

# Raccourcir les cycles d'innovation

Nouvelles pratiques d'accélération de l'innovation en France dans l'Aérospatial et la Défense : Partage de retour d'expériences collaboratives des Laboratoires de Recherche, Pôles de Compétitivités, Grands Groupes Industriels, PME et ETI

## Shortening innovation cycles

New innovation acceleration practices in France in the Aerospace and Defense sector: sharing collaborative experiences from Research Labs, Competitiveness Centers, Major Industrial Groups, SMEs and ISEs (Intermediate Size Enterprises)

Dr. Florin Paun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Directeur Innovation Groupe AKKA Technologies, florin.paun@akka.eu

**RÉSUMÉ.** Des nouvelles pratiques et stratégies d'innovation en France, notamment dans le domaine de l'aérospatial et de la défense commencent à avoir un impact positif sur l'accélération des innovations dans plusieurs domaines de ces acteurs sectoriels et de leurs fournisseurs et autres parties prenantes. A la lumière des observations et analyses des expériences concrètes, de partage de bonnes pratiques et des outils d'accélération de l'innovation en France, cet article propose une analyse des impacts de ces nouvelles stratégies et outils d'innovation sur le raccourcissement des cycles d'innovation et par conséquent d'accélération des processus de création de valeur partagée par les Grands Groupes, les PME, les ETI, les laboratoires.

**ABSTRACT.** New innovation practices and strategies in France, precisely in aerospace and defense sectors are beginning to have a positive impact on the acceleration of innovations in several areas of these sectorial actors and in the sectors of their own providers and other stakeholders. Based on observations and analysis of the experiences and shared good practices as well as of new innovation acceleration tools in France, this article proposes an analysis of the impacts of these new innovation strategies and instruments on the acceleration of innovation cycles, and consequently, on the acceleration of the shared value creation process by major industrial groups, SMEs and laboratories.

**MOTS-CLÉS.** Innovation ouverte, accélération de l'innovation, innovation de rupture, modèles d'innovation, cycles d'innovation, TRL, DRL, Démonstrateur Technologique Agile.

**KEYWORDS.** Open innovation, acceleration of innovation, disruptive innovation, innovation models, innovation cycles, TRL, DRL, Agile Technology Demonstrator.

## Introduction

*« Le modèle d'innovation Airbus touche ainsi dans ce cas non seulement les enjeux technologiques mais également les aspects sociétaux, qui relèvent de la sécurité mais aussi du confort du voyage : c'est la prise en compte de l'expérience globale du voyage, pensée dans l'environnement complet, étendu au-delà du secteur de l'aéronautique » Yann Barbaux, Chief Innovation Officer d'Airbus et actuel président de Aerospace Valley (en « J'innove donc je suis », éditions Harmattan, 2014).*

« *Only things matter to innovate nowadays are Speed and Openness!* », Paul Eremenko, ancien CTO d' Airbus (lors de la conférence au ParisAirlab, 52eme édition du Salon de Bourget, 2017).

« *Pitch your innovation!* » (annonce lors du Defense Summit 2017, Tampa, Florida, USA).

Ceux-ci ne sont que quelques exemples de citations dans le domaine public témoignant des évolutions structurelles des stratégies et pratiques d'innovations visant l'accélération de la croissance dans l'aérospatial et la défense, des secteurs restés jusqu'à récemment dans des approches d'innovation stratégiques et confidentielles. Les travaux sur les dynamiques de l'innovation [ABE 75] proposant une compréhension des interactions des différents « systèmes d'innovation » [COR 95] et les approches collaboratives de type « 3 totalités » [XU 07] intégrant toutes sources d'innovation, tous domaines d'innovation, toute heure/tout espace, lors des pratiques innovantes, ont déjà confirmé le potentiel de création de valeur et de performance de ces nouveaux dispositifs et stratégies d'innovation. En effet, depuis quelques années, les praticiens et les chercheurs [COR 01] confirment que l'innovation n'est plus la fonction exclusive du département de la recherche et développement. Les économistes [AIR 06] s'accordent à dire que l'innovation, notamment celle de rupture, suppose une dynamique complexe d'interactions entre une multitude d'acteurs appartenant à différents départements d'une même firme, à diverses entreprises, voire à des secteurs différents et/ou à plusieurs autres types d'acteurs (centres de recherche public et privé, établissements d'enseignement supérieurs, etc.).

### 1.1. Méthodologie

Le but de cet article n'est pas seulement de décrire les nouvelles pratiques d'innovation (à la lumière de l'expérience de l'auteur et des échanges avec d'autres praticiens innovants), mais traite aussi de l'impact potentiel de ces nouvelles pratiques innovantes sur les cycles d'innovation, notamment l'accélération du rythme et la réduction des cycles avec des conséquences probables sur les modèles d'innovation, de financement et gestion de l'innovation et sur les modèles d'entreprises. Intégrés aux nouvelles formes d'innovation (innovation ouverte), ces processus d'accélération de l'innovation apportent de nouvelles solutions aux nécessités de mise en commun et de partage des ressources clés d'une part, tout en assurant la protection (visant l'appropriation, la valorisation) des ressources générées suite aux processus collaboratives d'innovation, comme par exemple les Droits de propriété intellectuelle (désormais DPI), d'autre part.

Grace à l'expérience de l'auteur et des échanges eus avec les autres acteurs mentionnés, l'article va présenter d'une part les retours d'expériences concrètes, et d'autre part des pistes d'analyse et des perspectives de généralisation de nouvelles stratégies d'innovation en rapport avec les profondes mutations à l'œuvre dans les pratiques de l'innovation et d'accélération des cycles d'innovation.

Au travers des expériences empiriques et des données de terrain, il est possible de construire et de mobiliser un ensemble de faits, de données et de connaissances multidisciplinaires et multi-secteurs qui permettent d'analyser et d'identifier des relations d'interdépendance entre les pratiques nouvelles de l'innovation des PME, des Grands Groupes, des Pôles de compétitivités, des territoires et de leurs propres parties prenantes. Les observations au niveau micro-économique de l'émergence des nouvelles stratégies d'innovation dans les entreprises en fonction des conditions spécifiques au niveau sectoriel ou territorial et de leurs structures d'aide à l'innovation (niveau méso-économie) révèlent l'émergence de nouveaux modèles d'innovation et de modèles d'entreprise qui partagent et démultiplient les capacités locales à travers l'usage partagé des outils d'accélération de l'innovation, avec des impacts probables (au niveau macro-économique) sur les cycles d'innovation et donc d'accélération des cycles de croissance et de création de valeur partagée.

## 1.2. Cadre théorique. Les cycles d'innovation et le rôle des entrepreneurs, des parties prenantes et de leurs choix dans la création de valeur

Les stratégies d'innovation trouvent leurs fondements dans la réflexion de Joseph Schumpeter [SCH 39]. Si les courants néoclassiques n'avaient pas intégré dans leurs réflexions l'importance du progrès technique, Schumpeter [SCH 39] propose une analyse de l'innovation en soulignant la superposition des tendances de croissance économique et des différents cycles d'innovation industriels en fonction surtout de leurs variations de magnitude: les longs Cycles Kondratiev [KON 29] de 50 à 60 ans par changement de technologie (par exemple la machine à vapeur au 18<sup>e</sup> siècle) avec pour conséquences l'innovation radicale et une diffusion à tous les pans de l'économie, les cycles Juglar [JUG 62] de 6 à 8 ans liés à la variation de l'investissement, les cycles Kitchin [SCH 39] de 3 – 5 ans liés à la variation des stocks sans générer de crises économiques.

Sans innovation l'économie est stationnaire, sans croissance économique, l'absence d'incertitude, et de prise de risque ne permettant pas l'apparition des entrepreneurs au sens de Schumpeter. Celui-ci propose donc une analyse dynamique de l'évolution de l'économie dès qu'on identifie les conditions du changement au cœur duquel [BOU 99] l'entrepreneur « crée sans répit car il ne peut rien faire d'autre ».

Les architectes de la « Nouvelle Economie » des années 1960 comme Arthur Okun chairman Council of Economic Advisors de Lyndon Johnson, ou les deux Prix Nobel Robert Solow et Paul Samuelson qui se basaient sur l'expansion récente de l'économie des Etats-Unis, considéraient les cycles de Schumpeter comme obsolètes. Ils ont même remarqué qu'avec les synthèses des solutions néoclassiques – keynésiennes dans les mains des gouvernements, les récessions pourraient être prévisibles et évitées comme les crashes aériens. Mais le triomphalisme de Samuelson, Solow, Okun et de l'OCDE ne pouvait pas être moins opportun car au même moment l'économie mondiale entrait dans un sérieux déclin long [BRE 06].

Si Schumpeter a analysé les trois « business cycles » plutôt pour une interprétation économique de l'histoire, le concept de coévolution [KIN 06] de l'innovation technologique et modèles économiques d'une part et les évolutions légales affectant les conditions d'investissement dans l'innovation d'autre part, peuvent être poussés encore plus loin. Les économistes [KIN 06] considèrent ainsi que le premier cycle Kondratieff a été possible grâce à l'existence des droits de propriété, que le second est apparu grâce à la responsabilité civile et le troisième a été soutenu par la législation sur les brevets, celle-ci rendant l'investissement en R&D attractif.

Schumpeter commence ainsi l'analyse de ses trois cycles économiques mais la perspective de l'existence d'autres cycles d'innovation (en fonction des contextes et leurs « causalité récursive » ou de l'amplitude des impacts socio-économiques) est ouverte. Par exemple, la perspective de la coévolution [KIN 06] propose un quatrième cycle d'innovation dépendant des lois de protection des marques intégrant la publicité et le marché de masse et un cinquième dans lequel le digital est soutenu par des lois de protection des idées, le copyright.

Si la clé de voute du développement économique est le comportement déséquilibrant de l'entrepreneur, ce qui est encore plus important pour Schumpeter [SCH 39] est le fait que le processus se produit de façon cyclique en fonction des différentes périodes temporelles, notamment les 3 cycles synchronisés, dont deux, le cycle Juglar et le cycle Kondratiev sont générés par l'investissement, par l'augmentation et le déclin de l'usage des innovations technologiques mais aussi par les asymétries d'information [KNE 12].

Une plus récente approche de la théorie de « longues vagues » d'innovation [TUN 99], [FRE 01] et [PER 02] relie les longues vagues d'innovation technologique avec l'évolution des paradigmes techno-économiques. Ainsi chaque innovation technologique représente une sorte de « changement brusque et radical » de paradigme au sens de Kuhn [KUH 62]. Cette analyse même est basée sur les

idées de [SCH 39] qui postulent que les innovations majeures et radicales initient des changements fondamentaux des modes de production et des types de produits créés, dans les modes d'organisation des entreprises, de formation des réseaux, de communication et de coordination des acteurs économiques.

Certains économistes [FRE 88] s'accordent à dire que l'innovation technologique radicale a besoin de clusters (avec leurs multiples technologies interdépendantes) puissants et visibles, de nouvelles dynamiques technologiques, de produits et d'industries capables d'apporter un changement économique structurel.

Avec les approches de l'innovation ouverte, et les perspectives de l'intelligence artificielle et du Big Data, les stratégies et les nouvelles pratiques à l'œuvre permettront une hyper innovation capable de se démultiplier et de se ressourcer dans les diversités multiples : des acteurs, de leurs interdépendances et de leurs asymétries [PAU 11] culturelles, de temporalité, des risques, etc. pour augmenter le potentiel à la fois des nouvelles innovations et des nouveaux usages dans plusieurs secteurs. La diversité de fonctionnalités/usages des innovations ainsi obtenue et l'interdépendance ainsi créée des cycles d'innovation incrémentale (surtout dans des secteurs avec un « time to market » long), radicale et même de rupture... peuvent ouvrir une nouvelle dynamique générée à la fois par l'entrepreneur schumpetérien, du cluster [FRE 88], mais aussi de la nature et de la vitesse des relations et des interdépendances entre acteurs économiques et régulateurs.

Par exemple, dans le cas de la voiture autonome, les entreprises considèrent qu'aujourd'hui l'évolution de cette innovation, sa pénétration des marchés n'est pas bloquée par un verrou technologique mais plutôt par l'absence d'un système règlementaire adapté à l'usage de la voiture autonome dans un écosystème connecté de mobilité intermodale et intergénérationnelle (à la fois des véhicules et des humains).

Dans les approches de l'innovation ouverte, les processus d'apprentissage, de types « Learning – by – doing » et « Learning- by-using » [RAD 12] et le manque d'expérience des nouveaux entrants dans un secteur précis peuvent même apparaître comme des solutions à l'ouverture pour des innovations radicales en permettant de repenser les questions à partir de nouvelles approches et angles d'analyse.

Ces nouvelles approches de l'innovation génèrent des changements d'organisation et de gestion des entreprises et de leurs relations d'interdépendance avec leurs parties prenantes mais aussi avec d'autres acteurs économiques de la chaîne de valeur. Les économistes [NOL 02] estiment ainsi que nous assistons à une « désintégration » de l'entreprise mais aussi de la coordination de la chaîne de valeur qui tendent à se centraliser autour des entreprises « intégrateurs des systèmes » et des projets (amont et aval) avec une capacité d'investissement dans l'innovation [NOL 02].

L'intensité de la relation de l'intégrateur systèmes avec ses fournisseurs de premier niveau tend à devenir si forte que le fournisseur développe ses plans détaillés de R&D, de production et de distribution en consultation directe avec les besoins et les objectifs de l'intégrateur, son développement devenant dépendant du contrôle direct de l'intégrateur [NOL 02].

En aval, la relation avec les clients et les partenaires est, de nos jours, d'avantage supervisée afin d'envisager des adaptations optimales grâce à un feed-back constant. Pour certains intégrateurs de systèmes, cette supervision fait l'objet d'un emploi important afin de diriger indirectement son écosystème s'approchant ainsi de la nouvelle forme d'entreprise que les économistes appellent « entreprise externe » (*External Firm*) [NOL 02]. Nolan réalise dans ses travaux une analyse du premier secteur qui met en place ces évolutions d'organisation, le secteur automobile. Ceci est illustré par l'annonce conjointe faite en 2000 par GM, Ford et Daimler – Chrysler pour créer le plus grand marché d'achat de composants électroniques avec un pouvoir d'achat ainsi groupé.

On identifie [NOL 02] également des évolutions dans l'organisation interne partant d'un ancien « système féodal, vertical, fordien avec l'autonomie des départements ou des branches internationales des multinationales et une indépendance des chefs locaux », vers une organisation plus agile, plus connectée, collaborative avec une structure dynamique basée sur les « *business units* » [NOL 02] interconnectées, justifiant une supervision permanente des performances et des solutions possibles.

L'avantage compétitif pour l'entrepreneur augmenté ou l'entreprise augmentée, en paraphrasant ainsi Joël de Rosnay [ROS 00] qui parle de « l'homme augmenté », réside dans sa capacité de considérer dès le départ, pour chacune de ses actions, les intérêts et les options de création de valeur provenant de chacun des acteurs installés sur toutes les chaînes de valeur qui sont désormais interconnectées, comme une véritable « mangroves de la distribution de valeur » caractérisant les écosystèmes d'innovation complexes [PAU 16]. Ces intégrateurs des systèmes (capables de migrer vers cette forme d'entreprise augmentée) possédant la connaissance des besoins technologiques vont pouvoir s'assurer la part du lion [NOL 02] dans le partage de la valeur issue des transactions entre les acteurs de ces nouveaux écosystèmes d'innovation préparés pour de nouveaux cycles d'innovation (Schumpetériens) ou adaptés au contexte futur issu de l'impact de l'intelligence artificielle.

Il est à souligner que cet impact est attendu non seulement sur le raccourcissement des cycles d'innovation, en raison de la vitesse de propagation et de pénétration des marchés interconnectés par les innovations, mais aussi de leurs amplitudes en terme d'impact des changements socio-économiques et sociétaux, mêlant les innovation incrémentales, radicales ou de rupture.

Des scientifiques et experts des transformations par l'intégration du numérique autant dans l'industrie que dans la société du futur ont attiré l'attention sur l'importance de comprendre et d'anticiper les évolutions des modèles de l'entreprise innovante dans l'ère de l'innovation, du numérique (Lemoine, 2014), de sa gouvernance et des modes de création et de partage de la valeur.

## **2. Etat de l'art de nouvelles pratiques d'innovation parmi les acteurs ASD**

### **2.1. Mécanismes d'Open Innovation à l'œuvre**

Il n'est plus un secret que les « entonnoirs » [CHE 08] des programmes aérospatiaux des diverses majors de l'aéronautique, autant civiles que militaires, se sont ouvertes ou pour certains « retardataires » sont en train de s'ouvrir...

Ainsi les exemples suivants sont de notoriété publique :

1) Pour Airbus, l'approche innovante du Bizlab, l'accélérateur A3 ainsi que l'utilisation de la plateforme « HYPE » pour l'innovation collaborative au sein d'Airbus.

2) Le VP Open Innovation du Groupe Safran ayant un background de direction d'achats [DEL 16]) est un exemple qui permet à lui seul de lever certaines « barrières clichés » au processus de collaboration.

3) Des pratiques nouvelles comme des séminaires « d'éveil » à « l'innovation ouverte », assurés bénévolement par l'auteur pour les Programme/Project managers pour des Groupes comme EDF, Valeo sont suivies maintenant par des groupes comme Stelia.

4) Des mécanismes à l'œuvre pour pouvoir injecter des start-up dans les programmes de recherche et d'innovation des grands groupes fleurissent un peu partout comme le Starburst, l'Accélérateur Pegase Croissance, la Business Nurserie de l'Aerospace Valley ou l'Accélérateur commun de la BPI avec le GIFAS ayant comme objectif d'accélérer une soixantaine de PME afin de mieux les implémenter dans les programmes des Grands Groupes.

A ces exemples on peut surtout rajouter le nouveau service de Mission Innovation voulu, construit et rendu fonctionnel au sein de la Médiation inter-entreprises par le Médiateur Pierre Pelouzet.

## **2.2. Changements structurels sur la distribution de valeur sur le marché**

De surcroît, à cette « ouverture d'entonnoir » des programmes amenant vers le modèle d'Open Innovation du Professeur Chesbrough, se superpose depuis quelques années, un phénomène de « déstructuration et restructuration de la chaîne de valeur classique » [PAU 11] en innovation technologique. La filière aéronautique se transforme, à la manière de la transformation subie par la filière automobile, par un ancrage de l'innovation technologique sur des pratiques de co-innovation (technologique mais aussi innovation sociétale, des usages, des pratiques) avec les équipementiers de rang 1 qui partagent les risques de développement avec les intégrateurs (voir le Plan Power 8 d'Airbus et les annonces qui ont suivies sur les pratiques notamment d'achats).

Ce mouvement a abouti à la constitution des « campus » d'innovation fonctionnant en déclinaison des feuilles de route stratégiques comme les IRT (Instituts de Recherche et Technologie), notamment Saint Exupéry, qui préparent « la filière augmentée » avec sa mission de « mise à niveau » permanente des compétences mutualisées (voir déclarations dans la presse d'Ariel Sirat, Directeur général de l'IRT Saint Exupéry et de son Président Gilbert Casemata).

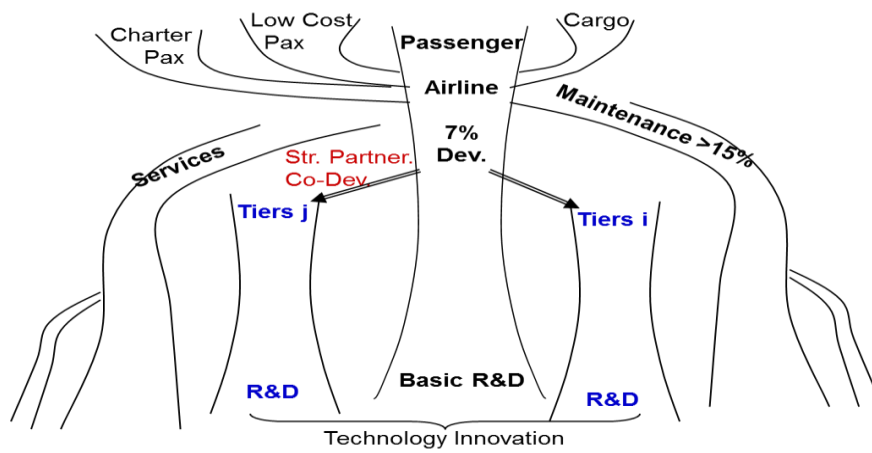
Ces filières industrielles sont devenues des véritables « arbres de distribution de la valeur » (en remplaçant l'approche limitée des « chaînes de valeur »). La figure 1 présente la transformation de la Chaîne de Distribution de la valeur dans le domaine de l'innovation technologique dans un Arbre qui prend des racines auprès des partenaires de rang 1 comme Stelia, Latécoère, Liebherr, Zodiac, Radial... partenaires regroupés au sein du Groupement des Equipementiers Aéronautiques et de Défense du GIFAS. Le canal historique de création et de distribution de la valeur technologique au sein d'Airbus est en pleine restructuration comme l'attestent les nombreux articles de presse parus suite à l'annonce de la fermeture du centre de recherche Innovation Works de Suresnes.

A cet embranchement des racines qui constitue maintenant le socle pour la proposition des nouvelles technologies à bord des avions commerciaux se rajoutent les racines provenant de la maintenance et des services (qui innovent aussi en plus de se réorganiser). En effet, la demande nouvelle des compagnies aériennes pour des offres groupées où elles achètent des unités de KM-Passagers, a contraint les grands constructeurs d'avions à se doter de capacités propres en matière de maintenance (voir le cas Airbus avec Satair et les ventes à Cathay Pacific).

Ryan Air a été l'un des pionniers de ce type de demande car il a été le premier à trouver comment exploiter à son avantage ce paradoxe de l'aéronautique civile où le coût de l'immobilisation d'un avion correspond à approximativement 7% du prix payé par un passager pour 15% dans la maintenance. De fait, pour éviter ce coût opérationnel, Ryan Air préfère opérer des avions quasi neufs, la compagnie disposant de l'une des flottes les plus nouvelles du monde avec un moyenne d'âge de 3 ans et 2-3 mois.

Ce nouveau type de business model, associé aux opérateurs low-cost « éveillés » (car malheureusement il y en a encore qui utilisent plutôt des vieux avions) a contraint les opérateurs historiques à lancer leurs filiales low-cost en supplément des opérations de type cargo et charter.

Les anciens canaux (chaînes) historiques de distribution de la valeur se retrouvent ainsi entremêlés sous la forme de ce que nous appelons un arbre de distribution de la valeur.



**Figure 1.** Transformation de la Chaine de Distribution de la Valeur en Aéronautique Civile dans un Arbre de Distribution de la Valeur

Ces arbres, notamment par l'intermédiaire de leurs partenaires de Rang 1, interagissent et s'influencent réciproquement. On peut donner des exemples parmi des acteurs majeurs comme :

- Michelin, qui est à la fois le leader mondial du pneumatique en Aéronautique comme en Automobile.
- Saint-Gobain, qui assure les vitrages à la fois pour les automobiles mais aussi pour l'aéronautique en plus du bâtiment.
- BMW Design Office qui conçoit des cockpits à la fois pour l'Automobile comme pour l'Aéronautique.
- Safran et GE étant actifs aussi dans plusieurs filières à la fois.

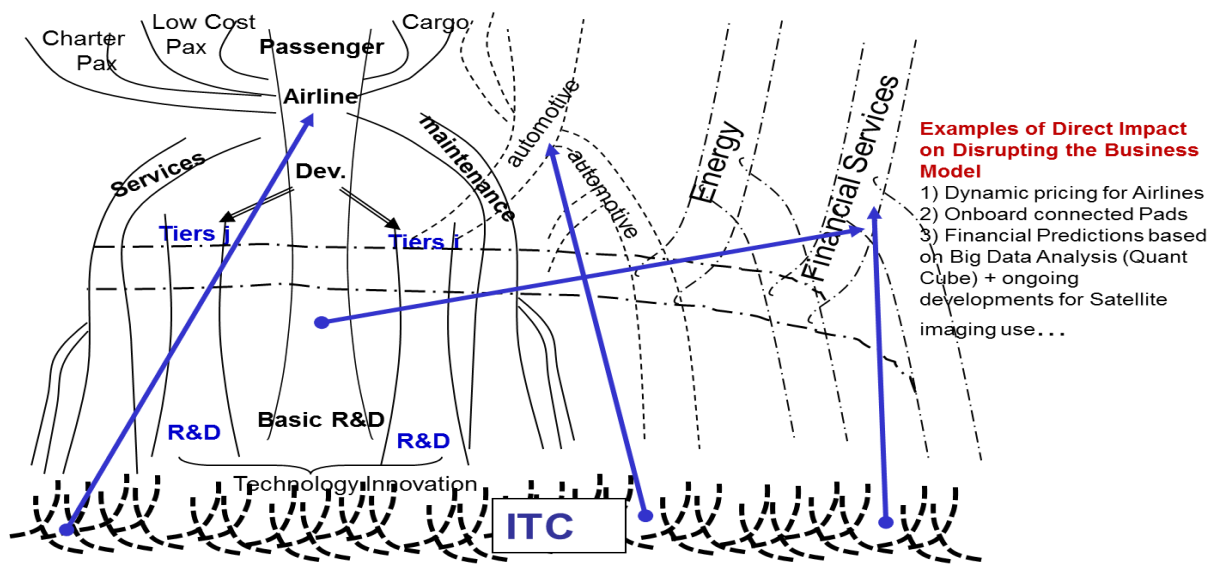
De fait, ces filières constituent, par l'interconnexion des anciennes Chaines de Valeur, des Arbres de Distribution de la Valeur. Ces Arbres de Distribution de la Valeur, en s'entremêlant à leur tour via des partenaires de Rang 1 actifs dans plusieurs filières, se mettent à constituer ce que nous appelons une « Forêt de Mangrove de Distribution de la Valeur » [PAU 16], « forêt » susceptible d'accélérer et d'entretenir la création de valeur partagée [POR 11] par de la fertilisation croisée « augmentée ».

Cette « Forêt de Mangrove », présentant génériquement les filières de l'aéronautique, de l'automobile, de l'énergie, des services financiers... est suggérée dans la figure 2. On remarque la racine de type rhizomial qui fournit en technologies Digitales tous ces arbres de valeur interconnectés.

Ces interconnexions et les occurrences des fertilisations croisées devenues ainsi possibles, ont des impacts technologiques parfois très importants sur les modèles d'affaires classiques existant dans ces filières.

Ainsi on peut remarquer l'impact des algorithmes sur la tarification dynamique des billets d'avion, illustrée par la contribution d'un groupe comme Amadeus. On peut aussi noter que plus aucune voiture nouvelle ne possède de tablette tactile connectée à son bord ou des fonctions miroir installées sur les téléphones intelligents des conducteurs. On peut aussi rappeler le programme important d'acquisition des compétences en traitement d'image par Quant Cube afin de pouvoir utiliser l'imagerie satellitaire pour améliorer leurs prédictions de conseil financier.

Ces exemples d'impacts sont aussi présentés dans la figure 2.



**Figure 2.** Forêt de Mangrove de la Distribution de valeur ainsi qu'exemple d'impact sur les business Model des technologies par la fertilisation croisée

Ajoutons que toutes les racines génériques présentées dans cette « mangrove » sont les « entonnoirs » de création de valeur. Or le professeur Chesbrough a démontré [CHE 03] que ceux-ci sont à leur tour perforés et non étanches. Cette « mangrove » est donc évolutive, les embranchements pouvant se reconstituer en permanence et de manière dynamique en fonction de l'émergence de nouvelles technologies et de nouveaux processus pouvant impacter par fertilisation croisée les autres secteurs présents sur la forme des « arbres » dans la mangrove<sup>1</sup>.

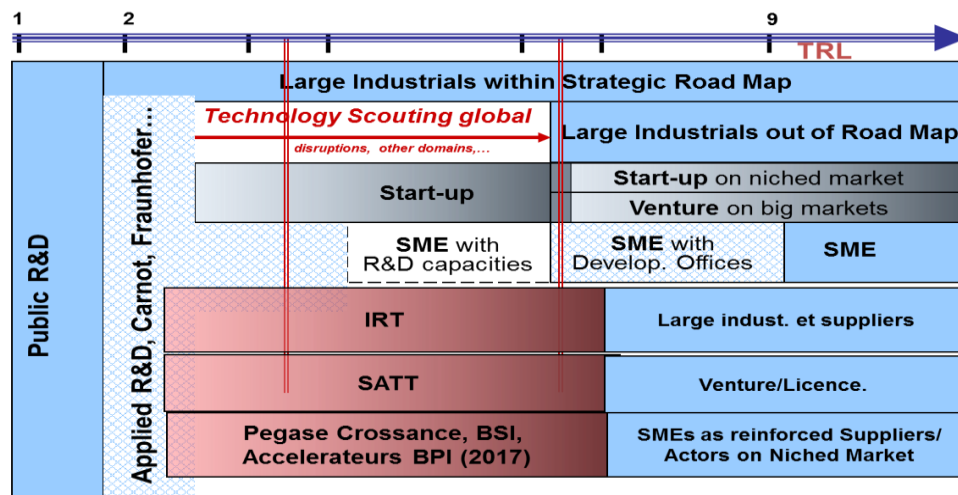
### 3. Acteurs, asymétries et mécanismes à l'œuvre dans les processus d'Innovation actuels

#### 3.1. Positionnement des acteurs sur l'échelle TRL

Il est intéressant d'observer le positionnement des acteurs d'innovation en revenant à un cadre plus simple, celui de l'échelle des niveaux de maturité technologique (Technology Readiness Levels, TRL, [MAN 85]). La figure numéro 3 présente ce positionnement sur une échelle de TRL simplifiée dans laquelle nous n'avons présentés que 3 niveaux importants car introduisant des limites naturelles de présence pour les différents types d'acteurs.

Ainsi on peut noter que les laboratoires de recherche se positionnent en bas de cette échelle. En effet, en France, les laboratoires Carnot (Association Institut Carnot) [CAR 17] étant reconnus pour la qualité de leur recherche appliquée partenariale avec l'industrie se positionnent naturellement sur les TRL2. Certains entre eux peuvent monter jusqu'au niveau TRL 3 de la Preuve de Concept voir au-delà, pour la réalisation d'un Prototype de Laboratoire en TRL 4.





**Figure 3.** Positionnement des Acteurs sur l'échelle TRL

Les Grands Groupes se positionnent sur l'échelle de TRL dans le cadre de leur feuille de route stratégique en couvrant tous les niveaux de maturité d'une technologie, depuis la recherche appliquée en TRL 2 jusqu'à la certification de celle-ci et son autorisation de vente en TRL 9.

Les pionniers de l'open innovation parmi les grands groupes, grâce à leurs cellules de veille technologique, peuvent se positionner en parallèle, par une mise en concurrence de leurs solutions internes avec des démonstrateurs technologiques développés par ailleurs, sur un chemin parallèle allant du TRL 6 jusqu'au marché en injectant, non sans difficultés, les acteurs ayant réussi la mise au point de ces démonstrateurs technologiques dans leurs programmes.

Les PME sont des acteurs opérant sur leurs marchés à des TRL > 6 pour celles d'entre elles qui possèdent des Bureaux d'Etudes. Très peu de PME en France possèdent des capacités de R&D pouvant effectuer des activités entre les TRL3 et les TRL 6 (voir les nombreux rapports sur les PME et l'octroi du Crédit Impôt Recherche en France)<sup>2</sup>.

Sur la figure numéro 3 on observe le positionnement des start-ups comme instrument de prédilection pour la maturation d'une preuve de concept jusqu'au niveau de la démonstration technologique. Ensuite, si ce démonstrateur technologique vient impacter un marché existant, la start-up se voit proposer l'implémentation de sa solution dans les programmes des grands groupes opérant sur le marché respectif et cela se réalise généralement par un accord d'association ou souvent par des prises de capital (voir du contrôle) par les grands groupes. Sinon, la start-up se développe, suite à des nouvelles levées des capitaux, sur le nouveau marché de niche qu'elle est en train de créer.

Pour pallier, entre autres, ce genre d'asymétries existantes, l'Etat français a mis en œuvre dans les dernières années des instruments comme les Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies (SATT) et les Instituts de Recherches et Technologies (IRT), deux mécanismes positionnés génériquement dans le graphique entre les niveaux de maturité technologique correspondants aux Preuves de Concepts et Démonstrateurs de Technologies.

La différence entre ces deux instruments est de taille. Les SATT sont supposés fonctionner dans une approche *Technology Push*, pour maturer les technologies émergentes développées par les laboratoires publics afin de proposer des licences sur le marché. Les IRT sont utilisés en approche *Market Pull* pour décliner les feuilles de route stratégiques entre les grands groupes intégrateurs et leurs équipementiers de rang 1 en utilisant aussi les compétences des laboratoires de recherches dans un esprit campus et de remise au niveau de tous les participants.

### **3.2. Instruments de Veille Technologique**

Les Grands Groupes, comme on l'a vu dans le Graphique précédent, ouvrent leurs entonnoirs des programmes afin d'essayer d'implémenter des démonstrateurs de technologies émergentes ayant été développés par ailleurs.

Pour cela ils ont mis en œuvre divers instruments de détection de ce genre de technologies émergentes. Ainsi, la majorité des groupes industriels aérospatiaux se retrouvent représentés dans les comités de sélection de l'Incubateur Aérospatial Starburst animé par Impulse Partners.

Celui-ci scrute et challenge diverses Start-Up européennes mais aussi à Singapour, aux Etats-Unis... et propose les pitches de ces start-up devant les grands groupes partenaires après la sélection et la qualification de celles-ci. Si intérêt, l'incubateur propose un programme d'accompagnement à la jeune entreprise avec le parrainage éventuel d'un ou plusieurs grands groupes.

Mais, ces mêmes représentants, sont présents aussi aux séances de pitch pour les start-up présentés par les autres incubateurs-accélérateurs comme NUMA, The Family, Station F...

Lors des nouveaux échanges eus par l'auteur, à l'occasion de sa prise de fonction en tant que directeur de la stratégie et du développement du pôle SAFE, avec ces représentants des grands groupes rencontrés au préalable lors de ce genre de séance de pitch proposés par les divers incubateurs – accélérateurs, est apparu le besoin de ces groupes de scruter aussi le monde des PME, au-delà des entreprises déjà incluses dans leur cercle de fournisseurs.

Pour tenter de répondre à ce besoin, le pôle SAFE, a mis au point la première Charte d'Open Innovation territoriale [POL 16], qu'il a signé avec plus de 10 Grands Groupes s'engageant sur des pratiques partenariales avec les PME (notamment sur la PI), 3 autres Pôles de Compétitivité (Optitech, Pole Mer et Eurobiomed), la DGA et la région PACA avec la participation de son Vice-Président, Renaud Muselier en septembre 2016.

Ainsi, il a été depuis rendu possible l'organisation de deux comités Open Innovation lors desquels une trentaine des PME (majoritairement de la région PACA) ont pu « pitcher en mode Start-Up » devant les Grands Groupes signataires de cette charte pour présenter leurs technologies émergentes ; l'accélérateur Pegase Croissance (filiale du pôle SAFE) se posant en garant d'un processus de maturation autant technologique qu'économique réussi, en cas d'intérêt manifeste de la part d'un grand Groupe.

Ce genre d'outils permettant la veille technologique pour les grands groupes est appelé à se développer, se diversifier et bien sûr venir en complément des cellules de veille dont certains grands groupes se dotent en propre.

### **3.3. Difficulté d'implémentation des Start-up et PME dans les programmes des Grands Groupes**

Toutefois, il est bien admis qu'il y a aussi des difficultés dans la relation entre les grands groupes et les PME non seulement pour les Achats mais également lors de l'implémentation des technologies émergentes développées par les PME dans le cadre des programmes des Grands Groupes.

Témoin de ces difficultés, la création au sein de la médiation d'entreprise, sur l'impulsion et la conduite de Pierre Pelouzet avec lequel l'auteur a aussi eu la chance d'échanger, d'une structure de médiation sur l'innovation qui commence à montrer ses effets positifs (<https://www.economie.gouv.fr/mediateur-des-entreprises/innover-ensemble>).

Un exemple idoine en ce sens a été fourni par Fabrice Vuillaumé lors de la Conférence de Toulouse Business School organisée en mai 2015 sur l'innovation (<http://www.tbs->

[education.fr/fr/actualites/conference-debat-comment-transformer-innovation-en-business](http://education.fr/fr/actualites/conference-debat-comment-transformer-innovation-en-business)). Ainsi, celui-ci en représentant de Bruno Gutierrez annoncé pour présenter le Bizlab d'Airbus, avait montré les difficultés d'implémentation sur le programme d'Airbus 320 d'une solution déjà existante au sein du groupe, le ROPS appliqué à l'A 380.

A la demande des compagnies aériennes, suite à la maturation du projet par ce qui à l'époque s'appelait la Business Nursery, il a été décidé de lancer une nouvelle Business Unit pour installer le système ROPS à bord des A 320 via le marché du retro fit de ces avions. C'est après 7 ans, que la direction programme d'A 320 a décidé de monter le système à bord des nouveaux avions aussi.

Cet exemple, parmi d'autres, a servi de généralisation de la méthode Business Nursery pour construire et lancer le BizLab d'Airbus dont le mode de fonctionnement ne fait pas l'objet de cet article mais pour lequel des nombreuses revues de presse existent.

Un autre exemple d'instrument mis en œuvre toujours pour réussir l'implémentation des technologies émergentes développées par des PME au sein des programmes des Grands groupes est celui de l'Accélérateur Pégase Croissance. Celui-ci, filiale du Pole Pégase (devenu après la fusion avec le Pole Risques, le pole SAFE) a reçu une partie de son financement, en consortium justement avec le Pole Pégase, de la part du Commissariat Général à l'Investissement, qui gère le Programme d'Investissement d'Avenir (PIA), sur la base de l'Outil de financement dédié au Programme national d'amélioration de la performance de la *Supply Chain* aéronautique - Performances Industrielles - GIFAS (PI-GIFAS, <http://www.space-aero.org/projet-performances-industrielles/>).

Cet Outil de Financement du PIA a comme maître d'œuvre l'association SPACE et son but déclaré est le renforcement de la chaîne des fournisseurs des grands groupes membres de cette association professionnelle qu'est le GIFAS.

Cette initiative que fut l'Accélérateur Pégase Croissance a ensuite été suivie par la Business Nursery (BSI) du pole Aerospace Valley et récemment par le lancement de l'Accélérateur GIFAS-BPI avec le comité Aéro-PME (du GIFAS) [GIF 17] ayant comme but l'accélération de soixante PME françaises faisant partie de la *Supply Chain* aéronautique.

#### **4. Nouvelles Pratiques : sortir des TRL - approche Démonstrateur Technologique Agile**

Ce derniers mois l'auteur a constaté une nouvelle tendance dans les pratiques d'innovation des grands groupes. Cependant ces pratiques, portant sur des projets industriels en cours sont frappées du sceau de la confidentialité.

Toutefois, un exemple éclairant a été rendu public lors de la conférence Marcus Evans sur les stratégies de R&D du mois de novembre 2017 à Paris-CDG. En effet, Georges de Pelsemaeker, ex directeur de la R&D de Valeo Thermal a présenté le projet de constitution d'un nouveau business unit de Valeo, unité dont il est devenu le directeur, *Health and Well Being*. Pour cela, cette activité a été excubée dans l'accélérateur Drai du campus de Polytechnique où des agents de Valeo y travaillent ensemble avec des start-ups pour la réalisation en direct d'un démonstrateur technologique en mode agile.

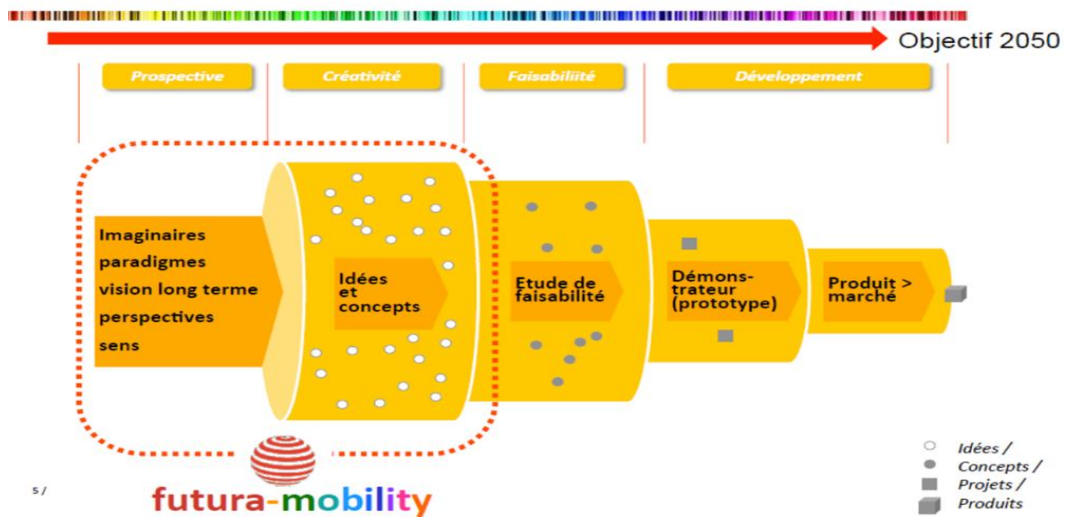


Figure 4. Approche innovation Preuve de Concept - Démonstrateur Technologique (Source : Futura-Mobility)

Récemment la figure numéro 4 a été présentée par l'association Futura-Mobility, association regroupant entre autres Airbus, Safran mais aussi des acteurs comme la SNCF, Keolys... On peut voir dans cette image que les mots Recherche et Technologie ont complètement disparus et se sont fait remplacer par les mots Preuve de Concepts et Démonstrateurs Technologiques. Cette approche d'innovation qui sort de l'échelle TRL représente une tendance lourde car de nombreux autres interlocuteurs tenus par la confidentialité ont confirmé ce genre de projets auprès de l'auteur.

Ces grands groupes commencent donc à explorer l'intégration des preuves de concepts développées par ailleurs (laboratoires et start-up) en mode plateau commun de travail et en mode agile, étant capable de redéfinir le cahier de charges autant de fois que nécessaires. En réalité la maquette numérique (*virtual mockup*) jumelle du démonstrateur technologique en TRL 6 est complètement achevée quand l'avancement physique (*hardware*) ne se fait que par validation et tests sur des échantillons représentatifs. On obtient donc, à la fin de cette phase de démonstration agile, tous les paramètres relevant du *Design to Cost* ainsi que les bonnes régressions, sans avoir fait les grandes boucles itératives caractéristiques des grands Cycle en V des programmes industriels. Ainsi on entre bien dans la phase des programmes d'industrialisation du premier coup et en maîtrisant les risques (réduction du *Fear Factor*).

#### 4.1. Nouvelles Pratiques : L'exemple de Akka Technologies et son positionnement stratégique

La figure numéro 5 présente clairement cet enchaînement Démonstrateur Technologique Agile avec le Cycle industriel en V (Conférence Markus Evans, 2017) [PAU 17].

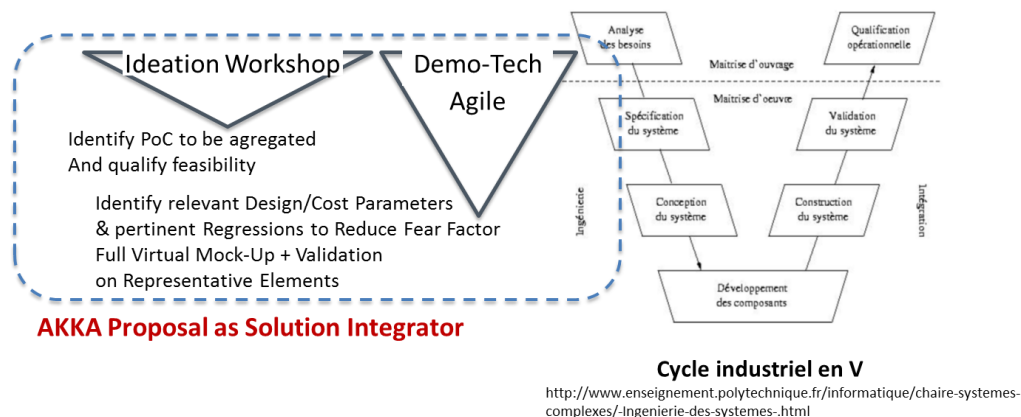
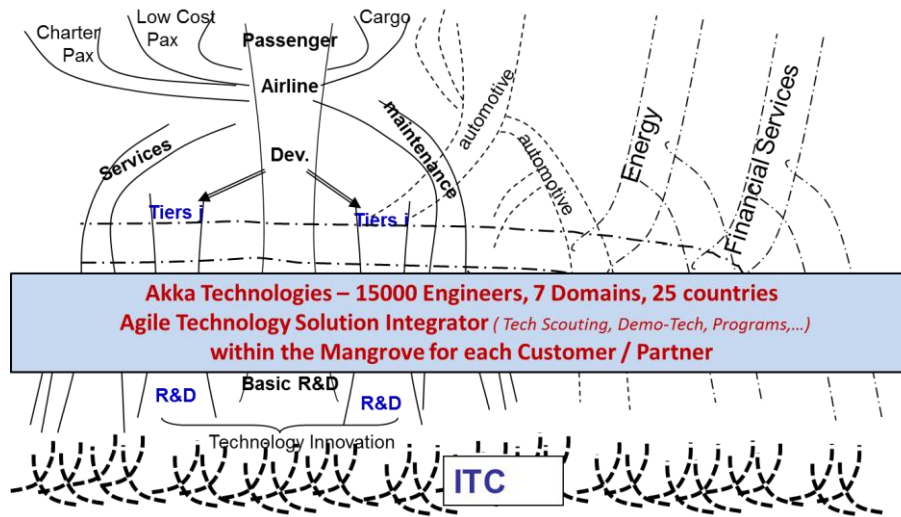


Figure 5. Enchaînement Workshop Idéation – Démonstrateur Agile – Programme

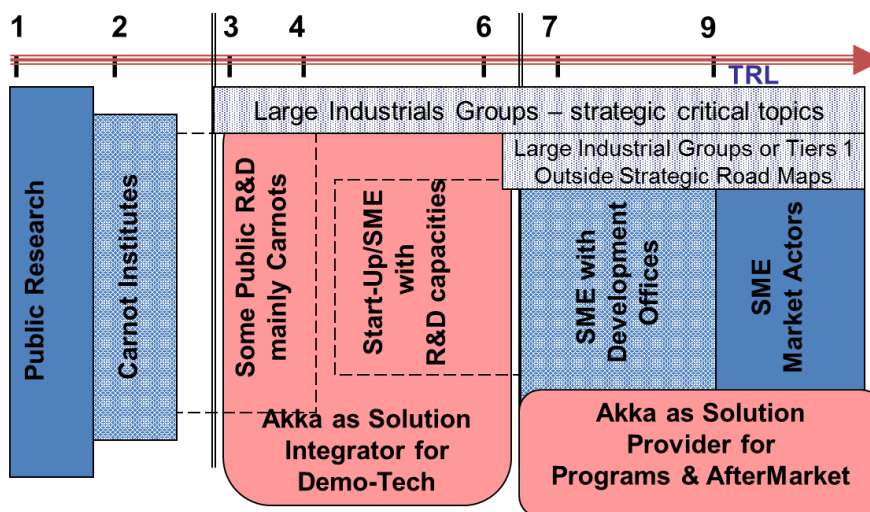
A ce type d'enchaînement le groupe Akka Technologies propose d'ajouter systématiquement un Workshop d'Idéation afin de bien identifier les usages possibles pour le démonstrateur technologique agile sur la base d'une identification, sélection et qualification des Preuves de Concepts à agréger afin de construire la solution technologique globale. Certains des grands groupes procèdent ainsi aussi, en interne ou faisant appels a des consultants en *design thinking*.

Le positionnement transversal, sur 7 domaines d'activités dans la forêt de mangrove décrite dans le chapitre II, du Groupe Akka Technologies, représenté en figure numéro 6 lui permet en effet d'assurer une veille technologique efficace est d'être ainsi très performant sur la tâche d'identification des Preuves de Concepts qui seront agrégées dans la réalisation, par Akka Research et/ou ses Business Unit, des Démonstrateurs Technologiques qui lui sont propres ou réalisé en partenariat avec ses Clients Grands Groupes.



**Figure 6.** Positionnement transversal multisectoriel du groupe Akka Technologies dans la Forêt de Mangrove de la Distribution de Valeur

Ces mécanismes ainsi que son positionnement stratégique dans la « Forêt de Mangrove » permettent en effet au Groupe Akka de se positionner avec succès comme Intégrateur de Solution Technologiques, ainsi que présenté dans la figure numéro 7 suivant.



**Figure 7.** Positionnement de Akka Technologies comme Intégrateur de technologies

## 5. Perspectives et conclusions

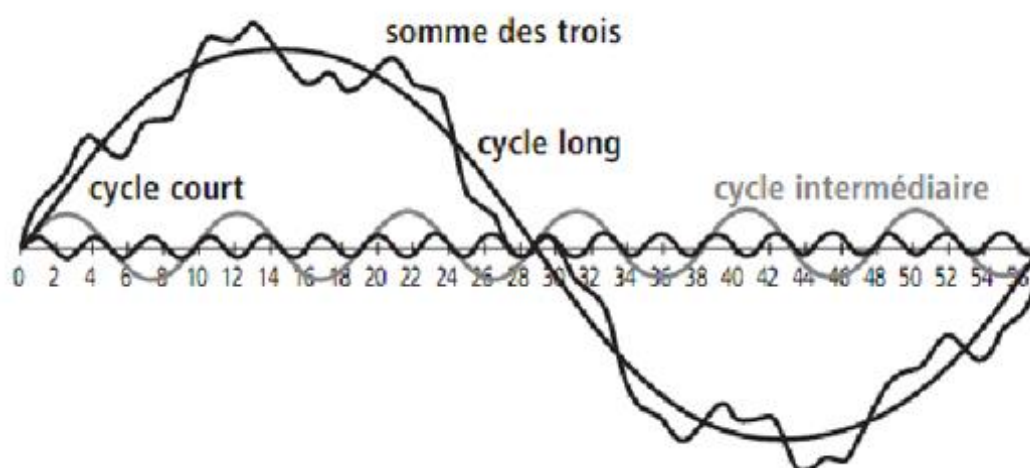
### 5.1. Raccourcir les cycles d'innovation de Schumpeter. L'importance des outils d'accélération de l'innovation

Schumpeter [SCH 39], considéré comme le plus radical des économistes du 20<sup>e</sup> siècle, avait souligné l'importance de l'innovation pour la croissance économique en tant que « Destruction Créatrice » associée avec ces cycles industriels de croissance. Pour Schumpeter une économie saine n'est pas une économie en équilibre mais une économie qui est constamment disruptive de par l'occurrence de l'innovation, occurrence rendue possible en raison de l'existence des leviers de support à la prise de risque. Chaque cycle d'innovation industrielle est unique et génère, grâce à différents acteurs et clusters industriels innovants, une croissance relevant du développement de trajectoires longues de maturation de la technologie, suivies par un ralentissement de la croissance et l'émergence de nouvelles innovations créant les conditions d'une nouvelle croissance économique (exemple dans le domaine des textiles ou du fer au 18<sup>e</sup> siècle, des machines à vapeur ; transport ferroviaire et l'acier au 19<sup>e</sup>, l'électricité, la chimie et les moteurs à combustion interne au 20<sup>e</sup> siècle).

Le rôle des entrepreneurs est essentiel dans ce processus de « destruction créatrice » permettant à l'économie de se renouveler à travers ces révolutions industrielles successives. L'évolution est donc de nature cyclique, procédant par vagues simultanées, avec une phase d'expansion marquée par l'apparition en « grappes d'innovation » de nouvelles combinaisons productives. L'innovation génère des nouvelles entreprises (fournisseurs, clients, puis imitateurs) qui s'approprient des nouveaux marchés qui permettent la création des nouvelles entreprises et ainsi de suite.

Le 5<sup>ème</sup> cycle d'innovation (commencé fin des années 1980s) basé sur les semi-conducteurs, les fibres optiques, le génie génétique, le développement logiciel arrive à maturité (pour certains économistes ceci explique le ralentissement des Etats Unis au début de 1990 avant d'entamer une nouvelle croissance). Ce constat tend à démontrer que les longs cycles d'innovations radicales chez Schumpeter- Kondratiev de 50 – 60 ans se raccourcissent à 30-40 ans.

On observe également une tendance généralisée de la part des industriels et des pays à ne pas laisser au hasard l'émergence des nouveaux cycles d'innovation (des longues vagues d'innovation), mobilisant des départements et des outils pour identifier des technologies phares capables de générer de nouveaux marchés et d'accélérer les processus d'innovation. En effet, c'est dans les phases de croissance et d'expansion au début d'un nouveau cycle d'innovation que les acteurs peuvent envisager des marges importantes, en contribuant notamment à l'établissement de standards, et à s'imposer comme leaders de ces nouveaux marchés.



**Figure 8.** Business Cycles, Schumpeter, 1939

Schumpeter arrive à la conclusion que le ressort de l'évolution économique repose surtout sur l'offre et que ce n'est pas le besoin des consommateurs qui impose la loi au système de production mais que celle-ci est plutôt due aux certains des producteurs – les entrepreneurs – qui répondent aux besoins des marchés par leur offre innovante. Ce qui fait l'entrepreneur Schumpetérien est la capacité de mettre en œuvre de nouvelles combinatoires productives de cinq types : la fabrication d'un nouveau bien, l'introduction d'une nouvelle méthode de production, l'ouverture d'un nouveau débouché, la conquête d'une nouvelle source de matière première ou la réalisation d'une nouvelle organisation. Par exemple, Henry Ford n'est pas encore entrepreneur au sens de Schumpeter en 1905 mais il le devient en 1909 quand il introduit le Modèle T, et ensuite avec la division du travail dans l'industrie automobile, quand il pratique la baisse progressive des prix et multiplie par deux les salaires de ses ouvriers. Etre entrepreneur est donc se faire l'agent du changement, c'est rompre avec la routine, bousculer les habitudes (des collaborateurs mais aussi des consommateurs, des concurrents). Pour Schumpeter, ce qui anime l'entrepreneur ce n'est pas toujours l'appât du gain mais des raisons irrationnelles comme la recherche de reconnaissance et de puissance, le goût de la victoire, la joie de créer.

Ce sont ces mêmes valeurs qui peuvent être retrouvées aujourd'hui dans les raisons qui animent la volonté des INTRA-PRENEURS existant dans les Grands Groupes pour l'innovation ouverte, afin d'innover ensemble avec des écosystèmes composés de start-up et de PME.

Schumpeter parle [SCH 39] des GRAPPES D'INNOVATION et des TROUPES DES ENTREPRENEURS, des TIRS GROUPES pour souligner que le changement suscite le changement et réussi à se propager, s'imposer ainsi comme un nouveau cycle d'innovation.

Dans la continuation des intuitions et anticipations de Schumpeter concernant le pouvoir des écosystèmes d'innovation et du rôle de la collaboration dans les processus d'innovation, les stratégies d'accélération de l'innovation se construisent aujourd'hui en intégrant la pratique de l'innovation ouverte, des processus collaboratifs par excellence, qui arrivent à intégrer une grande diversité des acteurs.

En articulant à la fois les déterminants de l'offre ainsi que de la demande (grâce à des processus d'innovation collaborative avec les clients, les consommateurs, les offreurs de technologie externes à son entité, les outils DRL-TRL [PAU 13]), les cycles d'accélération de l'innovation peuvent être qualifiés d'« hybrides » en raison de la variation de leurs ampleurs dans le temps mais aussi de la superposition des trajectoires d'innovation sectorielle classiques et des trajectoires d'innovation fonctionnelles (émergence des nouveaux secteurs englobant comme la mobilité avec nouveaux usages et besoins multi secteurs) associant souvent plusieurs secteurs. Ainsi, on peut identifier des petits cycles d'innovations sectorielles avec des Start-up et PME qui expérimentent sur des cycles courts des innovations dans des secteurs différents mais bien identifiés, produisant de véritables preuves de concepts pour les grands groupes.

Ceux-ci sont alors capables d'intégrer des innovations provenant de plusieurs secteurs (par exemple la voiture électrique ou la voiture autonome) sur des cycles d'innovation intermédiaires mais aussi développer des partenariats sur des cycles d'innovation plus longs (comme pour les investissements dans l'intelligence artificielle).

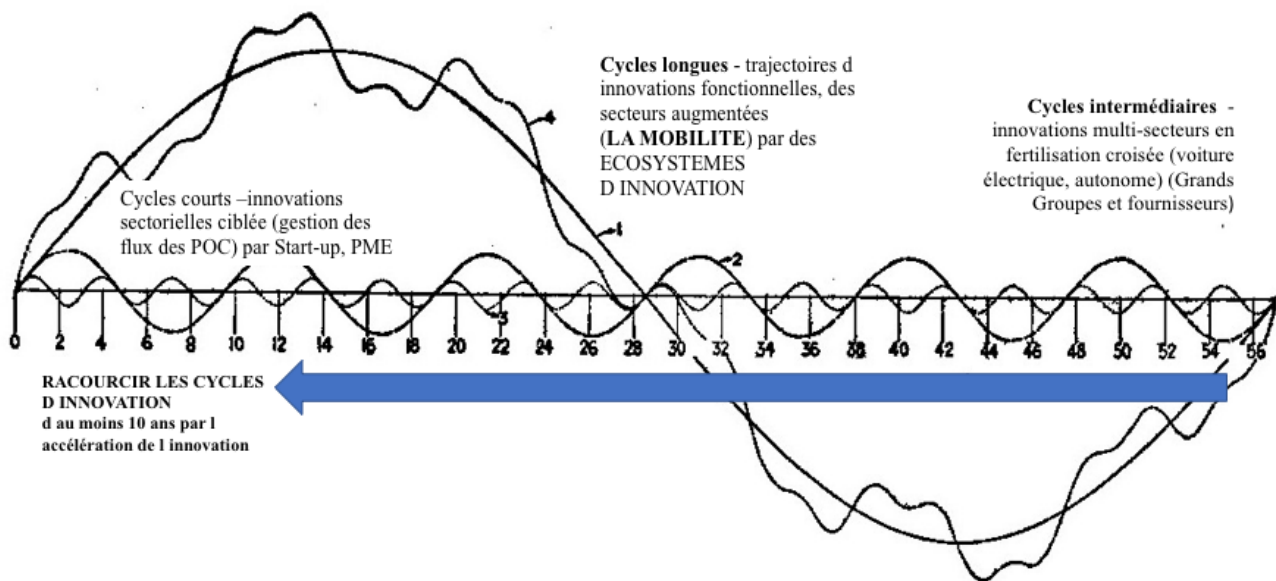
Ce type de cycles est construit par des écosystèmes d'innovation collaborative (grands groupes, territoires, institutions, PME, ETI, Start up) qui génèrent collectivement des évolutions sur des trajectoires d'innovation fonctionnelles. Ces cycles apparaissent donc dans ce qu'on peut décrire comme des secteurs augmentés comme par exemple « la mobilité » qui doit intégrer en même temps les trajectoires d'innovations des secteurs automobile, de l'aménagement du territoire (les *Smart Cities*), de la gestion des flux (les *Smart Grids*), du numérique, de la santé, de l'environnement, etc.

L'accélération de l'innovation ne semble plus homogène (comme dans la représentation de Schumpeter) car une trajectoire d'innovation sectorielle à cycle court par une PME peut évoluer, grâce

à des outils collaboratifs et des incitations fiscales et organisationnelles, dans une trajectoire d'innovation à la fois plurisectorielle (de fertilisation croisée) avec un partenariat d'un grand groupe hors de son secteur initial, et fonctionnelle, contribuant ainsi à des innovations radicales sur des secteurs augmentés. Ces cycles d'innovation radicale qui, pour [KON 28], duraient entre 50 et 60 ans sont accélérés par les processus d'innovation collaborative, d'innovation ouverte, grâce à la porosité intersectorielle. Ces nouvelles interdépendances entre les innovations de certains acteurs engagés dans un cycle court d'innovation, sur d'autres acteurs inscrits dans des cycles intermédiaires voire longs, peuvent favoriser (grâce aux usages de nouveaux outils et pratiques) le développement des innovations dans plusieurs secteurs et ainsi raccourcir les cycles d'innovation.

A titre d'exemple, les démonstrateurs technologiques agiles et dans le futur proche l'intelligence artificielle peuvent accélérer l'innovation et donc raccourcir les cycles d'innovation.

**INTERDEPENDANCE** des trois cycles (causalité récursive) et **ACCELERATION** réciproque des innovations des trois cycles grâce en outre aux **DEMONSTRATEURS TECHNOLOGIQUES AGILES**



© Paun, 2017, Accélération de l'innovation grâce au démonstrateurs technologiques agiles.  
Une adaptation des travaux de Schumpeter sur les Cycles d'innovation intégrant les pratiques de l'innovation ouverte

**Figure 9.** Accélération des Cycles d'Innovation

Comme le suggère la figure 9, le schéma schumpeterien de superposition des cycles d'innovation ne repose plus sur la simple somme des trois typologies des cycles industriels mais sur leur interdépendance et donc la capacité d'auto-accélération mutuelle, en vertu d'une causalité récursive [MOR 11].

## 5.2. Conclusions et perspectives

Gagner en agilité par la nouvelle approche de démonstrateurs technologiques agiles est devenue une tendance générale constatée au sein du GEAD (Groupement des équipementiers français aéronautique et défense) mais aussi, comme on l'a vu, auprès des équipementiers de l'automobile. Il y a fort à parier que ce que les pionniers mettent en œuvre aujourd'hui se généralisera comme pratique commune à l'horizon de quelques années.

Eu regard des attentes de réduction du temps de développement des nouveaux produits sur ces marchés on peut prédire que cette tendance se généralisera dans un maximum de 5 ans pour l'aéronautique et 3 ans pour l'automobile, sous peine de risques d'activités pour les retardataires.



Cela signifie que les centres de R&D propres aux Grands Groupes, comme ceux des institutions publiques, devons faire évoluer leurs modèles d'affaires pour devenir non plus des Centres de Compétences et d'Expertise mais des Centres de Production des Preuves de Concept (PoC) disponibles sur « étagère ».

Les Centres de R&D industriels devront de surcroît être capables d'intégrer ces PoC sous formes de démonstrateurs technologiques agiles qui seront réalisés aussi par l'absorption d'une partie des Bureaux d'Etudes existant actuellement au sein des Grands Industriels, à côté de leurs centres R&D.

Les PoC seront proposées en compétition par les centres R&D et les Start-Up. Les PME devront saisir leur chance dans les deux types d'activités ; propositions de PoC comme réalisation des Démonstrateurs Technologiques au moins pour des sous-systèmes.

Tout ceci pourrait cependant assécher le réservoir de proposition des nouvelles PoC à terme, sur une logique d'innovation cyclique de type Juglar – Kitchin... sans compter éventuellement, en association avec le déferlement en cours des technologies d'Intelligence Artificielle, sur une accélération des cycles d'innovation longs de type Kondratiev.

Afin d'éviter une éventuelle décélération après une première phase de croissance qu'on peut prédire sur au moins 5 ans il est donc nécessaire de garder constant les efforts de financement de la Recherche Fondamentale et Appliquée en plus de l'activité de production des PoC que les centres de R&D vont embrasser en raison de cette tendance observée sur le marché.

## Bibliographie

- [ABE 75] ABERNATHY WJ., UTTERBACK JM., *A dynamic model of process and product innovation*, Editions Omega, 1975, 3(6): p. 639–56, 1975.
- [AIT 06] AIT-EL-HADJ S., BRETTE O., « L'apport de la science des systèmes techniques à la maîtrise de la conception pour une systémique technologique appliquée », dans *Innovation, management des processus et création de valeur* Editions L'Harmattan, Paris, p. 67-83, 2006.
- [BOU 99] BOUTILLET, S., UZUNIDIS, D., *La légende de l'entrepreneur. Le capital social, ou comment vient l'esprit d'entreprise*, Editions La Découverte et Syros, Paris, p. 18, 1999.
- [BRE 06] BRENNER R., *The Economics of Global Turbulence, The Advanced Capitalist Economies from long Boom to long Downturn, 1945-2005*, Londres, 2006.
- [CAR 17] CARNOT, *Association Institut Carnot*, <http://www.instituts-carnot.eu>, 2017.
- [CHE 03] CHESBROUGH H. W., *Open innovation*, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press, 2003.
- [CHE 08] CHESBROUGH H., VANHAVERBEKE W., et WEST J., *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, OUP Oxford, p. 400, 2008.
- [COR 02] CORIAT B., WEINSTEIN O., « Organizations, firms and institutions in the generation of innovation », *Research Policy*, 31, 273-290, 2002.
- [POL 16] POLE SAFE CONFERENCE, PACA, *SAFE DAY*, <http://www.safecluster.com/safe-day-lapres>, 14 September 2016.
- [ROS 00] DE ROSNAY J., *L'homme symbiotique. Regards sur le troisième millénaire*, Le Seuil, Paris, 1995, 2000.
- [DEL 17] DELAVILLE, L., <https://fr.linkedin.com/in/laurent-deleville-78b7a81>, 2017.
- [FRE 01] FREEMAN C., LOUCA, F., *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- [FRE 88] FREEMAN C., PEREZ C., « Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour » In G. DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G. et SOETE L., (eds), *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter, p. 38-66, 1988.
- [GIF 17] GIFAS, « Performances industrielles », dans *Conférence PI-GIFAS*, <http://www.space-aero.org/projet-performances-industrielles>, 2017.

- [JUG 62] JUGLAR C., *Des crises commerciales et de leur retour périodique en France, en Angleterre et aux Etats-Unis*, Paris, Guillaumin et Cie Edition, 1862.
- [KIN 06] KINGSTON W., SCHUMPETER J.A., *Business Cycles and Co-evolution, Industry and Innovation* Vol. 13, Iss. 1, <https://doi.org/10.1080/13662710500513474>, 2006.
- [KNE 12] KNELL M., ROBERTSON P., *Innovation, Diffusion and Schumpeter's Business Cycles Today*, Scribd Inc., 2012.
- [KON 28] KONDRATIEV N., « The long wave cycle ». *Reprinted in Foundations of long wave theory*, Vol. 1, ed. F. Louca and J. Reijnders, 25-138. Cheltenham: Edward Elgar. 1928 (1999).
- [KUH 62] KUHN T.S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press 1962.
- [LEM 14] LEMOINE P., La nouvelle grammaire du succes. Transformation numérique de l'économie française, 2014. (Rapport remis aux Ministres Emmanuel Macron, Marylise Lebranchu, Thierry Mandon et Axelle Lemaire le 7 novembre 2014.)
- [MAN 95] MANKINS J.C., *Technology Readiness Levels*, A White Paper, April 6, Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology, NASA, 1995.
- [MOR 11] MORIN E., *La Voie, Pour l'avenir de l'humanité*. Paris, Fayard, 2011.
- [NOL 02] NOLAN P., SUTHERLAND D., and J. ZHANG J., The Challenge of the Global Business Revolution, *Contributions to Political Economy*, 22.1, p. 91-110, 2002.
- [OKU 70] OKUN A., *The Political Economy of Prosperity*, Washington, DC 1970, p. 33, 1970.
- [PAU 11] PAUN F., « From managing information asymmetries towards systemic asymmetries approach in technology transfer and innovation strategies: An economic analysis of the SME strategy at ONERA – the French Aerospace Lab », *IUP Journal of Knowledge Management*, vol. IX, n° 4, October, 2011b.
- [PAU 12] PAUN F., « The Demand Readiness Level Scale as New Proposed Tool to Hybridize Market Pull with Technology Push Approaches in Technology Transfer Practices, in *Technology Transfer in a Global Economy* », Springer series: *International Studies in Entrepreneurship*, vol 28, 397 p, 2012.
- [PAU 12] PAUN F., VON TUNZELMAN N. & RICHARD P., « Asymmetries and dynamic interactive capabilities in technology transfer between ONERA – the French Aerospace Lab<sup>TM</sup> and SMEs », *Journal of Innovation Economics & Management*, 1, p. 103-137, 2012.
- [PAU 13] PAUN F., « Technological Entrepreneurship and Asymmetries », dans Carayannis E. (Ed.) *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*: 2013, p. 224-229, 2013.
- [PAU 13] PAUN F., « Technology Push and Market Pull Entrepreneurship », dans Carayannis E. (Ed.) *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*: Springer, 2013.
- [PAU 14] PAUN F., *J'innove, donc je suis ! Visionnaires du XXIe siècle*. Editions L'Harmattan, p. 27-92. <http://www.ubifrance.fr/0019782343020051+j-innove-donc-je-suis-.html>, 2014.
- [PAU 14] PAUN F., « Du TRANSPORT à la MOBILITE. Une innovation sociétale qui démultiplie la création de valeur partagée », *Sommet International de l'Innovation*, <http://www.utc.fr/intervenants-sommet-international-innovation.php>, 2014.
- [PAU 14] PAUN F., *TOUS ENTRE-PRENEURS. La croissance du XXIe siècle a l'heure entrepreneuriale. ENTREPRENEURIAL AGE*. Editions L'Harmattan, Paris, (en français et en anglais, repris par UBIFRANCE = <http://www.ubifrance.fr/0019782343037400+tous-entrepreneurs-.html>), 2014.
- [PAU 17] PAUN F., « Stratégies clés de performance de la Recherche et Développement. Améliorer la performance des processus, augmenter la rentabilité et gagner en capacités d'innovation », dans Conférence Marcus Evans, 5ème Edition, le 27 novembre 2017.
- [PAU 17] PAUN F., « Nouvelles Stratégies et outils d'innovation ouverte », dans *Conférence et cours*, l'Ecole de l'Innovation ANRT, Master Aerospace Project Management, Ecole de l'Air, ISAE et ENAC, MBA Toulouse Business School, ESEO Angers, 2015-2017.
- PECRESSE Law – Law no. (2007)-1199 of August 10th 2007 relating to the freedoms and responsibilities of universities - NOR: ESRX0757893L, J.O. of 11/08/2007 text: no. 2 (page 13475), 2007.
- [POR 11] PORTER, M., *Creating Shared Value*, Harvard Business Review, 2011.

- [RAD 12] RADJOU N., PRABHU J. et ABUJA S., *Jugaad Innovation: Think Frugal, Be Flexible, Generate Breakthrough Growth*, San Francisco: Jossey-Bass, 2012.
- [ZET 15] ZETING L. et LAPERCHE B., *The knowledge capital of SMEs: The French paradox*, *Journal of Innovation Economics & Management* 2/2015 (n°17), p. 27-48 URL : [www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2015-2-page-27.htm](http://www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2015-2-page-27.htm).DOI:10.3917/jie.017.0027, 2015.
- [SEN 85] SEN A., *Commodities and Capabilities*, North-Holland, Amsterdam, 1985.
- [SCH 39] SCHUMPETER J.A., *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, New York: McGraw-Hill, 1939.
- [SCH 39] SCHUMPETER, J.A., *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. London: McGraw-Hill, 1939.
- [TUC 02] TUCKER et al., *Driving growth through innovation: how leading firms are transforming their futures*, San Francisco Berrett – Koehler, 2002.
- [VEB 63] WEBLEN, T., *The Instinct of Workmanship, and the State of the Industrial Arts*, New York, Augustus Kelley, 1963.
- [TUN 95] VON TUNZELMANN G.N., *Technology and Industrial Progress: The Foundations of Economic Growth*. Cheltenham: Edward Elgar, 1995.
- [WHE 02] WHEATLEY, M. J., *Innovation means relying on everyone's creativity*, Retrieved November, 2002
- [XU 07] XU, Q. et al., TIM (*Total Innovation Management*) – « A paradigm of innovation management in the 21st Century », *Journal of Technology Transfer*, 32 (1-2), p. 9-25, 2007.

---

<sup>1</sup> Ceci rappelle, par analogie, les Capabilités Dynamiques [SEN 85] et renvoie à un exemple particulier sur le développement de ces capacités par les PME absorbant la technologie développée par l'ONERA à la suite d'un procès de transfert de technologie comme décrit par l'auteur dans un ouvrage antérieur [PAU 12].

<sup>2</sup> Cette asymétrie d'information technologique a déjà été présentée par l'auteur dans son ouvrage antérieur, ainsi que les autres asymétries liées à la Culture (instinct de artisan versus instinct de prédateur au sens de [VEB 14], l'échelle de temps (3 ans liés à la Thèse de doctorat pour les laboratoires de R&D publics comme unité de mesure du temps contre un mois pour les PME) et celle liée au risque financier (voir la mise en œuvre du contrat de développement à risque et bénéfice partagés entre ONERA et les PME).