

Idée personnelle et vision collective partagée en recherche : (1) Concepts

Personal Idea and Shared Collective Vision in Research: (1) Concepts

Frédéric Demoly^{1,2} et Jean-Claude André³

¹ ICB UMR 6303 CNRS, Belfort-Montbéliard University of Technology, UTBM, Belfort, France, frederic.demoly@utbm.fr

² Institut universitaire de France (IUF), Paris, France

³ LRGP-UMR 7274 CNRS, University of Lorraine, Nancy, France, jean-claude.andre@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ. Que cela concerne la possibilité de rester dans des paradigmes anciens ou, au contraire, à de nouveaux espaces de réflexion conduisant à de réelles ruptures conceptuelles, la société demande de la créativité (invention, innovation). Il n'y a pas qu'une continuité rassurante dans cette pression exercée sur les concepteurs à cause de tendances lourdes liées au changement climatique, à l'épuisement des réserves, aux relations interindividuelles locales et internationales, etc. Si pour une part importante, cette démarche est plutôt personnelle, avoir une (bonne) idée sans échanger avec différents partenaires ne mène généralement pas loin. Il faut envisager, d'une manière plus globale, interdisciplinaire et prospective, la mise en traduction et en approfondissement de l'amorce d'une idée afin de faire émerger des solutions réalistes au niveaux scientifiques et/ou techniques. Pour que l'intelligence soit collective ou collaborative, encore faut-il qu'elle soit effectivement partagée. Elle fait prendre conscience, dans des démarches heuristiques, de la variété et de la complexité de l'idée et accepter l'hétérogénéité de chaque pensée, des solutions, des pratiques et des comportements. Le but de ce travail collectif est de définir un chemin critique par lequel l'organisation va créer de la valeur.

Ce travail interactif, par les rapports communs au savoir, n'est pas un savoir donné d'avance, prêt à être utilisé, ou prêt à penser comme le serait un produit fini. Une idée naissante à étayer n'est donc pas facilement accueillie favorablement. En effet, une convergence interdisciplinaire introduit des formes de complexité dont la compréhension nécessite souvent la connaissance de principes, de concepts et souvent d'un langage spécialisé. Le traitement de ce problème fait l'hypothèse que les experts disposent du bagage nécessaire pour intégrer et mettre en œuvre une expertise apportant des solutions claires et, si possible, pour appliquer les résultats dans leur pratique. L'appui des sciences de l'artificiel dans cette approche peut favorablement être envisagée pour soutenir le nouveau (concepts, inventions, etc.).

Un espace d'action autonome, des supports humains et financiers pour explorer l'incertain avec de vraies prises de risque sont nécessaires parce que l'harmonie des compétences (pas uniquement scientifiques) doit constituer la richesse du couplage individuel/collectif. Cette gouvernance doit renforcer un imaginaire collectif de liberté et d'action solidaire, s'affranchissant, autant que faire se peut, d'une technocratie administrative « supérieure » qui pense piloter la recherche via des roadmaps floues laissant peu de place à l'imagination, à la pensée divergente, au détournement, bref à des initiatives crédibles pour répondre aux besoins de la société. Le cadre théorique présenté dans cet article sera appliqué par les auteurs sur un exemple pour en montrer son intérêt et ses limites.

ABSTRACT. Whether it pertains the possibility of staying within old paradigms or, conversely, exploring new areas of thought that lead to genuine conceptual breakthroughs, society demands creativity (invention, innovation). The pressure exerted on designers is not only a comforting continuity but also stems from major trends related to climate change, resource depletion, inter-individual local and international relationships, and more. While this approach is often personal to a large extend, having a (good) idea without exchanging with various partners generally does not lead very far. It is essential to consider, in a more global, interdisciplinary and forward-thinking manner, how to translate and further develop the seed of an idea to bring forth realistic solutions on scientific and/or technical levels. For intelligence to be collective or collaborative, it must be effectively shared. This sharing, within heuristic processes, raises awareness of the variety and complexity of ideas and encourages acceptance of the heterogeneity of each thought, solution, practice, and behavior. The aim of this collective work is to define a critical path through which the organization will create value.

This interactive work, through common relationships with knowledge, is not a pre-existing knowledge, ready to be used, or ready-made as a finished product. An emerging idea that needs support is therefore not easily welcomed. Indeed, interdisciplinary convergence introduces forms of complexity, the understanding of which often requires knowledge of principles, concepts, and often specialized language. Addressing this issue assumes that experts have the necessary background to integrate and implement expertise that provides clear solutions and, if possible, to apply the results in their practice. The support of artificial sciences in this approach can be favorably considered to foster innovation (concepts, inventions, etc.).

An autonomous space for action, along with human and financial resources to explore uncertainty and take real risks, is necessary because the harmony of skills (not only scientific) must be the wealth of the individual/collective coupling. This

governance should strengthen a collective imagination of freedom and solidarity, breaking free, as much as possible, from an administrative technocracy that believes it can steer research through vague roadmaps, leaving little room for imagination, divergent thinking, deviation, or credible initiatives to meet society's needs. The theoretical framework presented in this article will be applied by the authors to demonstrate both its usefulness and limitations.

KEYWORDS. Idea, Collective intelligence, Organization, Heuristics, Expertise, Autonomy, Novelty, Concept, Invention, Innovation.

MOTS-CLÉS. Idée, intelligence collective, organisation, heuristique, expertise, autonomie, nouveauté, concept, invention, innovation.

Introduction

Prométhée, définitivement déchaîné, bénéficiant du développement de la connaissance scientifique et de ses accomplissements en termes d'innovations, produisant de plus en plus vite du neuf, engage la société dans son ensemble dans un processus apparemment indéfini qui conduit à une pluralité de scénarios du futur inconnus : ceux qui présupposent la possibilité de rester dans des paradigmes anciens qui ont fait leurs preuves ou, au contraire, à de nouveaux espaces de réflexion conduisant à de réelles ruptures conceptuelles et/ou d'action s'appuyant sur des bases non encore prises en considération (nanotechnologies, Homme augmenté, nouvelles applications de la génétique, développement durable, réchauffement climatique, renforcement du primat de la technologie, problèmes interculturels, voire interreligieux, décroissance, etc.). Les options sont innombrables en termes d'objectifs ; il peut s'agir d'actions intentionnelles à mener d'un point de vue environnemental aussi bien que d'inventions avec des cibles adaptées à leurs objets.

Jusqu'à la fin des « trente glorieuses », la recherche dans son ensemble a plutôt été autopilotée, agissant dans un cadre apparent de « gratuité imaginative » (Guillebaud, 2008), pour passer à un couplage de dépendance par rapport aux activités industrielles (contrats cadres de Bruxelles, par exemple) puis, maintenant, à des aspects d'interdépendances stratégiques, plus complexes, tenant en principe plus compte des besoins de la société (Gastaldi et Midler, 2005). En effet, la situation politique a changé, le portage initial des travaux de recherche visait un élitisme national, puis européen, perturbé (enfin) par la fin de la guerre froide, ce qui a permis l'apparition de nouveaux critères de compétitivité, d'attractivité pour les individus et d'impact des innovations sur la société dans son ensemble. Se poser comme porteur d'une mission en sciences de l'action, c'est soulever la question de ses fins et de ses moyens (Laufer et Paradeise, 1982). Les travaux actuels amènent donc à définir de plus en plus des projets scientifiques sous formes de « trajectoires d'exploration et/ou d'expansion des connaissances » (Hatchuel et Weil, 2002).

On explore depuis quelque temps un « capitalisme de l'innovation inventive » (Hatchuel et al, 2005) avec ses réductions de temporalités ; mais, de plus Minguet et Osty (2008) rappellent que : « Là où la logique de l'offre subordonnait la recherche de débouchés à la capacité de production, celle de la demande repose sur une proximité entretenue avec le marché et une veille intégrée des tendances d'évolution, pour en déduire les produits ou services opportuns ». Le monde autour du chercheur fonctionne sur de nouvelles bases, alors pourquoi ne pas être un élément contributif de cette aventure humaine ? Avec pertinence Stengers et Bensaude-Vincent (2003) écrivent que « la hiérarchie des sciences participe aujourd'hui d'une organisation guerrière du savoir. Une science définit souvent un champ occupé par une autre « hiérarchiquement inférieure » comme terrain en friche, en attente de ce qui le rendra vraiment scientifique. Elle construit librement une représentation des champs « inférieurs » qui permet de les annexer et de les soumettre à sa loi [...]. [La hiérarchie des sciences] est un champ de manœuvre qui n'est pas seulement rhétorique, mais très concret. Toute opération de réduction se signale par des captures de financement et de jeunes chercheurs « brillants et ambitieux », bien décidés à faire partie des conquérants, non des populations conquises ». Où est alors la neutralité de la Science ?

Une certaine forme de condescendance « statutaire » de la part de chercheurs dits « purs », chercheurs en sciences de la nature a pu exister. Elle ne devait peut être trouver sa justification d'autorité, ni du côté des ruptures scientifiques conceptuelles originales, ni du côté des applications pratiques, car considérées

comme de la recherche « appliquée »... La position de porte-à-faux entre amont et aval, dans un contexte organisationnel et culturel toujours fortement contrôlé par Auguste Comte, a amené les organisations impliquées dans les sciences pour l'ingénieur à se battre avec les mêmes armes sur le champ disciplinaire. Cette recherche, de bonne qualité scientifique, est certes liée au développement d'une compétition saine, à une lucidité acérée, mais, par faiblesse partielle d'une reconnaissance implicite, cela conduit à l'émergence de situations un peu pathologiques, de défense et d'un certain repli sur soi. Il y a donc lieu de sortir de l'« alternative de la science pure » totalement affranchie de toute nécessité sociale (hors financements) et de la « science serve », soumise à nombre de demandes politico-économiques (Bourdieu, 1997).

Quelle énergie (ou son absence) est fournie pour atteindre un état d'équilibre dynamique permettant de lutter contre un certain chaos ? Dans les faits, n'apparaît-il pas clairement une conception du monde de la recherche centrée sur soi, sa promotion et un fétichisme normé de l'évaluation nationale qui lui est adaptée ? Les relations entre acteurs de la même unité de recherche apparaissent-elles alors au second plan, pourquoi pas en antagonisme ? Y-a-t-il une volonté réelle d'organiser la pédagogie/la recherche en vue d'une fin opératoire « éclairée » et profitable ? En s'impliquant dans une telle action en profondeur, la motivation individuelle et sa traduction en nouveautés, si l'on sait la faire émerger, doit pouvoir révéler le besoin d'une « intelligence collective », le soutien informel à la curiosité, à l'anticipation et démultiplier la performance créative.

Ces différentes préoccupations tournent dans le cerveau d'un vieux chercheur hanté par l'innovation, mieux par l'invention, qui doivent servir au progrès, en particulier technologique, au profit d'une société affligée par de nombreuses contraintes environnementales et énergétiques et par l'émergence de certaines lames de fond liées majoritairement au développement du numérique. Vieux chercheur certes, mais pas né en 1933, à la date de l'exposition universelle de Chicago où le stéréotype linéaire « La science trouve, l'industrie applique, l'Homme s'adapte » (slogan rappelé par Bourg et Schlegel, 2001) a fait florès ! Il reste particulièrement vivace parce que l'on a envie d'y croire, tellement il a l'air simple et facile à entendre (surtout pour ceux qui, depuis la science, n'ont jamais développé d'interactions profondes avec la socio-économie !). La relation causale simplifiée tout... mon ego est satisfait car c'est **moi** qui suis à l'origine de l'idée ! Mais si l'on prend l'exemple d'un modèle d'invention/innovation particulier, celui de la réalisation effective des premières bombes atomiques, moins de dix ans après cette exposition mondiale, avec une demande clairement exprimée par le Président des Etats-Unis, on ait mis à contribution des savants, des ingénieurs et autres techniciens de haut vol et ce, en très grand nombre (sans compter les militaires).

Par ailleurs, et dans un tout autre cadre, rappelons-nous ce qu'écrivait Cowen (2011) : « Nous n'arrivons pas à comprendre pourquoi nous n'y arrivons plus. Tous ces problèmes n'ont qu'une cause, mais qui passe inaperçue : nous avons vécu pendant au moins trois cents ans de fruits qui ne demandaient qu'à être cueillis [...]. Or, depuis quarante ans, ces fruits ont commencé à se faire rares, et nous avons fait comme s'ils étaient encore là. Nous n'avons pas voulu reconnaître que nous avons atteint un plateau technologique et que l'arbre était bien plus dépouillé que nous voulions l'admettre ». Alors, dès qu'une ligne directrice semble porteuse d'un progrès technique satisfaisant pour la société (rupture inventive), on risque par continuité de tenter de poursuivre l'action créatrice via des recherches incrémentales en pensant continuer à gagner sans opérer de rupture nette (innovation en partie inertielle). Mais, à l'évidence cette quête a ses limites.

Ces deux considérations mettent à mal la linéarité qui aurait pu exister (sans discussion) il y a encore quelques années pour poser à la recherche des questions sans doute nouvelles pour les chercheurs qui, parce que c'est leur mission, doivent orienter leurs activités vers des conseils éclairés et nouveaux pour un futur possible (pas uniquement technologique) d'une société en doute. Mais dans ces transitions imposées sur des sujets de plus en plus larges (hyper-objets, par exemple selon Morton, 2013) se cache sournoisement une sortie du déterminisme ordinaire pour rentrer dans des approches de complexité qui ne répondent qu'imparfaitement à la culture des chercheurs et des utilisateurs des savoirs créés, intéressés

par des règles facilement actionnables. L'objet de cette petite réflexion est d'examiner comment il est possible de jouer avec son imagination produisant quelques idées mises en débat pour des usages rationnels d'utilité publique. Cet article d'une série consacrée au thème des relations entre singulier et collectif, s'appuyant sur le développement de la technologie d'impression 4D (Demoly et André, 2022) traite d'aspects conceptuels liés à la transition depuis une idée supposée personnelle et une finalité nécessitant l'apport d'éléments d'intelligence collective, le tout avec des approches descendante ou ascendante. Il sera suivi par une mise en situation pratique en prenant en compte les exemples de la fabrication additive « traditionnelle » et de l'impression 4D, technologies s'appuyant sur des piliers scientifiques solides (Demoly et André, 2022 ; André, 2018).

De ce qui vient d'être exprimé, il doit y avoir une transition entre l'idée non stabilisée et son inclusion dans une réflexion heuristique (André, 2023) pour la conceptualiser via des processus d'intelligence collective. Toutefois, de plus en plus complexe, elle ne peut pas être utilisée « telle quelle », conceptualisée à plusieurs parce que les mondes économiques et industriels nécessitent des procédures claires et stables (ainsi que les scientifiques dans leurs domaines) pour être appliquées de manière robuste. Cette traduction fait donc passer une réflexion approfondie, mais complexe, à un déterminisme réducteur. Citées par Fragnière (2016), ces phrases de Condillac illustrent bien ce qu'on entend généralement par déterminisme ; c'est possible, mais cela ne fonctionne pas tout le temps comme souhaité, sauf si l'on dispose de procédures robustes : « Que je veuille connaître une machine, je la découperai pour en étudier séparément chaque partie. Quand j'aurai de chacune une idée exacte et que je pourrai les remettre dans le même ordre où elles étaient, alors je concevrai parfaitement cette machine, parce que je l'aurai décomposée et recomposée ».

La maturation de l'idée peut être poursuivie dans ces conditions où l'on peut encore « jouer » intellectuellement avec elle ; il est utile d'examiner si la forme du projet stabilisé dans cette expertise peut faire l'objet d'une appropriation immédiate ou non par le monde économique. Ce dernier ne joue pas ou peu avec la complexité et s'inscrit dans l'usage de procédures aussi simples que possible (déterministes) et opportunes pour agir. « La contradiction, comme Platon le savait, est l'unique instrument de la pensée qui s'élève. Mais il y a un usage légitime et un usage illégitime de la contradiction. L'usage illégitime consiste à combiner des affirmations incompatibles comme si elles étaient compatibles » (Weil, 1955). Ces différentes considérations font l'objet de la figure 1 et définissent les différentes étapes qui vont être approfondies dans cet article.

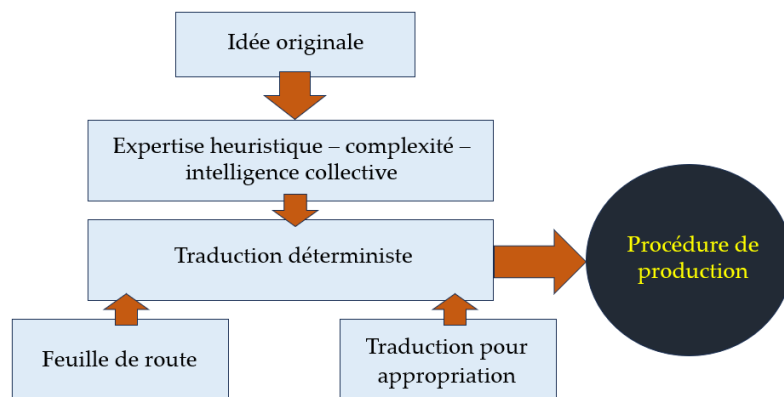


Figure 1. De l'idée à sa réalisation pratique (sans les feedbacks).

Avec le recul que permet l'âge (mais avec également l'introduction de biais cognitifs liés à des habitudes perpétuées non corrigées), on a l'impression qu'autour de nous, tout bouge plus vite et que l'intelligence artificielle va renforcer l'accélération de ce mouvement global : ce qui est apparent comme la technologie et ses manifestations, mais aussi le passage du travail à l'emploi, à la précarité, au ressourcement permanent et à « l'obligation » d'être libre. Les règles qui mettent nombre d'Hommes à nu relèvent d'une certaine forme d'arbitraire déstructurant généralement éloigné du moindre débat démocratique. 1984 est mort (Orwell, 1972), remplacé sans que l'on s'en soit rendu compte par 1985

(Burgess, 2013) qui respecte, valorise l'impression de liberté (mais juste l'impression)... avec toutes les relations d'assujettissements explicites et surtout implicites, amenant les individus à se couler dans des « moules de socialisation » (Kaufmann, 2001). Comme le soulignait déjà Durkheim (1963), « la république est juste quand elle veille à ce que les contrats passés entre les individus soient réellement libres, c'est à dire quand elle peut certifier que les contractants se trouvent placés dans des situations équivalentes ». Or, en la matière, c'est le mouvement permanent (au moins son impression pour un public pressé) qui caractérise pratiquement toutes les structures de la société sans que l'on puisse bien comprendre quelles relations de cause à effet sont à considérer !

Quel honnête Homme, pétri de valeurs, à qui l'on fait subir journallement des propos propagandistes idéalisés sur de bonnes pratiques de gouvernement(s) de la science et de l'invention peut regarder avec une curiosité a priori bienveillante et parfois inquiète l'évolution de ces domaines considérés comme majeurs, comme essentiels à la survie de l'espèce humaine ? S'il n'y a pas chez lui d'idéalisation de périodes plus anciennes où le monde était à découvrir juste avec sa tête et un peu d'instruments parce qu'il vit dans le présent, cette double connaissance d'éducation (connaissance historique) et d'observation quotidienne permet d'analyser l'émergence d'idées (profitables ou pas). La sérénité considérée ici tranche avec l'enthousiasme et le suremploi de concepts (ou de leur simple affichage) comme celui d'interdisciplinarité, d'intelligence collective, de pilotage par la demande, de partage, de convergence, d'heuristiques [« Les heuristiques de jugement peuvent être définies comme des processus cognitifs, conscients ou inconscients, qui ignorent une partie de l'information » (Gigerenzer, Gaissmaier, 2011)], de méthodologies radicales de soutien à la créativité, etc. Les observations présentées ci-après peuvent être entrecoupées par des réflexions plus personnelles, sur sa crainte d'un affichage concernant la création s'affranchissant de ses fondements avec ses difficultés et ses modestes réussites.

Giddens (1994) s'exprime sur une modernité où se côtoient de manière ambivalente confort et anxiété, sécurité et danger, rapidité et lenteur, adoucissement et durcissement dans la gestion des conflits sociaux. Il distingue trois discontinuités entre institutions sociales modernes et traditionnelles : la vitesse des changements, la portée des changements et la nature intrinsèque des institutions modernes. D'autres pourraient être évoqués, comme celles reliées à l'irréversibilité des transformations... Ces éléments qu'il n'est pas possible d'approfondir ici placent l'entreprise et la Société dans ce que l'on nomme post-modernité ou modernité poussée à ses limites. Les différents paragraphes qui suivent ne traitent que du traitement des aspirations du corps social en termes pratiques pour tenter de comprendre comment les changements issus de la science peuvent s'opérer. Ces considérations caractérisent le fait que les savoirs scientifiques et technologiques ne sont au cœur de notre « monde » que médiés par une existence (une reconnaissance) sociale : ce n'est pas le savoir scientifique lui-même qui doit modifier les conditions de vie des citoyens, prises au sens large, mais un savoir pris dans des formes d'appropriation et de mises en valeur spécifiques qui relèvent du débat social. L'incertain scientifique se traduit donc, de plus en plus, par une sorte d'exigence à une représentation conforme à sa propre perception (avec toutes les limites que l'on connaît) (Libaert, 2003).

1. Idée

La stabilité des modes de pensée et d'action en recherche est, pour une part importante, liée à l'existence de disciplines scientifiques (mais comment faire autrement !) et, sans doute pour des raisons de pouvoir, au sens large, par l'existence de plans : programme cadre de recherche et de développement de Bruxelles, programmes des grands organismes de recherche, de ministères, d'agences (ANR en France), paradigmes (sortes d'équivalent des feuilles de route vues par les scientifiques). Ces cadres, éloignés de formes nouvelles d'opinion, sont reliés à l'argent rendu disponible par incitation intentionnelle et donc, pour les chercheurs qui en disposent, à la possibilité d'agir (plus) sereinement, au moins pour un temps, dans les axes qui les ont financés... Si ce contexte induit de fait, dans le temps, un renforcement de la culture mono-disciplinaire et influence les domaines sociétaux dans lesquels les États « investissent » leurs meilleurs cerveaux (voire ceux des autres) (Hacking, 2001), cela ne dit pas comment une idée qui peut rompre avec le cours des choses émerge.

1.1. Cadre général

Dans les faits, ce que l'on observe dans cette aventure, rendue nécessaire, plusieurs opérations doivent être tentées, en s'appuyant sur une pluralité d'acteurs agissant de manière concertée :

- Les inventeurs qui génèrent l'idée, plutôt de manière « spontanée » ;
- Les « visionnaires » impliqués dans des réflexions prospectives, en contact avec le monde de l'innovation, la recherche en sciences humaines et sociales, etc. Ils ont à définir des scénarios pour engager le débat avec la société en faisant l'hypothèse que des idées « stimulées » puissent également émerger ;
- Les intégrateurs chargés de la prise en compte, en anticipation, des problèmes de société à traiter par la voie de l'interdisciplinarité et de l'intelligence collective ;
- Les acteurs, vrais chefs de projet « industriel » ont la tâche difficile de définir une méthodologie évolutive grâce à l'exploitation du retour d'expérience et d'expliquer à la société comment il est possible de gérer avec modestie une certaine forme de complexité en proposant des procédures simplifiées ;
- Les acteurs disciplinaires de la recherche comme contributeurs à certains aspects scientifiques nécessaires à la stabilisation de l'idée.

De fait, pour que l'idée émerge et soit reprise par d'autres partenaires, il convient selon Baude (2006) de prendre en considération des principes simples et robustes comme :

- Ne pas laisser croire qu'il existe des méthodes stéréotypées applicables à toute situation ;
- Ne s'engager que sur les faits scientifiques et éviter le « socialement correct » (Godard, 2007) ;
- Respecter un fonctionnement « ordinaire » de la recherche : autonomie, validation par les pairs ;
- Le chercheur académique est seul et ne peut pas aisément bénéficier du support d'une expertise légère pour une clarification de son idée ;
- Respecter les lois et les fondements éthiques.

« Sinon, on risque de se trouver dans la situation de l'abbaye de Thélème de Rabelais dont la règle était « fay ce que voudras », pourvu que tous fassent la même chose » (Weil et Dubey, 2020).

1.2. Le « big-bang » d'une idée

Toute recherche est résolution de problème et sa construction peut être déterminante. Mais, contrairement au célèbre « Eureka », l'idée donnant l'impression qu'elle pouvait être un donné spontané (« juste à la ramasser »), elle doit faire l'objet d'un travail complexe jusqu'à sa formalisation. C'est alors, en citant Cadières (2017) « qu'en devenant auteur de sa propre recherche, c'est sa posture qui change, ce sont ses représentations et ses significations qui se modifient, c'est son langage qui se précise et devient plus saillant, c'est sa pensée qui devient plus construite, plus en recul, plus soupçonneuse, moins assurée, plus critique. Passer d'une logique d'action à une posture de recherche correspond à un décentrement qui ne se réalise pas par une rupture brusque, de façon tranchée, ni même par une distanciation, mais par une inflexion, par d'insensibles transitions qui s'opèrent ».

Le déclencheur qu'est l'idée peut être particulièrement important puisqu'il conditionne l'émergence d'une proposition analysée comme crédible. De fait l'idée apparaît au cours de l'action comme une intrusion contingente, car elle rompt ou apporte des éléments nouveaux qui sortent des savoirs précédemment acceptés (avec l'expression d'« appréhension confuse » introduite par Lavelle, 1992), sorte d'apprentissage transformateur qui se traduit par un changement de représentation du monde. C'est à partir de cet espace de connaissances préalables, associé à une représentation (ancienne), qu'émergerait une idée. Gambier (2019) considère qu'une « traduction » de l'idée passe par une sorte de hub, d'échangeur où se croisent diverses disciplines et/ou métiers, mais sans qu'on sache exactement les conditions et les effets de ces croisements : Pour reprendre la proposition de Marc Augé (1992), les disciplines convoquées seraient plutôt dans une relation de « consommation », de « digestion » avant de faire émerger une réciprocité, malgré une volonté initiale de partage dans/pour une rencontre qui doit

être fructueuse. En effet, les notions de représentation, et surtout celle du changement de représentation, sont centrales puisqu'on vise à rendre visible et crédible une idée. Mais, bien évidemment, ceci prend du temps.

Pour Lavelle (1992), il y aurait une sorte de sensation de bascule dans un autre monde pour proposer par l'idée une nouvelle représentation. « Pour mieux comprendre le processus de construction de nos savoirs issus de notre pratique, il faudrait ainsi remonter à l'expérience ontologiquement première où on se situe à un point antérieur à la distinction entre l'intuition et l'intelligence » (Gambier, 2019). C'est un antécédent expérientiel permettant l'enclenchement de la construction d'une rupture. Un élément important doit être rappelé, c'est qu'émettre une idée nous demande d'être capables de sortir des sentiers battus et d'accepter des propositions alternatives à des propositions initiales, elles-mêmes, non approfondies. L'idée, pour beaucoup, est arrivée par hasard ! Mais, pour Mishima (1989), « parler du hasard, c'est nier la possibilité de toute loi de cause à effet. Le hasard est finalement l'unique élément irrationnel que peut accepter le libre arbitre. Sans le concept de hasard, la philosophie occidentale du libre arbitre n'aurait pu prendre naissance. C'est ma conviction que ce concept du hasard, de la chance, constitue la substance même du dieu des Européens ; ils possèdent là une divinité qui tire ses caractéristiques de ce refuge si essentiel au libre arbitre, à savoir le hasard, l'unique sorte de dieu qui puisse inspirer la liberté de la volonté humaine »... Toutes les inventions ne sont pas toutes de même nature, certaines correspondent à des problèmes bien définis, à réponse unique, et d'autres à des problèmes plus complexes, mal définis et ouverts.

Dans son premier moment, l'amorce de l'idée est aussi ontologiquement antérieure à l'Eureka d'Archimède, c'est-à-dire à ce moment où « l'on trouve subitement la solution d'un problème, une bonne idée » (Rey, 1992). « L'appréhension confuse » constitue un point de transition entre un avant et un après avec une synthèse plus ou moins intuitive, mais réactive, produite dans l'opération. Elle doit, à ce stade, être élaborée, objectivée, comparée, relativisée, contextualisée pour rendre accessible une proposition d'idée inventive. Pour ce faire, travaillant sur des savoirs nouveaux, le chercheur s'appuie sur des savoirs préexistants, les resitue pour bien les exploiter. Quand il approfondit un sujet scientifique, il peut essayer d'accéder aux débats, aux accords et/ou aux controverses qui ont eu lieu avant lui. Déterminer et stabiliser ces savoirs correspond à un exercice long et ardu, mais utile, car faisant apparaître des failles et des zones d'études non réellement approfondies.

1.3. Créativité et connaissances

Pour Baumard (1999), quatre types de connaissances dans les contextes d'apprentissage peuvent exister : (1) des connaissances explicites et individuelles, des techniques qui permettent de contrer les filtres culturels et autres pièges ; (2) des connaissances collectives et la connaissance profonde d'un terrain, d'un environnement, de règles et de lois ; (3) un ensemble de connaissances tacites et collectives, qui relèvent du non-dit, de la structure invisible d'une pratique ; (4) un ensemble de connaissances tacites et individuelles. L'expertise tacite est complétée par des connaissances techniques « dures ». Ces savoirs sont indissociables (Lowe, 2006). A la lumière de ces éléments et dans le cadre socioculturel dans lequel le « trouveur » exerce ses talents, la créativité et l'apprentissage peuvent être déclenchés l'un par l'autre lorsque des groupes explorent de nouvelles significations, de sorte que la créativité peut prendre la forme d'une spirale qui se développe à partir de la jonction et de la mutualisation des quatre types de connaissances présentées sur la figure 2.

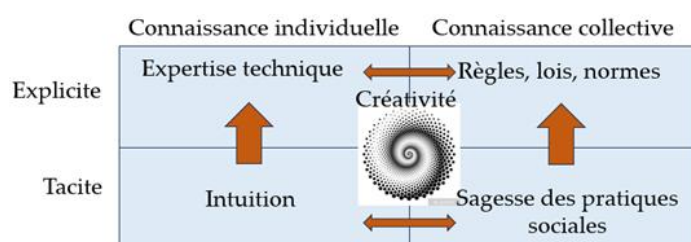


Figure 2. Créativité et production de nouvelles connaissances dans un contexte d'apprentissage.

2. Intelligence collective

Pour des innovations incrémentales, il existe dans toute démarche de progrès scientifique des formes d'empirisme, d'heuristique et de gestion de l'incertain. Elles contribuent à entraîner le concepteur vers un questionnement permanent, éthique, au regard de tout progrès scientifique ou technologique, de toute évolution radicale. L'articulation des termes « cognition » et « épistémique » se comprend alors comme l'ensemble des processus et des produits (cognition) mobilisés sur la connaissance ou le fait de connaître (épistémique). Il ne s'agit pas de dire qu'un processus ou une représentation est faux au regard d'une certaine théorie de la connaissance (comme l'épistémologie), mais d'essayer de comprendre ce qui fait sens pour ce concepteur. En effet, même si sa représentation peut se révéler erronée d'un point de vue épistémologique, elle reste quand-même pertinente puisqu'elle fait sens pour lui ! (de Checchi, 2021). Le passage d'une idée individuelle, même encore au stade de l'antécédent expérientiel que peut représenter la notion d'« appréhension confuse » introduite par Lavelle, à un travail collectif est nécessaire pour envisager d'une manière plus globale la mise en traduction et en approfondissement de l'amorce d'une idée afin de faire émerger des solutions réalistes au niveaux scientifiques et/ou techniques.

Même au stade de l'antécédent expérientiel (« appréhension confuse » introduite par Lavelle), un passage entre une proposition personnelle et un travail collectif est nécessaire pour répondre à une évolution de (et dans) la société. Il peut réenclencher des solidarités entre individus face à certains types de problèmes, mais surtout envisager d'une manière plus globale, interdisciplinaire et prospective, la mise en traduction et en approfondissement de l'amorce d'une idée. Cette dernière doit faire émerger des solutions réalistes aux niveaux scientifiques et/ou techniques. Durant ce travail collectif, il est déjà possible de revenir à des représentations rationnelles constituant un socle sur lequel il sera possible de s'appuyer. « Ainsi, il nous faut considérer l'articulation entre individuel et collectif, non pas comme une logique linéaire, mais dans une dynamique interactive qui s'inscrit dans la continuité des liens. L'individuel n'est pas le préalable au collectif, pas plus que l'inverse. C'est la situation et la problématique rencontrée qui vont déterminer des stratégies à mettre en œuvre. Ainsi le passage à des modalités d'intervention plus collectives, collégiales, dépend de la complexité des situations et de l'enchevêtrement des difficultés qui les constituent. Il est aussi pertinent par le fait que ces difficultés, tout en ayant des caractères individuels, sont communes à plusieurs personnes » (CSTS, 1998). Il faut remarquer avec force que, contrairement à une idée parfois répandue, la production d'une idée, d'origine individuelle, stimulant son ego et le travail d'expertise collective ne sont nullement antinomiques, mais complémentaires pour l'action utile (De Robertis et al, 2022) (pour autant que chaque partie y voit son avantage, sans volé ni voleur, et ce n'est pas si simple, ni facile à faire...).

2.1. Médiation, conciliation

Muller (1995) situe cette situation spécifique dans l'histoire possible de nos lointains ancêtres intervenant dans un différend. Il écrit : « En s'interposant ainsi dans un rapport de forces destiné à dégénérer en un pugilat [...], notre ascendant anonyme venait pourtant de jeter les bases de la société en imaginant une alternative à la loi du plus fort. L'intervention d'un tiers dans une dispute de cette nature a ainsi brisé une logique d'affrontement direct, de situation de face-à-face à laquelle elle a substitué une configuration en triade dont le troisième membre a d'abord pris le visage d'un tiers identique aux belligérants, puis celui, symbolique, d'une institution, le droit, qui régit les rapports de tous ceux qui lui sont soumis »... L'interposition réalisée traduit une médiation, sans neutralité passive. Il s'agit alors de proposer une alternative qui va faire passer les protagonistes d'une possible adversité à un positionnement qui leur permettra de se parler, de tenter de se comprendre et, si possible, de trouver un compromis ouvrant la voie vers une pacification des esprits (Grelley, 2012). En remarque, Vivier (1996) souligne que « la différence entre la médiation et la conciliation est aisée à définir en théorie : le conciliateur élabore une décision et recueille l'assentiment des plaideurs ; le médiateur aide les parties à élaborer elles-mêmes un accord »...

Selon Govindarajan (2010), trois piliers sont essentiels pour conduire à la mise en forme opérationnelle de l'idée : les éléments historiques sur lesquels l'idée a pu émerger, l'apprentissage ou la cohabitation de l'idée avec d'autres éléments historiques, l'emprunt à ces derniers dans un cadre de convergence interdisciplinaire pour un succès de l'organisation (conduisant à la mise en forme opérationnelle de l'idée). Ce schéma simplificateur doit pouvoir tenir compte des différentes attentes (scientifiques avec de nouveaux concepts, techniques avec des inventions, une clientèle, des attentes avec des niches applicatives, etc.) et le chemin critique par lequel l'entreprise/l'organisation va créer de la valeur.

2.2. Intelligence collective

Paul Ricœur (1965) a écrit : « La première vérité – je suis, je pense – reste aussi abstraite et vide qu'elle est invincible ; il lui faut être « médiatisée » par les représentations, les œuvres, les institutions, les monuments qui l'objectivent ; c'est dans ces objets, au sens le plus large du mot, que l'égo doit se perdre et se retrouver. Nous pouvons dire, en un sens un peu paradoxal, qu'une philosophie de la réflexion n'est pas une philosophie de la conscience, si par conscience nous entendons la conscience immédiate à soi-même. La conscience, dirons-nous, est une tâche, mais elle est une tâche parce qu'elle n'est pas une donnée ». Alors, l'évidence ne peut, à elle seule, fonder la vérité sur ce qu'on doit pour aller au-delà des prémices de l'idée... Cette remarque impose donc une analyse approfondie des suites à donner avec ses conséquences, à l'intérieur d'une activité plutôt interdisciplinaire, rarement totalement stabilisée parce que l'on est en recherche, que l'on ne dispose pas toujours de connaissances et d'outils appropriés pour déchiffrer les objectivations de l'existant, complexité oblige !

Selon Frimousse et Peretti (2019), « l'intelligence collective suppose le partage de l'information, le respect de règles communes, la multiplication d'interactions et de connexions sociales afin de développer des pratiques collaboratives pour accroître la performance dont les gains seront équitablement répartis entre les différents membres engagés dans la co-construction. [Pour cet objectif], les [organisations] doivent favoriser l'émergence de l'intelligence collective en développant notamment un management qui repose sur l'autonomie, le partage du pouvoir »... Dans l'usage volontaire d'un processus d'intelligence collective, il convient d'envisager l'interaction avec les autres partenaires de manière pacifique, constructive et efficace. « Autrement dit retrouver les aptitudes à l'altérité, prendre conscience de la variété et de la complexité et accepter l'hétérogénéité de la pensée, des solutions, des pratiques, des comportements »... (Frimousse et Peretti, 2019).

Pour que l'intelligence soit collective ou collaborative, encore faut-il qu'elle soit effectivement partagée, ce qui suppose que le manque de communication ajustée et effective entre experts est maîtrisé. Mais, dans nos activités au quotidien, nous nous focalisons souvent sur des objectifs à court terme, réelles formes d'isolement parce que l'on fait l'hypothèse inconsciente qu'ils sont partagés par les autres. « Prendre conscience de tout ce que l'on suppose d'évidences au fur et à mesure que le temps passe, est non seulement un atout majeur du partage effectif et ajusté de toute intelligence, mais une condition *sine qua non* de celle-ci » (Frimousse et Peretti, 2019).

Ces auteurs, parmi beaucoup d'autres, insistent sur le fait que les personnes, éduquées/formatées dans le causalisme, ont probablement une capacité limitée pour appréhender la complexité. Dans des situations complexes auxquelles elles sont confrontées pour se rapprocher de la réalité, elles s'appuient sur des schémas compliqués pour tenter de la traiter à l'aide de méthodes et de métaphores déterministes. « Cette tendance limite leur perception des problèmes susceptibles d'émailler la vie organisationnelle et dont la détection constitue la première phase de cycles d'apprentissage » (Frimousse et Peretti, 2019). Pour limiter les risques d'une idée trop faiblement étayée, les transitions science-société pour un progrès scientifique ou technologique dans un domaine intéressant la société (approfondissement, innovation, invention, etc. avec de nombreuses cibles) nécessitent une expertise heuristique associant des partenaires de cultures scientifiques et techniques variées. Peut-être, au fond et pour terminer ce paragraphe sur une note sans doute faiblement enthousiaste, mais réaliste et déterminée, n'est-il pas inutile de rappeler ces commentaires de Durkheim (1979) sur l'atteinte d'un objectif d'utilité publique : « Le concept qui,

primitivement est tenu pour vrai parce qu'il est collectif, tend à ne devenir collectif qu'à condition d'être tenu pour vrai : nous lui demandons ses titres, avant de lui accorder notre créance »...

2.3. Expertise heuristique

« L'instauration signifie qu'il n'est ni désigné ni jugé, mais qu'il est un partenaire animé dans un processus ou un trajet qui l'amènera à sa forme finale. Ce qui est instauré n'est pas présent préalablement au trajet d'instauration » (de Jonckheere, 2017). « Rien n'est donné à l'avance, tout se joue en cours de route » (Stengers et Latour, 2009)... Et la route peut être parfois bien longue ! ou bien un peu dangereuse...

« Les opérations savantes et méthodiques qui consistent à découvrir de quoi est fait un savoir sont coûteuses pour le chercheur, en temps et en énergie. Et ce travail a tôt fait de déconstruire les certitudes doxologiques induites par les rapports communs au savoir, comme quoi le savoir serait donné d'avance, prêt à être utilisé, appliqué, pratiqué ou encore prêt à penser comme le serait un consommable, un produit fini » (Chaudet, 2017). Si l'on suit cet auteur, on comprend bien l'importance d'une crédibilisation d'une idée naissante parce qu'encore faiblement étayée dans un cadre où, presque par principe, elle n'est pas accueillie favorablement. En effet, il s'agit de s'intéresser à des situations où le savoir stabilisé et crédible n'est pas encore au rendez-vous. Or, prendre position à revers provoque de l'insécurité marquée par le doute socratique...

Il est possible de définir l'approche heuristique comme une méthode empirique, approximative, intuitive, mais rapide et audacieuse pour trouver une possible solution à une question pour laquelle tous les savoirs ne sont pas réunis ni stabilisés, et par suite disposer d'un champ d'expertise, partiellement déductif, et peut-être accélérer la résolution du problème dont une (parmi d'autres) solution envisageable est mise en lumière (cf. figure 3). En associant des experts issus d'horizons différents, il doit y avoir possibilité de délibération, voire de controverse, de débats constructifs, avec leurs apports heuristiques spécifiques. C'est une voie pour enrichir *a posteriori* des formes de participation active, « une communication qui induit une réflexion sur des préférences, des valeurs et des intérêts d'une manière non coercitive » (Dryzek, 2000) et se trouve donc plutôt orientée vers une décision éclairée, réfléchie et collective (Mansbridge et al, 2011) qu'elle vise à rendre mutuellement acceptable à d'autres experts non inclus dans l'expertise.

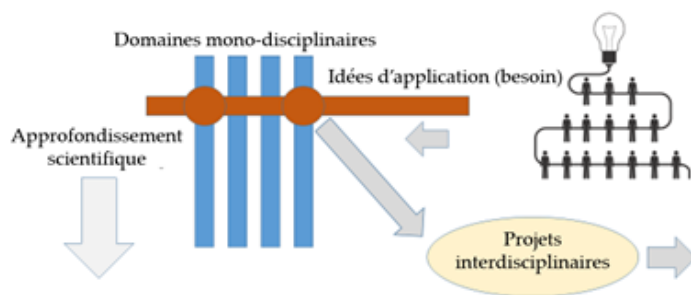


Figure 3. Schéma basique d'action proposé pour le développement de projets interdisciplinaires.

Pour Rosset (2014), « ces représentations collectives, en tant qu'elles régulent un certain rapport au monde, véhiculent dans le même temps, une forme de représentation globale [de ce] monde, un fond d'idées communes qui oriente les conceptions individuelles ». Ces résultats qui doivent permettre d'atteindre les décideurs (groupes de chercheurs, agences de financements, entreprises, etc.) signifient qu'ils possèdent une « consistance » suffisante pour être irréductibles à la notion étreiquée d'idéologie, tout en s'appuyant sur des faits vérifiables. C'est une base de construction raisonnable sur laquelle on peut s'appuyer pour avancer !

Mais, pour mener à bien cette opération, plusieurs questions se posent :

- Quels spécialités (scientifiques, technologiques, management, etc.) convoquer ? Qui opère le choix ?
- Comment choisir les experts ?
- Comment les faire interagir pour produire l'expertise souhaitée ?
- Quelle est la « durée de vie » d'un tel type de groupe ?
- Comment se rassurer sur la qualité du résultat (quelle évaluation ?) ?

2.3.1. Expertises interne à l'unité de recherche

C'est à l'aune de la maîtrise de (tous) ces éléments que l'on saura si un objet-frontière choisi comme exemple (Simonnot et André, 2024/2025), issu des sciences du génie des procédés, vont continuer à s'introduire dans notre quotidien de manière ponctuelle ou radicale. Dans une enquête réalisée par Marine Horckmans (2016) au LRGP, la majorité des personnels s'est montrée plutôt satisfaite (mais parfois avec des réserves) sur des projets communs, même transverses, pendant qu'un tiers du personnel environ a annoncé son refus d'y contribuer, même avec une participation financière. La figure 4 présente une synthèse des avis émis par les personnels permanents sur leurs activités dans le laboratoire (les chiffres ne sont qu'indicatifs, la population concernée (entretiens limités à une quarantaine de personnes, soit, moins de 15% du total du potentiel humain) ne disposant pas d'une puissance statistique suffisante). Ce que l'on peut constater, c'est une très forte fragmentation de l'activité ne militant pas vers l'ouverture aux autres, même à l'intérieur d'une grosse unité de recherche. Il y aurait trop à faire !

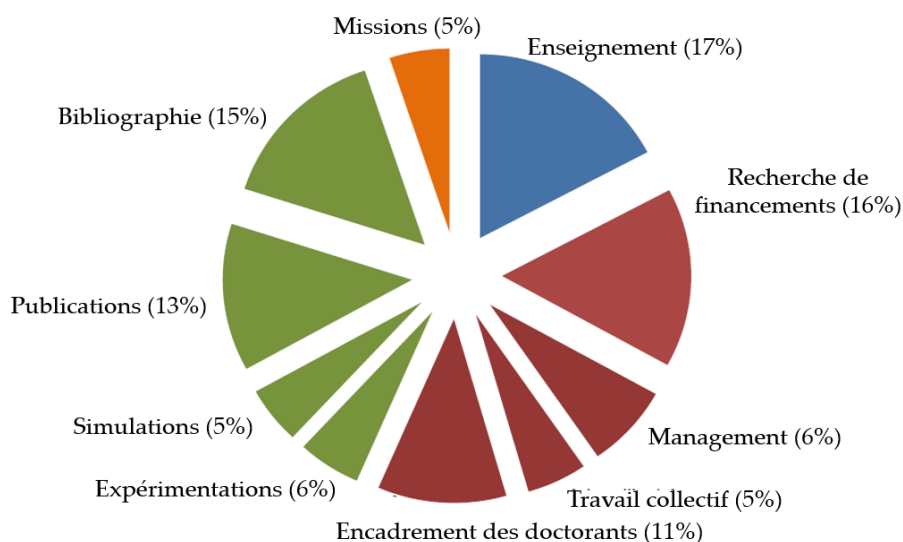


Figure 4. Répartition approchée des activités de travail des permanents du laboratoire LRGP.

2.3.2. Choix des experts : spécialité disciplinaire ou équivalent

Pour Durkheim (1967), le groupe d'experts peut avantageusement être recruté sur des critères à la fois sociaux (croyance(s), morale, éthique, éducation, etc.) et logiques (rationalité des approches scientifiques et/ou technologiques et leur robustesse), puisque ces rapports touchent l'ensemble des cadres et des classifications qui façonnent le quotidien et surtout le futur d'une société : « Si à chaque moment du temps, les Hommes ne s'entendaient pas sur ces idées essentielles, s'ils n'avaient pas une conception homogène du temps, de l'espace, de la cause, du nombre, etc., tout accord deviendrait impossible entre les intelligences et, par suite, toute vie commune ». Dans une démarche « juste » scientifique, l'avis éclairé de collègues de l'équipe de recherche peut participer aux fondements du projet (ce qui pourra plus tard conduire à une publication collective par exemple). En revanche, quand l'interdisciplinarité est convoquée, pour celui (ou celle) qui doit mener l'opération, le choix des disciplines peut être plus difficile, avec des évidences sur certains aspects de compétences « dures » conduisant à une première réflexion sur les disciplines qui doivent dans un premier temps servir à l'expertise, puis dans un

deuxième, etc. Les faiblesses qui apparaissent dans ce(s) choix peuvent être compensées par l'apport de domaines oubliés et peut-être par l'« oubli » volontaire d'autres. On l'aura compris, cette opération essentielle de construction du cadre de l'expertise peut être délicate et possiblement biaisée...

2.3.3. *Choix des experts : contacts et recrutements*

Dans le cas d'une invention « simple », comme celle de la fabrication additive (André, 2018), l'expertise n'est pas allée au-delà d'une réflexion personnelle... mais l'impression 4D, issue de cette technologie, se traduit aujourd'hui par le besoin d'avis issus des sciences des matériaux, des interactions énergies-matière(s), de mécanique(s), d'études de systèmes non-linéaires, etc. (Demoly et André, 2022). Ce sont des disciplines importantes pour le thème ; elles couvrent un espace disciplinaire très large et il est peu vraisemblable qu'elles soient toutes présentes dans son unité de recherche. On fait donc apparaître sur ces deux exemples, pourtant proches, la nécessité de trouver des experts disciplinaires compétents pour donner une réelle consistance à un début d'idée ! Le choix des experts est donc profondément délicat, surtout qu'on attend d'eux également des qualités humaines permettant les échanges constructifs visant une convergence opérationnelle. Par ailleurs, dans ce processus, il faut que celle ou celui qui est à l'origine des convocations soit « au clair » sur la valeur ajoutée pour l'expertise et pour les experts de l'implication interdisciplinaire. Dès lors, en introduisant de la confiance, de la bienveillance, les rapports entre savoir et pouvoir ne devraient plus (trop) se poser.

REMARQUE : Selon Liden et Maslyn (1998), les échanges s'articulent autour de plusieurs dimensions : l'affection (relations interpersonnelles), la loyauté (fidélité), la contribution (niveau d'activité) et le respect professionnel (rigueur, sérieux et qualité).

2.3.4. *Management de l'expertise*

La connaissance est intimement liée au savoir, à des modes de représentations, à la culture, etc. L'expertise heuristique exige un changement de mentalité « disciplinaire » (ou, au contraire, de généraliste) passant des notions de « connaissances partagées » à celle « d'intelligence collective » (cf. Frimousse et Peretti, 2019 et §2.2). Une difficulté doit être rappelée, c'est que le management qui repose sur des principes procéduraux de base, ne relève pas d'une technique, mais d'un « art »... Presque que comme dans un jeu de rôles, chaque partenaire donne la part-belle aux autres membres du groupe ; il s'efface en partie au profit des autres, écoute, encourage, accompagne... pour valoriser l'activité qu'il doit promouvoir. Ce sont les interactions (fécondations mutuelles) qui stimulent l'intelligence pour trouver des pistes. « La capitalisation des connaissances n'est pas un réservoir commun des savoirs, c'est une ouverture de l'intelligence, un développement de la créativité individuelle... au service du collectif » (Frimousse et Peretti, 2019).

Les relations sociales pour la production des connaissances scientifiques ne sont plus circonscrites aux membres d'une discipline ; ils « mettent en relation scientifique de différents domaines, professionnels non académiques, représentants d'administrations diverses, entreprises privées, vendeurs d'instruments, amateurs, etc. » (Granjou et Peerbaye, 2011). Qu'on appréhende ces connexions sous forme de réseaux, de « mondes sociaux » interreliés (Clarke et Star, 2008), ou encore d'« arènes trans-épistémiques » (Knorr Cetina, 1982), « c'est leur capacité à façonner la forme et le contenu des projets de recherche, à organiser la division du travail, et à influencer sur la production des connaissances qui est ici en jeu » (Granjou et Peerbaye, 2011).

2.3.5. *Expertise unique ou usage continu ?*

Avec un groupe constitué et pérennisé, des problèmes d'inertie et de conformisme peuvent venir s'ajouter aux limites individuelles tant scientifiques, techniques que relationnelles. Une approche homogène des problèmes peut être le résultat d'habitudes, de petits détournements pour minimiser des conflits internes et à chercher à maximiser tout ce qui conduit à consensus donnant l'impression de l'altération du sens critique du groupe d'experts au cours du temps de travail.

2.3.6. Qualité du résultat

Qu'il soit satisfaisant ou peu, il doit être possible d'observer un moment un peu magique où l'idée naissante n'est pas encore confrontée aux contraintes de son développement. Normalement, tant que le travail de recherche (au sens large) n'est pas engagé, phase d'enthousiasme, on effleure à peine ce qui pourrait devenir une réalité (sociale ou effective). C'est une naissance ! Sans cette réflexion approfondie, sans support conceptuel, au mieux, dans un cadre culturel limité, l'approche ne conduirait qu'à une pratique de bricolage savant dans son domaine (au sens de Lévi-Strauss, 1990), dans un univers clos, en s'arrangeant de manière contingente avec les « moyens du bord, de son domaine de compétence ». La conception issue de l'expertise doit se traduire, après d'éventuelles itérations, par un cahier des charges initial évolutif par étapes, pour aboutir à un concept ou à un produit « physique » (Vo, 2017). Aoussat, Christofol et Le Coq (2000) ont proposé sur la figure 5 une démarche en plusieurs phases où le corps social ne peut être éliminé, rappelées ci-après :

- Validation de l'expression du besoin ; mise en place d'un cahier des charges fonctionnel ;
- Interprétation du besoin et spécification scientifique et/ou technique de ce besoin ;
- Recherche de nouveaux concepts validés pour le produit ;
- Traduction du cahier des charges fonctionnel ; mise en concurrence des concepts et/ou des technologies accessibles ;
- Définition du projet, approfondissement scientifique, recherche expérimentale et preuve de concept ;
- Publication scientifique et/ou validation du produit.

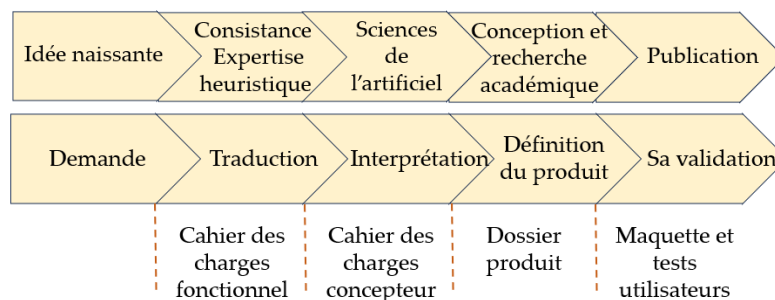


Figure 5. *Processus général de conception (à l'issue de l'expertise heuristique) – la figure du haut traite préférentiellement des aspects scientifiques, celle de bas, d'aspects technologiques.*

En effet, si seules les sciences, objectives et « froides » étaient concernées, elles feraient peser sur la vie quotidienne, sur les arts, sur la culture, sur l'esprit, la dangereuse menace de leur inhumanité... Indépendamment de cet aspect que les sciences de la nature peuvent revendiquer, le designer peut partir des savoirs scientifiques validés et des technologies existantes. Par exemple, sur l'aspect « scientifique », le développement et l'intégration de connaissances nouvelles peut constituer un obstacle de taille en imposant des perturbations fortes dans les concepts et leur gestion. Mais, cela ne dit rien sur la conception de l'artéfact lui-même relativement aux attentes des utilisateurs. Entre l'existant scientifique et l'engagement industriel que l'on sait parfois optimiser se cache encore toute une compétence qui sait rendre des savoirs implémentables pour en faire des objets opérationnels. Dans les deux cas, les sciences de la décision s'appuyant sur les sciences de l'artificiel introduites par Simon (1996) servent à crédibiliser le développement des projets complexes, qu'ils soient purement académiques ou purement technologiques. Au fond, ce qui est recherché, « c'est l'intention d'une transformation du réel, guidée par une représentation du sens de cette transformation » (Castoriadis, 1999).

REMARQUE : Tubiana (2007) a écrit : « même les scientifiques les plus rigoureux ont peur d'indisposer les médias en osant dire la vérité, car ils ont le sentiment qu'un jour ils auront besoin d'eux, donc qu'il vaut mieux se taire plutôt que s'opposer au « politiquement correct » ». Cette situation de déséquilibre

formel permet à des groupes actifs (populisme démocratique ?) de poser de manière lancinante la question de savoir si la technologie a bien été élaborée à la mesure de l'Homme, afin de servir à quelque chose, ou bien à des objectifs moins avouables... Or, « la distribution sociale de la connaissance de certains éléments de la réalité quotidienne peut devenir hautement complexe et même confuse pour le profane [...]. En pareils cas, je demande non seulement l'avis d'experts, mais aussi et surtout, l'avis des experts sur les experts » (Berger et Luckmann, 1986). Comment, sur de telles bases, la confiance peut-elle régner ? Ainsi, une perte de confiance se développe dans la société, qui, en même temps, demande de la nouveauté, ce qui permet encore d'affirmer que si la méthode scientifique et la technologie ont conquis le monde, c'est qu'elles correspondent tautologiquement à des forces positives et utiles.

2.3.7. *Communauté épistémique*

Haas (1992) désigne une communauté épistémique comme « un réseau de professionnels ayant une expertise et une compétence reconnue dans un domaine particulier et une revendication d'autorité en ce qui concerne les connaissances pertinentes pour les politiques ». Elles disposent :

- « D'un ensemble commun de croyances normatives et de principes qui fournissent une justification fondée sur la valeur pour l'action sociale des membres de la communauté ;
- De croyances partagées sur les causalités, qui sont issues de leur analyse de pratiques qui amènent ou contribuent à un ensemble central de problèmes dans leur domaine, et qui servent ensuite de base pour élucider les liens multiples entre actions politiques possibles et résultats souhaités ;
- De notions communes de validité – c'est-à-dire, des critères intersubjectifs, définis en interne, pour la pondération et la validation des connaissances dans leur domaine d'expertise ; et
- Une entreprise politique commune – c'est-à-dire, un ensemble de pratiques communes associées à un ensemble de problèmes vers lesquels leur compétence professionnelle est dirigée ».

Knorr-Cetina (1999) n'utilise pas cette appellation ; elle définit des cultures épistémiques comme : « ces amalgames d'arrangements et de mécanismes – liés par affinité, nécessité et coïncidence historique – qui, dans un domaine donné, constituent la façon dont nous savons ce que nous savons. Les cultures épistémiques sont des cultures qui créent et garantissent les connaissances ; et la principale institution de connaissance dans le monde reste la science ». Pour éviter de cantonner le chercheur dans sa discipline dans laquelle il exerce sa liberté (son autonomie) et son activité lui permettant de dépasser les limites du savoir disciplinaire, ces voies de « transgression » doivent autoriser et soutenir de nouveaux couplages culturels pour promouvoir des synergies adaptées, autorisant la création de nouveaux artefacts utiles pour la société. En soutenant la créativité aux interfaces, en développant de l'hybridation créatrice, il s'agit d'aller au-delà d'autres frontières du savoir, mais sans doute, à partir de méthodes nouvelles ou revisitées, en resituant « la recherche et les chercheurs dans le contexte de la vie de la Cité » (Pompidou, 2004).

Nous n'en sommes pas au paradigme, car on s'en éloigne !

2.4. *Complexité et convergence*

De ce qui vient d'être discuté, un problème associé à une mise en convergence interdisciplinaire est l'introduction de formes de complexité dont la compréhension nécessite souvent la connaissance de principes, de concepts et souvent d'un langage (jargon) spécialisé. Ce problème fait l'hypothèse que les experts retenus disposent du bagage nécessaire pour intégrer et mettre en œuvre une expertise crédible leur apportant des solutions claires à leur approche et, si possible d'envisager comment appliquer les résultats de cette expertise dans leur pratique scientifique ou technologique (Anderson, 2007). Des défis divers, concernant les savoirs (souvent éloignés d'une solide formation pluridisciplinaire), les lacunes et les pénuries d'aptitudes et de compétences des personnes engagées dans une expertise interdisciplinaire, sont bien évidemment à éviter. Mais, la population que l'on peut concerner étant modeste d'une part, le choix des partenaires étant de fait bloqué dès que le choix de l'expertise est fait, tout est stabilisé d'autre part, cette phrase apparemment anodine doit être prise sérieusement en compte ! La « distance scientifique » lors de l'expertise peut constituer un élément négatif à la pertinence et à l'utilité de

connaissances matures en raison des limites de la capacité d'absorption et du besoin de reconnaissance par les pairs, de compatibilité scientifique, voire de complémentarité, avec la base de connaissances actuelles...

2.4.1. Avant les sciences des artefacts

Pour ces différentes raisons, il est nécessaire de sortir des principes de la science de la nature pour intégrer ceux des sciences des artefacts, avec des solutions « satisfaisantes » au sens de Simon (1996). Pour s'engager dans cette voie, l'expertise nécessaire est classiquement heuristique. Il s'agit d'initiatives de cocréation (OECD, 2021 ; Quaintance, 2021) qui peuvent inclure les bénéficiaires dès son départ, aider à orienter les efforts de recherche et d'innovation dans les directions les plus pertinentes et les plus adaptées. Par ailleurs, la sensibilisation et une communication plus large à l'équipe de recherche autorise l'émergence de verrous et d'une première analyse des moyens pour les relever. Cependant, pour que ces initiatives se matérialisent avec succès, plusieurs défis doivent être surmontés (cf. figure 6) :

- Coopérer avec des représentants les principales parties prenantes pour construire une vision partagée, de fournir des orientations et des objectifs clairs, pour motiver les acteurs concernés ;
- Adopter des structures de gouvernance et de gestion opérationnelle efficaces ;
- Convenir de la propriété et de l'exploitation des données et de la propriété intellectuelle développées conjointement ;
- Tenir compte des environnements institutionnels internes et externes.

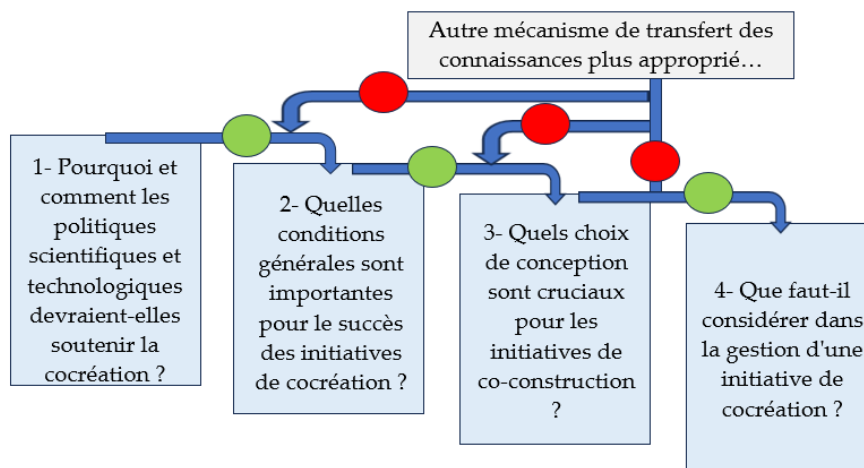


Figure 6. Orientation d'efforts de recherche et d'innovation par cocréation (inspiré de OECD, 2021).

Ainsi, en accord avec Eagle et al (2013), une expertise interdisciplinaire « linéaire », en particulier quand elle associe l'amont avec l'aval, doit disposer des composantes suivantes :

- L'existence d'une relation entre amont et aval crédible doit être démontrée (par exemple en s'appuyant sur les rapports d'autres groupes d'experts) ;
- L'analyse causale doit être effectuée autant que faire se peut sur la base d'études longitudinales qui excluent les hypothèses alternatives plausibles ou en développant des preuves sur la base d'expériences randomisées ;
- Les mesures des résultats doivent provenir de sources différentes de celles des variables indépendantes, et toutes les mesures doivent être fiables et valides ;
- Une définition claire des méthodologies utilisées doit être donnée ;
- Si les preuves sont contradictoires, une méta-analyse peut expliquer, à l'aide de modérateurs, pourquoi les preuves sont contradictoires ;

– La preuve, au sens le plus large, désigne tout ce qui est utilisé pour déterminer ou démontrer la vérité d'une affirmation.

S'il n'est pas possible dans une telle approche d'atteindre des résultats satisfaisants, l'expertise interdisciplinaire implique des approches complexes mais reste une expertise heuristique évoluant vers d'autres finalités. La recherche s'est de plus en plus concentrée sur les processus, les acteurs et les activités avec l'examen du rôle de la nouveauté, sur les attributs qui opèrent généralement au niveau du réseau (confiance et distance culturelle entre les acteurs), les activités visant à faciliter la communication scientifique et dans une logique économique, la diffusion de l'innovation (Caiazza et Volpe, 2015). Selon ces auteurs, certaines études mettent en évidence des obstacles contextuels (c'est-à-dire des obstacles institutionnels, structurels et culturels) qui peuvent entraver le processus, mettant en évidence des barrières relationnelles, l'environnement externe, la place d'intermédiaires qui facilitent le processus (bien informés, dignes de confiance, accessibles et abordables, etc.). D'autres structures sont disposées à partager leurs connaissances, la présence de responsables politiques qui acceptent de faciliter le processus (financement, prise de risque, réglementation, etc.), peuvent, au contraire, permettre d'envisager des publications dignes du travail réalisé (Mason et Merga, 2021), l'anticipation et le soutien financier pour des formations nécessaires, etc.

Le rapport novateur de la Banque mondiale intitulé « Pensée, société et comportement » (WDR 2015) ouvre de vastes perspectives, dont l'aboutissement demande encore d'immenses efforts. Son apport majeur est qu'il s'intéresse à la manière dont les humains agissent en fonction du sens qu'ils donnent aux situations dans lesquelles ils se trouvent ; il considère cette manière d'agir non comme relevant de comportements irrationnels qu'il suffirait de dénoncer, mais comme obéissant à des formes particulières de rationalité dont les experts, évaluateurs, décideurs ou autres, devraient tenir compte. Le rapport affirme que « les processus de prise de décision, la langue, les codes et les modèles mentaux des professionnels du développement, qu'ils soient étrangers ou nationaux, sont différents de ceux de leurs clients ou de leurs bénéficiaires » » (d'Iribarne et Henry, 2015).

2.4.2. *Les sciences des artéfacts*

La plupart de nos décisions quotidiennes et de nos processus de pensée se font dans l'incertitude, qu'il s'agisse de ce que nous pensons de l'état du monde et de nos propres états subjectifs, faits d'humeurs, de ressentiments et de désirs ou non d'agir (Shafir et Tversky, 2003). Mais, c'est bien le but de la recherche scientifique de combler les écarts entre les problèmes réels ou perçus, d'une part, et les moyens de les limiter à l'aide de solutions rationnelles d'autre part. Les actions envisagées se produiront peut-être, toujours dans un état futur, non connu, donc incertain (sinon, en enfonçant le clou, ce n'est pas de la recherche !). Les risques à prendre en considération sont très variables entre des aspects simples et d'un intérêt modeste du quotidien à des décisions plus graves pouvant perturber toute la société (guerre par exemple). Ces grands enjeux auxquels nous sommes confrontés s'inscrivent dans des dynamiques complexes, rarement prises en considération dans leur ensemble par nos décideurs politiques (cf. la gestion de la crise du Covid-19). En dehors des incompétences parfois compréhensibles sur des sujets émergents, des laisser-aller, les situations sont caractérisées par des incertitudes, des ambiguïtés et par des effets à amplitudes et à temporalités variables, avec des décalages imprévisibles (Boutinet et Bréchet, 2018).

Suite aux travaux d'Adam Smith et de Frederic Taylor, les principes de division du travail, l'ingénieur a eu pour mission de mettre en place une « coopération mécanique » (Veltz, 2005). L'entreprise sait dans cet esprit, extraire, au moins en partie, par la spécialisation des laboratoires de recherche publics et des connaissances qui en sont issues, ce qu'elle a de généralisable et d'exploitable industriellement et qui donc est transférable à d'autres métiers. Dans cette forme d'organisation classique, si ce n'est ancienne, chercheur mono-disciplinaire et ingénieur se retrouvent, pour des raisons différentes relativement isolés. Leurs actions alors classiquement menées en coopération sont :

- Aspects amont : résolution de problèmes fondamentaux ayant un intérêt pour l'industrie au sens large. Les effets de distance entre recherche académique et entreprise doivent être faibles pour que des synergies se développent ;
- Recherche coopérative ou précompétitive sur un sujet intéressant les deux composantes (exemple : méthodologie). En général, l'activité est à plus court terme (quelques années), le financement est généralement industriel ;
- Recherche contractuelle : utilisation du savoir et/ou des matériels de la structure de recherche en vue d'une fin. L'effet de proximité devient notable (Godin et Gringras, 1999).

De fait, la recherche d'une expertise neutre, honnête et impartiale rejoint bien l'avis de Peirce (1984) sur la méthode scientifique ; il écrit : « Pour mettre fin à nos doutes, il faut [...] trouver une méthode grâce à laquelle nos croyances ne soient produites par rien d'humain, mais par quelque chose d'extérieur à nous [...] quelque chose qui agisse ou puisse agir sur tous les Hommes. [...] Telle est la méthode scientifique ». Par ailleurs, Roqueplo (1996) nous rappelle que : « Visiblement, les scientifiques n'ont guère l'habitude d'[...]exercer une veille sur leur domaine de compétence, de travailler au diagnostic [...]. Nous allons vers un conflit assez grave entre l'activité scientifique de diagnostic et l'activité scientifique de recherche souvent polarisée par la promotion de l'innovation et le développement technologique ». Les processus d'innovation sont ainsi vus comme le résultat d'ajustements réciproques, co-évolutifs et organiques entre l'objet de l'innovation et la société qui l'entoure, qui suivent une trajectoire non linéaire et imprévisible (Triomphe et Rajalahti, 2012).

« Homo Sapiens, Homo Faber, notre espèce a deux caractéristiques, l'une comme l'autre, fondamentales : vouloir comprendre le monde et vouloir agir sur le monde pour le transformer normalement à notre profit » (Lazar, 2014). Mais, Sigaut (2012) pose une autre question plus prosaïque : « L'action outillée est-elle véritablement le propre de l'espèce humaine ? » Sigaut (2012) suivi par une analyse de son livre par Sabban (2013) montre alors qu'il n'y a pas d'« ange Gabriel », apparu soudainement dans le ciel de la science et de la technique, ange « qui aurait pu imaginer et promouvoir une histoire mythique et disruptive de l'humanité consumériste. L'invention issue de la science n'est en fait que le continueur d'une tradition intellectuelle, celle de la technique » (Sabban, 2013) inaugurée par de nombreux ingénieurs depuis plusieurs millénaires ; elle est l'héritière, parce que tout « était sur étagère ».

La figure 7, appliquée à la relation entre sciences de l'ingénieur et utilisateurs industriels (éléments en rouge brique en retour) montre la similitude d'approche entre le traitement des sciences de l'artificiel pour l'innovation et ce qui paraît raisonnable de faire avec le cadrage du thème à explorer, la couverture scientifique et technique comme « entrées » dans la composante « design » qui organise le travail à mener, soit à partir de connaissances scientifiques de design, des recherches externes. Pour l'essentiel, des expertises heuristiques associent des partenaires de disciplines différentes, ce qui permet de proposer des solutions « satisfaisantes » (au sens de Simon, 1996). Par construction, ces travaux permettent par « réduction » de la complexité de retrouver des éléments qui simplifient les façons de comprendre et de traiter la question de l'innovation. Les propositions conclusives sont raisonnables, rationnelles, ne sont pas strictement rigoureuses, mais elles permettent d'échapper aux difficultés de la complexité ; elles sont juste (mais bien) « satisfaisantes » et opératoires.

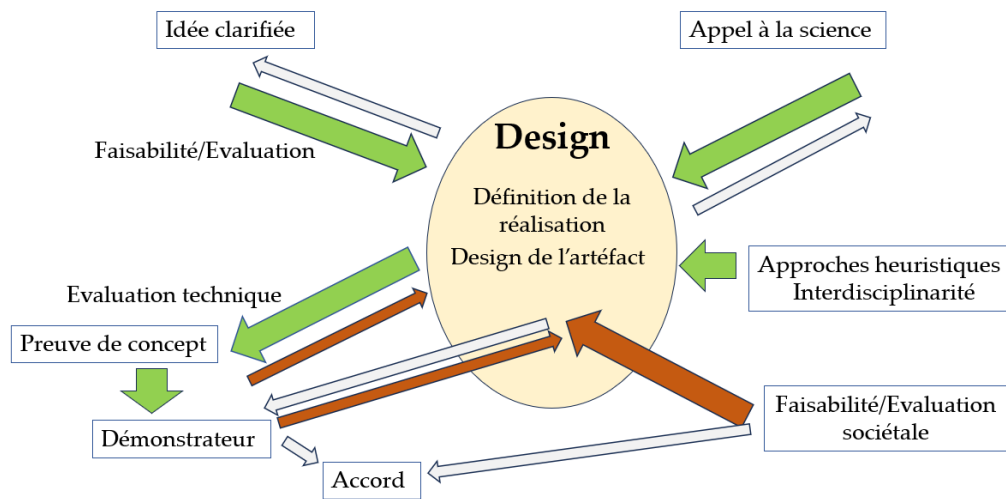


Figure 7. Le rôle central du design dans les sciences de l'artificiel.

Gregor et Hevner (2013) identifient quatre configurations : la conception routinière correspondant à des solutions connues pour des natures de problèmes connues ; l'adaptation de solutions connues à un problème nouveau ; de nouvelles solutions par incrémentation pour des problèmes connus ; enfin, l'invention de solutions répondant à des problèmes nouveaux. Par ailleurs, les « lois de la nature » concourent à la rationalité et au développement d'une opération d'invention en champ incertain, mais ne déterminent pas chez Simon (1996) les idées et leurs conceptions. Les buts applicatifs servent à motiver l'activité de conception, de fusion de savoirs (avec une augmentation d'entropie associée), ce qui peut/doit se traduire par une certaine réflexivité. Dans la conceptualisation d'une opération de conception d'un objet original, plusieurs acteurs sont « convoqués » pour permettre une innovation assignée à un traitement s'appuyant sur les sciences de l'artificiel :

- L'idée initiale reposant sur la nature et encadrée par des connaissances scientifiques et techniques en sciences de l'ingénieur ;
- Transformation de l'idée en preuve de concept (POC). Cela nécessite que l'on puisse s'appuyer sur des pratiques de design pour réaliser ce POC, ce qui peut conduire à un appel aux connaissances scientifiques « normales », voire à des demandes d'approfondissement spécifiques ;
- En interne à la composante design, l'approche par la complexité de certains phénomènes doit être traitée dans le cadre d'expertises heuristiques spécifiques (qui, de fait, limitent la robustesse des conclusions) ;
- La conception de ce qui est considéré comme un sous-système peut être réalisée dans une relative indépendance vis-à-vis des autres. Mais, il n'y a aucune raison pour qu'une telle décomposition soit unique. Hiérarchiques, seules les propriétés agrégatives des sous-systèmes sont concernées, pendant que les relations faibles sont ignorées (Séris, 2000) ;
- Des solutions « *satisfaisantes* » peuvent être proposées pour réaliser un POC qui permet d'en vérifier l'opérationnalité ;
- L'invention étant validée techniquement, une autre évaluation doit être menée pour une transformation de ce savoir technique en innovation (André, 2023) ; d'autres critères concernant la société sont à prendre en compte avec de possibles feedbacks entre un démonstrateur susceptible d'être industrialisé et le POC.

2.4.3. Le retour au collectif

Plus la différence entre ce qui est produit et ce qui est promis prend de l'ampleur, plus il est difficile d'essayer de trouver des solutions rationnelles permettant un retour à la satisfaction (même modeste) du monde scientifique, des utilisateurs ou des clients, des opérateurs dans l'industrie ou plus généralement

des citoyens : un dysfonctionnement est une exception visible par tous et le corps social attend qu'il soit corrigé par des « autorités compétentes » responsables. L'investissement dans le collectif, c'est-à-dire le petit effort non mesuré que l'on devrait faire pour corriger rapidement un dysfonctionnement ne se voit pas, ne s'inaugure pas. Il est rarement usité, car il place tous les membres d'un même groupe au même niveau, ou presque. Et puis, pour les décideurs intermédiaires, le problème peut être considéré comme provisoire : cela devrait s'arranger dans la durée (une forme d'autoréparation ?), sinon on accusera l'Etat ou la mondialisation, la non-anticipation du problème, le départ des cerveaux en Amérique du Nord, sinon il y a toujours l'Europe comme exutoire ! Cela évite également d'informer les actionnaires dans le privé ou les décideurs tous engagés sur d'autres terrains considérés naturellement comme plus importants et plus urgents que la question à traiter. L'inaction devient une option certes irrationnelle, souvent illusoire, mais simple à mettre en œuvre, ce qui renforce évidemment une spirale de déclin psychologique, technologique et organisationnel.

En interne, le système devient énergivore pour tenter de compenser des effets de désengagement devenu systémique : appel à des cabinets d'audits, changement dans les organisations, évaluation personnelle (et non collective), licenciements, déportation des fabrications à l'étranger (ce n'est pas toujours possible), démarche qualité stricte et bornée, bricolages à amélioration incrémentale, etc. Dans les secteurs privé et public, les opérateurs sont pour beaucoup conscients de ce qui se passe, mais collectivement le silence se fait, car la prise de parole devient possiblement risquée, au mieux inefficace. Quand c'est possible, il ne s'agit pas de combler le retard entre l'inaction et les demandes (ou les aspirations) légitimes de la population ou de ceux qui font, mais de tenter latéraliser les problèmes en exploitant d'autres crises d'amplitudes variées : on donne ainsi l'illusion que l'on progresse sur ce nouveau sujet, ce qui devrait permettre de faire oublier l'ancien... Cette politique peu coûteuse, du « faire semblant », sans réel repentir, a pour effet (quand ça marche) de retrouver momentanément une paix sociale où chacun peut survivre dans son environnement proximal immédiate au moins jusqu'au lendemain, mais cette fuite contribue évidemment à aggraver lentement les problèmes...

« Avec le règne de la pensée unique, il ne peut y avoir d'opposants vivants et le résultat est que l'on ne change rien ou à la marge. On peut considérer que ce mode de fonctionnement apparemment consensuel considère comme une incongruité tout ce qui peut venir troubler l'ordre existant » (Sabban, 2013). Mais, avec les sciences de l'artificiel qui libèrent partiellement l'esprit des spécialistes, tout en étant rationnelles, il est possible d'envisager des ruptures acceptables... Dans cette approche, il est judicieux de bien mettre toutes les forces en présence, explorer les fondements des opinions et des conduites, éviter la superficialité et à ne pas sélectionner les seules données pertinentes (répondant à l'objectif) de toutes les autres (Citton, 2013 ; Lagadec, 2012)... en évitant le formatage des individus... Comment éviter des formes autistiques et étudier « les points aveugles de nos discours qui pointent souvent avec justesse ceux qui subissent le progrès, ceux qui refusent certaines de ces formes, ceux qui rêvent d'autres possibles » (Pestre, 2010) ?

2.4.4. *Un rappel sur l'éthique de responsabilité*

L'étymologie du mot « responsabilité » est reliée à la notion d'engagement envers autrui (Arnoux, 2017). Cet auteur écrit : « Avec la responsabilité, la passivité devient sagesse, rendant l'individu soucieux de l'autre davantage que de lui-même. Celui-ci est donc toujours assigné par l'autre à sa responsabilité et ne peut choisir de devenir ou non responsable, la seule présence d'autrui dans le champ de sa sollicitude l'obligeant à répondre de lui, sur un plan moral ». Cet avis est complété par celui de Ricœur (1995) qui écrit : « L'adjectif responsable entraîne à sa suite une diversité de compléments : vous êtes responsable des conséquences de vos actes, mais aussi responsable des autres, dans la mesure où ils sont commis à votre charge ou à votre soin, et éventuellement bien au-delà de cette mesure. A la limite, vous êtes responsable de tout et de tous ».

Peut-on mettre en cause la responsabilité d'une personne, d'une entreprise ou d'un Etat pour cause d'imprévisibilité ? De toute évidence, aujourd'hui, on s'aperçoit que les éléments générateurs d'incertitude(s) priment de plus en plus sur ceux créateurs de visibilité et de stabilité (Lugan, 2013).

Avec un monde en mouvements imprévus, les causes sont nombreuses allant de l'oubli de stocker des masques de protections pour éviter l'exposition au Covid-19 jusqu'aux tempêtes ou aux sécheresses d'ampleurs inhabituelles, associées au réchauffement climatique, le tout avec des responsabilités très variables. L'éthique de responsabilité se veut rationnelle par rapport à une fin. Elle se caractérise par son attention à l'efficacité des moyens (McFalls, 2006). Cette éthique a un souci de pragmatisme en optimisant les moyens aux finalités ce qui conduit à prendre en considération des aspects concernant la prévision et la prédiction. En s'appuyant sur cette façon de régler des affaires de la cité, il est ainsi possible d'encourager « le pragmatisme, le compromis, une tendance à réajuster moyens et finalités selon les aléas de l'action, à redessiner les contours du but visé » (Hottois, 1996). Il peut toutefois être difficile dans des situations particulières, d'anticiper des problèmes actuels, ceux-ci faisant émerger de la contingence. Elle résiste à la prédiction, au moins en apparence, laissant croire qu'il n'y a pas de responsabilité pour l'imprévu ou l'imprévisible.

Les dirigeants supportent inégalement le poids des problèmes à régler ; mais, ils se heurtent à une somme de coercitions qui en altèrent les préventions elles-mêmes. La qualité du traitement avant d'être livré au public passe normalement par différents modes de filtrage, de règles, de rétention qui peuvent en modifier la compréhension de la teneur et la portée. Le déchiffrement des situations (coût, urgence, etc.) nécessite une appréhension éclairée de la part des décisionnaires dans leur rôle au milieu de l'Institution, en réponse aux nombreuses autres tâches, bureaucratiques et décisionnelles, qui leurs échoient. Pour rappel, un champ de recherche se traduit par une spécialisation croissante des problématiques et des questionnements. Cette situation de connaissances disciplinaires approfondies conduit à la production d'une connaissance morcelée, possiblement mutilée (balkanisation accélérée des savoirs). Ces situations se produisent quand le politique tente de s'immiscer dans l'activité scientifique ! Young (1994) a écrit « Aucune société n'a jamais progressé sans élites. L'histoire en témoigne, le problème surgit quand une société en vient à être dominée par une forme particulière d'élite qui se coupe du reste de la population, pratique l'endogamie, se fige, se calcifie et finalement empêche la société de respirer [...]. Les nouveaux « arrivés » croient volontiers avoir la morale de leur côté. Ces élites sont tellement sûres de leur bon droit qu'il n'y a pratiquement plus de frein aux avantages qu'elles s'arrogent »... Alors, tout ce qui a été écrit précédemment ne sert plus à rien !!!

3. Echantillon étudié

Dans leurs silos, les disciplines scientifiques qui participent à la compréhension d'éléments intervenant en recherche concernant un « objet » (RCO) ne sont pas menées dans un esprit de coopération particulier et c'est à la RCO de s'alimenter de leurs savoirs. Ces interfaces à prendre en considération proviennent donc d'une recherche scientifique dite fondamentale (sciences de la nature) qui classiquement se construit en définissant son objet spécifique ; ainsi la physique, la chimie, la biologie, ont des problématiques scientifiques différentes (Dubois et Brault, 2021). Mais pour le chercheur RCO, la connaissance du contexte scientifique et technologique (avec si possible un peu d'anticipation) actualisé ne peut pas être séparée de son usage. Cela conduit (comme en ingénierie selon Dubois et Brault (2021)) à la fois en RCO à une praxéologie (philosophie de l'action dans son sens méthodologique), une réflexion sur ce qu'est une aide à la prise de décision issue de la RCO et à une éthique robuste (philosophie de l'action en référence à des valeurs : l'intention d'une action bonne ou juste).

Une réflexion sur l'activité RCO doit, après s'être posé « la bonne question », inclure des domaines de la connaissance générale (avec le problème des interfaces), de la technologie, des situations économiques et sociales, de voies de promotion de la santé et de l'éthique, etc. Ces champs à statuts différents doivent contribuer à des travaux de recherche plus autonomes conduisant, à des solutions « satisfaisantes » (Simon, 1996) dans la définition des sciences de l'artificiel. Ces dernières sont situées dans un cadre qui peut être très vaste, celui des hyper-objets introduits dans un autre contexte par Timothy Morton (2013 ; 2018) et en France par Yves Citton (2016). Le chercheur doit mobiliser des compétences, mais il doit aussi intégrer l'influence des interfaces, c'est-à-dire mettre en contact « épais » des disciplines différentes (métissage, mutualisation) et des contextes différents.

Ce contexte nécessite de disposer des données, leurs précisions et leurs interprétations qui ont pour mission d'entraîner des choix acceptés par l'ensemble des parties prenantes. Après les travaux de Simon (1996), les sciences de l'artificiel exploitées avec succès en ingénierie, en invention et en innovation sont susceptibles, en empruntant le même « sentier », d'aider le chercheur RCO dans une démarche en milieu incertain où l'agnotologie peut régner (agnotologie : science de la non-connaissance). Toutefois, en raison d'une complexité non maîtrisable, ces sciences ne permettent pas d'atteindre une vérité « absolue », mais des solutions raisonnables et acceptables par Simon, ce qui impose une certaine humilité dans les conclusions des chercheurs engagés en recherche-objet. Il y a de toutes les façons une pertinence à recouper l'information avec d'autres afin de dégager des invariants pour prédire le comportement du système étudié. Si ce modèle prédictif et vérifiable est formulé de manière réfutable, nous sommes en présence d'un élément de connaissance scientifique testable. L'opérateur RCO est-il l'objet d'un habitus spécifique où il peut prendre des initiatives dans un contexte général qui évolue ou est-il amené à le subir dans sa globalité ?

3.1. Echantillon de petite taille

Si nous considérons un domaine d'investigation borné, il y a en principe possibilité de maîtriser les facteurs d'influence du système étudié (même complexe). Sur cette base, tout ce qui a été présenté permet d'aller, via les sciences des artéfacts depuis des solutions causales issues des sciences de la nature jusqu'à des approximations traitant une réalité plus complexe, et de même d'aller des avis personnels robustes à des besoins plus larges satisfaits par les apports de l'intelligence collective.

3.2. Hyper-objet

Ce que Timothy Morton (2013) appelle des « hyper-objets », ce sont des entités aux dimensions temporelles et spatiales tellement vastes qu'elles mettent en déroute les idées traditionnelles, notamment sur ce qu'est une chose, un concept, un effet, etc. Reibre (2020) présente un hyper-objet comme une entité invisible, « massivement répartie dans l'espace-temps, qu'il n'est pas possible d'appréhender visuellement au-delà de « signes indiciels » qui prouvent qu'il existe ». L'apparition d'effets des hyper-objets, liés à une stimulation quelconque, constitue une preuve de leur existence, même s'ils ne sont pas toujours de vrais hyper-objets eux-mêmes... (paradoxal cependant ; on peut considérer le changement climatique comme un hyper-objet et une tempête comme une manifestation de son existence). Pour les « attraper », il faut focaliser notre attention sur des fragments (ce que l'on observe dans la plupart des publications scientifiques déployées sur des champs ou domaines étroits). Notre représentation du monde est limitée et, par suite, nous ne disposons que d'une faible capacité de comprendre et/ou de maîtriser des phénomènes observés (ou simplement entrevus) qu'à travers de petites tranches, résultant souvent d'influences anthropiques qui font grossir leur impact... (Reibre, 2020).

Ce qui vient d'être présenté correspond à un échantillon de taille quelconque en interaction avec d'autres mondes, interactions complexes qui peuvent ne pas être considérées dans l'analyse des facteurs d'influence du seul domaine étudié avec des relations imaginables. Le(s) chercheur(s) doi(ven)t maîtriser les interdépendances entre systèmes. La taille de l'échantillon sur laquelle porte la recherche doit alors normalement dépasser celle initialement prévue un projet de recherche... Alors, il peut s'agir d'une quête « sans fin » avec un besoin de se limiter aux aspects essentiels estimés par le chercheur... (et ses évaluateurs). Il faut bien arriver à publier ! Orléan (2011) a d'ailleurs écrit à ce sujet : « Cette transformation n'est pas le produit d'une adhésion intellectuelle résultant d'une analyse rationnelle de la situation, mais bien celui d'une mise en mouvement du désir individuel par une puissance plus grande que l'individu ». Comment optimiser forme et fond d'utilité applicative avec des hyper-objets ?

Ainsi, une position scientifique raisonnable se doit de tenir compte des hypothèses effectuées pour, dans la conclusion d'un travail de recherche, considérer la robustesse/la faiblesse des propositions. Il est alors nécessaire de rappeler qu'il s'agit d'un jugement généralement provisoire, améliorable avec l'apport de données quantitatives susceptibles d'affiner un point de vue... On est loin de ce que pensent

certains chercheurs en sciences dures qui fabriquent de la vérité scientifique au km au fond de leur paradigme !

REMARQUE : Avec des domaines plus généraux qu'envisagés initialement, en dehors d'évidences, on constate que les objets, les théories, les méthodes, etc. qui doivent s'appuyer sur des faits vérifiables reposent aussi sur des formes d'idéologies (vision du monde ; progrès technologique ; paradigmes de vie). Dans un monde d'associations entre hyper-objets, plus on s'éloigne du cœur du questionnement, plus il est « facile » de présenter ces idéologies comme étant une vérité (ou, au moins, s'en rapprochant) ; on peut ainsi, si l'on n'y prend pas garde, côtoyer des producteurs de fake-news à l'origine d'un questionnement avant stabilisation de l'analyse. « Les représentations, ces savoirs, sont entre réalités et idéologies et orientent la lecture du monde [...]. La construction des savoirs n'est pas innée, mais une activité humaine, qui s'inscrit dans un contexte sociétal, social, historique, toujours singulier et qui est situé. Elle n'est pas absolue et s'oppose à la prétention d'universalité des connaissances » (Studocu, 2023).

3.3. *Entre sciences de la nature et les autres sciences*

Selon Accenture (2019), les six éléments suivants caractérisent un état d'esprit innovant :

- L'objectif : Se positionner autour et en direction de l'objectif de l'organisation ;
- Les fondements réflexifs : Une réflexion sur la « spiritualité » du travail moderne ; conformité aux aspirations des opérateurs, ne les privant pas de leur cadre naturel et social indispensables ;
- Les ressources : Disposer des outils, du temps et des incitatifs nécessaires pour innover ;
- La coopération : Pouvoir en confiance travailler avec d'autres services ou dans des équipes multifonctionnelles et souples ;
- L'autonomie : Se voir présenter un mandat clair pour le changement et disposer de la confiance nécessaire pour le mener à terme ;
- L'inspiration : Chercher l'inspiration au-delà de l'organisation ;
- L'expérimentation : Expérimenter avec de nouvelles idées rapidement et sans craindre l'échec.

Par ailleurs, quand une culture de l'égalité est en place, les personnels sont valorisés pour ce qu'ils sont et libres d'être qui ils sont... Cependant, ce type d'opération ne peut échapper à la meilleure connaissance possible des nombreux facteurs humains issus de tous les partenaires (cf. expertises heuristiques), même si cela peut être discutable. Bref, l'image de la recherche académique a encore besoin d'être améliorée, surtout quand, comme le montre la figure 8, les chercheurs et surtout les enseignants-chercheurs sont amenés à avoir des occupations multiples... (la partie centrale présentée sous forme d'un « camembert » est issue de la figure 4 auquel a été ajouté en gris clair-bleuté des représentations de l'environnement de travail des permanents du laboratoire LRGP (analysée par Horcksmans, 2016), et complétée par différentes missions).

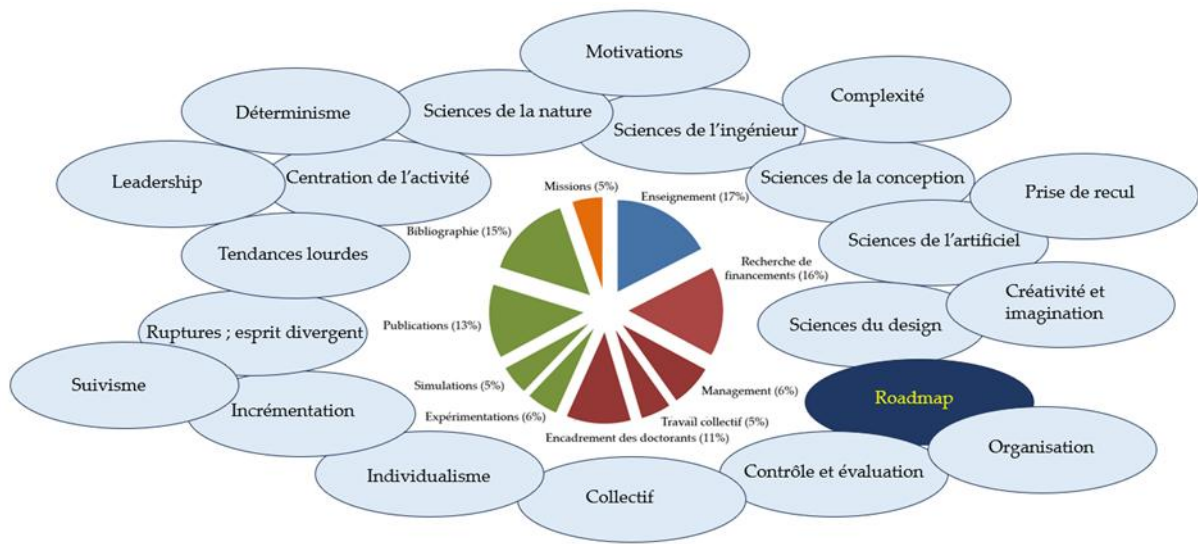


Figure 7. Représentation de l’environnement de travail associée à une répartition approchée des activités du temps de travail des permanents du laboratoire LRGP (analysée par Horcksmans, 2016), complétée par différentes missions.

Emettre une idée originale demande d’être capable de sortir des sentiers battus et d’accepter des propositions alternatives à des propositions initiales, elles-mêmes, non approfondies. L’idée, pour beaucoup, est arrivée un peu par hasard ! Comme l’explique Horenstein (2002) : « S’il n’existe qu’une seule réponse au problème, et qu’il s’agit simplement de rassembler les pièces du puzzle, alors l’activité est probablement l’analyse ». C’est ce que fait le « bricoleur » qui rassemble des éléments scientifiques et techniques pour garder une idée du tout, en exploitant sa capacité à corréliser de nombreuses idées et des informations venant de domaines différents (cf. figure 7). On peut admettre que ce bricoleur un peu savant, dispose d’une certaine culture dont des éléments d’origines variées sont organisés « jusqu’à ce que tout à coup – de manière presque surprenante – cela prenne du sens et que l’innovateur puisse dire « Eurêka » » (Millier, 2016). En revanche, pour des situations plus floues et divergentes, les caractéristiques de l’idée ne sont pas complètement déterminées et le nombre de solutions et/ou voies de solution capables de satisfaire le besoin sous-jacent peut être élevé avec de nouveaux risques d’échecs.

En effet, très vite, la transcription « matérielle » de l’idée qui pouvait au départ disposer de nombreux degrés de libertés va devenir un construit de moins en moins flexible, adaptable, modifiable, jusqu’à ce qu’il soit figé lors de la discussion de la publication du travail de recherche (phase du design) ou la réalisation physique d’une POC. Avec le flou associé, il est possible d’envisager des résultats à crédibilité validée (avec au départ une validation honnête par les auteurs eux-mêmes) correspondant à une approche exploitant les résultats et les modèles de la science. Or, le but des sciences est de servir directement ou indirectement aux progrès de l’humanité. Si les scientifiques sont capables d’alimenter les décideurs avec les résultats de leurs travaux scientifiques, il est clair que leur activité n’est pas terminée, car elle doit servir à des décisions. Elle n’a pas en effet de rôle décisionnel direct, elle aide à faire des choix rationnels où la science n’est qu’une partie prenante parmi d’autres dans le processus décisionnel, mais partie prenante quand même !

Il ne s’agit pas uniquement de définir des « sentiers » opérationnels pour relier des acquis des sciences de base avec d’autres voies utiles au développement technologique ; également, il est souhaité s’appuyer sur d’autres communautés pour aborder avec plus de sérénité ce grand challenge où il faut trouver le moins mauvais sentier dans une tectonique ou idées, déterminismes, complexité, ruptures paradigmatiques, règles, cultures, etc. s’affrontent pour un construit rationnel, attractif et profitable. Le problème de la démarcation entre science de la nature et la science de l’artificiel n’a pas, à ce jour, trouvé de solution générale satisfaisante, les deux s’appuyant sur du rationnel et ayant les sciences de l’ingénieur en interface. En remarque conclusive de cet item, ce qui vient d’être exprimé est un manque (au moins

apparent) de lien ou de voie entre une idée correspondant à un besoin et sa traduction en termes de mise en forme de la connaissance scientifique, ou encore sa traduction inverse reliant un besoin exprimé et des voies permettant de le satisfaire.

4. Paradigme ; roadmap et autres feuilles de route

La conclusion du § précédent rappelle qu'un paradigme est associé à l'épistémologie dans une représentation du monde et de son fonctionnement. C'est un ensemble de principes, de théories, de méthodes et de valeurs qui définissent une approche particulière pour comprendre et expliquer un phénomène. En science, il s'agit d'une « conception théorique dominante ayant cours à une certaine époque dans une communauté scientifique donnée » (<https://www.philomag.com/lexique/paradigme>). Le paradigme scientifique introduit par Kuhn (1983) permet une forme de réductionnisme qui est efficace en minimisant les nombres de concepts et des critères analytiques tout en garantissant la performance de son usage (jusqu'à un certain point, traduit, par exemple, par des fonctionnements individuels en silos). Dans les faits, il est le résultat d'une culture collective, plutôt académique, comme l'optique, la mécanique, etc. avec des sous domaines (comme la mécanique du solide, des fluides, etc.).

Le « road-mapping » de son côté, est le résultat du travail d'une structure (entreprise, organisation gouvernementale, etc.) qui propose un plan (une feuille de route) qui peut intégrer le marché, les besoins de clients, l'évolution des produits, et l'introduction de nouvelles technologies dès le début du parcours de développement. Selon Roadmap.fr (<https://www.roadmap.fr/>), c'est un instrument pragmatique pour la planification et la prévision de l'évolution future en termes d'objets ou d'objectifs « physiques » (par exemple, les technologies clés, les systèmes d'application et les activités commerciales d'une entreprise, etc.). Dans les faits, durant sa réalisation, il peut faire apparaître des manques dans les plans précédents ou concurrentiels. En les rendant apparents, ils peuvent être corrigés. La roadmap (ou la feuille de route) fournit un guide aux décideurs, certes réductrice, lui permettant d'agir efficacement sur des changements de direction éventuels. Dans un article récent, Bodaghi et al (2024) ont proposé une telle approche à partir de l'avis spécifique d'une quarantaine de scientifiques qui n'ont pas respecté l'aspect « top-down » d'une telle opération. Or, le domaine concerne l'impression 4D dont on sait que son traitement vis-à-vis de l'application ne respecte pas les voies paradigmatiques ordinaires (Demoly et André, 2022). On l'aura compris, le deuxième volet de ce travail concernera les relations entre inventions personnelles en impression 4D et applications industrielles, aujourd'hui absentes.

Conclusions et perspectives

Envisager des sentiers pour penser le futur implique des formes d'un génie organisationnel complexe parce que l'on a besoin de l'exploiter à partir d'idées qui peuvent rompre avec le cours des choses issues d'au moins un créatif, mais qui a besoin d'un collectif pour générer un fond culturel robuste et accepté par une communauté plus nombreuse. Telle pourrait être la conclusion principale de ce document. Alors, la démarche globale vise à pouvoir observer et questionner un présent pour déterminer les éléments conceptuels et scientifiques qui pourraient mener (guider ?) vers un futur original par l'accès à de nouvelles niches applicatives (et profitables) en exploitant des paradigmes (ou des feuilles de route) revisités. C'est la manière dont nous comprenons une politique scientifique à mener en tenant compte des différents acteurs du monde au-delà même du monde scientifique et technologique. Dans la réflexion, il s'agit de proposer des changements à opérer qui correspondent au déplacement conceptuel de l'économie permise par la technologie en général vers une nouvelle économie de la créativité tenant mieux compte des contraintes sociales, opportunistes, économiques, organisationnelles, géopolitiques, voire (et peut-être surtout) environnementales émergentes... C'est une forme de « design thinking » qui est donc à prendre en considération.

Par des changements négociés avec les parties prenantes pour une meilleure exploration de la complexité, il faudrait montrer qu'on peut faire bien, sinon mieux, peut-être avec un peu moins

d'équipements et de financements, mais autrement... dans un contexte de demande sociale et/ou socioéconomique qu'il serait avantageux d'anticiper, sinon de suivre. Le changement de paradigme inclus dans les perspectives envisagées (cf. prochains éléments de la série) s'opèrerait alors grâce à des initiatives scientifiques aujourd'hui marginales qui restent aporétiques dans un paradigme en crise (comme le montrera l'étude des travaux proposés dans Bodaghi et al (2024) sur des futurs possibles dans le développement de l'impression 4D), et qui devraient ouvrir une nouvelle ère scientifique, moins encadrée, plus porteuse de sens, appliquée aux technologies émergentes. Mobilité et agilité intellectuelles sont donc convoquées pour caractériser un état d'esprit affiché comme nouveau et porteur d'espoirs relativement à certains dogmatismes élevés parfois au rang d'éthique ! Ce commentaire devrait se traduire par la connaissance du positionnement du sujet relativement à différents moyens d'expression sur des fonctionnalités scientifiques revendiquées par les différentes sciences (naturelles, de l'ingénieur, de l'artificiel, du design, etc.). Disposant ainsi de cadres de référence, il sera possible d'examiner comment dans le cas de l'impression 4D, il y a possibilité de sortir des blocages actuels pour s'appuyer sur des formes de pensées « impures » (relativement aux sciences de la nature) qui vont autoriser des progrès technologiques (et par « ruissellement » des recherches à opérer en sciences de la nature).

Le mérite des éclaireurs ou des ouvriers ne peut se développer que si un appel d'air leur est possible, que s'il existe pour un temps, un espace d'action autonome, des supports humains et financiers pour explorer l'incertain avec de vraies prises de risque. Il n'existe donc probablement pas un seul mérite personnel ou collectif, une seule excellence, mais la diversité, l'harmonie des compétences (pas uniquement scientifiques) doit constituer la richesse du corps de la recherche, pour autant qu'on sorte des équilibres symboliques, des non-agressions, de l'opaque réalité de certaines pratiques locales et qu'on gère sereinement avec empathie les tensions entre ces tendances relevant parfois de l'injonction paradoxale pour être « lisibles », « crédibles », « motrices », bref « excellentes ». C'est cette gouvernance qui doit renforcer un imaginaire collectif pour disposer d'un espace de liberté et d'action solidaire, s'affranchissant, autant que faire se peut, d'une technocratie administrative « supérieure » qui pense piloter la recherche via des roadmaps floues ou « hors sol » laissant peu de place à l'imagination, à la pensée divergente, au détournement, bref à des initiatives crédibles pour répondre aux besoins de la société et qui continue à s'enkyster à appliquer des principes de « méritocratie » adaptés à tout et peut-être à rien... Mais, c'est peut-être le prix à payer pour continuer à entreprendre, si on sait ce qu'on est et où on veut aller (et comment). Il nous faut donc accepter l'entropie comme partenaire imposé dans les développements de la science !

Pour l'augmenter, le management de la recherche n'aidera pas à l'ouverture interdisciplinaire tant qu'il n'y aura pas une obligation impérieuse qui cassera les conventions et les habitudes conservatrices réelles de « bonnes pratiques ». Il reste plutôt timide sur des changements de gouvernance, des mobilités, des soutiens en postes et en financements dans des situations nouvelles qui pourraient être utiles... Mais, pour autant, libéral, il accepte de laisser faire. Alors, sans être aujourd'hui sûrs du résultat, ne pourrait-on pas proposer un challenge avec des scientifiques non autistes interagissant sur des thèmes *top-down* et pourquoi pas *bottom-up* pour produire de manière collective des nouveautés crédibles ? C'est ce narratif découpé en épisodes que nous vous proposons en réduisant le champ des travaux (mais en l'approfondissant) s'appuyant sur l'émergence d'une technologie d'impression 4D dont on dit qu'elle est porteuse de futur !

Mais il faudrait essayer d'éviter de faire comme Monsieur Songe qui croyait que « pour sortir d'une impasse, il faut en prendre une autre » (Pinget, 1982)...

Remerciements : Les auteurs remercient très sincèrement Marine Horckmans (2016) pour les nombreux entretiens réalisés en confiance avec de nombreux permanents du LRGP en ajoutant à la qualité des discussions avec les auteurs, Marie-Odile Simonnot, Pr, Directrice du LRGP. Ils remercient de surcroît les rapporteurs de cet article pour leurs conseils et avis très positifs.

Bibliographie

- Accenture (2019) "Culture of Equality Key Driver in Workplace Innovation - Report Finds" <https://betakit.com/culture-of-equality-key-driver-in-workplace-innovation-report-finds/>
- Anderson T.R. (2007) "Bridging the Educational Research-Teaching Practice Gap" *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35, 465-470.
- André J.C. (2018) "From Additive Manufacturing to 3D/4D Printing - Volume 1: From the first concept to the present applications; Volume 2: Improvement of the present technologies and constraints; Volume 3: Breakdown innovations: Programmable matter; 4D Printing and Bio-Printing" ISTE/Wiley Ed. - London - UK.
- André J.C. (2023) "Knowledge production modes between science and applications" ISTE/Wiley Ed. London - UK.
- Arnoux R. (2017) « Les fondements de la responsabilité » 19-40 in « Ethique de la responsabilité - Enquête philosophique au cœur des enjeux contemporains » Hermann Ed. - Paris.
- Augé M. (1992) « Non lieux, introduction à une anthropologie de la sur-modernité » Le Seuil Ed. - Paris.
- Aoussat A., Christofol H., Le Coq M. (2000) "The new product design - a transverse approach" *Journal of Engineering Design*, 11, 399-417.
- Baude O. coordonnateur (2006) « Corpus oraux, guide de bonnes pratiques » CNRS et Presses Universitaires d'Orléans Ed. - Orléans.
- Baumard P. (1999) "Tacit knowledge in organizations" Sage Ed. - London - UK.
- Berger P., Luckmann T. (1986) « La construction sociale de la réalité » Armand Colin Ed. - Paris.
- Bodaghi M., Wang L., Zhang F., Liu Y., Leng J., Xing R., Dickey M.D., Vanaei S., Elahinia M., Van Hoa S., Zhang D., Winands K., Gries T., Zaman S., Soleimanzadeh H., Palmić T.B., Slavič J., Tadesse Y., Ji Q., Zhao C., Feng L., Ahmed K., Shiblee N.I., Zeenat L., Pati F., Ionov L., Chinnakorn A., Nuansing W., Sousa A.M., Henriques J., Piedade A.P., Blasco E., Li H., Jian B., Ge Q., Demoly F., Qi H.J., André J.C., Nafea M., Fu Y.F., Rolfe B., Tao Y., Wang G., Zolfagharian A. (2024) "4D Printing Roadmap" *Smart Materials and Structures*, 33, 055023.
- Bourdieu P. (1997) « Les usages sociaux de la science » INRA Ed. - Paris.
- Bourg D., Schlegel J.L. (2001) « Parer aux risques de demain : le principe de précaution » Seuil Ed. - Paris.
- Boutinet J.P., Bréchet J.P. (2018) « Choix, décision et projet dans l'action : présence du projet dans une perspective pluridisciplinaire » *Natures Sciences Sociétés*, 26, 434-445.
- Burgess A. (2013) "1985" Serpent's Tail Ed. - London - UK.
- Cadière J. (2017) « Praxéologie et connaissances » 77-84 in « Les Recherches en travail social : des connaissances comme finalité ou comme moyen ? » Actes du Ve Séminaire d'épistémologie Session 1 du 12/03/2016 - Session 2 du 19/11/2016 - Forum 2017/4 (Numéro Hors-série) - Champ social Ed. - Paris.
- Caiazza R., Volpe T. (2015) "Innovation and its diffusion: process, actors and actions" *Technology Analysis & Strategic Management*, 29, 181-189.
- Castoriadis C. (1999) « L'institution imaginaire de la société » Point/Essai Ed. - Paris.
- Chaudet V. (2017) « Conséquences épistémologiques de la formation à la recherche sur la personne du chercheur et la posture de l'enseignant » 90-95 in « Les Recherches en travail social : des connaissances comme finalité ou comme moyen ? » Actes du Ve Séminaire d'épistémologie Session 1 du 12/03/2016 - Session 2 du 19/11/2016 - Forum 2017/4 (Numéro Hors-série) - Champ social Ed. - Paris.
- Checchi K. (de) (2021) « Liens entre croyances épistémiques et argumentation de lycéens sur des questions socio-scientifiques : quels apports pour l'éducation à l'esprit critique ? » Thèse de l'Université de Montpellier - <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03371644/document>
- Citton Y. (2013) « Pour une interprétation littéraire des controverses scientifiques » Quæ Ed. - Paris.
- Citton Y. (2016) « Accélérer notre attention collective aux hyper-objets » 205-224 in de Sutter L. Ed. « Accélération ! » PUF Ed. - Paris.
- Clarke A., Star S. L. (2008) "The Social Worlds Framework: A Theory/Methods Package" 113-137 in Hackett E.J., Amsterdamska O., Lynch M., Wajcman J. Ed. "The Handbook of Science and Technology Studies" MIT Press Ed. - Cambridge - USA.

- Cowen T. (2011) "The great stagnation: how American are all the low-hanging fruit of modern history, Got sick and will (eventually) feel better" Dutton Ed. – New-York – USA.
- CSTS - Conseil Supérieur du Travail Social (1988) « Intervention sociale d'intérêt collectif » Ministère des affaires sociales et de l'emploi - Documentation française Ed. – Paris.
- Demoly F., André, J.C. (2022) "4D Printing – Volume 1: Between disruptive research and Industrial application – Volume 2: Between Science and Technology" ISTE/Wiley Ed. – London – UK.
- Dryzek J.S. (2000) "Deliberative Democracy and Beyond: Liberals, Critics and Contestations" Oxford University Press Ed. – Oxford – UK.
- Dubois M.J.F., Brault N. (2021) « Pourquoi l'épistémologie ? » 5-15 in Dubois M.J.F., Brault N. « Manuel d'épistémologie pour l'ingénieur » Editions Matériologiques – Paris.
- Durkheim E. (1963) « Sociologie et philosophie » PUF Ed. - Paris.
- Durkheim E. (1967) « Jugements de valeur et jugements de réalité » PUF Ed. – Paris.
- Durkheim E. (1979) « Les formes élémentaires de la vie religieuse » PUF Ed. – Paris.
- Eagle K.A., Garson Jr. A.J., Beller G.A., Sennett C. (2013) "Closing the Gap between Science and Practice: The Need for Professional Leadership" Health Affairs, 22, 196-201.
- Fragnière J.P. (2016) « Qu'est-ce qu'un mémoire ? » 13-15 in Fragnière J.P. Ed. « Comment réussir un mémoire » Dunod Ed. – Paris.
- Gambier Y. (2019) « Traductologie et médias : les défis de l'interdisciplinarité » in Interdisciplinarity and Translation Studies - Syn-Thèses, 9-10, 11-24.
- Gastaldi L., Midler C. (2005) « Exploration concourante et pilotage de la recherche - une entreprise de spécialités chimiques » Revue française de gestion (Lavoisier Ed.), 31, 173-189.
- Giddens A. (1994) « Les conséquences de la modernité » L'Harmattan Ed. - Paris.
- Gigerenzer G., Gaissmaier W. (2011) "Heuristic Decision Making" Annual Review of Psychology, 62, 451-82.
- Godard O. (2007) « Est-il légitime de soumettre la connaissance scientifique au débat public » Réalités industrielles, Annales des Mines, 12-18.
- Godin B., Gringras Y. (1999) « Impact de la recherche en coopération et rôle des universités dans le système de production de connaissances » CIRST Ed. - Montréal – Canada.
- Govindarajan V. (2010) "Making Strategic Innovation Work : an interview with Vijay Govindarajan" Research-Technology Management, 53, 15-21.
- Granjou C., Peerbaye A. (2011) « Sciences et collectifs » 5-18 in « La science et ses collectifs - Terrains & travaux » 18 - ENS Paris-Saclay Ed. – Saclay.
- Gregor S., Hevner A.R. (2013) "Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact" MIS Quarterly, 37, 337-356.
- Grelley P. (2012) « La balance, le glaive et le pendule - Pour une petite histoire de la médiation » 6-9 in « Les médiations : pratiques et enjeux » Caisse nationale d'allocations familiales Ed. – Paris.
- Guillebaud J.C. (2008) « Le commencement d'un monde » Seuil Ed. - Paris.
- Haas P.M. (1992) "Epistemic Communities and International Policy Coordination" International Organization, 46, 1-35.
- Hacking J. (2001) « Entre science et réalité ; la construction sociale de quoi ? » La découverte Ed. - Paris.
- Hatchuel A., Weil B. (2002) « la théorie C-K : fondements et usage d'une théorie unifiée de la conception » Colloque « Sciences de la conception » 15-16 mars – Lyon.
- Hatchuel A., Le Masson P., Weil B. (2005) « Activité de conception, organisation de l'entreprise et innovation » - Chapitre 6 – in Minguet G., Thuderoz C. Ed. « Travail, entreprise et Société – Manuel de sociologie pour des ingénieurs et des scientifiques » PUF Ed. - Paris.
- Horckmans M. (2016) « Prospective en Génie des Procédés » PRD ENSIC-UL – Nancy.
- Horenstein, M.N. (2002) "Design concepts for engineers" Prentice Hall Ed. - Upper Saddle River – USA.
- Hottois G. (1996) « Ethique de la responsabilité et éthique de la conviction » Laval théologique et philosophique, 52, 489-498 (Actes du colloque international « Sens et Savoir » à l'occasion du cinquantième de la revue - <https://www.erudit.org/fr/revues/ltp/1996-v52-n2-ltp2155/401006ar.pdf>)

- Iribarne P. (d'), Henry A. (2015) « Rapport sur le développement dans le monde, WDR 2015, Avancées et limites » Papiers de recherche, 2015, 1-16.
- Jonckheere C. (de) (2017) « Dépasser la bifurcation de la Nature : une perspective pour la recherche, la « production » des connaissances et leurs « usages » en travail social » 44-55 in « Les Recherches en travail social : des connaissances comme finalité ou comme moyen ? » Actes du Ve Séminaire d'épistémologie Session 1 du 12/03/2016 – Session 2 du 19/11/2016 - Forum 2017/4 (Numéro Hors-série) - Champ social Ed. – Paris.
- Kaufmann J.C. (2001) « Ego : pour une sociologie de l'individu » Nathan Ed. - Paris.
- Knorr Cetina K. (1982) “Scientific Communities or Trans-epistemic Arenas of Research? A Critique of Quasi-Economic Models of Science” *Social Studies of Science*, 12, 101-130.
- Knorr Cetina K. (1999) “Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge” Harvard University Press Ed. – Cambridge -USA.
- Kuhn T. (1983) « La structure des révolutions scientifiques » Flammarion Ed. - Paris.
- Lagadec P. (2012) « Gestion de crise : nouvelle donne » 10, 50-52 in « Dossier Spécial : La gestion de crise - Méthodologies et retours d'expérience » Sécurité et stratégie - Club des Directeurs de Sécurité des Entreprises Ed. – Paris.
- Laufer R., Paradeise C. (1982) « Le prince bureaucrate » Flammarion Ed. - Paris.
- Lavelle L. (1992) « De l'acte » Aubier Ed. – Paris.
- Lazar P. (2014) « Comprendre pour comprendre, comprendre pour agir » 25-38 in Wieviorka M. Ed. « La science en question(s) » Editions Sciences Humaines – Auxerre.
- Libaert T. (2003) « La transparence en trompe l'œil » Descart & Cie Ed. - Paris.
- Liden R.C., Maslyn J.M. (1998) “Multidimensionality of Leader-Member Exchange: An Empirical Assessment Through Scale Development” *Journal of Management*, 24, 43-73.
- Lowe E.J. (2006) “The Four-Category Ontology - A Metaphysical Foundation for Natural Science” Oxford University Press Ed. – Oxford – UK.
- Lugan J.P. (2013) « Manager l'imprévisible - Faire de l'incertitude un avantage concurrentiel » Dunod Ed. – Paris.
- Mansbridge J.J., Bohman J., Chambers S., Estlund D., Føllesdal A., Fung A., Lafont C., Manin B., Luismarti J. (2011) « La place de l'intérêt particulier et le rôle du pouvoir dans la démocratie délibérative » *Raisons politiques*, 42, 47-82.
- McFalls L., Perreault J., Liorzou N., Mot A.E. (2006) « Construire le politique: contingence, causalité et connaissance dans la science politique contemporaine » Presses de l'Université Laval Ed. – Québec – Canada.
- Minguet G., Osty F. (2008) « En quête d'innovation: du projet au produit de haute technologie » Lavoisier Ed. - Paris.
- Mishima Y. (1989) « Neige de printemps » Gallimard Ed. – Paris.
- Mason S., Merga M. (2021) “Less ‘prestigious’ journals can contain more diverse research, by citing them we can shape a more just politics of citation” https://blogs.lse.ac.uk/impactofsocialsciences/2021/10/11/less-prestigious-journals-can-contain-more-diverse-research-by-citing-them-we-can-shape-a-more-just-politics-of-citation/?mc_cid=feb168606a&mc_eid=eb160fe7cc
- Millier P. (2016) « L'ingénieur, le bricoleur et l'innovateur » *Entreprendre & Innover*, 28, 48-62.
- Morton T. (2013) “Hyper-objects : Philosophy and Ecology after the End of the World” University of Minnesota Press Ed. – Minneapolis – USA.
- Morton T. (2018) « Hyperobjets : philosophie et écologie après la fin du monde » Cité du design, École supérieure d'art et de design Ed. - Collection « Culture technique / Culture design » - Saint-Etienne.
- OECD (2021) “Knowledge co-creation in the 21st century - An international experience-based policy report” <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/c067606f-en.pdf?expires=1714806545&id=id&accname=guest&checksum=9549000784E949DAE371E259E2933F18>
- Orléan A. (2011) « L'empire de la valeur ; refonder l'économie » Seuil Ed. – Paris.
- Orwell G. (1972) « 1984 » Le livre de poche Ed. – Paris.
- Pestre D. (2010) « Des sciences et des productions techniques depuis trente ans - Chronique d'une mutation » *Le débat*, 160, 115-131.
- Pompidou A. (2004) « Pour une renaissance de la culture scientifique et technique » Assises nationales de la culture scientifique et technique, *Axiales* 26-31.

- Quaintance Z. (2021) “What Are Some of Governments’ Best Innovation Practices?” <https://www.governing.com/now/what-are-some-of-governments-best-innovation-practices>
- Reibre H. (2020) « Timothy, Morton, Hyper-objets : philosophie et écologie après la fin du monde » <https://journal.dampress.org/reviews/timothy-morton-hyperobjets-philosophie-et-ecologie-apres-la-fin-du-monde>
- Rey A. (1992) « Dictionnaire historique de la langue française » Le Robert Ed. – Paris – France.
- Ricœur P. (1965) « De l’interprétation - Essai sur Freud » Seuil Ed. – Paris.
- Ricœur P. (1995) « Le concept de responsabilité. Essai d’analyse sémantique » 6-70 in « Le Juste » Esprit Ed. - Paris.
- Robertis C. (de), Orsoni M., Pascal H., Romagnan M. Ed. « L’intervention sociale d’intérêt collectif de la personne au territoire » Presses de l’EHESS Ed. - Paris.
- Rosset A. (2014) « Les systèmes de représentation du monde - Une tentative de clarification épistémologique » *Revue philosophique*, 30, 127-150.
- Sabban F. (2013) « Comment Homo devint Faber. Comment l’outil fit l’Homme » *Gradhiva*, 17, 194-207.
- Sérís J.P. (2000) « L’artificiel et la connaissance de l’artificiel » in « Philosophies de la nature » Editions de la Sorbonne – Paris.
- Shafir E., Tversky A. (2003) « Penser dans l’incertain - Raisonner et choisir de façon non conséquentialiste » 118-150 in Dupuy J.P., Livet P. Ed. – « Les limites de la rationalité. Tome 1 - Les figures du collectif » La découverte Ed. – Paris.
- Sigaut F. (2012) « Comment Homo devint Faber » CNRS Ed. – Paris.
- Simon H.A. (1996) “The Sciences of the Artificial” The MIT Press Ed. – Cambridge – USA.
- Simonnot M.O., André J.C. (2024/2025) “Industrial needs and process engineering” ISTE/Wiley Ed. – London – UK.
- Stengers I., Latour B. (2009) « Le sphinx de l’œuvre » in Souriau E. Ed. « Les différents modes d’existence » PUF Ed. – Paris.
- Stengers I., Bensaude-Vincent B. (2003) « 100 mots pour commencer à penser les sciences » Les empêcheurs de penser en rond Ed. - Paris.
- Studocu (2023) « Epistémologie Générale » <https://www.studocu.com/fr/document/universite-de-picardie-jules-verne/epistemologie/cm-epistemologie-notes-de-cours-cours-complet/9177590>
- Triomphe B., Rajalahti R. (2012) « Systèmes d’innovation : du concept à la pratique émergente » 41-62 in Coudel E., Devautour H., Soulard C.T., Faure G., Hubert B. Ed. « Apprendre à innover dans un monde incertain » Quae Ed. – Paris.
- Tubiana M. (2007) « N’oublions pas demain ; mémoires » Editions de Fallois – Paris.
- Veltz P. (2005) « L’efficacité par la coopération ouverte » 284-297 in G. Minguet et C. Thuderoz Ed. « Travail, entreprise et Société: Manuel de sociologie pour ingénieurs et scientifiques » PUF Ed. - Paris.
- Vivier J.L. (1996) «?La réforme de la conciliation et l’introduction de la médiation dans la procédure civile?» Les petites affiches du 25 novembre - <https://www.labase-lextenso.fr/petites-affiches/PA199614202>
- Vo T.H. (2017) « La démarche de conception pour la fabrication additive : choix des modes de représentation dans la phase d’analyse » Thèse de l’Université Grenoble Alpes - Grenoble.
- WDR - World Development Report (2015) “World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior” <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2015>
- Weil S. (1955) « Oppression et liberté » Gallimard Ed. - Paris.
- Weil T., Dubey A.S. (2020) « Transformer l’entreprise autour d’un projet partagé » The Conversation <https://theconversation.com/transformer-lentreprise-autour-dun-projet-partage-130887>
- Young M. (1994) “The Rise of the Meritocracy” The Library of the Congress – Washington – USA.