

Explorer collectivement le potentiel d'une technologie issue de la recherche universitaire : le cas Mott-RAM

Session thématique

« Tiers-lieux : les nouveaux lieux de l'innovation ? »

Jean-Claude Boldrini

Université de Nantes - IEMN-IAE

jean-claude.boldrini@univ-nantes.fr

Nathalie Schieb-Bienfait

Université de Nantes - IEMN-IAE

Résumé :

La valorisation des activités de recherche est désormais une mission à part entière de l'université, explicitement inscrite dans la loi. Cet article examine la variété des problématiques soulevées par cet impératif et la nature des dispositifs organisationnels susceptibles d'être déployés pour y répondre. Il présente une technologie, Mott-RAM, prometteuse dans le secteur des semi-conducteurs, le projet initial de sa valorisation ainsi que ses risques et ses limites. Il témoigne ensuite d'un dispositif collaboratif, mis en place au cours d'une recherche-accompagnement, pour élargir les perspectives de valorisation de cette technologie en matière d'applications et de marchés. Nos travaux montrent que ce dispositif peut être généralisé et que ce type d'atelier collaboratif permet : 1) de guider l'exploration d'un concept tant sur les dimensions technologique que valeur, 2) de mieux gérer cette phase très en amont des projets d'innovation et 3) d'identifier les collectifs à mobiliser.

Mots-clés : exploration, partenariat d'exploration, projet collaboratif, phases amont des projets d'innovation.

Explorer collectivement le potentiel d'une technologie issue de la recherche universitaire : le cas Mott-RAM

Introduction

La valorisation, notamment économique, des connaissances produites par la recherche académique est devenue l'une des missions de l'université, inscrite dans plusieurs textes : loi n° 99-587 du 12 juillet 1999 sur l'innovation et la recherche, loi n° 2007-1199 du 10 août 2007 relative aux libertés et responsabilités des universités et loi n° 2013-660 du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche. L'objectif assigné à l'« université entrepreneuriale » (*entrepreneurial university*) (Etzkowitz *et al.*, 2000) et à « l'entrepreneuriat académique » (*academic entrepreneurship*) (Grimaldi *et al.*, 2011) est de contribuer à la performance économique, régionale ou nationale, et de générer des revenus à réinvestir dans la recherche.

Malgré le volontarisme politique et les dispositifs mis en place, l'innovation reste une activité incertaine, complexe, sujette à de multiples changements, difficile à mesurer et où les échecs sont nombreux. Certes on n'en est plus à l'époque où l'innovation était vue comme une boîte noire au sein de laquelle les processus complexes à l'œuvre étaient méconnus. Si l'innovation n'est plus un « journey inherently uncontrollable » (Van de Ven *et al.*, 1999) on est encore loin d'en maîtriser entièrement le processus. Son pilotage, qu'il se déroule dans un contexte universitaire ou non, doit prendre en compte non seulement la dimension scientifique (production de connaissances) mais également, d'un point de vue systémique, les technologies (moyens de production, compétences), le marché (clients, modes de distribution), l'organisation (mode projet, partenariats) et les contextes sociaux et culturels (favorables ou pas) dans lesquels se développe l'innovation (Kline et Rosenberg, 1986).

Dans cet article, nous nous intéresserons à des situations d'innovations susceptibles d'émaner d'inventions au sein d'un laboratoire de recherche scientifique. Dans ce cas de figure, le processus de concrétisation et de valorisation s'appuie encore souvent sur le modèle dit *Science push* qui enchaîne les activités de recherche fondamentale, de recherche appliquée, de développement, de production puis de mise sur le marché. Ce modèle linéaire est critiqué à cause de sa longueur et parce que les incertitudes ou le déficit de connaissances sur le marché et les

usagers compromettent souvent le succès de l'innovation. Le modèle est même parfois invalidé car il n'est pas rare que la technologie précède la science, la seconde n'étant donc pas toujours une simple application de la première. Outre les questions de validité des résultats de la recherche en dehors de l'univers confiné du laboratoire et d'attention insuffisante portée aux valeurs clients, des critiques de nature organisationnelle sont également adressées à la recherche (pas uniquement académique d'ailleurs), notamment sur l'organisation des activités de R&D et le recours au mode projet. Ces critiques nous invitent à concevoir de nouveaux moyens pour piloter l'innovation (Le Masson *et al.*, 2006).

A partir d'une étude de cas retraçant les premières démarches entreprises pour valoriser une technologie issue des nanotechnologies - Mott-RAM - développée à l'Institut des Matériaux de Nantes (IMN), cet article vise à répondre à la question : « **Quels instruments d'accompagnement mettre en place pour augmenter les chances de succès d'un résultat issu de la recherche ?** »

L'objectif de l'article est triple : 1) empirique : témoigner d'un cas de technologie prometteuse, issue d'un laboratoire universitaire, et rendre compte d'un dispositif mis en place pour en évaluer le potentiel et renforcer les chances de succès de sa valorisation ; 2) théorique : contribuer à questionner les cadres théoriques qui permettent de fonder l'instrumentation du management des phases amont des projets d'innovation, notamment lors de partenariats d'exploration et 3) méthodologique : exposer une démarche de recherche à géométrie variable adossée à l'enseignement.

L'article est structuré comme suit. Premièrement nous décrirons la technologie Mott-RAM et l'environnement concurrentiel que rencontrerait une start-up créée pour la valoriser. Deuxièmement, nous présenterons la recherche-accompagnement conçue et mise en œuvre au cours de l'année universitaire 2012-2013. Troisièmement nous passerons en revue les enjeux théoriques et empiriques relatifs à la mission qu'est la valorisation économique des résultats de recherche universitaire. Nous montrerons l'intérêt de l'ancrer, dès les phases amont, dans des dispositifs collectifs qui dépassent les frontières de l'université. Enfin, nous montrerons que l'atelier collaboratif qui a été expérimenté peut être généralisé à une grande variété de situations d'innovation et qu'il guide la poursuite des investigations, le pilotage des projets et l'identification des collectifs à mobiliser.

1. De la découverte d'une nouvelle propriété physique aux perspectives de valorisation

Cette section retrace le chemin parcouru depuis l'identification d'une opportunité de valorisation jusqu'au projet organisationnel envisagé. Elle illustre le fait qu'il ne suffit pas qu'une technologie soit prometteuse pour que son succès soit garanti (1.1). Les conditions de l'environnement peuvent compromettre son développement (1.2). La vision du projet (initialement la création d'une start-up) et les postures des acteurs participant aux processus d'innovation sont également à prendre en compte (1.3).

1.1. Les perspectives prometteuses de la technologie Mott-RAM

Une équipe de cinq physiciens et chimistes de l'Institut des Matériaux de Nantes (IMN) a découvert, en 2005, une propriété physique inédite dans des isolants de Mott : une transition résistive réversible non-volatile. Un isolant de Mott est un matériau qui, théoriquement, devrait être conducteur, mais qui, en fait, se comporte comme un isolant. Un matériau à transition résistive présente une résistance électrique qui varie de manière très importante lorsqu'il est soumis à des impulsions électriques de très courte durée (100 ns¹), passant ainsi de l'état isolant à l'état conducteur. Ces deux états (conducteur/isolant) sont susceptibles d'être utilisés dans des mémoires². L'adjectif réversible signifie que les états conducteur et isolant sont permutable. Le terme non-volatile précise qu'ils sont maintenus en l'absence d'alimentation électrique.

Cette transition résistive étant différente des autres principes répertoriés dans la littérature, un premier brevet a été déposé, en 2007, pour protéger l'invention. Auparavant, une thèse a démarré, à partir de 2006, en collaboration avec ST Microelectronics, afin de mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre ainsi que des travaux de recherche fondamentale dans le cadre de trois projets financés par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). La nouvelle vague de travaux a débouché sur un second brevet, en 2009, car la transition résistive, observée sur un autre matériau déposé en couche mince à l'échelle nanométrique, a permis d'obtenir des performances très intéressantes. Le dépôt d'un troisième brevet, en 2012, a

¹ 1 ns = 1 nanoseconde = un milliardième de seconde.

ouvert la perspective de fabriquer une nouvelle classe de mémoires, dite RRAM (Resistive RAM). Cette classe figure sur la feuille de route internationale des semi-conducteurs (ITRS 2011 : *International Technology Roadmap for Semiconductors*). Les mémoires RRAM pourraient, par exemple, remplacer la technologie Flash, la plus courante actuellement, notamment dans les applications portables et grand public (clés USB, cartes mémoires d'appareils photos ou de téléphones...).

La question de la valorisation se pose donc de manière aiguë en 2011 et l'équipe de l'IMN s'engage dans des travaux préparatoires. Elle dépose un projet ANR émergence ayant pour objectifs scientifiques de réaliser un démonstrateur pour le nouveau type de mémoire et de maîtriser le nouveau type de transition résistive car il subsiste deux verrous technologiques. Le projet est réalisé en partenariat avec France Innovation Scientifique et Transfert (FIST SA), filiale du CNRS et d'OSEO.

1.2. Mott-RAM dans la compétition mondiale de l'industrie des semi-conducteurs

Les mémoires non volatiles sont utilisées dans de nombreux systèmes de traitement de l'information, particulièrement dans l'électronique portable. En 2013, le marché des mémoires a pesé 67 milliards de dollars pour un volume de 78 milliards d'unités d'un gigaoctet. Il est estimé à 85 milliards de dollars en 2016, pour un volume de 167 milliards d'unités d'un gigaoctet. La technologie Flash domine ce marché avec un chiffre d'affaires estimé, par IHS iSuppli, à plus 23 milliards de dollars, en 2013, et à 40 milliards de dollars, en 2016, par GBI research. Les quatre leaders, Samsung, Toshiba, Hynix et Micron, emportent près de 90 % des parts de marché. Cette technologie présente cependant des inconvénients (endurance médiocre, capacité de rétention progressivement décroissante, procédures longues et complexes d'effacement/réécriture...) et va prochainement atteindre ses limites de développement entre termes de rapidité et de densité (ITRS, 2011)³.

Les technologies de substitution devront présenter, au-delà de l'amélioration des paramètres classiques (taille, vitesse, rémanence...), une plus grande fiabilité, une moindre consommation

² La fonction d'une mémoire est de stocker des données. Ses caractéristiques principales sont la capacité de stockage, en grande quantité, ainsi que celle de conservation des données, en l'absence d'énergie (non volatile) et pendant une longue durée (ITRS, 2011).

³ Des progrès très récents, non répertoriés dans l'ITRS 2011, repousseraient d'une décennie l'obsolescence de la technologie Flash.

en énergie et devront résister à des températures élevées ainsi qu'à des ambiances corrosives. La feuille de route internationale a déjà identifié neuf technologies nouvelles (tableau 1).

Tableau 1. Les nouvelles technologies de mémoires (source : ITRS, 2011, table ERD10).

Technologies au stade de démonstrateur (<i>Prototypical technologies</i>)	- FeRAM (FRAM) - Spin Transfer Torque Magnetostatic (STT-MRAM) - Phase Change Memory (PCM)
Technologies émergentes (<i>Emerging technologies</i>)	- Emerging Ferroelectric - Nanomechanical Memory - Redox Resistive RAM - Mott Memory - Macromolecular Memory - Macromolecular Memory

On observe que la technologie Mott figure parmi les technologies émergentes identifiées par l'ITRS, notamment grâce aux travaux des chercheurs nantais (Cario *et al.*, 2010). Deux autres technologies - STT-MRAM et Redox Resistive RAM - sont cependant mises en avant par l'ITRS car elles sont susceptibles d'être industrialisées d'ici cinq à dix ans. Prolongeant l'analyse comparative des technologies futures, l'ITRS déduit, de leurs propriétés anticipées, les applications auxquelles elles pourraient répondre (informatique « multicœur », *cloud computing*, applications mobiles...). De plus l'ITRS présente des directions de recherche permettant d'exploiter les propriétés des mémoires émergentes. Ce pourrait être, par exemple, pour réaliser des circuits logiques reconfigurables après fabrication ou des systèmes morphiques. Ces derniers s'inspirent des systèmes biologiques pour réaliser des constituants de traitement de l'information tolérants aux signaux parasites et aux erreurs.

1.3. Un projet de start-up pour valoriser la technologie Mott-RAM

Même si des inconnues et des difficultés subsistent, les atouts de la technologie Mott-RAM (tableau 2) justifient amplement que l'équipe de l'IMN s'intéresse à sa valorisation. Elle est confortée dans ce projet par Atlanpole, l'incubateur de l'université, qui lui propose de l'accompagner pour mieux cerner l'opportunité d'affaire que serait la création d'une start-up. Les incitations à cette forme de valorisation sont importantes et perçues comme dominantes dans les représentations des chercheurs, d'autant qu'un tel projet permettrait également de pérenniser l'équipe de recherche et d'embaucher un ingénieur de recherche.

Tableau 2. Les atouts et les limites de la technologie Mott-RAM en 2012.

Atouts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> • Une technologie aux perspectives et aux caractéristiques distinctives prometteuses (nouveau type de transition résistive, exclusivité dans l'emploi du matériau AM₄X₈ de type chalcogénure). • Trois brevets déposés. • Une reconnaissance internationale grâce à l'inscription dans l'ITRS 2011. • Des partenaires pour la valorisation (FIST, Atlanpole). • Une demande croissante pour les mémoires non-volatiles. • Un marché mondial de plusieurs milliards de dollars. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un degré de maturité technologique encore insuffisant (niveaux 2 à 6 sur l'échelle TRL⁴ qui en compte neuf) ce qui exclut toute valorisation à court terme. • L'intérêt des industriels pour cette technologie est encore inconnu.

Pour se faire aider dans sa réflexion et accompagner dans ses actions de valorisation au cours de l'année universitaire 2012-2013, l'équipe de l'IMN sollicite, en juillet 2012, sur les conseils de l'incubateur, le pôle double compétence de l'IEMN-IAE⁵. La demande s'explique par le fait que l'Institut propose, dans son offre de formation, un Master 2 Management de Projet d'Innovation et Entrepreneuriat. Ses étudiants accompagnent des porteurs de projets dans des travaux d'étude relatifs à la concrétisation de leur projet d'innovation. La demande de l'IMN porte plus spécifiquement sur une évaluation des possibilités de valorisation de la technologie Mott-RAM ainsi que sur une analyse stratégique et une étude de marché permettant d'en choisir les modalités. Deux scénarios sont envisagés dès le départ : la création d'une start-up (avec quel modèle économique ?) et la valorisation de la seule propriété industrielle (concession de licences pour les brevets ?).

2. Une méthodologie de recherche à géométrie variable et adossée à l'enseignement

Les auteurs se sont engagés dans ce projet *via* leur mission d'enseignement et de tutorat auprès de leurs étudiants. Ils ont, dès le départ, invité ces derniers à mener un travail d'intelligibilité de la situation entrepreneuriale posée par Mott-RAM et ses porteurs. L'objectif était d'élucider les postulats implicites aux raisonnements, les présupposés et les représentations afin de mieux modéliser les problèmes relatifs au projet. La démarche présen-

⁴ Technology Readiness Level.

⁵ Institut d'Economie et de Management de Nantes – IAE.

tée dans cette section est la rationalisation *a posteriori* d'un processus de travail conçu et déployé sur une période de dix mois (2.1). Ayant les caractéristiques d'une recherche accompagnement (2.2), elle s'adosse également aux travaux théoriques sur les activités d'exploration⁶ et de conception (2.3).

2.1. D'une méthodologie *ad hoc*... à la recherche accompagnement

La démarche qui va être présentée n'avait pas vocation à devenir un travail de recherche. C'était initialement, dans le cadre d'une pédagogie de projet, un travail d'études confié à un groupe d'étudiants de Master 2. L'étude de faisabilité du projet de création d'une start-up, pour valoriser la technologie Mott-RAM, était cohérente avec les activités habituellement confiées à des étudiants poursuivant une formation spécialisée dans les dynamiques d'innovation et l'entrepreneuriat : analyse stratégique, analyse et étude de marché, conception des modèles économiques, rédaction de plans d'affaires... Assez rapidement leurs enseignants ont été alertés par les difficultés rencontrées par les étudiants pour adopter cette posture de travail constructiviste et pour solliciter les porteurs afin de réaliser certaines investigations⁷. Comme dans toute innovation radicale, ils ne disposaient, au départ, ni des connaissances pour y faire face, ni des démarches pour la gérer. Les porteurs du projet, de leur côté, bien qu'ouverts, motivés et confiants dans l'équipe d'étudiants étaient réticents à infléchir la trajectoire qu'ils avaient engagée de peur d'être détournés de leur but et de perdre du temps car ils étaient contraints par le calendrier de leur programme ANR. Ainsi, à rebours de la formule consacrée d'« enseignement adossé à la recherche », cet article présente une recherche adossée à l'enseignement.

La démarche d'étude est marquée par cinq phases, chacune adoptant une méthodologie différente. La première phase, de septembre à décembre 2012, ne correspond pas à une activité de recherche. Il s'agit de la période durant laquelle les étudiants commencent à étudier le projet de start-up pour les chercheurs de l'IMN. La seconde phase, pratiquement en parallèle de la

⁶« L'exploration concerne un problème mal posé, un concept pour lequel aucune concrétisation n'existe et sur lequel les connaissances disponibles sont très réduites ou peu exploitables directement. » C'est une « démarche visant à examiner, à parcourir, à expérimenter, et à "cartographier" l'espace potentiellement ouvert par un tel concept. » (Segrestin, 2003, p. 70).

⁷ Une réorganisation interne au master, pour l'adapter à un rythme compatible avec l'alternance, a conduit à disperser des enseignements dans le temps et/ou à les retarder de manière significative ce qui explique, en soi, une bonne partie des difficultés.

première, correspond à l'observation participante d'un enseignant-chercheur, lors des revues de projet, pour comprendre les difficultés rencontrées par les étudiants. En janvier 2014, troisième phase, présentant les risques de la commande initiale, le même enseignant-chercheur a proposé une intervention ponctuelle destinée à reformuler la problématique et à l'ouvrir à des scénarios autres que la seule création de start-up pour commercialiser des mémoires. Cette proposition ayant été déclinée par les porteurs de projet, la quatrième phase, de janvier à mars 2013, a consisté en une participation observante pour mieux comprendre les réticences des chercheurs de l'IMN et essayer de trouver une opportunité pour rebattre les cartes. Celle-ci est apparue lorsqu'un autre enseignant-chercheur a proposé d'organiser un atelier collaboratif autour de la valorisation de la technologie Mott-RAM. La cinquième phase, d'avril à mai 2013, recouvre la préparation et l'animation de cet atelier collaboratif.

2.2. L'émergence de questionnements dans le cadre de la recherche-accompagnement

La démarche adoptée peut être qualifiée de recherche-accompagnement (Bréchet *et al.*, 2014). En effet, au fil des mois et de l'engagement actif des chercheurs aux côtés des étudiants, le processus de travail s'est aussi inscrit dans une recherche-accompagnement, visant à aider les porteurs, d'une part, dans l'analyse et l'exploration des possibilités du réel et, d'autre part, dans la compréhension de leurs réalisations ainsi que dans la conception de leur avenir.

Les données qui ont nourri la recherche sont constituées des données primaires fournies par les chercheurs de l'IMN (informations sur la technologie nouvelle, dossiers ANR...), d'articles scientifiques (Epicoco, 2013), d'études ou de rapports de consultants ou de syndicats professionnels du secteur des semi-conducteurs (GBI research, IHS iSuppli, SITELESC, ESIAC...), de notes prises à la suite des observations et des échanges sur le terrain ainsi que les comptes rendus des revues de projet.

L'entrée dans la recherche s'étant faite par l'action, le terrain a constitué le creuset d'où ont émergé, selon un processus abductif, à la fois de nouveaux questionnements et de nouvelles connaissances. La complexité et l'instabilité du terrain ont mis en évidence la nécessité d'engager un travail d'exploration, notamment sur des possibles non réalisés et même non imaginés. La recherche-accompagnement a pour ambition de créer de la lucidité et de l'objectivité, en confrontant une diversité des points de vue et en instruisant les controverses mises au jour. Il se peut donc que le chercheur-accompagnant adopte une position critique. Son intention d'élaborer collectivement un regard riche sur les pratiques est ambitieuse. Elle doit être également modeste car les possibilités d'exploration et d'action sont limitées s'il n'y a pas de demande ou d'attente du terrain (Bréchet *et al.*, 2014).

La revendication d'une démarche de recherche-accompagnement entraîne un triple questionnement : quelles postures d'accompagnement privilégier ? Quels dispositifs d'exploration et de conception déployer ? Quels acteurs mobiliser ? Ces questions soulèvent le problème : 1) du périmètre d'étude pertinent entre, d'un côté, l'équipe de l'IMN et ses partenaires proches, scientifiques et économiques, pour la valorisation⁸ et, de l'autre, le secteur mondialisé de l'industrie des semi-conducteurs et 2) des modalités pour se doter de capacités collectives, d'apprentissage et organisationnelles, susceptibles d'être déployées dans des configurations très variées. Avant de présenter les actions entreprises et les enseignements dégagés, il convient de rappeler les débats théoriques et les enjeux empiriques liés à la valorisation de la recherche, les réponses apportées jusqu'à présent et leurs limites.

3. Du chercheur producteur de connaissances au collectif les valorisant

La valorisation de travaux de recherche soulève des problématiques théoriques spécifiques (3.1). La littérature récente invite à la considérer comme un effort collectif et interdisciplinaire de création d'artefacts, de techniques, voire de systèmes sociaux. A ce titre elle est indissociable des activités de conception. Les travaux sur la théorie C-K⁹ (Hatchuel et Weil, 2002, 2008) ont ouvert la voie aux problématisations de la conception innovante. Bien que souvent consacrés à des *Science-Based Products*, ces travaux concernent des activités de R&D généralement moins en amont que Mott-RAM. Les actions que les acteurs sont amenés à concevoir, dans un projet de valorisation, sont fondées sur des dispositifs à la fois inédits et conformes à des besoins. Elles sont également mues par des désirs et contraintes par des contextes. Les réponses à ces problématiques passent de plus en plus souvent par des dispositifs collectifs (3.2).

3.1. Les incitations et les freins à la valorisation de la recherche

Les missions du service public de l'enseignement supérieur incluent, selon l'article L123-3 du code de l'éducation, la diffusion et la valorisation des résultats de recherche ainsi que le déve-

⁸ La mouvance du terrain n'a pas permis d'investiguer le rôle d'autres acteurs impliqués dans la valorisation de la technologie Mott-RAM ou susceptibles de l'être à court terme, du fait de leur pouvoir d'initiative ou financier (CNRS, FIST, SATT Ouest valorisation, CEA tech).

⁹ La théorie C-K sera présentée de manière succincte en section 3.2.

loppement de l'innovation et le transfert technologique. Ces missions expliquent la création, depuis les années 90, d'organismes de transfert technologique destinés à faciliter les relations avec l'industrie et à traduire les activités d'exploration des chercheurs en produits ou services commercialisables (Debackere et Veugelers, 2005). La littérature pointe souvent leurs limites et insuffisances actuelles. La dimension entrepreneuriale de la mission nouvelle peut, en effet, être source de tensions (conflits entre disciplines, injonctions paradoxales) (Philpott *et al.*, 2011). De plus diverses barrières entravent le transfert technologique. Elles peuvent être liées aux difficultés pour financer des travaux de développement dans l'intervalle nécessaire pour passer d'un résultat de recherche à un produit commercialisable. Les barrières peuvent également être dues à des différences culturelles et à des problèmes de communication entre universitaires et industriels, à des conflits quant au partage de la propriété industrielle ou à des attentes divergentes quant à ses retours financiers (Decter *et al.*, 2007 ; Bruneel *et al.*, 2010). Ces barrières levées, la décision de commercialiser reste dépendante de multiples facteurs (nature de la connaissance à exploiter, possibilité de la protéger, maîtrise d'atouts spécifiques, caractéristiques de l'environnement institutionnel) (Conceição *et al.*, 2012). Dans cette section nous nous bornerons à exposer quelques questions associées à la valorisation de Mott-RAM.

Le type de résultats à valoriser. Le transfert et la valorisation de connaissances ou de technologies peuvent être aisés dans certains cas, difficiles ou aléatoires dans d'autres. Une expertise, par définition, est immédiatement disponible. La démarche est plus complexe pour des résultats de recherche fondamentale au degré de maturité technologique peu élevé. Une technologie novatrice, même validée, peut être déconnectée des applications potentielles et des segments de marchés porteurs. De plus, la nouveauté et la performance d'une technologie ne garantissent pas son succès commercial (Kline et Rosenberg, 1986).

La forme de la valorisation. L'université ne valorisera pas les mêmes connaissances selon qu'elle privilégiera une contribution au développement économique, des gains financiers, un prestige scientifique ou une utilité sociale. Si la loi n° 99-587 (loi Allègre) a facilité la création de start-up par des chercheurs, avec un bilan plutôt mitigé (Schieb-Bienfait *et al.*, 2012), d'autres formes de valorisation sont possibles. Les plus proches des activités académiques traditionnelles (publications, contrats de recherche) sont déjà d'authentiques vecteurs de valorisation (Dasgupta et David, 1994 ; Philpott *et al.*, 2011). La valorisation peut aussi avoir un ca-

ractère entrepreneurial marqué (brevets, spin-off) ou une dimension partenariale (recherche collaborative) (Landry *et al.*, 2010 ; Grimaldi *et al.*, 2011).

Les acteurs de la valorisation. Doivent-ils être les chercheurs eux-mêmes ou une structure dédiée à cette fin ? Par ailleurs, outre l'intérêt personnel vis-à-vis des activités économiques, les chercheurs dans les sciences de l'ingénieur ou du vivant pourront plus facilement trouver des financements ou établir des partenariats industriels et en tirer des revenus que leurs collègues dans les sciences sociales, la littérature ou les arts (Philpott *et al.*, 2011).

Les bénéficiaires des travaux valorisés. Des études (Hassink, 1997 ; Kaufmann et Tödling, 2002) ont mis au jour que les dispositifs de transfert de l'innovation, souvent autocentrés, ne s'adressaient pas aux entreprises qui en avaient le plus besoin et ne ciblaient pas correctement leurs attentes. Dans le cadre universitaire, un laboratoire peut viser le transfert d'une technologie qu'il maîtrise sans trop se soucier de sa parfaite adéquation avec les besoins réels de l'organisation destinataire. Par intérêt intellectuel, économique ou par souci de notoriété, les universitaires préféreront travailler sur des projets de haute technologie avec des entreprises prestigieuses plutôt qu'avec des PME.

Les capacités de valorisation d'un laboratoire. Si une université est une organisation de grande taille, les équipes de chercheurs ont souvent la taille d'une TPE avec les limites afférentes. Elles ne disposent généralement pas, en interne, des compétences gestionnaires, administratives, juridiques, etc. pour valoriser des travaux. Les activités de valorisation doivent être menées en sus des activités habituelles, enseignement, recherche, responsabilités pédagogiques et administratives (Grimaldi *et al.*, 2011).

L'ensemble de ces facteurs pèse sur la décision de valoriser ou de commercialiser des travaux de recherche. Pour atténuer, voire pallier, les limites exposées, il peut être utile de donner une dimension plus collective à la valorisation.

3.2. L'exploration collective des applications des résultats issus de la recherche

Depuis les années 80, les projets d'innovation qui impliquent des relations partenariales entre organisations se sont fortement développés pour plusieurs raisons : recentrage des entreprises sur leur cœur de métier avec perte d'expertises internes, complexité croissante des produits avec ses conséquences sur les ressources à mobiliser, etc. L'« interfirmes » est ainsi devenu le

lieu privilégié de l'innovation et de l'élaboration des stratégies (Segrestin, 2003). De nombreux concepts - co-location, co-développement, co-apprentissages, co-exploration – illustrent ce phénomène dans la phase de conception des produits. L'intérêt de ces collectifs est, entre autres, d'apprendre ensemble, d'accéder à une ressource manquante ou de partager des coûts et des risques pour développer un produit nouveau (Barringer et Harrison, 2000). Parallèlement à l'accroissement des partenariats une attention accrue a été accordée au management de l'avant-projet. A ce stade, il s'agit d'étudier la pertinence et la viabilité des concepts, sans objectif commercial immédiat, et d'explorer les marchés, les clients et les usages potentiels afin d'en déterminer les cibles pertinentes (Gautier et Lenfle, 2004). Face aux difficultés à explorer simultanément les possibilités techniques et les valeurs d'usage de l'innovation des principes de management spécifiques sont à concevoir (Lenfle, 2004).

A la fin des années 90, les principes de la conception innovante ont été élaborés en réponse aux bouleversements que l'innovation intensive et répétée a provoqués dans l'organisation traditionnelle des activités de R&D et de conception (Hatchuel et Weil, 2002, 2008 ; Le Masson *et al.*, 2006). Le raisonnement de la conception innovante vise à organiser l'exploration des possibles à partir des connaissances disponibles ou à créer au cas où elles seraient manquantes. La théorie C-K, qui lui est associée, modélise la génération du nouveau par une double expansion, celle des connaissances K (Knowledge) à l'origine de la conception et celle des concepts C, propositions novatrices mais inconnues dans l'état actuel des connaissances. La théorie C-K permet de décrire le raisonnement de conception et de désigner la valeur des concepts explorés. Elle postule qu'il est possible de « concevoir de façon contrôlée des objets inconnus qui manifesteront les vérités que nous souhaitons » (Hatchuel et Weil, 2008).

On a pu observer, au début des années 2000, une confluence, au sein des activités de R&D, du « mouvement partenarial » avec celui de « remontée vers l'amont » des questions relatives aux projets d'innovation. Segrestin (2003) a nommé « partenariats d'exploration » les collectifs réunis dans des contextes d'avant-projets : problème mal posé, fortes incertitudes technologiques, connaissances lacunaires ou peu exploitables, éloignement des marchés finaux... L'objectif de ces partenariats est d'investiguer collectivement des champs d'innovation¹⁰ ou

¹⁰ Un champ d'innovation est un espace d'inconnu qui présente un potentiel de valeur mais pour lequel il n'existe pas de spécifications clients (car il n'y a pas encore de marché) et dans lequel les compétences métier nécessaires à la réalisation sont absentes (des connaissances nouvelles sont

des concepts¹¹ pour produire des connaissances afin de cartographier leur potentiel et leurs valeurs d'usage. Comme l'objet de la coopération n'est pas prédéterminé, car situé très en amont des projets dans un contexte incertain, et que l'espace des possibles n'est pas connu non plus, les compétences gestionnaires de pilotage se trouvent mises en défaut. Faute de tâches prédéfinies, division du travail et délégation sont problématiques ce qui rend difficile la coordination entre acteurs. De plus, l'identification des partenaires appropriés, leurs intérêts à collaborer et les motifs qui les lient sont également mal cernés. L'exploration vise donc à concevoir également le collectif à constituer puis à solidifier ses intérêts. Si Segrestin a bien montré que les partenariats d'exploration constituaient « le lieu de germination des espaces d'actions futures », c'est Gillier (2010) qui a forgé des instruments de pilotage adaptés à l'exploration collective, notamment avec OPERA (Outil de Pilotage pour l'Exploration, la Représentation et l'Action).

Gillier (2010) s'est appuyé sur la théorie C-K pour comprendre les dynamiques de coopération au sein de partenariats d'exploration et pour modéliser les mécanismes collectifs de génération d'objets nouveaux. Pour ce faire il a caractérisé chaque acteur d'un partenariat d'exploration, par son profil C-K c'est-à-dire par ses propres espaces de connaissances et compétences susceptibles d'être utilisées dans le processus de coopération (K) et ses propres espaces d'intentions et de problèmes qu'il souhaiterait résoudre grâce au partenariat (C). La comparaison des profils C-K des partenaires, *via* des processus qu'il nomme *Matching* et *Building*, permet d'identifier les recouvrements de leurs intérêts communs ou de repérer une opportunité de coopération qui n'avait pas été envisagée.

4. Expérimentation et enseignements dégagés : du risque d'impasse de la demande initiale à l'atelier collaboratif Mott-RAM

L'accompagnement du projet Mott-RAM a été guidé par les travaux théoriques présentés dans la section précédente puis a été enrichi au regard de quatre préoccupations : questionner les orientations et choix initiaux (4.1) ; remonter vers l'amont du projet pour prévenir des risques

donc à créer) (Le Masson *et al.*, 2006). Exemple d'un champ d'innovation, il y a quelques années : l'internet mobile.

¹¹ Entendu ici dans l'acception de la théorie C-K : proposition novatrice qui va initier un travail de conception (Hatchuel et Weil, 2002, 2008). Exemple : le stylo qui « écrit » en 3D.

identifiés (4.2), expérimenter un travail d'exploration partenarial pour ouvrir des champs d'innovation moins hasardeux (4.3) ; préparer les étapes suivantes de l'exploration ainsi que leurs modalités partenariales (4.4). Au-delà du cas Mott-RAM, les enseignements dégagés visent à produire des connaissances utiles à l'action, lors de l'accompagnement collectif de projets d'innovation, et, d'un point de vue théorique, à compléter et à enrichir les instruments de pilotage des partenariats d'exploration.

4.1. Clarifier les interactions dynamiques entre les porteurs, leur projet et l'environnement en privilégiant des « prescriptions ouvertes »

La première prise de contact, mi-octobre 2012, entre les cinq chercheurs de l'IMN et les étudiants du Master 2 est l'occasion de débattre des principales questions que se posent les chercheurs. Quelle(s) application(s) industrielle(s) pour la technologie ? Que faire des brevets déposés ? Quel type d'entreprise créer ? Sur quels créneaux se positionner ?

Cette étape a suscité beaucoup d'interrogations quant aux pratiques et dispositifs de travail à mobiliser autour de prescriptions ouvertes. Nous avons souhaité utiliser des démarches de créativité, en complément des outils habituels d'analyse de marché, afin d'articuler une logique critique, fondée sur un raisonnement causal, avec une logique créative, au potentiel génératif plus intense.

4.1.1. Créer une start-up pour commercialiser des mémoires ?

Après une phase d'imprégnation du sujet et de recherche documentaire, de mi-octobre à mi-décembre 2012, il importait de mieux comprendre le projet des chercheurs, leurs visions, les idées qu'ils avaient en tête, leurs rêves et leurs craintes. Pour ce faire le groupe d'étudiants a utilisé la méthode des six chapeaux de E. de Bono¹² (2005) lors d'une réunion en janvier 2013. La méthode permet d'aborder le projet des porteurs avec des regards variés. Chaque participant peut objectivement démontrer l'intérêt du projet (chapeau blanc), suggérer des idées nouvelles (chapeau vert) ou évoquer sa part de rêve sans risquer la censure (chapeau jaune). Le chapeau bleu permet à l'animateur de prendre du recul et le chapeau noir d'aborder

¹² Cet auteur préconise, pour mener des débats collectifs fructueux, de porter, symboliquement et l'un après l'autre, six chapeaux de couleurs différentes. Chaque couleur oriente la teneur des échanges (dimensions factuelle, émotionnelle, critique, onirique...).

de manière élégante et diplomatique les points faibles et les limites du projet que n'aurait pas perçus un porteur trop enthousiaste. La séance « six chapeaux » a confirmé que l'équipe de l'IMN est soudée et qu'elle partage une vision commune liée à sa longue expérience de travail en commun.

L'un des enseignants-chercheurs, encadrant les étudiants et présent à cette séance, souhaitait cependant ouvrir des perspectives nouvelles et explorer des applications non envisagées de la technologie Mott-RAM. Il présentait en effet deux risques possibles. Le premier serait de concevoir un « objet technique » (Millier, 2005) c'est-à-dire un objet sur-performant, développé exclusivement dans une perspective scientifique, n'ayant pas intégré les exigences de clients ou d'utilisateurs potentiels. Un second risque serait d'être ébloui par le « marché du siècle » (le remplacement des mémoires Flash) et ses milliards de dollars. Aussi propose-t-il d'animer une séance de créativité destinée à imaginer d'autres pistes de valorisation et/ou à affronter l'un des verrous technologiques de Mott-RAM à l'aide de méthodes telles que TRIZ¹³. L'équipe de l'IMN décline la proposition, elle « ne voit pas ce que ça peut [lui] rapporter, les problématiques [étant] très scientifiques et technologiques (...) et les problèmes bien identifiés. » Sa crainte est de voir l'avancement du projet ralenti.

Les étudiants poursuivent donc leur travail de recherche documentaire afin de rédiger une note sectorielle sur les semi conducteurs, susceptible d'éclairer les chercheurs de l'IMN quant aux scénarios de valorisation de Mott-RAM. Il en ressort les principaux points suivants :

- Le secteur est désormais dominé par des arrivants tardifs en Corée du Sud (Samsung, Hyundai, LG) et à Taïwan.
- Depuis vingt ans, on observe une accélération des sauts technologiques, une réduction du cycle de vie des produits et une vitesse extrêmement rapide de leur diffusion (dix ans pour saturer le marché des téléphones portables, moins de deux pour celui des baladeurs MP3).
- Le secteur s'est reconfiguré, dans les années 2000, autour de trois types d'acteurs : 1) les « Fabless », petites sociétés sans capacités de production mais spécialisées dans les activités de conception des circuits électroniques, activités rentables et à faible intensité capitalistique ; 2) les « EDA companies » (*Electronic Design Automation companies*), entreprises dont le métier est de tester et de valider, sous assistance informatique, les performances

¹³ TRIZ est une méthode de créativité d'origine russe utilisée, entre autres, pour résoudre des problèmes technologiques récurrents sur des produits existants.

fonctionnelles des puces avant de les fabriquer et 3) les « Foundries » (fonderies de silicium) spécialisées dans la production de semi-conducteurs avec une stratégie de volume en raison de l'explosion des coûts de R&D et de production liée à la miniaturisation des composants. Les investissements, qui se chiffrent en milliards de dollars, ont entraîné une concentration des acteurs et seules quelques fonderies subsistent. Le leader, TSMC, emporte à lui seul plus de la moitié des parts de marché mondial.

Cette présentation succincte met en lumière l'écart entre, d'un côté, les caractéristiques du secteur : rapidité des mutations, hauteur des barrières à l'entrée, concentration des acteurs, intensité capitaliste et, de l'autre, les moyens d'action limités d'une équipe de cinq chercheurs de l'IMN. Il ne s'agit pas de renoncer au projet de valorisation de Mott-RAM mais mieux vaut commencer par prospecter d'autres applications et d'autres marchés, certes moins importants en volume, mais plus facilement accessibles. Lesquels ?

Kline et Rosenberg (1986) ont montré que l'innovation réussie repose sur un processus liant dimensions technologiques et économiques, pour coupler les connaissances actuelles avec les besoins et désirs de consommateurs futurs, afin de créer un marché n'existant pas et auquel personne ne s'attend. Comment, dans ce cas, préparer une rencontre entre une offre non stabilisée et une absence de marché ? Par ailleurs comment identifier et motiver des partenaires pour travailler collectivement sur un concept qui n'est, pour l'heure, « que » prometteur ? Dit autrement, comment explorer de nouvelles fonctionnalités de la technologie Mott-RAM, identifier des attributs de valeurs inédits et quel partenariat d'exploration former pour y parvenir ?

4.1.2. Des rencontres propices à l'ouverture des possibles

Les actions engagées à cette fin ont résulté de la convergence de deux situations. Les chercheurs de l'IMN ont rencontré, lors de congrès scientifiques en mars et avril 2013, des collègues travaillant dans des domaines autres que les mémoires. La prise de distance vis-à-vis du laboratoire, associée à des discussions et à des rencontres imprévues avec des personnes à l'œil neuf, a ouvert d'autres perspectives de valorisation. Ensuite notre équipe d'enseignants-chercheurs leur a proposé de participer à un nouveau dispositif intitulé Plateforme Recherche

Innovation Formation (RIF)¹⁴, dont l'objectif est de tester de nouvelles pratiques pour accompagner des projets innovants associant des enjeux de recherche, de formation (initiale et continue) et de collaboration avec les acteurs socio-économiques du territoire et des filières régionales d'innovation. Il s'agit de travailler sur des problématiques d'exploration de projets situés en amont des filières, sans marché défini *ex ante*, sans technologies validées et nécessitant d'explorer simultanément des potentiels techniques et des valeurs d'usage. En avril 2013, la proposition de trois enseignants-chercheurs gestionnaires et d'un consultant en stratégie d'organiser un atelier collaboratif, dédié à la valorisation de la technologie Mott-RAM, a été immédiatement acceptée par les chercheurs de l'IMN.

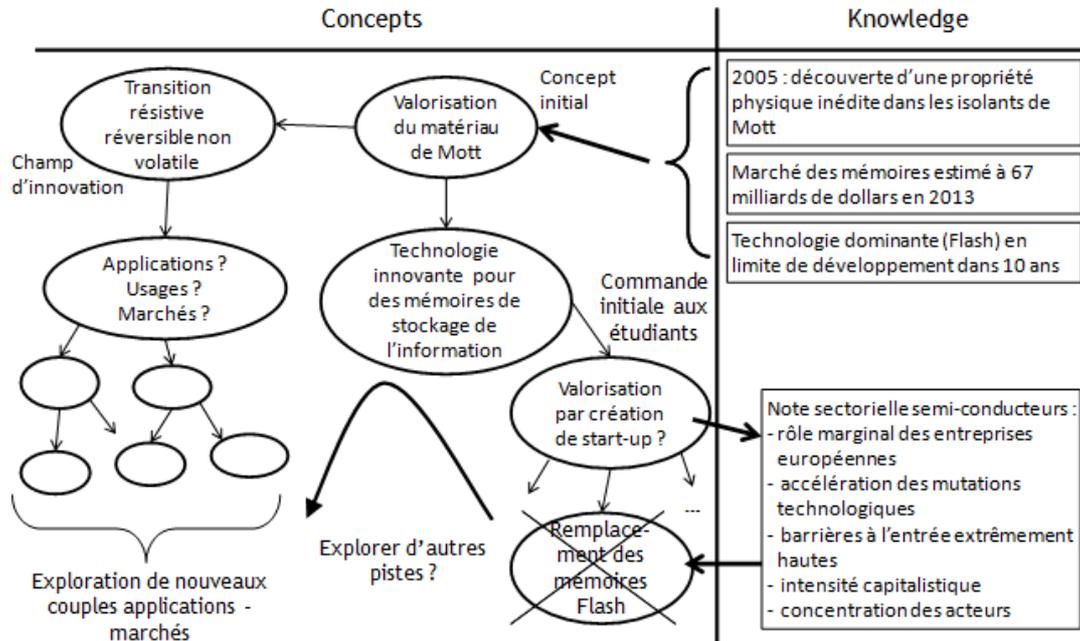
4.2. Engager une « remontée » vers l'amont du projet

En raison de l'absence de démarche systématique permettant d'identifier de manière exhaustive les propriétés potentiellement pertinentes d'un produit, particulièrement celles qui n'ont pas encore été mises au jour, et face à l'impossibilité de situer les besoins d'un usager/client futur, le concept initial a été reformulé. Le périmètre d'investigation a également été élargi, dans un premier temps, pour se focaliser ensuite sur un nombre réduit d'applications possibles et segmenter le marché potentiel sur la base des comportements attendus (Millier, 2005).

Le concept initial « isolant de Mott » a tout d'abord été renommé « matériau de Mott » car le substantif « isolant » était inducteur de solutions et générateur d'inertie psychologique. La propriété « transition résistive réversible non-volatile » permet de qualifier un champ d'innovation plus général. Avant d'en explorer de nouvelles voies, il convient de revenir en arrière, sur le chemin cognitif emprunté vers le remplacement des mémoires Flash, puis de s'engager sur un nouveau sentier. Dans la théorie C-K, on dit que l'on « départitionne » le concept afin de procéder, à partir d'un concept plus général dans l'arbre de conception, à des partitions expansives nouvelles c'est-à-dire à des propositions novatrices inédites et à l'exploration de nouvelles branches (Hatchuel et Weil, 2008) (figure 1).

¹⁴ Soutenue par l'Université de Nantes et la CCI de Nantes Saint-Nazaire.

Figure 1. Le départitionnement du concept initial et l'exploration de nouveaux couples applications-marchés.



4.3. Le baptême de la plateforme Recherche Innovation Formation avec l'atelier collaboratif Mott-RAM

L'objectif de l'atelier collaboratif était d'imaginer des applications et des usages autres que le remplacement des mémoires Flash. Comme les processus d'innovation peuvent prendre place dans des contextes où producteurs et utilisateurs dépendent des connaissances et des compétences des uns et des autres, nous avons privilégié les interactions afin de réduire l'incertitude sur les caractéristiques du produit et celles de la demande (Nahuis *et al.*, 2012). La difficulté, dans le cas Mott-RAM, est de trouver à quels besoins nouveaux peut répondre une transition résistive réversible non volatile, aucune expérience d'utilisateurs potentiels n'étant connue et l'appel à des *lead-users* (von Hippel, 1986), ces représentants des utilisateurs futurs, étant impossible. Les organisateurs de l'atelier ont donc souhaité rassembler des acteurs hétérogènes quant à leurs statuts et à leurs connaissances disciplinaires afin d'imaginer, collectivement et très en amont, de nouveaux usages de la technologie. Ils ont décidé de faire, pour partie, confiance au hasard dans la constitution du groupe de l'atelier. Ils comptaient, pour stimuler la production d'idées nouvelles, sur la rencontre, à la fois forcée et aléatoire, de personnes vo-

lontaines, au sein d'un dispositif souple ne requérant ni contrat ni obligation après l'atelier¹⁵. Seule la signature d'un engagement de confidentialité a été exigée.

Le choix de ne pas réunir exclusivement des experts peut surprendre mais, dans les phases précoces, une source de succès peut venir des interactions entre une variété d'acteurs qui vont former des alliances, mobiliser leur potentiel créatif, partager des connaissances tacites et reconnaître la diversité de leurs intérêts et attentes (Nahuis *et al.*, 2012). Quand les connaissances prédictives manquent, le recours à un empirisme plus lent s'impose (Kline et Rosenberg, 1986). Comme l'ont souligné Garel et Midler (1995), « au début des projets on peut tout faire mais on ne sait rien », il est donc vain de vouloir aller vite. L'absence de décision ne nuit pas tant qu'elle n'interrompt pas le processus d'exploration. Le risque, tout de même, d'une dérive dans le temps serait soit de ne pas saisir des opportunités soit d'être devancé par des technologies concurrentes (par exemple STT-MRAM ou Redox ReRAM. Cf. section 1.2).

L'atelier collaboratif a été structuré en trois temps : 1) présentation des objectifs de l'atelier, 2) exposé succinct sur le « matériau de Mott » pour en partager une connaissance minimale et 3) exploration de son potentiel. Dans le troisième temps, il s'agissait, face aux impasses exposées dans la section 4.1.1, de trouver des applications et des usages autres que le remplacement des mémoires Flash.

Pour explorer de nouveaux couples applications-marchés, deux démarches de créativité ont été mobilisées. Tout d'abord les mots, les images, les idées que le concept inspirait aux participants ont été groupés par thèmes représentatifs d'enjeux marché sur une carte mentale affichée sur un tableau. Ensuite le jeu de l'objet mystère a permis de découvrir les propriétés du matériau en posant des questions aux chercheurs de l'IMN (le matériau [de Mott] est-il : durable ? coloré ?...). Participants profanes et experts ont joué des rôles complémentaires : les premiers ont eu tendance à se distancier du sujet, les seconds à se concentrer sur son cœur. Les experts avaient en tête des applications existantes ou ciblées, ce que Gillier (2010) nomme une « identité d'emprunt ». L'atelier collaboratif a permis de la déconstruire pour élaborer une nouvelle « identité technologique » (*ibid.*) à partir de propriétés négligées ou insoupçonnées. Une quinzaine de propriétés et une dizaine d'enjeux marché ont été mis au jour. La construction d'une matrice (tableau 3) a facilité un débat collectif au sujet des couples Propriétés - En-

¹⁵ La libre inscription de personnes curieuses et volontaires évitait également le coût et les aléas aussi bien de la prospection que de l'enrôlement et de la mobilisation d'un collectif.

jeux marché intéressants. Pour des raisons de confidentialité un seul couple est représenté sur la matrice.

Tableau 3. Matrice partielle Propriétés - Enjeux marché à l'issue de l'atelier collaboratif.

		Propriétés			
		Isolant / conducteur	Durable	...	Coloré
Enjeux marché	Microélectronique	<i>Mémoires</i>			
	Aéronautique				
	...				
	Neurologie				

La durée de l'atelier collaboratif, une demi-journée, ne permettait pas de pousser les investigations jusqu'à une connaissance détaillée des couples prometteurs. En revanche le résultat intermédiaire qu'est la matrice Propriétés - Enjeux marchés, procure déjà une aide appréciable pour la poursuite des travaux et le repérage de nouveaux acteurs à mobiliser.

4.4. De l'atelier collaboratif aux partenariats d'exploration et/ou de conception

Le niveau régional étant le bon niveau pour innover, du fait de la proximité des acteurs et de la dimension systémique permise par l'interconnexion des processus politiques, économiques, éducatifs et sociaux (Cooke *et al.*, 1998), il semble pertinent de s'appuyer sur les structures de cet échelon territorial pour poursuivre les explorations. Dans la Région des Pays de la Loire le schéma de développement de l'innovation est structuré autour de neuf filières, sur lesquelles s'alignent les structures de recherche et de valorisation de l'université et la CCI. Si l'on croise ces filières avec, par exemple, la dizaine d'applications des technologies émergentes de semi-conducteurs, identifiées par la feuille de route de l'ITRS (2011), on obtient une nouvelle matrice (tableau 4).

Si les participants à l'atelier repèrent un segment qu'ils jugent porteur, par exemple à l'intersection de la colonne « Applications mobiles » et de la ligne « Pêche, mer, littoral », il sera assez aisé, demain, de mettre en place un nouveau partenariat pour en explorer le potentiel avec des acteurs géographiquement proches et susceptibles d'avoir des connaissances sur les marchés de la filière ou de pouvoir y accéder. Ces professionnels connaissent en principe

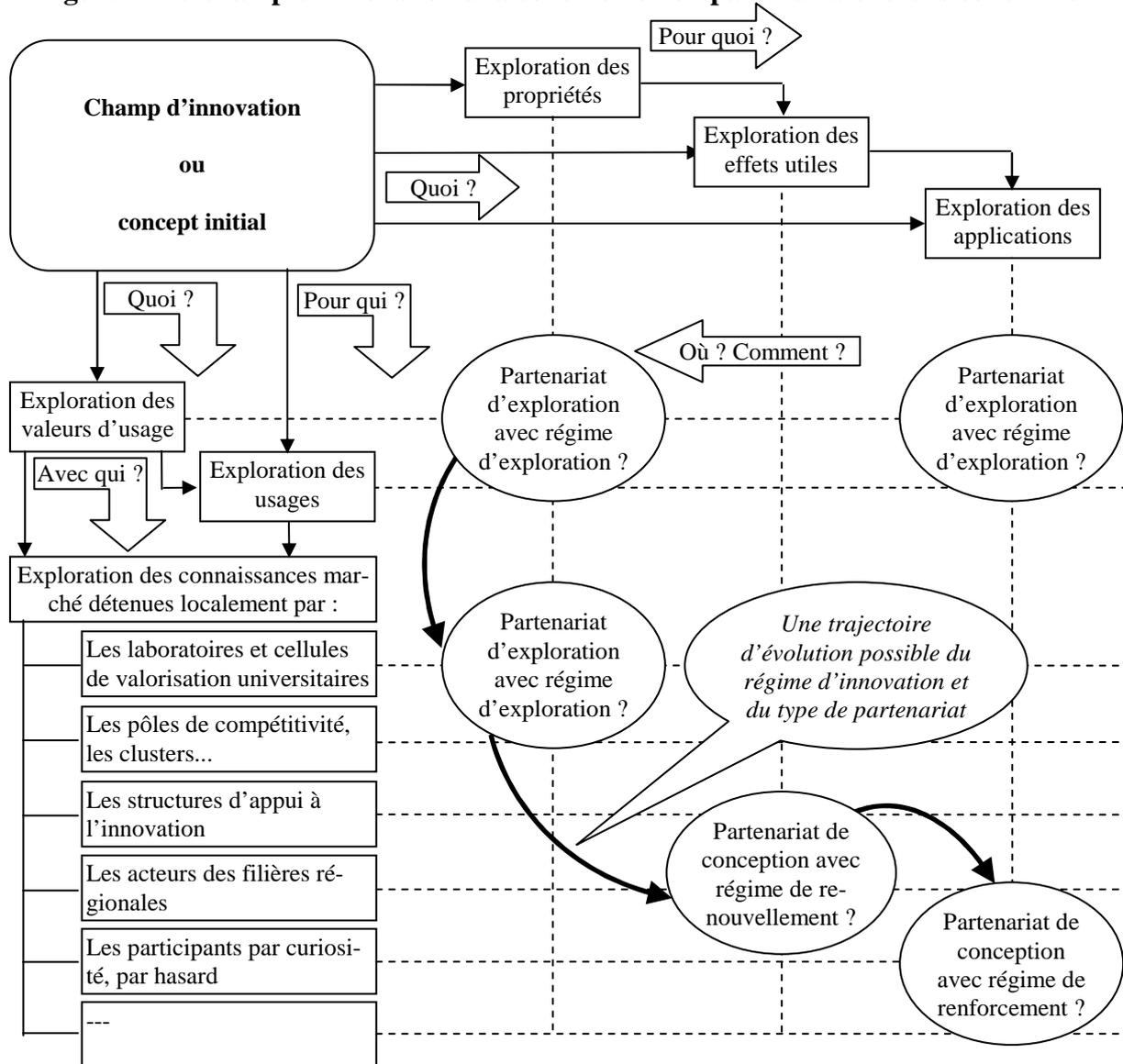
les utilisateurs de leurs produits et peuvent identifier leurs nouveaux besoins. S'il n'y a pas de demande à laquelle articuler le champ d'innovation exploré, ces professionnels peuvent *a minima* faire office d'usagers intermédiaires ce qui permet déjà de faire progresser la connaissance.

Tableau 4. La matrice Applications des technologies émergentes - Filières régionales.

Filières régionales (Pays de la Loire)	Applications des technologies émergentes (ITRS, 2011)				
	Informatique multicoeur	« Cloud computing »	Applications mobiles	...	Systèmes morphiques
Mécanique et Matériaux					
Matériaux, Molécules, Chimie					
Informatique (STIC), Mathématiques					
Energies, Génie des Procédés					
Construction durable, Génie civil					
Pêche, Mer, Littoral			<i>Segment porteur ?</i>		
Santé-Biotechnologies					
Agro-alimentaire Végétal spécialisé					
Sciences Humaines et Sociales					

L'expérience a montré qu'il est possible, sur une période brève d'une demi-journée et avec un collectif incertain et éphémère, d'enclencher une démarche d'exploration permettant, à partir d'un champ d'innovation, d'identifier rapidement des propriétés et/ou des applications nouvelles et de repérer quelques enjeux marchés. Au-delà de ce premier intérêt de l'atelier collaboratif la démarche élaborée pour un cas singulier peut être généralisée et enrichie (figure 2). Elle peut même faciliter les travaux ultérieurs de trois manières : 1) en guidant la poursuite des explorations, 2) par le réglage de la radicalité de ces explorations et 3) par le repérage des prochains collectifs à mobiliser (Nahuis *et al.*, 2012).

Figure 2. Du champ d'innovation à la constitution de partenariats futurs cohérents.



Si la distance entre les propriétés et les applications susceptibles d'en découler s'avérait difficile à franchir, une étape intermédiaire de description des « effets utiles » peut avantageusement être mise en œuvre (figure 2). Les « effets utiles » (Zarifian cité par Garel et Rosier, 2008) sont les effets que des transformations d'une offre à haut potentiel produisent sur les conditions d'activité des destinataires¹⁶. De la même manière s'il est difficile de projeter directement des enjeux marchés sur des segments de clients/usagers homogènes, la démarche peut

¹⁶ Le concept d'« énergie d'intermodalité », par exemple, pourrait, pour une pile à combustible, avoir comme effets utiles d'accompagner des déplacements d'objets sans rupture d'alimentation électrique (couveuses, glacière contenant des organes, travaux en lieux confinés...) (Garel et Rosier, 2008).

passer par les étapes intermédiaires de mise au jour des valeurs d'usage du champ d'innovation puis de caractérisation des usages potentiels avant de repérer les connaissances marché susceptibles d'être détenues localement par divers acteurs (figure 2). Avec cette exploration graduelle, le chemin parcouru au cours d'un atelier collaboratif éclaire les zones restant à défricher et oriente la suite des projets et la configuration de possibles collectifs. Schématiquement, si l'on reste proche du champ d'innovation ou du concept initial (en haut et à gauche de la figure 2), le partenariat d'exploration s'impose. Inversement si les explorations passées ont révélé la plupart des potentiels (en bas et à droite de la figure) on se retrouve dans une situation proche d'une activité de conception conventionnelle¹⁷. Au cours du cheminement, trois « régimes d'innovation » (Garel et Rosier, 2008) peuvent être utilisés : 1) le régime de renforcement des offres existantes pour des clients dont on connaît les besoins, 2) le régime de renouvellement des offres pour des clients existants ou identifiés comme de futurs utilisateurs ou 3) le régime d'exploration des potentiels d'applications indéterminés, en dehors des références des partenaires et destinés à des utilisateurs inconnus. Dans les deux premiers régimes, le collectif peut être un partenariat de conception formé d'experts métiers, complété, pour le régime de renouvellement, d'utilisateurs potentiels. Dans le régime d'exploration, mieux vaut rassembler un collectif d'acteurs hétérogènes mais sans doute plus ciblé et moins précaire que dans l'atelier collaboratif décrit en section 4.3. Les explorations restant à conduire étant mieux ciblées, il est un peu plus facile de constituer un partenariat pertinent ou prometteur. On peut même imaginer que plusieurs partenariats, avec des fonctions et/ou des régimes d'innovation différents, soient lancés en parallèle ou à la suite les uns des autres (figure 2).

En synthèse, l'atelier collaboratif qui a été expérimenté permet non seulement d'initier un partenariat d'exploration mais contribue également à structurer les travaux à suivre : 1) en orientant la progression de la double expansion (technologique et valeur), 2) en préconisant un régime d'innovation adapté et 3) en guidant la nature du partenariat à rassembler. A ce titre, la figure 2, véritable carte à l'usage des « explorateurs » constitue une aide précieuse pour baliser une trajectoire d'exploration en répondant aux questions habituelles de l'hexamètre de Quintilien (Qui ? Quoi ? Où ?...).

¹⁷ Le Masson, Weil et Hatchuel (2006) parleraient de conception réglée.

Conclusion

Cet article a retracé la genèse de la conception et de l'expérimentation d'un dispositif destiné à valoriser, de manière collaborative, une technologie issue de nanomatériaux, Mott-RAM. La recherche-accompagnement présentée constitue, à notre connaissance, la première restitution relative à un partenariat d'exploration concernant la valorisation des travaux d'un laboratoire de recherche universitaire. En dépassant la commande initiale (étude de faisabilité de la création d'une start-up), la démarche d'investigation mise en œuvre a évité l'engagement hâtif sur une trajectoire qui aurait buté sur des barrières économiques et technologiques extrêmement élevées et abouti à une probable impasse. Notre processus de recherche a emprunté des chemins de traverse. A contrecourant des usages, la recherche s'est adossée à l'enseignement car elle a été menée en parallèle, avec un léger décalage, d'activités d'encadrement d'un projet d'étudiants. Prenant des libertés avec les « bonnes pratiques » dominantes, la recherche s'est construite chemin faisant de manière très abductive, accordant une place au hasard, mêlant experts et profanes, s'autorisant du temps et un démarrage lent, au début de la phase amont, en rupture avec les préconisations actuelles d'accélération des transferts technologiques.

Sur le plan théorique, nos travaux prolongent ceux sur les modélisations des processus collectifs d'innovation en structurant l'exploration autour d'une double dimension (Propriétés - Effets utiles - Applications) / (Valeurs d'usages - Usages - Marchés). L'instrument de pilotage que nous avons décrit, l'atelier collaboratif, présente un triple intérêt : 1) orienter la progression de la double expansion du concept ou du champ d'innovation, 2) préconiser le(s) régime(s) d'innovation adapté(s) à la poursuite des investigations et 3) guider la constitution du/des partenariat(s) à rassembler pour les conduire.

Cette recherche-accompagnement, riche d'enseignements, s'inscrit dans l'agenda de recherche de la plateforme RIF. La prochaine étape va porter sur une étude comparative entre atelier collaboratif et partenariat d'exploration. Une étude fine de leurs similitudes et de leurs différences pourra montrer leurs vocations distinctives. Au-delà de l'étude longitudinale du cas Mott-RAM, que nous souhaitons poursuivre pour appréhender la dynamique des trajectoires envisagées, nous allons expérimenter d'autres cas, d'autres partenariats, pour tester la transportabilité de notre démarche particulièrement sur trois terrains : les pôles de compétitivité et les clusters, les laboratoires de recherche universitaires et les PME et TPE censées être peu innovantes.

Références

- Barringer, B.R. et J.S. Harrison (2000), Walking a Tightrope : Creating Value Through Interorganizational Relationships, *Journal of Management*, 26 : 3, 367-403.
- Bono de, E. (2005), *Les six chapeaux de la réflexion*, Paris, Eyrolles.
- Bréchet, J.-P. ; Emin, S. et N. Schieb-Bienfait (2014), La recherche-accompagnement : une pratique légitime, *Finance Contrôle Stratégie*, à paraître.
- Bruneel, J. ; d'Este, P. et A. Salter (2010), Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry collaboration, *Research Policy*, 39 : 7, 858-868.
- Cario, L. ; Vaju, C. ; Corraze, B. ; Guiot, V. et E. Janod (2010), Electric-field-induced resistive switching in a family of Mott Insulators: Toward a new class of RRAM memories, *Adv. Mat.*, 22, 5193-5197.
- Conceição, O. ; Fontes, M. et T. Calapez (2012), The commercialisation decisions of research-based spin-off : Targeting the market for technologies, *Technovation*, 32, 43-56.
- Cooke, P. ; Uranga, M. G. et G. Etzebarria (1998), Regional systems of innovation : an evolutionary perspective, *Environment and Planning A*, 30 : 9, 1563-1584.
- Dasgupta, P. et P. A. David (1994), Toward a new economics of science, *Research Policy*, 23 : 5, 487-521.
- Decter, M. ; Benett, D. et M. Leseure (2007), University to business transfer - UK and USA comparisons, *Technovation*, 27, 145-155.
- Debackere, K. et R. Veugelers (2005), The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links, *Research Policy*, 34, 321-342.
- Epicoco, M. (2013), Knowledge patterns and sources of leadership : mapping the semiconductor miniaturization trajectory, *Research Policy*, 42 : 1, 180-195.
- Etzkowitz, H. ; Webster, A. ; Gebhardt, C. et B. Terra (2000), The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29 : 2, 313-330.
- Garel, G. et C. Midler (1995), Conception et transversalité : concurrence, processus cognitifs et régulation économique, *Revue française de gestion*, 104, 86-101.
- Garel, G. et R. Rosier (2008), Régimes d'innovation et exploration, *Revue française de gestion*, 7 : 187, 127-144.
- Gautier, F. et S. Lenfle (2004), L'avant-projet : définition et enjeux, in Garel, G. ; Giard, V. et C. Midler, *Faire de la recherche en management de projet*, Paris, Vuibert, 11-34.
- Gillier, T. (2010), *Comprendre la génération des objets de coopération interentreprises par une théorie des co-raisonnements. Vers une nouvelle ingénierie des partenariats d'exploration technologique*, Thèse de doctorat en Génie des Systèmes Industriels, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- Grimaldi, R. ; Kenney, M. ; Siegel, D. S. et M. Wright (2011), 30 years after Bayh-Dole : Re-assessing academic entrepreneurship, *Research Policy*, 40 : 8, 1045-1057.

- Hassink, R. (1997), Technology transfer infrastructures : some lessons from experiences in Europe, the US and Japan, *European Planning Studies*, 5 : 3, 167-183.
- Hatchuel, A. et B. Weil (2002), La théorie C-K, fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception, *International Conference « The Sciences of Design »*, Lyon (France), March 15-16.
- Hatchuel, A. et B. Weil (2008), Entre concepts et connaissances : éléments d'une théorie de la conception, in Hatchuel, A. et B. Weil, *Les nouveaux régimes de la conception. Langages, théories, métiers*, Paris, Vuibert, 115-131.
- I.T.R.S. (2011), *Emerging Research Devices*, Disponible sur : <http://www.itrs.net/Links/2011ITRS/2011Chapters/2011ERD.pdf> [consulté le 09/09/2013]
- Kaufman, A. et F. Tödling (2002), How effective is innovation support for SMEs ? An analysis of the region of Upper Austria, *Technovation*, 22, 147-159.
- Kline, S.J. et N. Rosenberg (1986), An overview of innovation, in Landau, R. et N. Rosenberg (Eds), *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington D. C., Academy of Engineering Press, 275-305.
- Landry, R. ; Saïhi, M. ; Amara, N. et M. Ouimet (2010), Evidence on how academics manage their portfolio of knowledge transfer activities, *Research Policy*, 39 : 10, 1387-1403.
- Le Masson, P. ; Weil, B. et A. Hatchuel (2006), *Les processus d'innovation. Conception innovante et croissance des entreprises*, Paris, Hermès Lavoisier.
- Lenfle, S. (2004), Peut-on gérer l'innovation par projet ?, in Garel, G. ; Giard, V. et C. Midler, *Faire de la recherche en management de projet*, Paris, Vuibert, 35-54.
- Millier, P. (2005), *Stratégie et marketing de l'innovation technologique*. Paris, Dunod (2^e édition).
- Nahuis, R. ; Moors, E. et R. Smits (2012), User producer interaction in context, *Technological Forecast & Social Change*, 79 : 6, 1121-1134.
- Philpott, K. ; Dooley, L. ; O'Reilly, C. et G. Lupton (2011), The entrepreneurial university : Examining the underlying academic tensions, *Technovation*, 31 : 4, 161-170.
- Segrestin, B. (2003), *La gestion des partenariats d'exploration : spécificités, crises et formes de rationalisation*, Thèse de doctorat de Sciences de gestion, École des Mines de Paris.
- Schieb-Bienfait, N. ; Boldrini, J.-C. et J.-M. Benguigui (2012), De la valorisation de la recherche universitaire par la création d'entreprise : bilans et perspectives, *11^e Congrès International Francophone en Entrepreneuriat et PME*, Brest, 23-26 octobre.
- Van de Ven, A. H. ; Polley, D. E. ; Garud, R. et S. Venkataraman (1999), *The Innovation, journey*, New York, N.Y., Oxford University Press.
- Von Hippel, E. (1986), Lead users: a source of novel product concepts, *Management Science*, 32 : 7, 791-805.