Les cahiers du Master PIC

DOSSIER 2 : L'OPEN INNOVATION AU CONCRET

Cahier du master PIC n° 7

# Gestion d'un processus d'émergence et de structuration d'un écosystème : le cas du projet AI.DreAM

Agnès de Varine
Altran

Christophe Midler
Centre de Recherche en Gestion I[3]

Préface d'Henri Souchay
Clinical Research Manager France, GE Healthcare

Juin 2020

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

IP PARIS

Copyright © 2020 L'Observatoire Projet Innovation Conception – École polytechnique

L'Observatoire Projet Innovation Conception encourage, sous réserve de citation (référence bibliographique et/ou URL correspondante), la reproduction et la communication de ses contenus, à des fins personnelles, dans le cadre de recherches ou à des fins pédagogiques. Toute utilisation commerciale (en version imprimée ou électronique) est toutefois interdite.

Sauf mention contraire, les opinions, interprétations et conclusions exprimées sont celles de leurs auteurs, et n'engagent pas nécessairement l'Observatoire Projet Innovation Conception et l'École polytechnique en tant qu'institution ni les individus ou les organisations consultés dans le cadre de cette étude.

Citation : Agnès de Varine, Christophe Midler (2020). « Gestion d'un processus d'émergence et de structuration d'un écosystème : le cas du projet AI.DreAM ». *Les cahiers du Master P.I.C.* N° 7, Observatoire Projet Innovation Conception – École polytechnique, Paris, France.

## AVANT-PROPOS

Ce cahier est issu du mémoire de Master Projet Innovation Conception d'Agnès de Varine. Il exploite les résultats de la recherche qu'elle a menée pendant 12 mois avec l'entreprise GE Healthcare. Ce travail est le fruit d'un travail collectif impliquant, avec l'auteur du mémoire, le tuteur académique, Christophe Midler et le tuteur entreprise, Henri Souchay Clinical Research Manager France pour GE Healthcare, responsable du projet AI.DreAM pour l'entreprise. Nous tenons à remercier tous les acteurs qui ont permis ces collaborations sans lesquelles le master PIC, dans sa vocation d'articuler théorie et pratique, ne pourrait pas exister.

## LES AUTEURS

**Agnès de Varine,** Ingénieure consultante Altran, GE Healthcare pour son projet de Master PIC.

**Christophe Midler** est directeur de recherche CNRS émérite au Centre de recherche en Gestion I³, professeur dans le master PIC et membre de l'Académie des Technologies.

Pour toute question sur cette publication, contacter :

christophe.midler@polytechnique.edu

## RÉSUMÉ

L'essor rapide des nouvelles technologies conduit à un monde de l'innovation de plus en plus complexe et global. Cela encourage la formation d'écosystèmes d'innovation, constitués de plusieurs partenaires industriels qui coopèrent pour mener des projets de rupture de grande échelle. Peu de recherches ont porté sur le processus de leur émergence, depuis le choix des orientations à explorer et des acteurs à associer jusqu'à la structuration globale de l'écosystème. Sur la base de l'étude du projet AI.DReAM de GE Healthcare, qui s'efforce d'explorer le potentiel des technologies d'intelligence artificielle pour les soins de santé, trois phases ont été identifiées dans ce processus. La première phase consiste en une exploration large de l'environnement afin de produire des connaissances technologiques et commerciales solides avant que les orientations et les partenaires du projet puissent être choisis. La deuxième couvre le recrutement des partenaires et leur alignement sur les objectifs des work packages définis. Elle s'effectue par le biais d'échanges de connaissances étendus entre les partenaires, afin de produire des connaissances relationnelles et de réduire le risque d'interdépendance associé à un projet de collaboration. Enfin, la troisième phase est celle de la structuration de l'écosystème, de la dynamique de résolution des goulots apparaissant dans le projet et de son déploiement global.

Ce cahier de master PIC étudie ces processus d'émergence et de déploiement à la lumière de plusieurs cadres théoriques : management des projets d'exploration ; théorie de l'acteur réseau ; strategies de management d'écosystèmes et des plateformes bifaces. Après un centrage sur le développement d'ensemble du projet, il se centre sur l'analyse du rôle de deux acteurs clés : les acteurs publics qui ont joué un rôle important dans l'amorçage initial du projet, et l'entreprise focale, architecte de l'écosystème naissant : GE HealthCare. Il analyse quelles réponses ont été apportées à des questions clés de ce type de projets exploratoires écosystémiques : la definition precise de l'offre de valeur, la gouvernance de l'écosystème, la conception du modèle économique de l'offre, les stratégies de lancement et les modèles de tarification.



## SUMMARY

The rapid development of new technologies is leading to an increasingly complex and global world of innovation. This encourages the formation of innovation ecosystems, made up of several industrial partners who cooperate to carry out large-scale breakthrough projects. Little research has focused on the process of their emergence, from the choice of directions to be explored and the actors to be involved to the overall structuring of the ecosystem. On the basis of the study of the AI.DReAM project of GE Healthcare, which seeks to explore the potential of artificial intelligence technologies for healthcare, three phases have been identified in this process; The first phase consists of a broad exploration of the environment in order to produce sound technological and commercial knowledge before the orientations and partners of the project can be chosen. The second covers the recruitment of partners and their alignment with the objectives of the defined work packages. It is carried out through extensive knowledge exchange between the partners, in order to produce relational knowledge and reduce the risk of interdependence associated with a collaborative project. Finally, the third phase is the structuring of the ecosystem, the managing of the dynamics of resolving bottlenecks appearing in the project and the global deployment. It will take place during the five years of project implementation, will mainly develop structuring knowledge and will help reduce the risk of integration of such projects.

This PIC working paper studies these emergence and deployment processes in the light of several theoretical frameworks: management of exploration projects; network actor theory; strategies for managing ecosystems and two-sided platforms. After focusing on the overall development of the project, it focuses on the analysis of the role of two key actors: the public actors who played an important role in the initial initiation of the project, and the focal company, the architect of the emerging ecosystem: GE HealthCare. It analyzes what answers were provided to key questions in this type of ecosystem exploratory project: the precise definition of the value proposition, the governance of the ecosystem, the design of the economic model of the proposition, the launch strategies and the pricing models.

## SOMMAIRE

**PREFACE** **6**

**1. LE CONTEXTE DU PROJET** **8**

1.1. Le groupe General Electric 8

1.2. Imagerie médicale et intelligence artificielle : grandes promesses mais incertitudes majeures 8

**2. LE CONSORTIUM AI.DREAM** **12**

2.1. Contexte et objectifs 12

2.2. Déroulement du projet 13

2.3. Situation du projet de master PIC 13

**3. CADRES THEORIQUES** **15**

3.1. Les projets d'exploration : définition et démarches 15

3.2. Les théories de la coopération dans les projets d'exploration et les risques associés 15

3.3. Le processus de construction des réseaux innovateurs 16

3.4. Le management des écosystèmes 16

**4. ANALYSE DU PROJET AI.DREAM** **21**

4.1. Un projet emblématique d'une transition d'un secteur vers une organisation écosystémique 21

4.2. Des risques nombreux et importants associés à un projet coopératif complexe 21

4.3. AI.DReAM, un projet exploratoire typique 22

4.4. Le processus de construction du réseau pour le projet AI.DReAM 23

4.5. AI.DReAM une expérimentation pour l'écosystème émergent 24

4.6. AI.DReAM : les 3 étapes d'un processus d'émergence et de structuration d'un projet d'exploration 24

**5. LE ROLE DES POLITIQUES PUBLIQUES D'INNOVATION DANS LA STRUCTURATION DES ECOSYSTEMES** **27**

**6. ANALYSE DE LA STRATEGIE DE L'ARCHITECTE DE L'ECOSYSTEME** **28**

**CONCLUSION, LIMITES ET RECHERCHES FUTURES** **35**

**RÉFÉRENCES** **36**

## PREFACE

Lorsque nous avons abordé ce travail avec Agnès à l'automne 2017, le paysage de l'intelligence artificielle en santé en France était sensiblement moins structuré qu'aujourd'hui. Les succès du Deep Learning (U-Net) en classification venaient de relancer l'espoir d'aboutir à des solutions d'expertise embarquée dans de multiples domaines de la vision artificielle, la Foods and Drug Administration (USA) tenait ses premières consultations publiques sur le sujet et lançait des projets pilotes, les premières solutions embarquant des IA à base de Deep Learning produisant du diagnostic avaient été soumises à approbation mais pas encore obtenu de feu vert réglementaire ; tout le monde parlait de la 'médecine 4P'.

Conscient de la dynamique globale et d'un certain retard à l'allumage en France, le pôle de compétitivité santé d'Île de France, Medicen, avait lancé un appel à manifestation d'intérêt, 'AI technologies for Medical Imaging', en vue d'agréger des acteurs régionaux et nationaux pour des recherches de co-financements publics accélérant la croissance d'acteurs de l'écosystème français de l'IA en santé. Nous nous y sommes engagés sur la base d'idées assez nouvelles, sur la base de technologies internes à GE Healthcare mais aussi d'une compréhension émergente des besoins et des craintes de nos partenaires pour la médecine de précision, la donnée et les automates apprenants.

Cette période paraît déjà lointaine aujourd'hui : la publication du rapport Villani (28 mars 2018) et l'initiative 'AI for humanity', la mise en application du règlement général sur la protection des données (RGPD) (25 mai 2018), l'annonce du Health Data Hub français (12 juin 2018) et son premier appel à projets (31 janvier 2019), la signature du contrat de Comité Stratégique de Filière des Industries et Technologies de Santé (CSF-ITS, 4 février 2019)… sont autant de dates qui marquent la structuration de l'écosystème français de l'IA en santé, d'une façon que le présent mémoire ne pouvait prendre en compte à l'époque. Au sein du CSF-ITS en particulier, nous avons eu l'occasion au cours de l'année 2019 d'entrer dans le détail de la discussion sur la chaîne de valorisation avec les acteurs institutionnels (ministère, recherche médicale et clinique) et les industriels, avec un élargissement important de notre perspective grâce à la confrontation aux enjeux spécifiques des entreprises pharmaceutiques.

Ainsi, un outil de lecture de l'écosystème de la donnée et de l'IA de santé en France est plus que jamais d'actualité, alors que le rôle de l'Etat étant devenu très significatif, et le rôle stratégique de cette filière encore accru. L'éclairage méthodologique que nous a apporté le projet de master dans cette phase d'émergence à la fois incertaine et cruciale pour l'engagement effectif du projet, en mobilisant les théories sur les stratégies et le management de l'innovation, reste crucial. On retrouvera dans ce cahier ces analyses, qui peuvent, j'en suis sûr, être utiles à tous ceux qui sont impliqués dans des projets aussi innovants. Une crise sanitaire majeure comme celle que nous traversons cette année est l'occasion de voir certains acteurs se positionner opportunément dans ce paysage, ou accélérer un positionnement programmé. Une chose devient claire à nos yeux : les succès reposeront sur des alliances forgées sur la confiance mutuelle, le respect des patients et de leurs données, avec la claire conscience d'une pression compétitive mondiale en IA et un juste partage de la valeur. Seule une solution industrielle sur toute la chaîne de valeur de la production d'applications en IA pourra permettre une réponse compétitive à l'échelle globale.

Au-delà des initiatives nationales, l'Europe, quoiqu'engagée dans la recherche en IA en santé à travers les différents appels à projets des programmes de financement du H2020, ne semble pas s'engager dans un tel rôle structurant. Il est possible que l'hétérogénéité des stratégies et lois nationales, qui protègent la fuite des données personnelles sensibles, reste un frein important à la structuration d'un écosystème européen. L'autre frein majeur sera la diversité de pratiques et de protocoles, sources de bruit sur les données. Une approche émergente, pragmatique, voit des appels à projets pour des entrepôts de données européens, auxquels répondent des consortiums portés par des sociétés savantes de spécialités cliniques, voire par des simples consortiums d'intérêt mutuel réunissant des cliniciens spécialistes. Il reste à vérifier que ces travaux sauront résoudre les barrières réglementaires en place, ainsi que les enjeux de standardisation (linguistique comme de pratique). C'est aujourd'hui un verrou majeur à débloquer pour répondre à une plus large palette de problématiques de santé publique, notamment pour des pathologies rares, terrain d'exercice privilégié de la médecine de précision, pour lesquelles les données de santé nationales seront par nature limitées.

Henri Souchay

Clinical Research Manager France, GE Healthcare

# INTRODUCTION

L'intelligence artificielle pour les soins de santé : tout le monde en parle, tout le monde y travaille ; le nombre d'articles de PubMed sur l'apprentissage automatique pour les soins de santé a explosé. Les prévisions de ce marché, qui devrait atteindre plusieurs milliards de dollars dans quelques années, lié à l'énorme potentiel de ces technologies, a naturellement poussé GE Healthcare, l'un des leaders mondiaux de l'équipement médical et de l'imagerie en particulier, à se positionner dans ce domaine. Mais les acteurs sont extrêmement nombreux, avec des initiatives venant des concurrents traditionnels de GE dans le domaine de l'imagerie médicale, comme Siemens ou Philips, mais aussi des géants du numérique qui se lancent dans cette industrie, comme Google et IBM, ou des centaines de start-ups qui émergent autour de ce thème. Les promesses sont extraordinaires, mais les incertitudes sont aussi importantes : l'extrapolation des enseignements tirés des grandes bases de données sera difficile dans lesecteur médical où chaque cas est unique et où le contexte réglementaire est très contraignant. La justification des décisions, la transparence des algorithmes, la traçabilité des ensembles de données d'apprentissage, toutes ces questions restent ouvertes, et peuvent avoir un impact significatif sur le développement de logiciels qui façonneront les pratiques de santé de demain.

Dans ce contexte extrêmement dynamique mais incertain, GE Healthcare a réuni un consortium de partenaires industriels et universitaires pour mener à bien un projet ambitieux visant à exploiter la puissance des technologies d'intelligence artificielle pour l'imagerie médicale. Comme dans diverses industries, on observe ici une transition d'une organisation verticale dominée par une entreprise de fabrication d'équipements vers une structure d'écosystème plus plane, où plusieurs entreprises coopèrent pour construire une offre commune. Du fait de cette complexité nouvelle, le projet a pris une année entière pour émerger, suite à l'appel d'intérêt initial d'un pôle de compétitivité public français. Il est passé par trois phases d'exploration de l'environnement, d'alignement des partenaires et de structuration d'un écosystème global d'acteurs divers autour de solutions d'intelligence artificielle pour les soins de santé.

Après une presentation rapide du contexte technologique et de marché, ce cahier présentera les différents cadres théoriques utilisés pour mener l'analyse du projet. Il caractérisera ensuite, à la lumière de ces cadres, ces trois phases, leur articulation et leurs facteurs de succès. Nous étudierons ensuite le rôle des politiques publiques d'innovation qui ont joué un rôle décisif dans le processus d'émergence et de structuration de l'écosystème. Enfin nous nous centrerons sur le rôle d'architecte de réseau qu'a tenu l'entreprise focale du consortium, GE Healthcare, et la réponse qui a été apportée aux questions clés que sont la conception du modèle économique de l'offre, la gouvernance de l'écosystème et les stratégies de lancement et les modèles de tarification.

# 1. LE CONTEXTE DU PROJET

## 1.1. Le groupe General Electric

General Electric est un conglomérat multinational américain qui a été fondé en 1892 par Thomas Edison et Charles Coffin, par la fusion de la Edison General Electric Company et de la Thomson-Houston Electric Company. Tout au long de son histoire, GE s'est développé à la fois par acquisitions et par croissance interne. Aujourd'hui, le groupe est composé de 12 unités commerciales ayant un degré important d'autonomie et travaillent presque indépendamment les unes des autres. GE est présent en France depuis plus de 100 ans et y emploie 16 000 personnes, pour un chiffre d'affaires de 7 milliards d'euros.

GE Healthcare (GEHC) est l'une des 12 branches du groupe General Electric. Elle développe, produit et vend des équipements et des produits pour l'imagerie médicale, tels que des systèmes d'acquisition, des logiciels, des agents de diagnostic et des outils de suivi des patients. Cette division est implantée dans plus de 100 pays, elle pèse en 2017 19,1 milliards de dollars de chiffre d'affaires et emploie à elle seule plus de 52 000 personnes dans le monde, dont plus de 2 700 en France. Le plus grand site de GE Healthcare en France est situé à Buc, en région parisienne ; il compte près de 2 000 employés et constitue un centre d'excellence mondial pour la mammographie et la radiologie interventionnelle avec également une activité importante dans le développement d'applications logicielles avancées pour l'imagerie médicale. Les activités de GE Healthcare s'étendent sur trois branches principales : l'imagerie, le numérique et les sciences de la vie. La branche de l'imagerie produit des systèmes d'acquisition d'images médicales de plusieurs modalités, telles que les IRM, les tomodensitogrammes, les ultrasons, la radiologie interventionnelle, la mammographie, etc. La branche numérique, qui gagne actuellement en importance, développe des produits logiciels pour la reconstruction d'images 3D, le post-traitement d'images, le contournage et les mesures automatiques d'organes ou de lésions, ainsi que des applications opérationnelles pour optimiser les services hospitaliers ou contrôler les doses de rayons X par exemple. Enfin, le secteur des sciences de la vie produit des agents de contraste pour l'imagerie, des systèmes de synthèse de molécules ou des outils d'analyse de l'ADN.

## 1.2. Imagerie médicale et intelligence artificielle : grandes promesses mais incertitudes majeures

*Une histoire riche d'innovations de rupture*

L'imagerie médicale est une spécialité médicale relativement récente, qui a connu un développement très rapide grâce à plusieurs innovations technologiques majeures. La première acquisition de radiographies a été réalisée en 1895 par Wilhelm Röntgen, qui avait découvert les rayons X quelques mois plus tôt. La valeur clinique de cette nouvelle technique d'imagerie a été rapidement reconnue, et l'équipement de radiographie s'est rapidement répandu dans le monde médical. Les grandes découvertes technologiques du XXe siècle ont ensuite conduit à l'apparition de nouvelles modalités d'imagerie permettant de visualiser différents types de tissus et offrant une résolution d'image toujours plus grande. Après les rayons X, qui montrent très clairement les os et sont principalement utilisés en orthopédie, on a découvert le potentiel des ultrasons pour imager les structures internes du corps comme les muscles et les tendons ou pour le contrôle des grossesses. La médecine nucléaire est apparue à l'ère atomique qui a suivi la Seconde Guerre mondiale et a conduit à l'imagerie moléculaire, qui est de plus en plus utilisée aujourd'hui pour le diagnostic et le suivi en oncologie. Les images par résonance magnétique ont ensuite été découvertes dans la seconde moitié du siècle et se sont révélées très utiles pour imager les tissus mous à forte teneur en eau. Parallèlement à la découverte de ces nouvelles techniques d'imagerie, de nouvelles solutions de reconstruction d'images par ordinateur ont vu le jour, telles que la tomographie assistée par ordinateur, qui permet de visualiser en 3D des parties du corps et a conduit à une importante diversification des applications des techniques existantes.

Aujourd'hui, les hôpitaux sont équipés d'un large éventail de modalités d'imagerie basées sur ces techniques, qui sont utilisées spécifiquement en fonction du cas précis et de ce que les médecins veulent observer. Cette diversification a également permis de nouvelles applications et si l'imagerie médicale a d'abord été utilisée uniquement comme outil de diagnostic, elle est aujourd'hui de plus en plus utilisée pour fournir un traitement. La radiologie interventionnelle en est une puissante illustration : elle consiste à la chirurgie invasive, où le chirurgien guide les outils dans les patients à l'aide d'images en temps réel pour effectuer l'opération, et n'a donc pas besoin

de faire de grandes incisions. Enfin, l'imagerie fonctionnelle offre également de nouvelles possibilités en montrant le comportement des organes, comme le cerveau, ou l'activité des cellules dans les tumeurs par exemple. Les modalités et les applications de l'imagerie médicale sont donc très nombreuses et offrent de grandes possibilités d'amélioration des soins. Cependant, cette spécialité clinique n'est pas sans poser aujourd'hui son lot de défis à relever.

*Un domaine clinique proche de la saturation*

Avec une population vieillissante et des niveaux d'incidence de maladies chroniques telles que le cancer qui augmentent dans le monde entier, les besoins en matière d'examens médicaux sont de plus en plus importants. En outre, grâce aux progrès technologiques, les médecins se fient de plus en plus à l'imagerie pour établir un diagnostic et tentent d'éviter les méthodes de diagnostic plus invasives telles que les biopsies. En plus du nombre croissant d'examens d'imagerie, la quantité de données et d'images produites par chaque examen augmente rapidement, car les machines d'acquisition atteignent des résolutions de plus en plus élevées. C'est la source de contraintes importantes pour les instituts de santé et les professionnels de la santé, et notamment pour les radiologues qui sont de plus en plus surchargés de travail. Une étude publiée dans Academic Radiology (McDonald R.J., et al., 2015.) estime que pour répondre à la demande, un radiologue devrait lire une image toutes les 3 à 4 secondes, 8 heures par jour, ce qui représente plus de 8 000 images en une journée. À cela s'ajoute un déséquilibre croissant dans le rapport entre les patients et les professionnels de la santé, qui ne cesse de s'accroître. Cela crée une demande importante de nouvelles solutions dans ce secteur.

*L'intelligence artificielle au service des soins de santé de demain*

Emergée dans les années 1950, l'intelligence artificielle (IA) a ensuite connu une longue période de stagnation, pour retrouver un développement spectaculaire dans la dernière décennie, du fait de deux facteurs : la quantité importante de données numériques disponibles aujourd'hui et la puissance de calcul qui a considérablement augmenté. L'apprentissage machine, un sous-ensemble de l'intelligence artificielle, se développe à un rythme impressionnant avec des applications dans tous les secteurs, et en particulier celui de la santé.

Ce nouveau potentiel dans le domaine des soins de santé est en particulier lié aux résultats très prometteurs démontrés par les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) pour l'analyse d'images. Un réseau neuronal est un modèle d'apprentissage profond inspiré du cerveau humain et constitué de neurones artificiels ; il s'agit de fonctions mathématiques qui reçoivent un signal, le traitent et transmettent un résultat à d'autres neurones qui leur sont connectés (cf cahier PIC n°3). Le potentiel très élevé de CNN pour la reconnaissance des images a été démontré pour la première fois en 2012 lors du concours ImageNet, où leur taux d'erreur a complètement dépassé celui de toutes les autres participations (Kurenkov A., 2015).

Depuis lors, ils se sont développés très rapidement et ils présentent un grand potentiel dans tous les domaines liés au traitement des images, notamment l'imagerie médicale.

Tout d'abord, la numérisation toujours plus importante des données de santé, entre autres grâce à la démocratisation du dossier médical électronique, constitue des bases de données importantes pour l'apprentissage des algorithmes. Les données disponibles sont non seulement de plus en plus nombreuses mais aussi de meilleure qualité et donc mieux exploitables, grâce au développement de normes et d'outils d'annotation automatique des images et des résultats d'examens. Des études estiment qu'aujourd'hui, un hôpital de taille moyenne génère chaque année 50 pétaoctets de données, ce qui représente plus de 13 ans de vidéo HD, grâce à ses images médicales, ses capteurs cliniques et ses données financières et organisationnelles, dont seulement 3 % seraient utilisés. Bien qu'il y ait encore des progrès à faire dans la normalisation des formats de données et des annotations, ils offrent donc un potentiel important pour l'apprentissage machine.

En outre, le domaine de la médecine personnalisée suscite de plus en plus d'intérêt et plusieurs entreprises du secteur médical, dont GE Healthcare, en ont fait l'une de leurs priorités à long terme. Son objectif est d'offrir à chaque patient un parcours de soins unique, déterminé en tenant compte du profil complet du patient, depuis l'imagerie, la génomique et la biologie jusqu'aux caractéristiques environnementales. Le calendrier d'application de la médecine personnalisée est le long terme, avec pour objectif d'établir des diagnostics précoces à partir des facteurs de risque, un suivi des soins de longue durée et des traitements personnalisés, adaptés pour les rendre aussi pertinents que possible pour chaque patient. Les avantages potentiels sont nombreux et les possibilités sont importantes, notamment en cancérologie. Cependant, une très grande quantité de données est nécessaire sur chaque patient, afin d'établir un parcours de soins détaillé, ainsi que des

bases de données aussi complètes que possible afin de pouvoir estimer les facteurs de risque et choisir les traitements appropriés en fonction des antécédents et de l'expérience du patient sur les prévisions de réaction.

Enfin, avec des équipements et des traitements de plus en plus sophistiqués, les dépenses de santé augmentent sans cesse et la pression sur la maîtrise des coûts devient de plus en plus importante dans tous les systèmes de santé du monde. Les données disponibles et la demande du système de santé ouvrent donc de nombreuses possibilités prometteuses pour l'intelligence artificielle dans ce domaine.

Tout cela nous mène à une explosion de l'activité de recherche dans ce domaine, ce qui est illustré par le nombre de publications sur la "radiomique" sur PubMed ces dernières années, comme le montre le graphique ci-dessous. La radiomique est un domaine médical récent qui extrait de nombreuses mesures quantitatives d'images médicales à l'aide d'algorithmes de caractérisation des données et met en évidence les caractéristiques d'une image qui sont invisibles à l'œil nu.

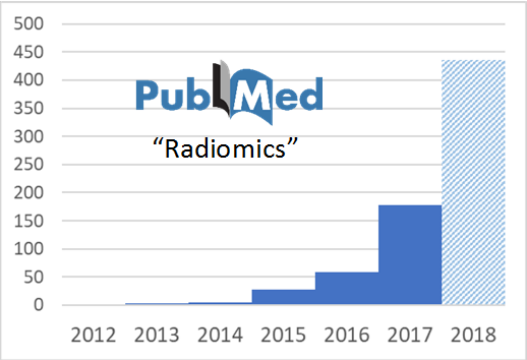



*Figure 2 : Évolution du nombre de publications faisant référence au terme "Radiomics" sur PubMed*

*Des défis réglementaires et technologiques*

L'une des plus grandes sources d'incertitude dans l'utilisation de l'apprentissage machine en santé est l'aspect réglementaire. En effet, la réglementation relative à la mise sur le marché des dispositifs médicaux est stricte mais encore ambiguë pour les logiciels qui entrent dans cette catégorie, comme les logiciels de post-traitement des images médicales, et rien n'a encore été formalisé pour ceux qui sont construits avec des outils d'intelligence artificielle. De plus, la définition d'un dispositif médical est très large et une partie importante des outils logiciels utilisés dans les hôpitaux entrera dans cette catégorie. Enfin, les processus de certification ne sont pas de simples formalités qui peuvent être traitées à la fin du processus de développement une fois que le produit est prêt à être commercialisé, car ils peuvent avoir des répercussions importantes sur la conception et le développement d'un produit.

La certification de methodes mobilisant l'IA se heurte à plusieurs difficultés spécifiques.

Premièrement, les outils d'apprentissage machine s'améliorent normalement en permanence lorsqu'ils sont utilisés, en apprenant davantage à chaque nouveau cas. Ils ne sont donc pas fixes et évoluent de manière continue. Ce type de produit n'est pas acceptable en médecine aujourd'hui, non seulement d'un point de vue purement réglementaire, mais aussi d'un point de vue éthique et sociétal ; il n'est pas concevable, du moins à court et moyen terme, de laisser la responsabilité des décisions de soins à une machine qui change en permanence et dont on ne peut tester les performances et la fiabilité. Ce sont donc des automates qui apparaissent aujourd'hui en médecine, construits grâce à des outils d'apprentissage automatique, plutôt que de véritables solutions "intelligentes" ; ils sont formés sur certains ensembles de données et leurs paramètres et flux de travail sont ensuite gelés pour les tests de validation et le processus de certification.

D'importantes questions de transparence, de traçabilité et de responsabilité des décisions médicales se posent également aujourd'hui. Les patients et les médecins sont-ils prêts à accepter des décisions de soins prises par une machine, sans aucune justification ou compréhension de ses mécanismes de fonctionnement ? Le fonctionnement des réseaux neuronaux profonds, en particulier, posent problème (Odemard, R., 2017, Brouillette, M., 2017). Les algorithmes se construisent à partir d'un vaste ensemble de données sans aucune conceptualisation préalable du problème et, à part tester leurs performances, nous ne pouvons pas expliquer comment et pourquoi ils fonctionnent avec succès. Différentes méthodes d'apprentissage machine permettent différents niveaux de justification, avec des méthodes d'apprentissage non approfondies qui sont mieux comprises, mais les opinions divergent même sur le niveau d'opacité qui est acceptable.

Enfin, la traçabilité de la conception de ces nouvelles solutions est un enjeu clé. Aujourd'hui, l'ensemble du processus de conception d'un dispositif médical est enregistré, formellement documenté et fait l'objet d'un examen par les organismes de réglementation pour obtenir une autorisation de mise sur le marché. De même, étant donné que la performance d'un algorithme basé sur l'apprentissage machine dépend fortement de l'ensemble des données utilisées lors de

la phase d'apprentissage, il est possible que dans un avenir proche, les autorités réglementaires demandent à pouvoir accéder à tout moment à ce corpus de données d'apprentissage à des fins de contrôle. Cependant, ces corpus peuvent couvrir de plusieurs centaines à quelques millions de patients, qui ont été soignés dans différents hôpitaux ; dans un contexte où il n'est pas possible que les données de santé quittent les locaux de l'hôpital, comme en France par exemple, ces exigences de traçabilité peuvent être à l'origine de défis techniques importants.

Enfin, outre les questions de certification, il existe des incertitudes importantes autour des questions de responsabilité. Dans le cas d'un faux diagnostic, sur les épaules de qui la responsabilité devrait-elle retomber ? Le médecin chargé de valider la décision algorithmique, le développeur du logiciel, l'entité chargée de son utilisation, donc l'hôpital ? Rien n'a encore été décidé à ce sujet et le régime de responsabilité qui sera choisi est susceptible d'avoir un impact significatif sur l'adoption ou non de ces solutions d'apprentissage automatique par les professionnels de santé.

## 2. LE CONSORTIUM AI.DREAM

### 2.1. Contexte et objectifs

Compte tenu des possibilités offertes par l'intelligence artificielle pour les soins de santé, GE s'est positionné dans ce domaine, entre autres initiatives, en mettant sur pied un consortium de recherche appelé AI.DReAM pour Artificial Intelligence for Diagnostics, Review and Radiomics Acceleration in Medicine.

Ce projet s'appuie sur deux constats. D'une part, l'intéret d'une solution d'apprentissage automatique pour la plupart des étapes du parcours d'un soin d'un patient arrivant à l'hopital : triage pour établir un ordre de priorité des patients dans le flux de travail de l'hôpital, choix des examens et définition des protocoles d'examen - imagerie, biologique, examens sanguins, etc - et enfin lecture des résultats pour établir un diagnostic et proposer un traitement. Pour toutes ces étapes, l'assistance d'une machine mobilisant l'apprentissage automatique serait utile aux médecins pour les taches répétitives et pour les aider à formuler des recommandations personnalisées pour chaque patient. D'autre part, le fait que ces différentes fonctions requièrent des briques technologiques largement communes : outils d'accès aux données, d'annotation, de traitement et de visualisation de ces données, ainsi que des solutions de validation et des outils pour intégrer et utiliser les résultats. Cette redondance des outils est un gage de leur adoption par les hôpitaux.

*L'objectif de AI.DReAM est alors de développer une plateforme ouverte et interopérable, qui donne accès à des bases de données hétérogènes, avec des outils de visualisation et de traitement des données et d'intégration des résultats, pour les soins et la recherche*. Des tiers pourront développer, entraîner, valider et déployer leurs algorithmes sur cette plateforme sans avoir à redévelopper tous les outils nécessaires. Cela permettra d'accélérer l'innovation et la sortie de nouveaux produits, et les hôpitaux pourront acquérir des outils communs uniques pour toutes leurs solutions logicielles.

Pour ce projet ambitieux, GE a décidé de collaborer avec plusieurs partenaires. GE et Evolucare, un acteur important dans les systèmes d'information hospitaliers, co-développeront la plate-forme elle-même. GE apportera son expertise pour le visionneur et l'annotation et le traitement des données et des résultats, tandis qu'Evolucare sera chargé de fournir l'interopérabilité avec les systèmes de stockage et d'exploitation de différents constructeurs. La direction des systèmes d'information (DSI) du groupe hospitalier parisien (Assistance Publique des Hôpitaux de Paris, APHP) s'est également positionnée comme partenaire de la plateforme afin d'adapter leur base de données de santé appelée Entrepôt de Données de Santé (EDS), pour les soins car elle n'est aujourd'hui accessible que pour la recherche. L'Institut Gustave Roussy (IGR), un des principaux centres européens de cancérologie, est impliqué comme deuxième source de données et site d'expérimentation pour une plus grande interopérabilité et transférabilité de la solution finale. Un écosystème d'applications tierces sera développé et déployé sur cette plateforme en parallèle, allant des modules d'aide au diagnostic et d'évaluation des traitements aux solutions pour la recherche pharmaceutique. Trois spécialités cliniques ont été choisies, en partenariat avec deux start-ups, pour développer la première série d'applications qui seront déployées sur la plateforme : le cancer du foie qui sera mené par Incepto Medical et les cancers du poumon et du cerveau avec Therapanacea. À ces acteurs industriels s'ajoutent des partenaires cliniques et universitaires. Quatre sites de l'APHP sont pleinement associés à ce projet, par l'intermédiaire de radiologues spécialisés qui sont des leaders d'opinion clés dans les trois domaines cliniques étudiés. Ils apporteront l'expertise médicale nécessaire pour identifier les besoins précis, sélectionner les données pertinentes et développer des applications cliniques. Les laboratoires de l'Université Paris Sud sont également impliqués pour mener des recherches sur les différentes méthodes d'apprentissage machine qui peuvent être utilisées pour chaque cas d'utilisation, d'un point de vue purement technologique, ainsi qu'en relation avec les enjeux réglementaires mentionnés précédemment.

*Figure 4 : Membres du consortium AI.DReAM*

Plusieurs raisons ont encouragé GE à créer un consortium coopératif pour réaliser ce projet. Tout

d'abord, l'engagement des hôpitaux et des médecins est essentiel pour pouvoir accéder à l'expertise clinique nécessaire au développement d'applications médicales performantes ainsi que pour encourager l'adoption des solutions finales, en saisissant mieux les besoins, les attentes et les craintes des médecins, qui seront les utilisateurs finaux de la plateforme. Quant aux groupes de recherche académique, ils apportent leur expertise technique et bénéficient d'une plateforme pour des applications concrètes de leurs recherches. Deuxièmement, un conglomérat de la taille de General Electric est opposé au risque et ne veut pas nécessairement s'engager dans le développement d'applications cliniques très spécialisées et encore moins dans des solutions d'intelligence artificielle non supervisées. Ces aspects sont censés être couverts par des structures plus petites comme les start-ups, qui travaillent de manière beaucoup plus agile et peuvent progresser beaucoup plus rapidement. Les fournisseurs de plateformes assument une partie des risques techniques et réglementaires, par le développement d'outils de validation et le déploiement des applications, tandis que les développeurs d'applications assument une partie du risque commercial des applications individuelles. Chaque acteur apporte des compétences différentes, qui sont complémentaires, pour développer une solution globale.

Le projet AI.DReAM a pu s'appuyer sur des acquis internes à GE Healthcare resultant d'une politique d'externalisation des développements informatiques nécessaires pour soutenir sa croissance dans les domaines du post-traitement d'images ou des applications de gestion des opérations hospitalières. Pour produire ces solutions, GE Healthcare a développé son propre kit de développement logiciel (SDK), qui est extrêmement robuste, toutes les étapes de développement et de validation étant documentées de manière à être compatibles avec les exigences strictes des processus de certification des dispositifs médicaux. Il a été décidé d'ouvrir cet environnement à des tiers, comme des médecins ou des éditeurs d'applications, qui pourraient bénéficier de ses fonctionnalités et de sa robustesse pout développer facilement leurs propres solutions numériques. Cette intention d'ouvrir les ressources GE à des tiers a été concrétisée dans le projet AI.DReAM.

## 2.2. Déroulement du projet

Le projet lui-même a été lancé en juin 2017, à la suite d'un appel à manifestation d'intérêt lancé par Medicen Paris Region. Medicen est un cluster mondial spécialisé dans les technologies innovantes pour les soins de santé. Suite à cela, le responsable de la recherche clinique pour la France et mentor du projet de master, Henri Souchay, a engagé le projet AI.DReAM. Tout au long de l'année 2017-2018, différents partenaires ont été amenés à se joindre au projet, tant au sein de GE Healthcare qu'à l'extérieur ; des domaines cliniques pilotes sont choisis, et le cadre et les objectifs du projet ont été progressivement définis.

La construction du projet peut être décomposée en trois phases principales. Juste après l'appel à intérêt, différentes orientations ont été explorées avec les partenaires cliniques et des discussions informelles ont eu lieu avec plusieurs partenaires industriels potentiels pour échanger sur leurs intérêts et orientations stratégiques respectifs.

Une fois les principaux partenaires identifiés, une phase importante de construction du projet a été lancée, avec la définition progressive des objectifs globaux et des contributions respectives de chaque partenaire et de la manière dont ils pourraient coopérer. En parallèle, une importante exploration de l'environnement a été menée, avec une analyse concurrentielle complète du secteur, une recherche sur les perspectives du marché et les opportunités potentielles.

Enfin, une fois que le projet et les lots de travail ont été définis avec un bon niveau de détail, la phase finale a consisté à formuler les produits exacts qui seraient développés et commercialisés dans le cadre de ce projet, avec les marchés visés et les revenus estimés. Il s'en est suivi une tâche importante de rationalisation et de simplification du dossier de présentation avant la première audition à la BPI pour demander un financement gouvernemental.

## 2.3. Situation du projet de master PIC

Le cadre du projet de master PIC qui est la base de ce Cahier s'étend sur toute cette phase exploratoire, jusqu'à la presentation du projet à BpiFrance à l'été 2018, en vue d'obtenir une subvention. L'étudiante a rejoint GE en septembre 2017, donc juste quelques mois après l'appel d'intérêt initial de Medicen. Sous l'autorité d'Henri Souchay, le chef du projet AI.DReAM, elle a été impliquée dans les réunions avec les différents partenaires et la préparation des réunions avec les agences de financement. Ses contributions personnelles ont porté plus particulièrement sur l'analyse de la concurrence, les prévisions de marché et les modèles d'affaire possibles. Elle a également participé à l'élaboration de la présentation du projet pour l'organisme de financement.

Sur ces différentes activités, elle a pu mobiliser, comme on le verra par la suite, les apports des différentes theories de management des projets d'innovation pertinentes pour ce contexte. Réciproquement, selon le principe de la recherche action, la démarche reflexive a permis un retour sur les theories à partir de l'expérience du cas.

# 3. CADRES THEORIQUES

Deux domaines théoriques sont intéressants à mobiliser pour l'analyse de ce projet : le management des projets d'exploration et le management de projets eco-systémiques.

## 3.1. Les projets d'exploration : définition et démarches

Les projets exploratoires ont été étudiés dans la littérature sur la gestion de projet par opposition aux projets d'exploitation. Sylvain Lenfle (2008, 2016) a décrit cinq caractéristiques principales qui sont spécifiques aux projets d'exploration :

- Ce sont des projets émergents et stratégiquement ambigus, sans objectifs précis a priori ni vision partagée entre les acteurs ;

- Ils s'inscrivent dans une démarche proactive et non tirés par des besoin précis explicités par les clients potentiels ;

- Des résultats difficiles à définir : les projets d'exploration ne se matérialisent pas nécessairement en un produit ou un service, mais ils peuvent conduire à la création de nouvelles connaissances, à l'émergence de concepts ou à la cartographie d'un domaine d'innovation par exemple (Le Masson, et al., 2006) ;

- L'exploration de nouvelles connaissances : c'est l'un des principaux résultats d'un projet d'exploration et il doit être pris en compte lors de l'évaluation de la réussite d'un projet ;

- Une temporalité spécifique : sans objectifs précis, il peut être difficile de fixer une fin à un projet d'exploration. Comme ils sont plus perturbateurs et plus difficiles que les projets d'exploitation, ils s'inscrivent généralement dans un horizon temporel plus long, même si les entreprises attendent souvent des résultats à court terme.

Ces cinq caractéristiques justifient la nécessité de disposer d'outils de gestion différents de ceux utilisés pour les projets de développement classiques (Booz, et al., 1982). Loch, et al. (2006) caractérisent deux types d'approches pertinentes pour ces projets exploratoires, les deux approches pouvent d'ailleurs être combinées.

Le "sélectionnisme" diversifie les voies indépendantes explorées, afin de maximiser les chances de succès. Mais cette approche pose cependant des problèmes d'allocation des ressources et de gestion des équipes, ainsi que des questions de capitalisation de l'apprentissage, à partir de parcours qui n'ont pas abouti.

L'autre approche, "d'apprentissage" repose sur l'itération de projets. Le concept de management de lignées de projets (Chapel, 1997) (Le Masson, et al., 2006) (Midler 2013, Maniak Midler 2014, Kock, Gemunden 2019) a explicité comment des projets successifs permettre un apprentissage à long terme tout en répondant à des objectifs et des contraintes à court terme.

(Eisenhardt & Tabrizi, 1995) et (Thomke, 2003) montrent l'importance des experimentations en cycle court et faiblement consommatrices de ressources, ce qui permet une exploration rapide et intensive d'un champ, tout en limitant les risques liés aux échecs grâce à des cycles d'expérimentation courts et aux ressources limitées engages.

## 3.2. Les théories de la coopération dans les projets d'exploration et les risques associés

Un deuxième courant de recherche se concentre sur les projets de coopération entre plusieurs entreprises. Les explorations étant de plus en plus ambitieuses et s'appuyant sur des domaines de connaissance de plus en plus diversifiés, les entreprises ont tendance à former des partenariats avec des acteurs complémentaires pour mener des innovations de rupture. Ceci pour combiner des champs de connaissances hétérogènes provenant de différents acteurs, mais c'est aussi un moyen pour les entreprises de partager les risques.

Les partenariats d'exploration apportent également leur part de risques. Trois types de risques ont été associés à de tels projets : le risque d'initiative, le risque d'interdépendance ou de co-innovation et le risque de chaîne d'intégration ou d'adoption (Adner, 2006, 2017). Le risque d'initiative est lié aux incertitudes associées au démarrage de tout nouveau projet. Il peut être contrôlé en évaluant la faisabilité du projet, les attentes du marché et des consommateurs, la concurrence et la fiabilité des fournisseurs et des distributeurs. Le risque d'interdépendance repose sur le fait que le succès d'une entreprise donnée dans un projet de coopération dépend de la performance de tous les autres acteurs du projet, en temps voulu. Troisièmement, le risque d'intégration est lié au nombre d'acteurs qui composent la chaîne de valeur. Plus le nombre d'intermédiaires qui doivent adopter l'innovation avant qu'elle n'atteigne le marché est grand, plus le risque de rejet à un moment ou à un

autre du processus est élevé. Chaque maillon de la chaîne d'adoption doit être en mesure de percevoir la valeur ajoutée de l'innovation à son propre niveau et non pas seulement pour l'utilisateur final. Pour faire face à ces risques, une entreprise peut s'efforcer d'acquérir trois grands types de connaissances : des connaissances technologiques, des connaissances relationnelles et des connaissances en matière de structuration (Loilier & Malherbe, 2012).

## 3.3. Le processus de construction des réseaux innovateurs

Akrich et al. (1988) ont étudié les processus de mise en place de tels réseaux d'acteurs qui soutendent les innovations. La croissance et la stabilisation du réseau s'identifie au déploiement de l'innovation. Ce processus de construction et de stabilisation de réseaux est un processus de négociation et "d'enrôlement" graduel où le réseau grandit à mesure que de nouveaux acteurs s'alignent sur la definition, elle même évolutive, des objets et des visées communes (ou au contraire se réduit lorsque des acteurs divergent).

Vissac-Charles (2000) a proposé un cadre de pilotage de cette convergence, reposant sur deux concepts clés : les objets frontières et les points de passage obligés.

Les objets frontières définissent le cadre concret sur lesquels se nouent la coopération d'acteurs différents. Ils doivent être suffisamment "parlant" pour chacun de leurs domaines de compétence tout en étant suffisamment souples et larges pour être également significatifs pour les autres. Ils sont initialement très vagues et sont précisés progressivement au cours du processus de construction du réseau. Leur construction permet un alignement progressif entre des acteurs hétérogènes ainsi qu'avec un environnement en mouvement qui est également façonné dans le cadre du processus

Les points de passages obligés sont les objectifs que ces collectifs hétérogènes doivent obtenir pour que le projet avance (typiquement, réussir les tests de fonctionalité, obtenir les financements nécessaires à la poursuite du projet…). Ils valident et stabilisent l'alignement des acteurs dans le processus.

Contrairement aux projets d'ingénierie typiques, par exemple, où les points de passage obligés sont fixés dès le début sous la forme de spécifications de produits, dans les projets innovants, les objets frontières et les points de passage obligé n'ont pas de forme prédéterminée et commencent comme des concepts très vagues et flexibles. Plus un réseau d'acteurs est diversifié, plus l'aspect d'apprentissage dans cette phase d'apprentissage sera nécessaire chacune des parties concernées.

## 3.4. Le management des écosystèmes

*Définition des ecosystèmes*

De plus en plus d'industries voient leurs organisations traditionnelles se transformer, passant d'une configuration linéaire à une configuration écosystémique, notamment pour l'émergence d'innovations généralement complexes qu'aucune entreprise ne pourrait créer seule (Dougherty & Dunne, 2011). Un important courant de littérature a donc émergé au cours de la dernière décennie, traitant de l'organisation et de la gestion des écosystèmes. Dans ce cas, nous parlons d'un écosystème en tant que structure, tel que défini par Adner (2006, 2017) : "L'écosystème est défini par la structure d'alignement de l'ensemble multilatéral des partenaires qui doivent interagir pour qu'une proposition de valeur focale se concrétise" (Adner, 2017). En d'autres termes, un écosystème peut être décrit comme un ensemble de briques, apportées par différents acteurs, qui sont assemblées pour former un produit ou une proposition de valeur cohérente, alors qu'aucune des briques prises isolément n'apporte beaucoup de valeur à l'utilisateur final.

Adner (2017) identifie quatre éléments principaux qui constituent les écosystèmes. Il s'agit des activités, des acteurs, des positions qui précisent les relations entre les activités, et des liens, qui représentent les interactions entre les acteurs. Adner soutient que si les relations changent entre l'un de ces quatre éléments, une approche écosystémique est nécessaire pour étudier le cas. Il décrit également les situations et phénomènes spécifiques dans lesquelles un cadre d'analyse écosystémique est nécessaire et les principales raisons pour lesquelles les approches analytiques classiques ne conviennent pas. Ce sont notamment les phénomènes de plateformes, marchés multiformes, réseaux et alliances, architectures d'industrie, réseau de valeur, et innovation ouverte.

Certains des éléments manquants les plus importants de ces approches sont la dynamique des écosystèmes, qui sont des objets évolutifs, ainsi que l'aspect multilatéral des relations entre les éléments et les acteurs. D'une manière très similaire à l'approche sociologique d'Akrich Callon et Latour (1988), l'élément principal qui est au centre de l'approche des écosystèmes est le processus d'alignement entre les différents acteurs autour de la proposition de valeur centrale.

*Le processus d'émergence des écosystèmes*

Dès lors, comment se déroule ce processus d'alignement et quels outils de gestion peuvent être mis en place pour y contribuer ?

Dans la structuration d'un écosystème comme dans la gestion de projet, la plupart des outils utilisés pour minimiser les risques à un stade précoce sont des outils de création de connaissances, qui contribuent à réduire les incertitudes. La puissance des prototypes a été mise en évidence dans la littérature à cet égard (Thomke, 2003 ; Rhinow, et al., 2012) en permettant entre autres de valider des options techniques, d'obtenir des connaissances sur les besoins et les réactions des utilisateurs, de fédérer efficacement une équipe et de guider le processus de développement du produit ; des contributeurs d'horizons différents peuvent se rassembler autour de ces objets communs, ce qui facilite leurs interactions.

Cependant, les prototypes ne sont pas toujours réalisables ou pertinents dans le cas d'une innovation écosystémique, dans laquelle les interactions entre les activités, les acteurs, les positions et les liens sont dynamiques et évoluent dans le temps. Ben Mahmoud-Jouini et Charue-Duboc (2017) ont étudié le rôle des expérimentations dans les écosystèmes d'innovation émergents sur le cas de la pile à combustible à hydrogène. Elles montrent que les expérimentations jouent un rôle crucial dans la façon dont les écosystèmes d'innovation émergent, en contribuant à réduire les incertitudes propres à l'écosystème. Une expérience de solution complète (CSE) doit impliquer tous les acteurs concernés du côté des industriels ou des fournisseurs comme des clients réels qui utilisent l'innovation dans des conditions réelles. En étant menées dans des conditions et avec des exigences aussi proches que possible de l'environnement de la solution finale, elles génèrent des connaissances critiques qui répondent directement aux risques majeurs associés aux écosystèmes mentionnés précédemment, à savoir les risques d'initiative, d'interdépendance et d'intégration (Adner, 2006). Dans l'ensemble, les expérimentations rapprochent les acteurs concernés en les aidant à construire et à partager une vision commune. Lorsqu'un prototype de produit rassemble des parties disjointes autour d'un objet commun, une expérience de solution complète rassemble des acteurs complémentaires autour d'une vision commune et agit comme un prototype d'écosystème (Ben Mahmoud- Jouini & Charue-Duboc, 2017) ou proto-écosystème (Marcocchia, 2019).

*La gestion des goulots dans le développement des écosystèmes*

Plus loin dans le calendrier de l'innovation, un autre courant de recherche étudie les stratégies adoptées par les différents acteurs au sein des écosystèmes : où se positionnent ils ? Quels composants décident-ils de traiter en interne et lesquels en externe ? Pourquoi ? Une première approche se concentre sur les mécanismes de coopération et la manière dont ils sont mis à profit pour créer de la valeur (Adner & Kapoor, 2010), tandis qu'une seconde s'intéresse à la concurrence au sein des écosystèmes pour capter de la valeur (Jacobides & Tae, 2015). Ces deux aspects sont au cœur de la dynamique des écosystèmes et l'atteinte d'un équilibre entre eux est la clé du succès d'un écosystème (Hannah & Eisenhardt, 2017).

En effet, une entreprise au sein d'un écosystème doit pouvoir à la fois créer et ajouter de la valeur à l'écosystème, tout en parvenant à capturer une certaine valeur également, pour survivre dans l'écosystème. Quatre stratégies principales ont été définies à partir des observations, qui visent toutes à atteindre cet équilibre délicat : la stratégie système, la stratégie de composants, la stratégie de contournement des goulots d'étranglement (Hannah & Eisenhardt, 2017) et la stratégie des composants interdépendants (Chen, 2018). Elles sont toutes résumées dans le tableau 2 ci-dessous.

Les goulots d'étranglement (qui sont au courant stratégique des écosystèmes ce que sont les points de passage obligés de la sociologie de l'innovation) sont des éléments inhérents aux écosystèmes. Ce sont les éléments manquants qui limitent le plus la croissance ou la performance d'un écosystème (Adner & Kapoor, 2010). Comme un écosystème est constitué de plusieurs composants qui, ensemble, constituent une proposition de valeur, sa performance dépend de la performance de chaque composant individuel et, par conséquent, dans la plupart des écosystèmes, il existe des éléments qui limitent la croissance ou la performance globale. En raison de cette action contraignante, les goulots d'étranglement jouent un rôle important dans les strategies à l'oeuvre dans les écosystèmes.

Stratégie écosystémique : principales mesures Avantages Inconvénients

| **Ecosystem strategy** | ***Key moves*** | ***Advantages*** | ***Disadvantages*** |
|---|---|---|---|
| **System** | Enter several components simultaneously, maximise integration and minimise cooperation | No need to track bottlenecks<br>Integration maximisation for superior performance<br>Limited dependence on others | Requires important resources (cost and time) and aggressive growth<br>Initially slow to scale |
| **Component** | Enter a limited number of components and orchestrate complementors for others | Focus on developing superior components and ability to choose the best partners | Growth may be constrained and less ability to integrate components to improve system performance |
| **Bottleneck** | Enter bottleneck components as they emerge | Always in the high growth components<br>Flexible movement to growth opportunities | Requires anticipation of ecosystem dynamic<br>Operationally complex to manage |
| **Interdependent component** | Innovate in strategic components that annihilate bottlenecks | Allows high value capture associated with bottlenecks while using existing resources | Requires good understanding of ecosystem interdependences and anticipation of its dynamic |

*Tableau 2 : Principales stratégies relatives aux écosystèmes, adapté de Hannah & Eisenhardt (2017) et de Chen (2018)*

*Les modèles d'affaire d'écosystèmes*

L'approche traditionnelle du modèle d'entreprise est centrée sur un produit ou un service développé par une seule entreprise ; les modèles communs tels que le canevas d'Osterwalder et de Pigneur (2010) ont une vision linéaire de la chaîne de valeur qui inclut les fournisseurs, les fabricants, les distributeurs et les clients, ce qui n'est pas applicable à un écosystème en tant que structure. Dans une organisation écosystémique où la proposition de valeur finale offerte à l'utilisateur final est fournie par plusieurs entreprises différentes, il faut repenser l'ensemble du concept de modèle économique, pour tenir compte de la multiplicité des acteurs divers et complémentaires. Les organisations en réseau apportent des éléments nouveaux, tels que l'importance des partenariats intersectoriels et la vision collaborative de la création et de la capture de valeur (Weiller & Neely, 2013). En effet, les écosystèmes brouillent les frontières entre des industries traditionnellement séparées, telles que l'industrie des dispositifs médicaux et l'industrie informatique dans notre cas. La clé de la conception d'un modèle économique dans cette situation est de le faire conjointement avec tous les acteurs impliqués dans le processus de création de valeur. Chacun doit sortir sa part du système, sinon ils se retireront, ce qui affaiblira l'écosystème. Plutôt que d'utiliser la proposition de valeur d'une seule entreprise comme point de départ pour concevoir un modèle d'affaire, il convient, dans le cadre d'un écosystème, de viser le résultat qu'elle souhaite créer pour les utilisateurs finaux et de construire le réseau de valeur nécessaire autour de cet objectif (Weiller & Neely, 2013).

Deux aspects importants à prendre en compte lors de la conception d'un modèle d'affaire écosystémique sont le positionnement relatif de tous les acteurs ainsi que le niveau de maturité de l'écosystème.

Tout d'abord, pour chaque participant, il convient de prendre en compte s'il joue un rôle de contributeur et/ou de bénéficiaire dans les relations avec les autres acteurs (Bahari, et al., 2015) ainsi que sa position dans l'écosystème (Paulus-Rohmer, et al., 2016). Les acteurs d'un écosystème peuvent être divisés en quatre catégories sur la base de la matrice présentée dans la figure 5 ci-dessous. L'acteur clé est l'entreprise centrale, l'architecte de l'écosystème et généralement l'entreprise qui apporte le plus de valeur. Il a donc une des voix prédominantes dans la conception de

l'écosystème. Les "contributeurs de niche" constituent l'essentiel de l'écosystème et s'organisent autour de la clé de voûte. Le "dominateur physique" occupe une grande partie de l'écosystème en fournissant un grand nombre de composants de faible valeur. Quant aux "produits de base", ils ne se font généralement concurrence que par le prix et le volume. La position en amont ou en aval d'un acteur dans la chaîne de valeur a également un impact sur sa capacité à influencer le modèle économique global de l'écosystème (Paulus-Rohmer, et al., 2016).

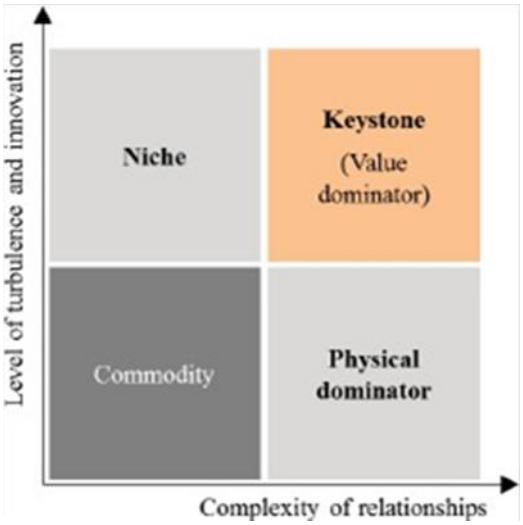



*Figure 5: Matrix showing the different roles of actors in an ecosystem (Iansiti & Levien, 2004)*

Deuxièmement, le niveau de maturité de l'écosystème a aussi un impact important sur le modèle économique adopté. La plupart des écosystèmes passent par une phase de pré-concurrence, où le périmètre de l'offre finale n'a pas encore été déterminé et le statut, le nombre et le positionnement des acteurs sont encore très dynamiques (Ben Mahmoud-Jouini & Charue-Duboc, 2017). Chaque nouveau venu est alors le bienvenu, même s'il est en concurrence directe avec un acteur existant, car il contribue à la croissance globale de l'écosystème. Cette problématique est en particulier vérifiée pour les marchés multifaces, qui sont des structures qui ont besoin de plusieurs groupes de clients différents pour fonctionner (Evans, et al., 2006). Des exemples communs sont les magasins d'applications qui ont besoin à la fois d'éditeurs d'applications et d'utilisateurs - les applications amènent les utilisateurs et les utilisateurs amènent les développeurs - ou les centres commerciaux qui ont besoin à la fois de magasins et d'acheteurs. Les plateformes et les écosystèmes ont en commun le fait que plusieurs acteurs différents - qu'il s'agisse de groupes de clients ou d'entreprises de différents secteurs - doivent s'aligner dans un délai relativement court pour que le système global fonctionne. La phase d'émergence de ces structures est donc cruciale, une masse critique est nécessaires pour réussir (Paulus-Rohmer, et al., 2016) et les stratégies de modèles économiques jouent un rôle important pour rassembler les acteurs nécessaires (Evans, et al., 2006).

*Stratégie d'amorçage des écosystèmes par le biais de modèles économiques*

Les plateformes logicielles constituent un contexte où la question de l'amorçage de l'alignement de différents acteurs revêt une importance cruciale. (Evans, 2006) (Weiller & Neely, 2013). Un environnement ouvert, fondé sur des API et des SDK, doit permettre d'atteindre la masse critique d'adoptants des différentes parties concernées (développeurs et utilisateurs) nécessaire au décollage de l'écosystème.

Mais il faut réunir l'adhésion de toutes les parties à un stade précoce, car le succès d'une partie dépend de l'adoption des autres. La clé du succès consiste alors à utiliser une forte incitation - financière ou commerciale - pour embarquer l'un des groupes, qui attirera ensuite le second. L'une des stratégies les plus courantes dans ce cas est de donner accès à la plateforme à l'un des groupes gratuitement ou à un prix très bas afin qu'ils soient attirés par les avantages de la plateforme mentionnés ci-dessus et qu'ils adoptent la solution et enclenchent la croissance de l'écosystème (Evans, et al., 2006). La présence d'acteurs de valeur dans l'un des groupes de partenaires attirera également l'autre groupe. Lorsqu'ils sont du côté des utilisateurs, Evans et al (2006) parlent de clients de marque, qui peuvent être de grandes entreprises par exemple à la recherche de solutions informatiques et qui seraient attrayants pour les développeurs de logiciels indépendants qui y verraient une importante opportunité commerciale. Du côté de l'offre, il peut s'agir d'applications géniales (« killing Aps ») qui attirent les utilisateurs finaux et les encouragent à adopter la plate-forme comme moyen d'accéder à l'application. Cependant, il peut être difficile de les obtenir dès le départ, car une plateforme qui compte peu d'utilisateurs aura du mal à attirer des applications géniales. Un remède à ce problème est de commencer par développer des compléments en interne, comme des applications pour un propriétaire de plateforme logicielle afin de lancer la croissance de l'écosystème.

Dans un tel contexte, le modèle de tarification comporte également son lot de défis. Tout comme la performance de la solution finale dépend de la performance de chacune de ses briques ainsi que de la qualité de l'intégration des briques, la façon dont la

tarification d'un écosystème sera reçue dépendra de la stratégie de tarification de chacune de ses composantes. Une approche pour être « immunisé » contre les changements de prix des composants complémentaires est d'avoir un grand nombre de compléments (Evans, et al., 2006). Par exemple, comme il y a beaucoup d'applications sur l'Apple Store, si une application augmente son prix et perd des parts de marché, cela n'affectera pas de manière significative les résultats de l'Apple Store ; de même, si une application est déployée sur tous les systèmes d'exploitation de téléphonie mobile, si une application augmente son prix et perd des clients, l'éditeur de l'application n'en souffrira pas beaucoup car les utilisateurs sont susceptibles de passer simplement à une autre plateforme. Cependant, cette stratégie n'est pas toujours viable, surtout dans un écosystème émergent.

Outre ces considérations sur les conséquences de la stratégie de chaque entreprise sur les résultats de l'autre, la tarification est l'une des incitations les plus utilisées pour lancer un écosystème ou une plateforme multiface. Une partie est alors facturée beaucoup moins que l'autre pour enclencher le processus de croissance. La principale question est donc de savoir de quel côté il faut tirer profit et marges. Evans et al (2006) ont observé que pour les plates-formes logicielles telles que les systèmes d'exploitation informatiques ou l'industrie des médias numériques, les entreprises focales tirent la plupart de leurs revenus des utilisateurs finaux, directement ou indirectement. Dans le cas des ordinateurs par exemple, des ressources importantes ont été consacrées au soutien des développeurs d'applications, par l'accès à des outils et du matériel de formation, ce qui a encouragé leur adoption de la plateforme, de sorte qu'ils ont commencé à développer des applications à valeur ajoutée ; cela a ensuite donné le coup d'envoi de ce système enrichi pour le public, qui est la principale source de profits. La décision de savoir de quel groupe d'acteurs les bénéfices doivent être tirés est liée aux bénéfices relatifs perçus par tous. Pour conclure sur la stratégie de tarification de l'écosystème, la littérature montre que "les structures de prix optimales sont déterminées par les coûts marginaux spécifiques à chaque côté, les élasticités de prix de la demande des deux côtés du marché et les intensités relatives des externalités entre les deux côtés" (Evans, et al., 2006, p. 299).

# 4. ANALYSE DU PROJET AI.DREAM

Les cadres théoriques présentés permettent de caractériser précisément la spécificité du projet AI.DReM et donnent ainsi des pistes pour son management.

## 4.1. Un projet emblématique d'une transition d'un secteur vers une organisation écosystémique

Comme dans de nombreux secteurs, l'industrie des équipements médicaux voient progressivement leur modèle traditionnel évoluer vers une organisation écosystémique. Traditionnellement, si l'on prend l'exemple d'un scanner, un fabricant conçoit le produit en fonction des besoins bien identifiés des utilisateurs et du marché, il commande les matières premières et les pièces auprès de fournisseurs contrôlés, et fabrique et assemble le dispositif ; celui-ci est ensuite vendu aux hôpitaux et aux cabinets privés par des distributeurs internes et externes, et la maintenance est assurée par des ingénieurs de service sur le terrain. Le projet AI.DReAM, témoigne d'une structure plus complexe et distribuée. Il contient des briques provenant de plusieurs acteurs différents travaillant en coopération. La valeur réelle de la proposition finale vient de l'assemblage des contributions de tous les participants.

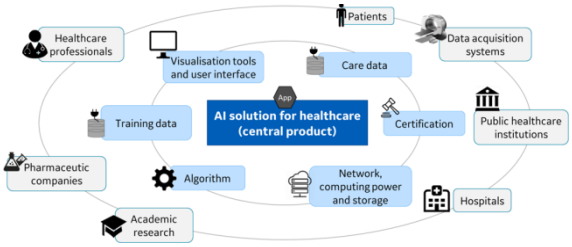



*Figure 6: Cartographie de l'écosystème d'AI.DReAM*

Comme l'illustre la figure 6, la proposition centrale de cet écosystème est celle des solutions d'IA pour les soins de santé ; elle repose sur plusieurs composantes, dont les principales sont les données, les algorithmes, les outils de traitement des données, la puissance de traitement et la certification. Les acteurs qui doivent collaborer pour réunir ces briques sont très divers et vont des médecins, des patients et des hôpitaux aux scientifiques des données, aux spécialistes de l'IA et aux organismes de réglementation. L'acteur principal à l'initiative du projet reste la société productrice d'imagerie médicale, mais la dépendance vis-à-vis des partenaires est forte ; les interactions se font sur un pied d'égalité bien plus que les relations traditionnelles fournisseur-fabricant-distributeur, et impliquent plusieurs acteurs à la fois, par opposition aux liens bilatéraux qui peuvent être traités isolément du reste.

Ainsi, de nouvelles activités sont introduites, comme la collecte et au traitement de données en masse ou au développement d'algorithmes d'IA, qui n'avaient pas d'impact sur les fabricants d'imagerie médicale jusqu'à présent ; cela nécessite à son tour de nouvelles compétences et donc une coopération avec de nouveaux partenaires ou une réorganisation des relations avec les partenaires existants ; enfin, de nouveaux liens de cause à effet apparaissent, le succès de la plateforme d'IA développée par GE dépendant par exemple du succès des applications développées par ses partenaires.

## 4.2. Des risques nombreux et importants associés à un projet coopératif complexe

Le projet AI.DReAM présente donc une forte complexité ecosystémique, telle que le montre sa "design structure matrix" présentée à la figure 7.

| Organisational group interactions | GE AW | GE RA | Evolucare | Incepto | Therapanacea | Fealinx | APHP ISD | APHP Beaujon & Mondor | APHP Cochin & Pitié | IGR ISD | IGR Clinical | UPSud |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GE AW | | | X | X | X | X | X | | | X | | X |
| GE RA | | | X | X | X | | | | | | | |
| Evolucare | X | X | | X | X | X | X | | | X | | X |
| Incepto | X | X | X | | | | | X | | | X | |
| Therapanacea | X | X | X | | | | | | X | | X | |
| Fealinx | X | | X | | | | | | | | | X |
| APHP ISD | X | | X | | | | | | | | | |
| APHP Beaujon & Mondor | | | | X | | | | | | | | |
| APHP Cochin & Pitié | | | | | X | | | | | | | |
| IGR ISD | X | | X | | | | | | | | | |
| IGR Clinical | | | | X | X | | | | | | | |
| UPSud | X | | X | | | X | | | | | | |

*Figure 7 : La complexité du projet AI.DReAM analysée par la Design Structure Matrix (Loch et al., 2006)*

Dès lors, le projet subit fortement les trois types de risques associés identifiés dans la littérature : le risque d'initiative, le risque d'interdépendance et le risque d'intégration.

Le risque d'initiative, causé par les incertitudes sur les besoins des utilisateurs, les perspectives du marché et l'évolution de la concurrence, y est particulièrement important. Comme il n'existe pas encore de marché réel ou d'utilisateur type, que les délais sont longs mais que l'évolution de l'environnement est extrêmement rapide et que les changements de réglementation peuvent être clés et imprévisibles, ce risque d'initiative est exacerbé.

Le risque d'interdépendance est également très important pour les écosystèmes, où le succès de l'offre

finale dépend du succès de chacune des briques qui la composent, ainsi que du moment de la sortie de ces briques.

La solution ne réussira pas tant que les instances de tarification n'auront pas statué, que les applications de soins de santé fondés sur l'IA ne seront pas démocratisées, qu'il n'y aura pas d'outils de validation appropriés pour prouver leurs performances et leur robustesse. D'un point de vue temporel également, si la plateforme centrale, qui peut être largement assimilée à un magasin d'applications, sort sans aucune application disponible, elle ne se vendra pas.

Enfin, la chaîne de valeur de l'offre est longue et comporte des risques d'intégration ou d'adoption. Avant que les applications finales n'atteignent les médecins, qui sont ses utilisateurs finaux, la plateforme doit convaincre les éditeurs d'applications de développer et de déployer leurs solutions sur elle, les organismes de réglementation de la nécessité de cadres de certification spécifiques, et les hôpitaux d'investir dans l'acquisition de la plateforme et de certaines des applications.

## 4.3. AI.DReAM, un projet exploratoire typique

Le projet AI.DReAM a démarré comme un projet d'exploration typique, sur la base des critères définis par Lenfle (2008, 2016). Au depart, il s'est agit d'appliquer des technologies d'intelligence artificielle à l'imagerie médicale pour améliorer les soins de santé, mais les besoins étaient largement inconnus. Les besoins comme les défis technologiques qui restent à résoudre ont été découverts tout au long de l'année d'exploration après de nombreuses interactions avec d'autres parties concernées ayant des connaissances complémentaires. Le cadre réglementaire est également encore vague et peut évoluer rapidement ; beaucoup de recherches sont encore nécessaires pour décider des méthodes d'apprentissage automatique à utiliser, ce qui dépend également des exigences réglementaires et des besoins de justification et de transparence. Le début du projet a donc été entouré de nombreuses incertitudes, sans vision claire des résultats du projet, des marchés qui seraient abordés ou du calendrier approximatif du projet.

À l'échelle du projet lui-même, les résultats de cette année d'exploration ont été bien plus importants que les simples concepts des produits qui vont être développés pendant la réalisation du projet. Beaucoup de connaissances sur différents domaines ont été produites. Nous avons reconstitué cet apprentissage en mobilisant la méthodologie CK (Hatchuel et al. 2003, Lemasson et al 2006), qui permet de cartographier le lien entre les différentes composantes du projet et la generation de connaissance qui en découlent. Cette cartographie montre d'un côté le nombre et la variété de concept d'innovation générées dans divers domaines liés aux technologies de diagnostic, à la sélection des traitements ou à l'organisation de la recherche, par exemple. On citera à titre d'exemples :

- Standard-athon : utiliser le réseau international de médecins de GEHC pour établir des correspondances entre les termes dans le monde entier et construire des ontologies de domaine ;

- Utiliser la technologie blockchain pour la protection des données ;

- L'IA utilisée pour simuler les essais cliniques : modélisation des organes et des systèmes physiologiques pour prédire les résultats à long terme à partir d'observations à court terme ;

- L'IA est utilisée pour faciliter l'apprentissage des médecins ; enseignement personnalisé ;

- Suivi du patient avec des questions personnalisées et rappel du traitement à des moments optimaux (par exemple : lorsque le patient est à la maison, en utilisant les données du smartphone) ;

- Modules de traduction automatique pour les patients étrangers ou pour échanger avec des spécialistes à l'étranger.

Cette cartographie montre d'un autre côté la richesse des connaissances nouvelles nécessaires ou produites au cours de l'exploration. On peut constater que certaines de ces connaissances reviennent plus souvent que d'autres, ce qui permet d'identifier les domaines de connaissances critiques dans le domaine : les technologies liées aux stockage des données de santé, leur sécurité, leur accès et leur integration ; les différentes technologies d'apprentissage machine disponibles, telles que les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) ou le raisonnement basé sur les cas (CBR) et leurs implications sur la taille et le type d'ensembles de données d'apprentissage requis ou leur transparence sur la justification des décisions ; les techniques de recherche médicale, afin de comprendre les facteurs limitants et d'améliorer l'efficacité temporelle et financière.

La cartographie permet enfin de visualiser les acteurs détenteurs des compétences clés et ainsi servir d'outil de gestion des risques et d'aide au recrutement des partenaires. Ainsi,. dans le cas du projet AI.DReAM, il est apparu que l'APHP était le seul propriétaire des connaissances cliniques et de l'accès aux données, ce

qui présentait un risque si le médecin spécialiste de l'un des domaines cliniques se retirait ou si son infrastructure de données finissait par ne pas être développée comme prévu. Afin d'éliminer ce risque, l'Institut Gustave Roussy a été intégré dans le consortium en tant que second partenaire clinique et source de données. De même, il est apparu que le Loria, l'UBFC et Centrale Supélec, qui sont tous des laboratoires universitaires destinés à étudier les technologies d'apprentissage machine à utiliser, étaient un peu redondants car positionnés sur les mêmes domaines de connaissance. L'Université Paris Sud est donc devenue le seul partenaire académique du consortium, travaillant sur les questions théoriques de l'apprentissage machine, mais avec trois de leurs laboratoires impliqués pour conserver une importante main-d'œuvre et une certaine diversité, car ce domaine de connaissance a été identifié comme un domaine de connaissance critique. Enfin, plusieurs acteurs détiennent des connaissances autour des données de santé, ce qui est positif car il s'agit d'un domaine de connaissance critique.

## 4.4. Le processus de construction du réseau pour le projet AI.DReAM

La théorie de l'acteur réseau permet de caractériser comment se sont opérés les mécanismes d'alignement des acteurs variés qui ont progressivement constitué le projet AI.DReAM.

GE HealthCare joue un rôle de leader de plateforme et d'architecte de l'écosystème naissant. Les acteurs ont été rassemblés autour d'objets frontières qui ont été façonnés progressivement sous la forme de six workpackages qui constituent le plan de réalisation du projet. Ce sont les ensembles de tâches qui doivent être menées par plusieurs partenaires ensemble pour réaliser un aspect particulier du projet. Ils rassemblent chacun deux ou trois partenaires, comme le montre la figure 9, et sont suffisamment spécifiques pour les impliquer individuellement tout en étant suffisamment ouverts pour inclure également d'autres partenaires. Ces objets frontières permettent aux acteurs de développer un langage commun et de se rassembler autour d'une vision centrale, qui a été progressivement façonnée tout au long de l'année avec tous leurs apports. Cette ontologie a émergé par les interactions entre tous les acteurs, encourageant un état d'esprit ouvert, proactif et ambitieux et arrivant à maturité à des rythmes différents.

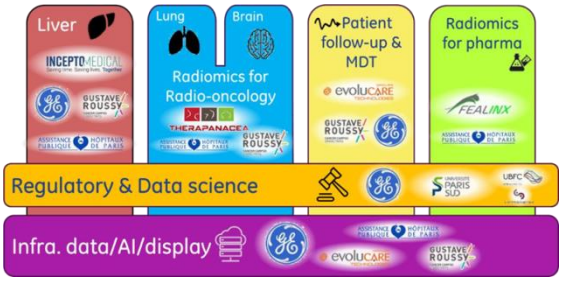



*Figure 9: Alignment of the AI.DReAM partners within six work-packages, which each constitutes a boundary object*

Le premier grand point de passage obligé a été la présentation initiale du projet à Bpifrance le 2 juillet 2017, visant à mesurer l'intérêt et demander un financement public. Tous les acteurs ont dû élaborer une présentation commune pour illustrer leurs objectifs, leurs projets et leurs attentes au sein et en dehors du consortium. L'un des défis de cette présentation était de présenter le projet en 25 minutes, alors que la présentation de projet standard prend plus d'une heure pour présenter les contributions de tous les acteurs ; cela a demandé à tous les partenaires d'être parfaitement alignés et clairs sur la répartition des responsabilités, les questions de calendrier avec la libération du produit dépendant étant coordonnées, ainsi que d'avoir un langage commun cohérent pour s'exprimer. Un enjeu important de cette présentation était de montrer comment le consortium travaillant comme une entité unique peut être plus fort que la combinaison de chacun des acteurs travaillant séparément. Le fait de réunir plusieurs partenaires dans chacun des work packages et de les articuler tous dans une proposition de projet cohérente a justement servi à cela. Des points passage intermédiaires ont été organisés au cours de l'année sous la forme de réunions de partenaires à Medicen pour discuter du projet et préciser les wokpackages et leurs livrables.

La construction progressive du réseau et la définition de ces objets frontières et des points de passage obligés ont été un processus fastidieux qui s'est déroulé très progressivement. Cependant, elle était strictement nécessaire pour minimiser les risques futurs de mauvais alignement souvent causés par la surestimation de la flexibilité ou de l'implication de certains acteurs. Un important transfert de connaissances a eu lieu entre les acteurs dans ce processus, ce qui a abouti à une organisation cohérente de tous les partenaires, chacun apportant des briques complémentaires pour mettre en place un projet unifié plus grand, fait de la combinaison de tous les objets limites. De plus, les recherches sur les réseaux d'alliance montrent que le maintien du compromis entre cooperation et competition entre acteurs est instable, les réseaux étant susceptibles de

basculer vers la coopération ou la concurrence (Hannah & Eisenhardt, 2017). La définition proactive des objets frontières et des points de passage obligés encourage la coopération plutôt que la concurrence, ou l'arrêt anticipé si des accords ne peuvent être conclus aux points de passage obligés.

## 4.5. AI.DReAM une expérimentation pour l'écosystème émergent

La réalisation du projet AI.DReAM peut être identifiée comme une expérimentation complète au sens de Ben Mahmoud-Jouini et Charue-Duboc (2017) pour l'écosystème émergent :

- Une analyse minutieuse des segments de marché et de la concurrence a été menée cette année pour définir et valider les principaux sous-systèmes sous la forme de work-packages

- Des représentants de tous les acteurs de l'écosystème sont impliqués dans le projet, ainsi que des clients réels

- Des connaissances techniques et économiques devraient être produites au cours du projet, ainsi qu'un aperçu des performances de l'offre globale

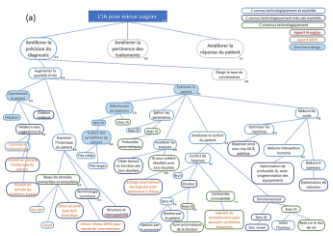
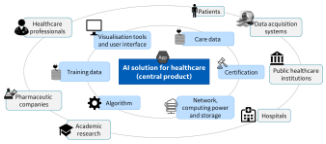
- Le projet est très affiné et mené dans des conditions réelles

- Le coût est partagé par toutes les entreprises concernées

Le projet AI.DReAM a donc joué un rôle important dans la structuration de l'écosystème émergent. Il façonne l'écosystème autour de l'architecte que constitue GEHeallthCare ; il influence certaines des décisions clés, comme celles liées aux processus de certification des solutions d'IA par exemple.

## 4.6. AI.DReAM : les 3 étapes d'un processus d'émergence et de structuration d'un projet d'exploration

Nous avons ainsi pu caractériser, à la lumière des différents cadres théoriques mobilisés, la nature des activités mises en oeuvre dans les trois étapes de structuration du projet AI.DReAM.

| | **1. Exploration** | **2. Network construction** | **3. Ecosystem structuration** |
|---|---|---|---|
| |  | |   |
| *Theory involved* | C-K theory of design | Actor-Network theory | Ecosystem structuration theory |
| *Focal object* | C-K exploration | Boundary objects | Complete Solution Experiment |
| *Main actors* | Focal firm | Individual partners representing all the ecosystem actors | Global actors of the ecosystem |
| *Knowledge developed* | Technological and commercial knowledge | Relational knowledge | Structuration knowledge |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Principal objective* | Robust opportunity exploration | Partners alignment | Development of a global offer |
| *Risk addressed* | Initiative risk | Interdependence risk | Integration risk |
| *Timeframe* | Short (~ a few months) | Medium (~ a year) | Long (~ a few years) |
| *Success factors* | A broad, open mindset<br>Rigour, to support concepts with associated knowledge | Common language<br>Extensive and detailed exchanges<br>Added value for all involved | Extensive actor representation, including KOL<br>Clear long-term plan of action<br>Redundancy of risky elements |

*Table 3: Caractérisation des activités clés des trois étapes du processus d'émergence et de structuration du projet*

La première étape consiste en l'exploration de l'environnement, pour laquelle la théorie C-K est un outil puissant. Il est possible d'identifier des domaines de connaissance cruciaux pour un domaine d'exploration, ce qui permet à une entreprise d'adapter sa stratégie d'acquisition de compétences, en développant en interne de nouvelles compétences, en employant de nouveaux experts ou en s'associant à des entreprises complémentaires par exemple..

Les connaissances acquises au cours de cette phase atténuent le risque d'initiative associé à un projet exploratoire collaboratif, en aidant à évaluer la faisabilité et l'opportunité des concepts exposés. Les points importants pour la réussite de cette phase d'exploration sont de l'aborder avec un esprit large et ouvert, libre de toute idée préformée, afin que les concepts exposés soient aussi variés et riches que possible.

La deuxième étape consiste à structurer un réseau de partenaires à petite échelle ; elle concerne un nombre limité de parties au niveau des entreprises individuelles, mais avec au moins un représentant de chaque type d'acteurs de l'écosystème. Venant d'horizons différents, leur processus d'alignement est long et implique un important transfert de connaissances entre les partenaires eux-mêmes. Au cours de ce processus qui se déroule autour d'objets frontières et de points de passages obligés, les connaissances et la vision sont mutualisées entre les acteurs du réseau.

Un important travail de coordination est nécessaire entre les acteurs pour comprendre comment leurs contributions respectives s'intègrent les unes aux autres, d'un point de vue technique, organisationnel et temporal.

La connaissance relationnelle est le principal type de connaissance développé durant cette phase. L'élaboration soigneuse d'un plan d'action pour tous les partenaires avec des points de passage obligés, en tenant compte des dépendances entre les composantes des différentes parties, permet de limiter le risque d'interdépendance associé aux projets de collaboration.

Une première étape importante de cette deuxième phase est la construction d'un langage commun entre tous les partenaires, car provenant de domaines parfois très différents, les malentendus peuvent être la source de retards importants plus loin dans le processus et de complications. Les échanges doivent également être très détaillés et exhaustifs, et il faut ne rien considérer comme allant de soi en ce qui concerne les autres acteurs, afin de ne pas découvrir plus tard dans le processus avoir surestimé la capacité d'adaptation des autres ou trouver des travaux répétés ou des aspects qui ne sont abordés par personne. En outre, il est important d'identifier et de communiquer clairement la valeur ajoutée pour chaque partie afin que tous les acteurs restent activement engagés dans le projet.

Enfin, une fois le réseau établi, la troisième étape consiste alors à transférer cette vision du niveau du réseau à petite échelle à l'écosystème plus large dans son ensemble, par le biais d'une expérience de solution complète. Dans ce contexte, le projet AI.DReAM se présente comme une expérimentation ou un prototype de l'écosystème et permet le transfert de connaissances du réseau vers l'écosystème

complet. Dans le cadre du projet du consortium, les applications qui seront développées sur le diagnostic des maladies du foie, les traitements du cancer du poumon et du cerveau et la recherche pharmaceutique serviront de mini-prototypes des produits de l'écosystème. Cela permet de développer une offre globale qui implique tous les acteurs de la chaîne d'adoption de la solution finale, ce qui contribue à développer les connaissances de structuration et à atténuer les risques d'intégration. Les interrogations autour de la capture et de la redistribution de la valeur entre les différents acteurs qui apportent chacun une brique de la solution finale, doivent également être abordées dans cette phase. Pour que cette expérimentation soit réellement représentative de l'écosystème, tous ses acteurs doivent être impliqués. Pour les projets présentant un niveau élevé de nouveauté, la redondance des contributions permet d'éviter que l'échec de la contribution d'un partenaire n'empêche pas la poursuite de l'ensemble de l'expérimentation. C'est ce qui a été appliqué dans le projet AI.DReAM en ayant deux partenaires cliniques différents. Le projet sera toujours viable si l'un des partenaires se retire du consortium.

Ce processus de structuration de l'écosystème émergent met en scène deux acteurs particulièrement importants sur lesquels nous souhaiterions revenir dans les deux dernières parties de ce cahier : le rôle des pouvoirs publics et le rôle de l'architecte de l'écosystème.

## 5. LE ROLE DES POLITIQUES PUBLIQUES D'INNOVATION DANS LA STRUCTURATION DES ECOSYSTEMES

La littérature sur l'open innovation et les écosystèmes, majoritairement anglosaxonne, met l'accent sur l'importance des entreprises privées. Dans le cas du projet AI.DReAM, les politiques publiques d'innovation ont joué un rôle important dans les phases de construction du réseau et de structuration de l'écosystème. L'étincelle qui a initié le projet AI.DReAM a été l'appel à intérêt lancé par le pole de compétitivité Medicen : Technologies d'intelligence artificielle pour l'imagerie médicale (AITforMI). Il vise à mettre en relation les acteurs de la santé franciliens pour renforcer leur compétitivité sur la scène internationale ; il regroupe des entreprises de toutes tailles, des multinationales aux start-ups, ainsi que des acteurs académiques et cliniques et a pour vocation de stimuler la mise en relation entre partenaires variés. Cet appel à intérêt a pour but de favoriser l'émergence de projets ambitieux qui pourraient prétendre à un financement de Bpifrance, avec leur soutien.

Au delà de la stimulation de l'émergence du projet, la dimension communautaire fortement portée par l'initiative publique du pole de compétitivité a également influencé certaines décisions stratégiques. La contribution à la structuration d'une politique Industrielle sur un secteur emergent à fort potential constitue, pour les pouvoirs publics, un enjeu important. Le projet devrait permettre aux petites et moyennes entreprises d'intégrer les nouvelles technologies. C'est un atout important du consortium AI.DReAM, qui regroupe une grande multinationale, une PME française spécialisée dans les systèmes d'information hospitaliers et trois PME et start-ups françaises - la dernière n'ayant été fondée qu'en 2018. Le rôle important que AI.DReAM peut jouer pour aider ces entreprises à décoller et à se développer doit être souligné dans la demande de financement.

Dès lors, l'ouverture et l'interopérabilité de la plate-forme ont été presque rendues obligatoires, en raison du grand nombre et de la diversité des acteurs impliqués, qui ne voulaient pas s'enfermer exclusivement dans des systèmes GE. Si cet aspect stratégique a été validé par GEHC en interne et a bénéficié d'un bon soutien, il n'est pas venu de directives explicites de la direction générale.

Enfin, le suivi du pôle de compétitivité Medicen et le processus de demande de financement, ont favorisé la construction progressive d'objets frontières communs entre les partenaires et ont constitué le premier point de passage obligé sous la forme d'une audition à Bpifrance, dont on a vu l'importance sur la structuration et l'alignement du réseau d'acteurs.

# 6. ANALYSE DE LA STRATEGIE DE L'ARCHITECTE DE L'ECOSYSTEME

Le rôle de GE HealthCare est évidemment central dans la réussite de ce projet d'exploration ecosystémique. Nous l'analyserons ici en nous focalisant sur 3 aspects : le traitement des goulots d'étranglement qui ralentissent la croissance ou la performance globale de l'écosystème ; la conception du modèle d'affaire ; la definition de la gouvernance de l'écosystème AI.DReAM.

*Le management des goulots d'étranglements*

Comme on l'a vu, quatre stratégies différentes ont été présentées à partir de la littérature et elles seront illustrées ici avec des exemples du projet AI.DReAM, afin d'étudier comment GE HealthCare a décidé de se positionner au sein de l'écosystème.

La stratégie du système consiste tout d'abord à traiter la plupart des composantes de l'écosystème en interne et à minimiser la coopération. Cette stratégie est puissante car elle permet une intégration maximale des composants pour une plus grande performance et des dépendances limitées vis-à-vis des partenaires externes. Cependant, elle nécessite des investissements très élevés et est très coûteuse en termes de temps et de ressources. Dans un contexte incertain, tant sur le plan réglementaire qu'économique, cette stratégie n'était pas viable pour GE HealthCare. Au lieu de cela, plusieurs projets de moyenne envergure ont été lancés par des équipes distinctes dans le monde entier ; c'est un moyen d'expérimentation parallèle et intensif, qui permet de sélectionner les projets les plus performants pouvant ensuite être intégrées à un stade ultérieur.

Les deux principaux goulots d'étranglement qui ont été identifiés dans l'écosystème des solutions d'IA pour les soins de santé sont l'accès aux données - tant pour la formation aux algorithmes que pour la mise en œuvre dans les soins de travail - et les questions de certification.

Pour manager ces goulots, GE Healthcare a mobilisé différentes stratégies. La stratégie système en intégrant la conception de briques clés de l'accès aux données comme l'anonymisation et l'archivage, en réutilisant ses outils internes de conception logiciel et déjà certifiés pour construire un environnement générique exploitable pour toutes les applications finales. La stratégie de composant et de contournement ont été aussi mobilisées en s'alliant avec des acteurs clés du monde médical et en diversifiant ceux-ci pour minimiser le risque d'accès aux données. De même, la mobilisation des laboratoires de recherche en informatique a sécurisé le goulot de certification du logiciel.

*La conception du modèle d'affaire et la proposition de valeur de la plateforme*

Dans le cas du projet AI.DReAM, deux aspects nouveaux sont à prendre en compte lors de la conception du modèle d'affaire de la nouvelle offre, par rapport à ceux des produits logiciels standard déjà commercialisés par GE, tels que les applications de post-traitement des images médicales.

D'un côté, les principaux changements dus à l'utilisation de l'apprentissage machine concernent les ressources et les compétences ; il nécessite une nouvelle expertise technique ainsi que des ressources matérielles telles que les données médicales et la puissance de calcul, qui sont également la source de nouveaux coûts. D'un autre côté, GEHC n'est pas la seule source de la valeur offerte aux utilisateurs finaux et le contexte évolue vers une situation de co-création. GEHC et Evolucare co-créent de la valeur pour des éditeurs d'applications tiers tels qu'Incepto ou Therapanacea, qui à leur tour créent de la valeur pour les médecins, qui sont les utilisateurs finaux du produit. Les éditeurs d'applications tiers deviennent des partenaires à part entière du processus de création de valeur. Ces complémenteurs sont la principale source de valeur de la plateforme visible pour les utilisateurs finaux et sont partiellement externalisés, selon une approche multiface nécessitant une réflexion sur la distribution de la valeur créée.

Le tableau ci dessous résume les questions à aborder dans la conception du modèle d'affaire du projet, du fait de son caractère écosystémique, selon le modèle de Rayna et Striukova (2016).

| | *Impact of the introduction of machine learning activities* | *Impact of the openness and interoperability of the system* |
|---|---|---|
| **Value creation** | | |
| Core competencies | New expertise on ML and big data | |
| Key resources | Data, processing power, algorithms | |
| Governance | Data strategy, regulations | Development by 3rd parties: control on what apps are distributed? |
| Complementary assets | | 3rd party apps |
| Value networks | | GE creates value for app publishers who in turn create value for the final users |
| **Value proposition** | | |
| Product offering | (Product similar to post-processing apps, mostly development methods and performance that are different) | |
| Service offering | | New PaaS service for 3rd parties |
| Pricing model | | Several SaaS & PaaS license models in discussion, more details later |
| **Value delivery** | | |
| Distribution channels | | |
| Target market segments | | New target: app publishers |
| **Value capture** | | |
| Revenue model | | Sources of revenues: platform base, in-house app distribution, 3rd party app deployment |
| Cost structure | New costs: data and ML algorithm patents | |
| Profit allocation | | Part for 3rd party developers |
| **Value communication** | | |
| Communication channels | | |
| Ethos and story | | |

*Table 4 : l'impact de l'introduction de l'apprentissage machine et de l'organisation en ecosysteme sur le modèle d'affaire du projet*

Enfin, la dernière variable à intégrer dans la conception d'un modèle d'affaire est le niveau de maturité de l'écosystème. Pour les écosystèmes encore naissants, chaque nouveau venu est le bienvenu, et chaque contribution est bénéfique, même de la part des concurrents traditionnels, pour faire croître l'ensemble de l'écosystème. C'est notamment pour cette raison que l'accent a été mis sur l'interopérabilité dès le début du projet : la plateforme devrait être compatible avec des outils non GE, tels que d'autres systèmes d'archivage d'images ou des outils de post-traitement. L'interopérabilité sera essentielle pour encourager la diffusion des outils d'IA dans le domaine des soins de santé et pour que la nouvelle plateforme ait une véritable force de frappe dans le secteur des soins de santé. GE

coopérera activement avec les acteurs de petite et moyenne taille dans ce domaine, même si certains développent également leur propre plateforme mais pourraient un jour se lancer dans celle de l'AI.DReAM. Toutefois, elle n'encouragerait pas les autres grands acteurs à lancer leur propre environnement, car elle souhaite que l'AI.DReAM soit la plateforme de référence pour le développement et le déploiement d'applications médicales AI et qu'elle devienne le marché de référence des solutions numériques à haute performance pour les soins de santé.

L'une des conditions de développement du projet est que la plateforme procure de la valeur à tous les acteurs dont la contribution est requise. Les principaux utilisateurs de la plate-forme et des outils développés par le consortium AI.DReAM seront les éditeurs d'applications, y compris les sociétés pharmaceutiques, les développeurs d'applications indépendants tels que les médecins effectuant des recherches, les hôpitaux et les médecins. Sans être des utilisateurs directs, les patients ainsi que les institutions publiques telles que les ministères de la santé et les assurances maladie, seront bénéficiaires des produits du consortium.

La valeur apportée par les produits du consortium à chacun de ces groupes d'utilisateurs est présentée dans le tableau 5 ci-dessous. L'un des points les plus importants de la proposition de valeur de cette plateforme pour les acteurs industriels sera l'énorme potentiel d'accès au marché qu'elle offre, grâce au réseau international de GE et à la reconnaissance de la marque. Ce sera le principal avantage visé par les éditeurs d'applications de taille moyenne qui déploieraient leurs applications sur le marché AI.DReAM ; même s'ils disposent également de leur propre plateforme pour un déploiement indépendant, AI.DReAM leur offrirait une grande visibilité et un accès au marché dans le monde entier. Les acteurs plus petits bénéficieraient également en premier lieu des outils techniques disponibles, tels que le SDK, les fonctions génériques de post-traitement d'images et les outils de validation, ainsi que de l'accès aux données et de la connexion avec les professionnels cliniques. Les hôpitaux et les médecins auront accès à un marché centralisé offrant une grande diversité d'applications, avec une garantie de sûreté et de sécurité des produits disponibles. Un dernier point à noter concernant les avantages concurrentiels de la plateforme est qu'avec un large portefeuille d'applications existantes, GE a déjà des produits divers et de haute qualité à offrir sur la plate-forme pour les utilisateurs finaux.

| | App publishers | Hospitals | Doctors | Researchers | Pharma companies | Patients | Public institutions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Added value from the platform and marketplace* | MD specific development environment<br>Validation tools<br>Generic image post-processing functions<br>Access to healthcare data from heterogeneous sources (interoperability)<br>Access to market & connection with KOL | Information system optimisation<br>Data access simplification and securing<br>Data valuation<br>App diversity on a single interface – centralised marketplace | Generic tools integrated in information systems and workflows<br>'Intelligent guide' of services available | Ready-to-use image processing tools<br>Data access<br>Heterogeneous data integration<br>Facilitation of multi-centre studies | Access to data from heterogeneous sources (interoperability)<br>Dataset creation and data processing tools<br>Easy identification of cohorts for clinical trials | Controlled, transparent and secure infrastructure to encourage patients' trust in the safety and fair use of their data | Improved hospital logistics |
| *Added value from apps* | Possible interactions with other applications | Care improvement<br>Time and cost saving tools | | | Identification of new biomarkers<br>Accurate monitoring of clinical trials | Improved chances: faster and more precise diagnostic<br>Fewer invasive or repeated exams<br>More specific treatment plan | Cost savings<br>Reduced delays<br>Improved patient chances |

*Table 5: Value proposition of the platform, marketplace and apps, for all the user groups and impacted parties*

*Quelle gouvernance pour cette plate-forme ouverte ?*

Enfin, le caractère ouvert et évolutif de la plateforme implique de définir les conditions de la gouvernance de sa dynamique, en matière de sécurité, sûreté, élargissement d'accès et performance.

Tout d'abord, étant donné que la plateforme hébergera des applications médicales, des normes minimales de sécurité et de sûreté sont obligatoires.

Ensuite, il faut se demander si les performances et les services offerts par les applications déployées sur le marché doivent être contrôlés ou non. Laisser la plateforme entièrement ouverte à toutes les contributions - à condition qu'elles aient obtenu les certifications réglementaires requises - favoriserait la diversité des applications offertes et disponibles pour les médecins. Mais cette profusion n'est pas forcément positive, car elle pourrait nuire à l'utilisateur final, incapable de décider lesquelles utiliser, et pourrait ainsi constituer un obstacle à l'adoption. Imposer une sélection sur les applications déployées sur la plateforme permettrait d'éviter cela, mais cela nécessiterait également des critères de sélection et des mesures clairs, difficiles à garder objectifs, et nécessiteraient davantage de contributions de la part de l'opérateur de la plateforme.

Enfin, la question se pose de la liberté laissée ou non aux développeurs concernant le déploiement de leur application construite avec le SDK AI.DReAM dans un contexte différent. Le tableau ci dessous résume cette analyse de conception du modèle d'affaire et de la gouvernance du projet.

| Strategic decisions | Recommendations | Brief justifications |
|---|---|---|
| *Governance – control over the marketplace* | License to the development environment open to all<br>Publication safety and ethical criteria for app deployment<br>Possible additional restrictions if redundancy is to be avoided | Medical device applications, critical safety concerns<br>Free market approach if redundancy is not considered a problem, as no physical embodiment of the platform |
| *Governance – restrictions on third parties* | Freedom of deployment for third parties, if no running costs induced by apps developed on the platform – with potential 'independence' fee<br>Restricted deployment, if running costs, depending on technical monitoring possibilities | Nascent ecosystem in pre-competition stage<br>Challenges to monitor installs and usage on external systems and deployment restriction could be a barrier to adoption for developers but it would encourage subscription to the marketplace by hospitals |
| *Launch strategy* | Clear and explicit communication on added value for both user groups<br>Capitalise on first apps available, developed by the consortium<br>Target a specific user group - developers | Consortium apps: starting offer to attract end users and initiate development cycle<br>Stronger initial advantages for developers and technical support as alternative to only commercial incentive |
| *Free vs fixed pricing* | Free pricing | Diversity in services offered makes fixed pricing irrelevant<br>Large number of complements making the platform immune to the performance of individual apps |
| *Targeted user group for revenues* | Possible to get more revenues from one specific user group - developers | More tangible benefits<br>Commercial entities |
| *Types of licences for SDK access (developers)* | Fixed subscription – discount based on length and / or research vs commercial distinction<br>Fixed entry price and variable parts (for more advanced modules or additional services) | *A la carte* model leaving a lot of flexibility to users and encouraging initial adoption – requires good resource management |
| *Types of licenses for app deployment* | Fixed annual subscription & % on sales | Natural selection of successful apps & constant stream of revenues, without repelling developers with too high entry price |
| *Types of licenses for marketplace access (hospitals)* | Fixed-term subscription, with variations based on hospital size and/or # of workstations to connect and possible discount with license length | Efficient processes, public markets |
| *Platform leadership* | Define scope of the firm, define the technology, shape external partnerships, manage internal structures | Manage and channel complementor innovation to promote and emphasize own components and products |
| *Project implementation* | Funding application: highlight novelty aspect and structuring role, growth opportunities for SMEs, economic benefits<br>Always keep end users at the heart of the design process<br>Monitor finances and competition carefully<br>Relevant project management to keep actors engaged<br>Balance requirements from funding agency and actual project requirements | |

*Table 6: Les options de modèles d'affaire et de gouvernance du projet AI.DReAM*

*Stratégies de lancement d'une plate-forme multiface*

En tant que modèle multiface associant sur la plateforme ouverte des développeurs de logiciels d'application médicale et des utilisateurs hospitaliers, le défi crucial de ce projet est l'étape d'amorçage du cycle vertueux illustré à la figure ci dessous, qui peut ensuite devenir auto-entretenu.

Le tableau ci-dessous résume les incitations et les obstacles à un tel amorçage pour la variété des acteurs du modèle multiface.

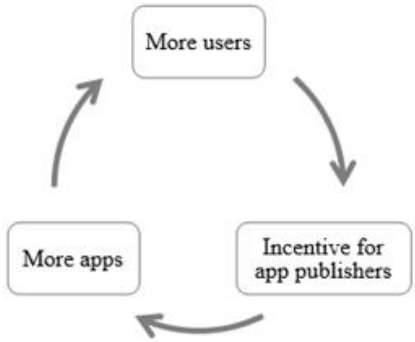



Figure 11: The virtuous cycle of multi-sided platforms

| | App publishers | Hospitals |
|---|---|---|
| *Incentives, added value* | MD specific development environment Validation tools<br>Generic image post-processing functions<br>Access to healthcare data<br>Access to market | Generic tools, with integration in hospitals information systems and doctors' workflow<br>App diversity on a single interface – centralised marketplace<br>Time and cost saving tools<br>'Intelligent guide' of services available<br>Care improvement |
| *Potential barriers to adoption* | Lack of end users High entry price<br>Non-standard tools, non-intuitive interface Closed system, non-flexible workflow | Lack of applications High entry price<br>Low quality applications Difficult to navigate marketplace or<br>workflow |
| *Substitutes* | Own development tools Individual deployment | Apps developed by individual companies |
| *Advantages of AI.DReAM at launch* | Presence of high performing applications for diagnostic, treatment, follow-up and research<br>GE proprietary apps transferred on the platform to expand the offer and boost growth | |
| *Other possible ignition strategies* | Partnerships with AI start-ups: free or cheap access to the SDK and initial deployment<br>Pro-active support for first steps and finishing touch | Free initial access to the marketplace |

*Table 7: Valeur ajoutée et obstacles à l'adoption de la plate-forme AI.DReAM en phase d'amorçage, par type d'acteur*

Plusieurs stratégies sont disponibles pour encourager le lancement de la plate-forme. Tout d'abord, l'adoption par les utilisateurs finaux peut être encouragée avec une application géniale (« killing ap ») ou en tout cas avec une sélection d'applications existantes dès le lancement.

Une autre stratégie consisterait à offrir un accès gratuit ou très bon marché à la plateforme aux

hôpitaux dans un premier temps, de sorte qu'il n'y ait pas de frais d'entrée sur le marché et que les hôpitaux puissent acheter directement les applications disponibles, éventuellement avec des essais gratuits. Si les efforts sont orientés vers les éditeurs d'applications, davantage de partenariats peuvent être développés avec les start-ups d'IA, leur donnant un accès gratuit ou bon marché au SDK et un déploiement potentiellement gratuit dans un premier temps, pour stimuler l'offre et encourager l'adoption par les hôpitaux. Les premiers éditeurs d'applications peuvent également être soutenus de manière proactive dans leurs premiers pas sur la plateforme pour accélérer les cycles de développement, ainsi que pour les touches finales afin de garantir la facilité d'utilisation des solutions et leur adoption par les utilisateurs finaux. Quelle que soit la stratégie choisie, il est important que tous les flux de travail et les interfaces restent simples et intuitifs à utiliser.

*Modèles de tarification*

La definition des modèles de tarification est complexe dans le cas d'une plateforme multiface. Il existe en effet de multiples flux de valeur entre les trois principales parties concernées, comme l'illustre la figure 12, qui peuvent prendre différentes formes en fonction des décisions stratégiques prises par l'entreprise focale. Les éditeurs d'applications doivent d'abord acheter une licence pour accéder à l'environnement de développement (SDK) ; ils peuvent ensuite déployer leurs applications sur le marché de la plateforme moyennant une redevance, pour vendre des licences aux hôpitaux qui paient les développeurs, l'opérateur de la plateforme pouvant percevoir un pourcentage de cette transaction.

Un premier point est celui de la fixation des prix des compléments. Etant donné que le succès de la plate-forme dépend du succès de ses applications, les développeurs doivent-ils être libres de fixer leur prix ou faut-il l'imposer ? Alors que les performances d'un produit ne comportant qu'un ou deux compléments fondamentaux seront directement affectées par le prix et les changements de prix de chacun des compléments, la force d'une plateforme de type marché telle que AI.DReAM est d'avoir un grand nombre de compléments. Cela immunise la plateforme globale contre les décisions commerciales des applications individuelles. De plus, les applications qui seront déployées sur le marché AI.DReAM seront extrêmement diverses et apporteront des services très différents, il ne serait donc pas logique d'imposer un prix commun pour toutes.

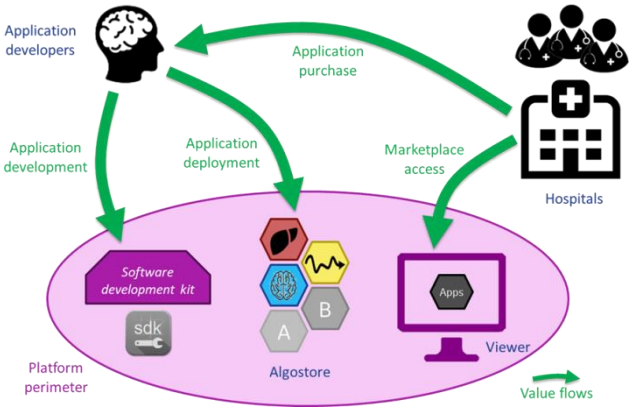



*Figure 12 : Diagramme montrant les multiples flux de valeur entre la plate-forme, les éditeurs d'applications et les hôpitaux*

Un second point est la question de la rémunération de la plate-forme elle-même. Comme mentionné précédemment, la plate-forme a deux sources principales de revenus - les éditeurs d'applications et les hôpitaux - qui fournissent plusieurs flux de revenus. Tout comme pour l'approche de lancement, il faut décider de quel côté orienter la stratégie pour initier le cercle vertueux. Cette décision dépendra du groupe d'utilisateurs qui tire le plus de bénéfices de la plate-forme et de l'existence ou non de substituts. Comme le montre le tableau 7, les deux groupes d'utilisateurs tirent des avantages spécifiques de l'utilisation de la plate-forme AI.DReAM, mais ceux offerts aux éditeurs d'applications sont probablement plus importants, au moins à court terme.

Le troisième aspect important de la stratégie de tarification est le modèle de licence proprement dit. Trois licences distinctes doivent être envisagées : une pour les développeurs qui souhaitent accéder au SDK, une pour les développeurs qui souhaitent déployer leur application sur le marché et une pour les hôpitaux qui souhaitent accéder au marché ; les licences distribuées par les éditeurs d'applications aux hôpitaux pour l'utilisation de leurs applications seront laissées à la discrétion des développeurs et ne seront pas abordées ici.

Pour ces trois produits, les licences permanentes apporteraient des revenus initiaux élevés à l'opérateur de la plate-forme, mais elles nécessiteraient des investissements importants de la part des développeurs ou des hôpitaux, ce qui peut être difficile à justifier pour des produits logiciels qui, s'ils ne sont pas correctement entretenus, peuvent être obsolètes en quelques années. Cette discussion portera donc sur les modèles d'abonnement et de paiement à l'utilisation.

*Stratégie et organisation du leadership de la plate-forme*

Dans le projet AI.Dream, GE HealthCare se positionne clairement comme leader de plateforme. Un rôle que Cusumano et Gawer (2002) ont défini par les leviers suivants :

- 1. définir le champ d'action de l'entreprise : quels produits doivent être fabriqués en interne, et quels produits doivent être laissés à des complémenteurs ?

- 2. définir la technologie : comment les produits et les complémenteurs doivent-ils s'interfacer, quel doit être le degré d'ouverture de ces interfaces, quel doit être le degré de modularité à adopter ?

- 3. la définition des relations avec les compléments : comment guider l'innovation des partenaires externes pour servir sa propre stratégie et équilibrer la coopération et la concurrence

- 4. La gestion des structures organisationnelles internes : mettre en œuvre la modularité et gérer efficacement les conflits d'intérêts internes et externes.

Si nous avons déjà discutés des deux premiers leviers, le troisième levier de la direction de la plate-forme concerne la gestion des relations extérieures, qui est un processus continu tout au long de la durée de vie de la plate-forme. La construction et le lancement de la plate-forme dans le cadre d'un projet de consortium constituent un point de départ solide, car les compléments externes sont des partenaires proches, de sorte que les interfaces et les responsabilités sont définies avec eux et que la concurrence est limitée. Le fait que les interfaces soient définies avec les complémenteurs pour commencer, aidera à démocratiser et à diffuser les normes de la plate-forme et à créer une dynamique autour des interfaces.

Enfin, le quatrième levier concerne l'organisation interne et les conflits d'intérêts. Ce risque a été géré dans la première phase du projet en limitant les responsabilités de GE aux éléments déjà inclus dans les feuilles de route stratégiques. Une forte insistance interne a également été mise sur la modularité pour la plupart des nouveaux systèmes logiciels développés par GEHC. Étant donné que la valeur de ce projet est co-créée par plusieurs partenaires, des schémas de répartition de la valeur affinés devraient être discutés dès le début du projet, afin d'éviter des conflits d'intérêts ultérieurs. Une force importante de la plate-forme AI.DReAM est de pouvoir s'appuyer à la fois sur des produits complémentaires développés par des partenaires externes et d'en avoir en interne. Ceci est proche de la stratégie adoptée par Microsoft. Une autre stratégie adoptée par Cisco a consisté à acquérir et à assimiler ses concurrents et substituts, ce qui n'est pas nécessairement une stratégie applicable à GE si les plates-formes concurrentes proviennent de concurrents historiques tels que Siemens ou Philips. Elles devraient plutôt maintenir un niveau élevé d'interopérabilité et des normes ouvertes pour que les produits complémentaires ne soient pas incompatibles entre les plates-formes ; AI.DReAM pourrait alors se différencier par le type et la qualité des services qu'elle offre en tant que plate-forme. Enfin, le leadership de la plate-forme ne devrait pas s'arrêter une fois que la plate-forme est établie avec succès et une gestion proactive devrait continuer à préparer et à orienter les innovations futures pour rester leader du marché.

## CONCLUSION, LIMITES ET RECHERCHES FUTURES

Le cas AI.DReAM a permis d'analyser les processus et les logiques à mobiliser dans le développement de projets exploratoires écosystémiques. Il montre les differences majeures avec une demarche de projets d'innovation produit traditionnelle. L'open innovation pour de telles innovations de ruptures constitue ainsi à la fois une opportunité permettant d'explorer rapidement et largement des espaces d'innovation à fort potentiel, mais aussi des questionnements et problématiques nouvelles et complexes à résoudre : exploration conjointe du domaine exploré, management de la constitution et de la structuration du réseau, pilotage de l'alignement des acteurs et gestion dynamique des goulots limitant le passage à l'échelle du projet, définition dynamique des flux économiques entre les acteurs…

Le projet de Master, et ici, ce cahier PIC, ont permis de montrer l'intéret des ressources académiques existantes dans le domaine pour aborder ces problématiques, formuler et tester des propositions de réponses à ces nouvelles questions sur la phase d'émergence du projet. Evidemment, la limitation de la durée du projet, qui s'est terminé à l'automne 2018, ne permet pas de mesurer l'effet des decisions sur un projet qui va se déployer dans les années qui viennent. L'observation de la réalisation du projet AI.DReAM au cours des cinq prochaines années permettrait d'évaluer l'importance des facteurs de succès identifiés pour la structuration de l'écosystème et la performance du projet en tant qu'expérimentation pour l'écosystème naissant. Après la réalisation du projet, la pertinence des orientations données pour la conception du modèle économique pourrait également être évaluée. Malgré ces limites, l'analyse de ce cas emblématique permet d'enrichir la compréhension des situations d'émergence d'écosystèmes similaires dans différents projets et industries.

## Références


Abernathy , W. & Rosenbloom, R., 1969. Parallel Strategies in Development Projects. *Management Science,* 15(10), pp. 486-505.

Adner, R., 2006. Match your Innovation Strategy to your Innovation Ecosystem. *Harvard Business Review,* 84(4), pp. 98-107.

Adner, R., 2017. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management,* 43(1), pp. 39-58.

Adner, R. & Kapoor, R., 2010. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal,* 31(3), pp. 306-333.

Akrich, M., Callon, M. & Latour, B., 1988. A quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement ; 2 : Le choix des porte-parole. *Gérer et Comprendre, Les Annales des Mines,* pp. 4-17 & 14-29.

Bahari, N., Maniak, R. & Fernandez, V., 2015. *Ecosystem Business Model design.* s.l., XXIVe Conférence Internatinonale de Management Stratégique.

Booz, Allen & Hamilton, 1982. *New Products Management for the 1980s.* : Booz, Allen & Hamilton.

Chapel, V., 1997. *La Croissance par l'Innovation : de la Dynamique d'Apprentissage à la Révélation d'un Modèle Industriel. Le Cas Tefal.* Paris: Ecole Nationale Supérieur des Mines de Paris.

Chen, Y., 2018. *How Carmakers Manage Innovation in the Electric Vehicle Ecosystem?,* Gif-sur- Yvette: s.n.

Cusumano, M. & Gawer, A., 2002. The Elements of Platform Leadership. *MIT Sloan Management Review,* 43(3).

Dougherty, D., 1992. A practice-centered model of organizational renewal through product innovation. *Strategic Management Journal,* 13(S1), pp. 77-92.

Dougherty, D. & Dunne, D., 2011. Organizing ecologies of complex innovation. *Organization Science,* 22(5), pp. 1214-1223.

Eisenhardt, K. M. & Tabrizi, B., 1995. Accelerating adaptive processes: product innovation in the global computer industry. *Administrative Science Quarterly,* Volume 40, pp. 84-110.

Evans, D., Hagiu, A. & Schmalensee, R., 2006. *Invisible Engines: How Software Platforms Drive Innovation and Transform Industries.* Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Gillier, T., Hooge, S. & Piat, G., 2014. Framing Value Management for Creative Projects: An Expansive Perspective. *International Journal of Project Management,* 33(4), pp. 947-960.

Gillier, T., Kazakci, A. O. & Piat, G., 2012. The Generation of Common Purpose in Innovation Partnerships: A Design Perspective. *European Journal of Innovation Management,* 15(3), pp. 372- 392.

Gray, B., 1989. *Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems.* San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Hannah, D. & Eisenhardt, K., 2017. How Firms Navigate Cooperation and Competition in Nascent Ecosystems. *Strategic Management Journal,* pp. 1-30.

Iansiti, M. & Levien, R., 2004. *The keystone advantage: What the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability.* Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.

Jacobides, M. & Tae, C., 2015. Kingpins, bottlenecks and value dynamics within a sector.

*Organisation Science,* 26(3), pp. 889-907.

Le Masson, P., Weil, B. & Hatchuel, A., 2006. *Les Processus d'Innovation.* Hermès: Paris.

Leifer, R. & al, 2000. *Radical Innovation: How Mature Companies can Outsmart Upstarts.* Boston: Harvard Business School Press.

Lenfle, S., 2008. Exploration and Project Management. *International Journal of Project Management,*

25(6), pp. 469-478.

Lenfle, S., 2016. Floating in Space? On the Strangeness of Exploratory Projects. *Project Management Journal,* 47(2).

Loch, C. H., DeMeyer, A. & Pich, M. T., 2006. *Managing the Unknown: A New Approach to Managing High Uncertainty and Risks in Projects.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..

Loilier, T. & Malherbe, M., 2012. Le développement des compétences écosystémiques. *Revue française de gestion,* Volume 3, pp. 89-105.

Ben Mahmoud-Jouini, S. & Charue-Duboc, F., 2017. Experimentations in emerging innovation ecosystems: specificities and roles. The case of the hydrogen energy fuel cell. *International Journal of Technology Management,* 75(1/2/3/4), pp. 28-54.

March, J., 1991. Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science,*

Volume 2, pp. 71-87.

Marcocchia, G., 2019.

Marcocchia G. et Maniak, R. 2019.

Osterwalder, A. & Pigneur, Y., 2010. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.* s.l.:Jon Wiley and Sons.

Paulus-Rohmer, D., Schatton, H. & Bauernhansl, T., 2016. *Ecosystems, strategy and business models in the age of digitalization - How the manufacturing industry is going to change its logic.* s.l., Elsevier, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems.

Rayna, T. & Striukova, L., 2016. 360° Business Model Innovation: Toward an Integrated View of Business Model Innovation. *Research-Technology Management,* 59(3), pp. 21-28.

Rhinow, H., Köppen, E. & Meinel, C., 2012. *Prototypes as boundary objects in innovation processes.*

Bangkok, Thailand, Proceedings of the 2012 International Conference on Design Research Society. Simon, H. A., 1969. *The Science of the Artificial.* Boston, MA: MIT Press.

Sytch, M. & Tatarynowicz, A., 2014. Friends and foes: The dynamics of dual social structures.

*Academy of Management Journal,* 57(2), pp. 585-613.

Thomke, S., 2003. *Experimentation Matters.* Boston, MA: Harvard Busines School Press. Utterback, J., 1994. *Mastering the Dynamics of Innovation.* Boston: Harvard Business School Press.

Vissac-Charles, V., 2000. *Caractérisation de projets-types à partir de l'analyse des réseaux technico- économiques et évolution des intéractions projets/entreprises.* s.l., Conférence internationale de management stratégique.

Weiller, C. & Neely, A., 2013. *Business Model Design in an Ecosystem Context (Working Paper),*

Cambridge (UK): Cambridge Service Alliance.

Créé en 2002 à l'École polytechnique, développé ensuite en partenariat avec les prestigieuses Grandes Écoles Françaises que sont Mines ParisTech, HEC, Télécom ParisTech, le master Projet Innovation Conception analyse et participe à la transformation du management de l'innovation des entreprises à partir d'un dispositif original, associant des entreprises, des enseignants chercheurs reconnus sur le domaine et des étudiants issus de formation supérieures d'ingénieurs et de gestion. Un cursus en alternance permet aux étudiants de s'impliquer pendant au moins un an dans un projet d'innovation des entreprises partenaires, en bénéficiant de l'expertise des enseignants chercheurs associés au Centre de Recherche en Gestion de l'École polytechnique.

Les sujets sont divers et reflètent la variété des problématiques contemporaines de transformation du management de l'innovation : dans des projets de rupture, mise en place de cellules visant à déployer des méthodologies nouvelles comme le design thinking, l'open innovation, l'analyse de l'expérience clients ou les transformations numériques, conception et mise en œuvre de concours d'innovation en interne ou en externe, management de communauté d'innovateurs au sein de l'entreprise, le redéploiement international des processus d'innovation, etc… Plus de 300 partenariats ont permis d'explorer ces dynamiques du management de l'innovation dans des contextes d'organisation et selon des points de vue variés : de la grande entreprise du CAC 40 à la jeune start up, en passant par la PME, de l'innovation produit high tech à l'innovation de service, de l'organisme publique à l'association à mission sociale en passant par l'incubateur ou le fond de capital risque.

L'exigence pédagogique d'un master de recherche, l'implication des entreprises partenaires et l'appui d'experts académiques reconnus permettent, d'une part, une analyse fine et rigoureuse de ces cas, et, d'autre part, une mise en relation étroite de ces pratiques avec les enseignements les plus actuels des sciences de gestion concernés.

Les cahiers du Master PIC ont vocation à diffuser les enseignements de ce dispositif à des publics tant académiques que professionnels dans les entreprises. Ils paraitront de manière régulière sur le site de L'Observatoire du Master PIC.