quant à elle, caractérise la modération de la générativité, *i.e.* l'expansion de l'offre et de la demande.

On se propose maintenant d'analyser plus finement le cas de l'innovation orpheline. Comme nous l'avons présenté dans le chapitre III, l'innovation orpheline est caractérisée comme suit :

- une demande sociale forte, formulée et compréhensible, c'est à dire un acteur récepteur doté de capacités de conception suffisantes pour formuler une demande consistante et une coordination

entre concepteur et récepteur permettant la compréhension de cette demande par le concepteur.

- des innovations proposées ne répondant pas à la demande et ne suscitant pas de croissance, c'est à dire que les capacités de conception du concepteur sont suffisantes pour proposer des innovations, la coordination sur la conception proposée par le concepteur au récepteur existe, mais la croissance de l'espace des biens ne s'opère pas.
- des connaissances à mobiliser qui semblent atteignables à un effort de recherche près, c'est à dire qu'il résulte une expansion des connaissances du fait de l'interprétation de la prescription par le récepteur.

Si nous reprenons la simulation développée précédemment, nous obtenons alors la modélisation d'une innovation orpheline suivante (figure 17) :

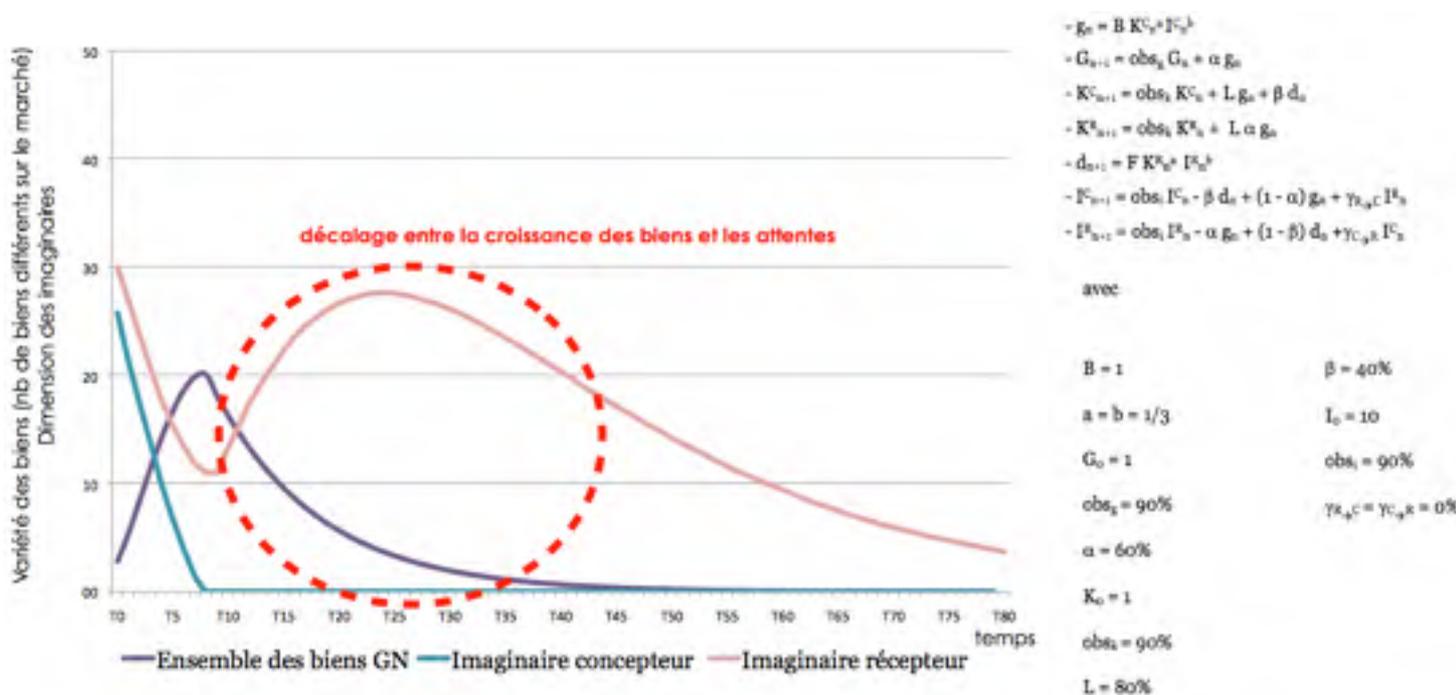


Figure 17 - Modélisation de l'innovation orpheline : des modalités de coordination sur le bien et sur la demande qui sont élevées, mais une coordination nulle sur les imaginaires, ce qui conduit à un décalage entre les attentes de la société (des imaginaires forts du récepteur) et un défaut de croissance de l'ensemble des biens

On voit alors que l'innovation orpheline se comprend comme un décalage entre l'espace des imaginaires du récepteur et l'évolution de l'ensemble des biens. Le défaut de croissance impacte ainsi une émancipation de la demande et un appauvrissement de l'imaginaire du récepteur.

La simulation et le jeu sur les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$  permettent de souligner qu'il existe en fait différentes formes de blocage des dynamiques industrielles : nous venons de montrer qu'une coordination  $\gamma$  très faible sur les imaginaires conduit à une situation d'innovation orpheline malgré  $\alpha$  et  $\beta$  élevés. Si  $\alpha$  et  $\beta$  sont faibles, a contrario, il faut une très forte coordination sur l'inconnu pour permettre une croissance, ce qui signifie que même dans une situation où les compétences et les

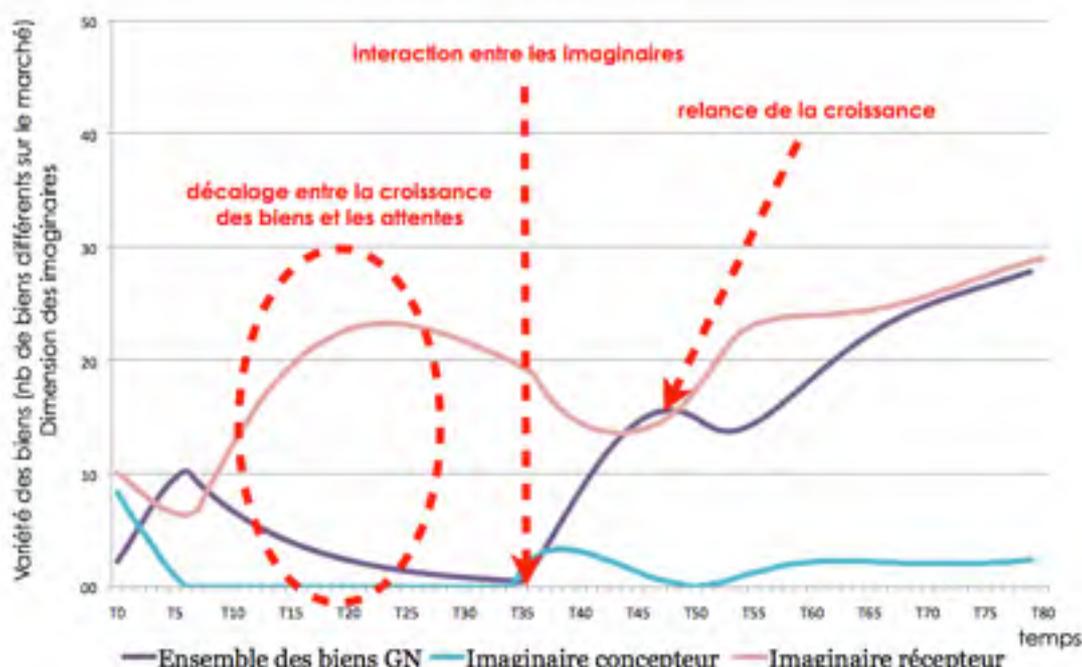
valeurs sont très hétérogènes, *i.e.* une rationalité très limitée, une croissance est possible, mais à un coût énorme. Ces différents cas de figures peuvent être schématisés comme suit :

	$\alpha$ et $\beta$ faibles	$\alpha$ et $\beta$ élevés
$\gamma$ faible	Scélrose	Innovation orpheline
$\gamma$ élevé	Croissance si $\gamma$ très élevé	Croissance

**Tableau 9 – Typologie de croissance : si toutes les interactions sont fortes, il y a croissance ; une coordination  $\gamma$  faible sur les imaginaires conduit à une situation d'innovation orpheline malgré  $\alpha$  et  $\beta$  élevés ; si  $\alpha$  et  $\beta$  sont faibles, il faut une très forte coordination sur l'inconnu pour permettre une croissance.**

Quels sont alors les leviers d'action pour sortir de l'innovation orpheline ? Faut-il attendre et jouer sur les coordinations sur le bien et sur la demande ou bien jouer la coordination sur l'inconnu ? Nous avons montré dans ce qui précède qu'en l'absence de coordination sur l'inconnu, la croissance n'est pas soutenable, car la demande tend s'essouffler, les imaginaires à s'atrophier, même si des efforts de coordination sur le bien et/ou sur la prescription sont menés (auquel cas la croissance est soutenable seulement à court-terme pour une énergie déployée très élevée sur ces deux modes de coordination).

Cependant, si une coordination sur l'inconnu se met en place, la relance rapide de la croissance est possible, comme le montre le graphe issu de la simulation ci-dessous (figure 18).



**Figure 18 - Modélisation de la sortie de l'innovation orpheline (sous les mêmes conditions de paramétrage qu'en figure 18, avec la coordination  $\gamma$  qui passe de 0% à 10% en T=36)**

**Synthèse d'un modèle d'échange sur le bien, la demande et l'imaginaire dans une configuration à deux acteurs** : Cette étape de modélisation cherche à expliciter une variable pour rendre compte des phénomènes de blocages notamment des situations d'innovation, i.e. une stagnation de l'évolution de l'ensemble des biens alors même qu'il y a des échanges de connaissances entre concepteur et récepteur, échanges qui se traduisent par une meilleure acceptabilité par le récepteur des biens conçus et proposés (coefficient  $\alpha$  élevé) et par une meilleure interprétation des désirs du récepteur par le concepteur (coefficient  $\beta$  élevé). Nous introduisons donc, en plus de l'ensemble des biens et l'ensemble des connaissances, un nouvel ensemble que nous nommons l'ensemble des imaginaires. Nous définissons l'ensemble des imaginaires d'un acteur comme l'ensemble des concepts que cet acteur est capable de formuler et d'interpréter selon ses connaissances. Les imaginaires deviennent alors des ressources de conception pour le concepteur mais qui se comportent différemment des connaissances. Ainsi, un processus de conception non seulement étendra la liste des biens et conduira à un phénomène d'apprentissage, mais sera aussi le moteur d'une évolution de l'espace des imaginaires, dont une partie peut s'épuiser (lorsqu'une idée devient un bien ou une connaissance, elle n'est plus dans l'espace des imaginaires) et dont une partie peut se régénérer (par expansion conceptuelle).

On introduit une coordination d'une nature nouvelle  $\gamma$ , coordination sur l'inconnu, caractérisant l'expansion des imaginaires. La coordination sur l'inconnu entre le concepteur et le récepteur permet de régénérer les imaginaires de chacun, provoquant une expansion des imaginaires.

L'introduction des imaginaires dans la modélisation permet de simuler une diversité de croissance, et rend en particulier compte de l'innovation orpheline. La simulation permet également de souligner qu'en cas de situation d'innovation orpheline, une coordination sur les imaginaires permet de relancer la croissance.

### **Conclusion : Une modélisation des dynamiques industrielles à trois dimensions : biens, connaissances, imaginaires.**

Nous pouvons maintenant synthétiser le cadre théorique que nous proposons dans cette thèse. Nous avons modélisé les dynamiques industrielles comme s'articulant sur trois espaces (biens, connaissances, imaginaires). Nous avons alors mis en évidence trois grandes classes de coordination entre deux acteurs, un concepteur et un récepteur, dans la conception de biens nouveaux. Une synthèse du modèle est présentée dans le tableau suivant :

<b>Espace des biens</b>	<b>Espace des connaissances</b>	<b>Espace des imaginaires</b>
<i>Etendu par le processus de conception de l'acteur concepteur</i>	<p><i>Pour le concepteur : Etendu par les apprentissages liés au processus de conception et par l'apprentissage sur la demande</i></p> <p><i>Pour le récepteur : Etendu par les nouveaux biens mis sur le marché</i></p>	<p><i>Pour le concepteur : S'accroît par la part de conception qui ne devient pas un bien, et par échange avec le récepteur</i></p> <p><i>Pour le récepteur : Décroit du fait de la conjonction d'imaginaires qui deviennent des biens, s'accroît de la demande non prise en charge par le concepteur et par échange avec le récepteur</i></p>
<i>Coordination sur la proposition de bien nouveau</i>	<i>Coordination sur la prescription pour expandre les connaissances du concepteur</i>	<i>Coordination sur l'inconnu pour expandre les imaginaires</i>

**Tableau 8 - Une dynamique à trois espaces**

Ce modèle nous a ainsi conduit à prolonger la fonction de conception proposée par Le Masson (2001) comme suit :

<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>
<p><i>Connaissances <math>K_i</math></i></p> <p><i>Imaginaires <math>I_i</math></i></p>	<p><i>Nouveaux biens <math>g_{n+1}</math></i></p> <p><i>Apprentissage (accroissement des connaissances <math>\Delta K</math>)</i></p> <p><i>Travail des imaginaires (<math>\Delta I</math>)</i></p>

**Tableau 9 - Synthèse de la nouvelle fonction de conception**

Nous mettons donc en évidence non seulement l'existence de flux entre les acteurs, de différentes composantes pouvant s'échanger entre des acteurs sur le bien, la demande ou l'inconnu, mais le modèle souligne également l'existence de différents espaces : l'espace des biens et les espaces de ressources, que ce soient des connaissances ou des imaginaires. L'espace des imaginaires qui sont partageables entre les deux acteurs, permettant l'expansion des imaginaires, apparaît alors comme un élément déterminant pour les deux acteurs de l'industrie.

### **Ce qu'il faut retenir du chapitre V**

*L'objet de ce chapitre a été de comprendre et d'analyser les facteurs de blocages d'une dynamique industrielle conduisant à un manque d'innovation face à une demande pourtant forte. Pour ce faire, une étude des dynamiques contemporaines de croissance, ainsi que des blocages qui peuvent survenir dans les activités de conception innovante a été menée au travers d'une approche modélisatrice des échanges ayant lieu entre des acteurs concepteurs lors de la conception de biens nouveaux. Les modèles classiques de la croissance économique ont été utilisés pour montrer qu'ils ne permettent pas de rendre compte de l'innovation orpheline, et nous avons alors mobilisé les hypothèses classiques de la croissance économique pour construire pas à pas une modélisation des échanges entre deux acteurs, un concepteur et un récepteur (un offreur et un récepteur). Cela a conduit à caractériser les dynamiques industrielles comme s'articulant sur trois espaces : l'espace des biens, l'espace des connaissances et l'espace des imaginaires. En particulier, la dimension des imaginaires, i.e. l'ensemble des concepts qu'un acteur est capable de formuler et d'interpréter selon ses connaissances, est indispensable pour comprendre les phénomènes de blocage et tout particulièrement les situations d'innovation orpheline. Les imaginaires deviennent alors des ressources de conception pour le concepteur, se comportent différemment des connaissances. Trois grandes classes de coordination entre deux acteurs, un concepteur et un récepteur, ont été mises en évidence dans la conception de biens nouveaux, et l'innovation orpheline apparaît comme causée par un défaut de coordination sur les imaginaires.*