HAL
open science

Entreprise et recherche scientifique : enjeux d'une responsabilité conceptive collective

Pascal Le Masson, Benoit Weil

To cite this version:

Pascal Le Masson, Benoit Weil. Entreprise et recherche scientifique : enjeux d'une responsabilité conceptive collective. Entreprises, Responsabilités et Civilisations. Vers un nouveau cycle du développement durable., 2020. hal-03042507

HAL Id: hal-03042507

https://minesparis-psl.hal.science/hal-03042507v1

Submitted on 17 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Citer ce document (titre définitif différent) :
Le Masson, P., and Weil, B. (2020). “Entreprise et recherche scientifique : enjeux d’une responsabilité conceptive collective.” Entreprises, Responsabilités et Civilisations. Vers un nouveau cycle du développement durable. , K. Levillain, B. Segrestin, A. Hatchuel, et S. Vernac, eds., Presses des Mines, Paris, pp. 53-85

Chapitre 2

Histoire de l’entreprise et révolutions scientifiques : inventer des formes de liberté et de responsabilité face à l’inconnu

Pascal Le Masson, Benoit Weil Texte

Professeurs à MINES ParisTech – PSL
Chaire de théorie et méthodes de la conception innovante

Résumé

On peut difficilement faire l’histoire des entreprises sans noter ce que ces dernières doivent à la science – depuis les mathématiques et l’astronomie si nécessaires pour la navigation commerciale à la physique la plus pointue pour les semi-conducteurs contemporains. Il est moins évident, et pourtant tout aussi vrai, que les entreprises ont contribué aux avancées de la science, en fournissant les instruments, les organisations, voire les phénomènes et les questions nécessaires. Les interactions fortes entre science et entreprise sont au cœur de nos civilisations contemporaines – et il importe donc d’en comprendre la variété, la fécondité mais aussi les risques voire les limites intrinsèques. Car on est surpris de voir que si les rapports entre science et entreprise ont pu conduire à des réussites remarquables, ils prennent aussi parfois la forme d’un asservissement dramatique ou d’une déresponsabilisation mutuelle. Dans ce chapitre, on revient sur ces formes d’interdépendance. On s’interroge ensuite sur le fait que science et entreprise réclament toutes deux, face à l’inconnu, une forme de liberté (liberté du chercheur, liberté d’entreprendre) doublée d’une responsabilité limitée. La similitude est d’autant plus troublante que science et entreprise sont aussi parfois mutuellement garantes de ces libertés et de cette responsabilité limitée, ce qui pourrait être la clé des formes d’interdépendance entre science et entreprise pour explorer l’inconnu.

Introduction : science et entreprise, des puissances conceptrices interdépendantes entre responsabilité solidaire et déresponsabilisation mutuelle

Un des marqueurs d'une civilisation est sa capacité d'invention et de découverte, sa capacité à décrire, transformer, faire émerger des mondes – ce qu'on peut appeler sa puissance de conception. La science en est un des acteurs les plus reconnus – au point d'être une figure imposée de tout propos sur les civilisations. En témoigne le fait que des approches très variées examinent les formes prises par la science pour rendre compte des civilisations qu'elles ont pris pour objet - par exemple : (Souyri 2016) et la cilisation japonaise, (Burckhardt 1860) et la civilisation de la Renaissance, (Levi-Strauss 1962) et la Pensée Sauvage ou (Valery 1919) et la civilisation occidentale après la première guerre mondiale. De son côté, l'entreprise, même si elle en a été moins créditée que la science[1], a aussi pu être un acteur majeur de la puissance d'invention et de découverte. Et peut-être qu'en sous-estimant la puissance conceptrice de l'entreprise on a parfois surestimé la puissance conceptrice de la science, qui ne pouvait s'expliquer sans les béquilles de la « technologie », du « développement » ou de « l'application » - autant de notions fragiles qui masquaient l'entreprise.

Avec la science et l'entreprise apparaissent deux puissances conceptrices d'ordre civilisationnel - et ces deux puissances ne sont pas sans interaction. En effet on peut difficilement faire l'histoire des entreprises sans noter ce qu'elles doivent à la science – depuis les mathématiques et l'astronomie si nécessaires pour la navigation commerciale, jusqu'à la physique la plus pointue pour les semi-conducteurs contemporains. Il est parfois moins évident, et pourtant tout aussi vrai, que les entreprises ont contribué aux avancées de la science, en fournissant les instruments, les organisations, voire les phénomènes et les questions nécessaires aux avancées scientifiques. Une étude rapide des prix Nobel de chimie, de physiologie-médecine et de physique montre que respectivement 3%, 2% et 9% des lauréats (depuis l'origine des prix jusque 2019) étaient salariés dans une entreprise au moment où ils ont reçu leur prix et, plus finement, sur la période (1994-2013), les travaux de (Schlagberger et al. 2016) montrent que respectivement (au moins) 4%, 0% et 16% des lauréats ont mené dans une entreprise les travaux qui les conduiront au prix Nobel.

Les interactions fortes entre science et entreprise sont ainsi au cœur de nos civilisations contemporaines – et il importe donc d'en comprendre la variété, la fécondité mais aussi les risques voire les limites intrinsèques. Car si les rapports

[1] Comme le montre Armand Hatchuel dans cet ouvrage

entre science et entreprise ont pu conduire à des réussites remarquables, ils peuvent être marqués par de profondes tensions, faites de rejet mutuel et d'attentes insatiables, de dépendances avérées et de revendications d'autonomie. Entre ces deux puissances conceptrices, des crises historiques témoignent d'asservissements aux conséquences dramatiques – aussi bien celles d'une science « aux ordres de l'industrie », que celles d'une industrie égarée par les « fausses promesses de la science ».

Plus complexe encore, entre ces deux puissances conceptrices on relève de troublantes similitudes et de fortes interdépendances : on constatera que science et entreprise réclament toutes deux une forme de liberté créatrice (liberté d'entreprendre, liberté de la science) qui s'accompagne d'une forme de responsabilité limitée (responsabilité limitée de la société anonyme qui ne serait pas comptable de certaines « externalités négatives » ; responsabilité limitée du chercheur qui ne serait pas comptable des « applications » de la science) – et cette responsabilité limitée de l'un peut même parfois être « garantie » par l'autre – car l'entreprise peut ne pas être comptable des « externalités négatives » passées si la science n'a pas su en découvrir, en mesurer et en prouver l'impact, de même que la science n'est pas comptable de ses applications car l'entreprise en assume les conséquences. De sorte qu'entre science et entreprise semblent parfois s'établir des formes de déresponsabilisation mutuelle.

Ainsi Science et entreprise ont développé au cours du temps des formes de relation qui ont tout aussi bien pu renforcer que limiter leurs capacités d'invention et de découverte. Aujourd'hui certaines transformations de l'entreprise, sous la coupe d'une *corporate governance* envahissante, tout comme certaines dérives de la science, polarisée par la performance de publication, peuvent empêcher voire menacer ces deux puissances conceptrices –alors même que les « transitions » (digitales, énergétiques, climatiques…), les nouvelles menaces communes (réchauffement, pollutions, inégalités,…) et les Objectifs de Développement Durables imposent aussi de nouvelles responsabilités à la science et à l'entreprise. De sorte que le « nouveau cycle » évoqué dans le titre de ce colloque pourrait supposer l'invention de nouvelles formes de relation entre Science et Entreprise.

Il s'agit donc de poser à nouveaux frais la question des modèles de couplage entre Science et Entreprise, deux puissances conceptrices civilisationnelles. Pour y contribuer, nous voudrions aborder la question sous un angle original : la modélisation de la relation entre deux concepteurs. Cette approche, assez inhabituelle dans l'importante littérature sur les relations entre science et entreprise, est rendue possible par les progrès récents de la théorie de la conception, qui permet aujourd'hui de caractériser des fonctions génératives qui ne se limitent plus à la conception de produits industriels mais peuvent aussi

décrire les processus génératifs propres à la science. Dans un premier temps nous ferons donc un détour par la modélisation pour dégager deux éléments formels (concepts communs ou non ; connaissances échangées indépendantes ou non), éléments formels critiques pour caractériser la relation entre les deux puissances conceptrices que sont l'entreprise et la science. Dans un second temps nous verrons comment ces éléments nous permettent d'analyser quelques-unes des formes de relations qui se sont historiquement construites entre science et entreprise, en explicitant ainsi ce que peut être « la bonne distance » entre science et entreprise (et plus généralement entre deux concepteurs), cette bonne distance qui permet la « serendipity », l'heureuse découverte rendue possible par l'apport d'une connaissance extérieure inattendue. Dans une troisième partie, nous verrons comment ces modélisations permettent de revenir sur les questions de liberté et de responsabilité conjointe de l'entreprise et de la science.

Un modèle à deux concepteurs

Partis pris de modélisation

Il existe une littérature extrêmement abondante sur les relations Science – Entreprise, en science économique, en sociologie, en histoire ou gestion notamment. Ces travaux ont privilégié, selon les disciplines, des approches par les réseaux, les communautés épistémiques, les relations marchandes d'échange de connaissance ou les mécanismes de coordination en situation d'Open Innovation. Dans les modélisations qui les sous-tendent, la science tient un rôle de « producteur de connaissances scientifiques » et l'entreprise un rôle de « demandeur » (consommateur) de connaissances – voire de « non-connaissance » si on pense aux travaux récents des chercheurs en agnotologie. Pour éviter des schématisations trop simplistes, il importe d'intégrer le fait que l'entreprise produit elle aussi des connaissances et que celles-ci peuvent même être parfois « demandées » (consommées) par la science ou que ces deux acteurs ne sont pas seulement intéressés par le savoir mais aussi par l'inconnu – une dimension à la fois essentielle et peu présente dans les modélisations des rapports entre science et entreprise. C'est ce que l'approche par les raisonnements de conception permet de mieux décrire Ainsi en complémentarité avec ces travaux, notre modélisation va prendre deux partis essentiels :

a) Ne pas prendre la question au niveau institutionnel mais au niveau des raisonnements – les termes de « recherche » et « d'industrie » sont en fait assez ambigus, car, comme il a souvent été remarqué, il y a de la recherche dans l'industrie (depuis 170 ans au moins, voir l'histoire de la « recherche industrielle ») et il y a de l'industrie dans la recherche (il suffit de voir l'anneau du CERN ou le

décryptage du génome) ; nous nous demanderons plutôt ce qui distingue le raisonnement conceptif d'un chercheur scientifique, en charge d'explorer les inconnus du savoir scientifique, de celui d'un innovateur, en charge de développer de nouveaux produits ou services – ce sont ces deux acteurs, leurs raisonnements et leurs interactions, qui nous importent.

b) Ces deux acteurs ont une caractéristique commune : ils explorent l'inconnu – les inconnus de la science ou les inconnus désirés par nos sociétés en termes de produits et services ; et il s'agira précisément de rendre compte des spécificités du raisonnement dans l'inconnu. Il est devenu courant de modéliser le raisonnement du concepteur de produits et de services comme un raisonnement dans l'inconnu (Le Masson et al. 2018 ; Le Masson et al. 2013; Le Masson et al. 2017). En revanche le raisonnement du scientifique est plus souvent assimilé à la production de savoir qu'à l'exploration de l'inconnu – même si les scientifiques eux-mêmes ont parfois souligné cet enjeu dans leurs écrits (voir Poincaré (Poincaré 1908 ; Hadamard 1945) ou la célèbre lettre d'Einstein à Solovine(Einstein 1952)).

Ce double parti (modéliser les raisonnements, et modéliser les spécificités du raisonnement dans l'inconnu) devraient ainsi nous permettre de mieux comprendre les interactions concepteur scientifique et concepteur-innovateur. Ce projet est rendu possible par les avancées récentes de la théorie de la conception (Hatchuel et al. 2018), et notamment de la théorie C-K (Hatchuel and Weil 2009) qui offrent aujourd'hui des éléments essentiels pour répondre aux deux enjeux mentionnés ci-dessus : d'une part il s'agit d'une théorie du raisonnement dans l'inconnu ; et d'autre part il a été montré que cette théorie du raisonnement dans l'inconnu pouvait s'appliquer à des situations de conception très variées, qu'il s'agisse de la conception de produits et services ou de la conception de résultats scientifiques (Hatchuel et al. 2013). On a donc aujourd'hui les moyens de modéliser deux concepteurs différents, avec leurs logiques conceptives propres : leurs connaissances (évidemment différentes), mais aussi leurs « inconnus désirables » (différents ou non), leurs exigences spécifiques en matière de preuve de vérité. Certes la réalité est souvent plus nuancée, le chercheur pouvant se comporter en innovateur de produit et vice-versa. Mais c'est précisément en partant d'archétypes « purs » qu'on pourra mieux comprendre à la fois les différences de logique et leurs interactions.

On modélise ainsi deux puissances conceptives : un concepteur ayant une logique conceptive d'« innovateur de produits et services » et un concepteur ayant une logique conceptive de « chercheur scientifique ». Dans ce second cas les connaissances sont notamment scientifiques, les inconnus désirables sont liés aux inconnus scientifiques tels que des anomalies ou des conjectures, la logique de preuve est liée aux régimes de contrôle de la production de savoir. Il s'agira pour

ce concepteur de concevoir de nouvelles théories expliquant des anomalies, de nouveaux modèles, de nouvelles hypothèses, de nouvelles démonstrations pour prouver des conjectures, de nouveaux instruments scientifiques, de nouveaux protocoles, etc. Chacune de ces logiques provoquera un impact : impact scientifique pour le concepteur-chercheur ; impact industriel pour le concepteur-innovateur. Et on s'intéressera à l'interaction entre ces deux logiques : on regardera ainsi quelles connaissances sont échangées ; et aussi quels concepts sont partagés.

Quelques résultats

Sans entrer ici dans les détails de modélisation (nous renvoyons sur ce point à (Plantec et al. 2019)), soulignons quelques propriétés du modèle :

1. Propriété P1 : la possibilité de concepts différents entre les deux concepteurs.

La modélisation invite à distinguer deux situations très différentes : les deux concepteurs peuvent travailler sur un inconnu commun – et dans ce cas les formes de collaboration ont été déjà largement étudiées (voir les organisations RID, voir les méthodes KCP - voir aussi les méthodes de matching building consistant à élaborer cet inconnu commun, etc. (Gillier et al. 2010)) ; soit les deux concepteurs travaillent sur des inconnus différents – et dans ce cas les formes d'interaction sont nettement plus complexes et ont été plus rarement étudiées (on pourra se référer très utilement aux situations de type bio-inspiration (Freitas Salgueiredo and Hatchuel 2016 ; Nagel et al. 2016 ; Prabaharan et al. 2019)). On peut remarquer que la première situation va donner priorité à une forme d'impact sur l'autre : un concept commun « scientifique » conduira préférentiellement à un impact scientifique (le cas échéant, sans aucun impact industriel), un concept commun « innovation » conduira préférentiellement à un impact industriel (le cas échéant, sans aucun impact scientifique). La seconde situation, celle des concepts autonomes, peut offrir des formes de double impact, à la fois scientifique et industriel. Dans ce cas des inconnus différents, on modélisera donc des situations où un chercheur explore des concepts relatifs uniquement aux frontières du savoir scientifiques, sans souci « d'application », mais pourtant en contact avec un concepteur « innovateur », travaillant lui sans souci de succès scientifiques.

2. Propriété P2 : deux concepteurs fixés, dont l'interaction peut renforcer les fixations.

Chacun de ces concepteurs aura des capacités d'exploration limitées par les connaissances disponibles et par les fixations cognitives. Les biais cognitifs du

concepteur de produit ont souvent été énumérés : raisonnement sur les besoins à court terme, tendance à limiter la production de connaissance, etc. Le raisonnement du chercheur n'est pas exempt de biais non plus : tendance à explorer dans des voies publiables, enjeu à tenir compte des moyens d'essais disponibles, etc. Ces fixations sont autant d'obstacles aux impacts recherchés.

Il est assez évident de voir comment le rapprochement entre les deux concepteurs peut provoquer un accroissement des fixations chez l'un des acteurs : par exemple en voulant tenir compte a priori des possibilités d'applications, le chercheur risque de restreindre le champ de ses explorations. En voulant utiliser des résultats scientifiques issus d'un laboratoire de recherche, l'entrepreneur risque de restreindre ses voies d'innovation. En ce sens, des modèles de relation de type « offre / demande » vont généralement conduire à un rétrécissement des explorations chez l'un des acteurs, tout en enrichissant éventuellement l'exploration de l'autre. Il faut bien sûr rappeler que c'est parfois l'objectif recherché : un pilotage par l'industrie pourra conduire à un plus fort impact industriel (qui pourra utiliser des résultats scientifiques), mais au prix d'un impact scientifique faible pour la recherche ; et réciproquement un pilotage par la science pourra conduire à un impact scientifique fort (parce qu'il pourra utiliser les capacités de conception de l'industrie) mais au prix d'un impact industriel parfois faible (car la conception sera par exemple limitée à de très petites séries, très spécifiques).

3. Propriété P3 : l'échange de connaissances « indépendantes » amplifie la générativité de chacun des concepteurs

Dans le cadre de cette modélisation, il est aussi possible de voir comment le rapprochement entre les deux concepteurs peut provoquer une *augmentation* des capacités de générations d'alternatives. En effet la théorie de la conception indique que les capacités de conception s'étendent grâce à la maîtrise de nouvelles connaissances indépendantes, i.e. des connaissances qui ne peuvent se déduire des connaissances disponibles antérieurement (ni par déduction, ni par inférence)[2]. C'est une propriété majeure de la valeur de la connaissance en

[2] Plus précisément : dans un modèle formel de processus génératif tel que le forcing, une condition de générativité est la splitting condition, qui dit que la connaissance doit être non déterministe (A peut impliquer B ou B') et non modulaire (une nouvelle connaissance C impacte les connaissances antérieurement mobilisées) (voir (Le Masson et al. 2016)). Une connaissance peut donc augmenter le caractère splitting d'une base de connaissance si elle n'est pas modulaire (on ne peut pas ajouter cette connaissance sans impacter le processus de conception) et elle évite un déterminisme (on découvre que les A ne sont pas toujours des B mais peuvent être aussi des B'). Il y a donc indépendance au sens (fort) où la propriété A devient indépendante de B (A peut être B ou B') mais pour autant la relation n'est pas modulaire (on ne peut pas ajouter la

conception. Et cette propriété est assez contre-intuitive : en effet les modèles de valeur de la connaissance sont généralement dérivés du cadre de la théorie de la décision statistique, qui valorise les connaissances *dépendantes* ; en théorie de la décision statistique, c'est le fait que Y dépende de X qui fait que la connaissance sur X a de la valeur si l'on doit décider sur Y – et inversement : si Y ne dépend pas de X, alors les décisions sur Y ne seront pas améliorées par une connaissance sur X. La conception valorise au contraire les connaissances indépendantes car si X est indépendant des Y connus, alors X aidera d'autant plus à concevoir des Y différents des Y connus.

En pratique la science peut précisément apporter à l'innovateur des voies inattendues (nouveaux phénomènes par exemple) ; l'innovateur apporte à la science des connaissances originales voire des concepts originaux (anomalies, nouvelles données, nouveaux instruments, nouvelles capacités de traitement, etc.). Ces connaissances indépendantes peuvent avoir notamment des effets défixant, en poussant l'industriel à explorer plus largement (au-delà de ses a priori sur le 'court terme') ou, réciproquement, en poussant le chercheur à s'intéresser à des questions scientifiques qui ne sont pas (encore) des sujets publiables dans une communauté scientifique.

4. Propriété P4 : possibilité d'une relation d'alter ego concepteurs

Cela conduit en fait à dessiner *trois grands types de relation en fonction de la « distance » entre concepteurs* : soit la distance est si courte qu'une des puissances conceptrices prend le dessus et qu'il apparait alors des formes d'asservissement d'une puissance par l'autre ; soit la distance est grande et les deux puissances conceptrices n'interagissent plus ; soit enfin *il peut exister une « distance médiane » qui permet aux deux puissances conceptrices de déployer leurs concepts spécifiques, différents, tout en s'échangeant des connaissances indépendantes.*

Dans ce dernier cas, celui d'une « distance médiane », les puissances conceptrices sont autonomes mais interdépendantes, elles apparaissent comme des alter ego concepteurs : les deux acteurs partagent les mêmes ambitions conceptrices, la même revendication de liberté de conception – et en ce sens on a deux « ego » ; mais ils se reconnaissent aussi mutuellement une certaine altérité, tant du point de vue des concepts abordés que des connaissances mobilisées, et *c'est cette altérité-même qui donne sa valeur à la relation qui les lie,* car c'est elle qui permet qu'un acteur puisse apporter à l'autre une connaissance surprenante, indépendante des connaissances que ce dernier mobilisait dans ses conceptions.

---

connaissance B' sans impact sur A, les A qui ont la propriété B' sont maintenant distincts des A qui ont la propriété B).

Une rencontre entre deux concepteurs : Braque et Picasso

Illustrons cette situation avec un cas historique célèbre, un cas qui ne met pas en scène la Science et l'Entreprise mais qui n'en a pas moins valeur d'exemple de la relation entre deux alter ego concepteurs interdépendants : la relation entre Braque et Picasso dans les années 1912-1914. L'histoire de l'art a d'ailleurs tardé à identifier ce couple original – comme si entre deux artistes, deux puissances conceptrices ne pouvaient exister que deux figures : l'asservissement (un artiste pionnier et un suiveur, au sein d'une école ou d'un courant par exemple) ou l'éloignement (deux artistes créant chacun leurs courants indépendants). Comme le rappelle Grégory Carteaux dans un bel essai sur le travail collectif des artistes (Carteaux 2014), « Picasso a d'abord été considéré comme le chef de file d'une esthétique dont Braque n'était qu'un suiveur (Apollinaire, Gertrude Stein, Alfred Barr). Puis, dans les années 1970, le rôle de Braque a été réévalué. Il est apparu comme l'inventeur d'un certain nombre de procédés (papiers collés, l'insertion de lettres, l'utilisation de pochoirs et du peigne faux-bois par exemple), repris et magnifiés par Picasso (John Golding, William Rubin). Enfin, lors d'une exposition au MoMA en 1989, la comparaison in praesentia de plusieurs dizaines de tableaux a définitivement mis à un pied d'égalité l'intervention des deux artistes dans la genèse et le développement du cubisme. Les historiens de l'art William Rubin et Pierre Daix ont alors parlé d'un « dialogue » entre les deux artistes. » C'est la nature et les effets de ce dialogue qui nous intéressent :

1. *Échange de* connaissances *indépendantes.* Comme le détaille Rubin dans sa passionnante introduction au catalogue de l'exposition de 1989 (Rubin 1989), ce « dialogue » (dont on ne garde la trace que par les œuvres qui en ont été historiquement le support) repose bien sûr sur d'intenses échanges : Braque montre à Picasso des procédés que ce dernier ne connaissait pas (papiers-collés par exemple) et Picasso exploite ces nouvelles techniques « avec verve et truculence » et inspire Braque en retour.

2. *Concepts autonomes.* Mais ces échanges intenses ne conduisent pas à une homogénéisation des styles – au contraire Rubin souligne l'autonomie créative des deux artistes – chacun explorant et créant ce qui fera son style. Et si les échanges sont intenses, les œuvres témoignent toutefois de styles propres voire de l'affirmation de styles plus individués. C'est là un effet intéressant de cet échange entre puissances conceptrices : cette logique des alter ego concepteurs renforce en fait la singularité de chacun.

3. Enfin ces puissances conceptrices contribuent à l'émergence d'un nouveau courant artistique (le cubisme dit synthétique) qui constituera *un nouveau monde commun que chacun explore à sa façon*.

Cet exemple célèbre (mais probablement pas unique) souligne les deux effets majeurs de ce type de relation entre deux puissances conceptrices : d'une part, elle conduit à renforcer la puissance conceptrice singulière de chacun – une science plus scientifique ; une entreprise plus créative. D'autre part elle permet aussi l'émergence d'espaces d'exploration qui, sans être strictement communs, n'en reste pas moins partagés et sur lesquels apparaissent alors des formes de responsabilités partagées et de solidarité face à l'inconnu.

Une illustration de recherche à double impact

Complétons avec une seconde illustration, mettant en scène la recherche scientifique et l'entreprise. En 2007 Albert Fert reçoit le prix Nobel de physique pour sa découverte de la magnéto-résistance géante (GMR), un phénomène qui va être mobilisé pour le développement de nombreuses technologies et de nombreux produits, et notamment la possibilité de multiplier de deux ordres de grandeur les capacités de stockage des disques durs. C'est donc un cas étonnant de rencontre entre la puissance conceptrice de la science et la puissance conceptrice de l'industrie. En scène, deux (collectifs de) concepteurs :

- D'un côté, les physiciens explorent un nouveau domaine, la spintronique, relevant de raisonnements de conception expansifs : « L'électronique habituelle, pour créer des courants électriques, déplace les électrons en agissant sur leur charge électrique. La spintronique, au contraire, contrôle le mouvement des électrons en agissant sur leur spin » comme l'écrit Albert Fert (Fert 2005). Les travaux ultérieurs vont enrichir les variables permettant d'agir avec l'électron, donnant lieu aux développements de domaines scientifiques entiers (orbitronics, skyrmionics,…). Mais dès l'origine, depuis les années 1970, Albert Fert explore ce concept original. Et il le fait alors même que, notamment dans les années 1980, la communauté scientifique de la physique de la matière condensée favorise plutôt la recherche sur la supraconductivité à haute température.
- De l'autre côté, les entreprises sont aussi conceptrices. Ainsi, dans les années 1980 le laboratoire central de recherche (LCR) de Thomson, dirigé par Alain Friederich explore et développe de nouvelles technologies autour de l'epitaxie à jet moléculaire pour le développement de semiconducteurs pour l'industrie de la Défense. Et dans les années 90-2000, il faudra des entreprises très innovantes pour mobiliser la GMR pour le développement de têtes de lecture pour du stockage de données de très haute densité. Et ces mêmes entreprises vont régulièrement

explorer de nouveaux concepts de produits, améliorant la qualité des enregistrements, les rendant insensibles à des perturbations extérieures, diminuant leur consommation énergétique etc.

Entre ces deux concepteurs, l'interaction est régulière. Ainsi Alain Friederich a passé sa thèse sous la direction d'Albert Fert. Ils échangent régulièrement, envisagent des expériences scientifiques originales qui pourraient être utiles à l'un (la science) comme à l'autre (l'entreprise). C'est lors d'une de ces discussions, lors d'un congrès à San Diego, qu'est monté le projet d'une expérience qui utilise l'épitaxie par jet moléculaire pour élaborer un dispositif de spintronique permettant de tester certaines hypothèses émises par Albert Fert dans sa thèse soutenue plus de 15 ans plus tôt et jusqu'ici non testable empiriquement faute de technologies assez précises. De cette rencontre naît la première expérience de spintronique qui met au jour le phénomène de magnéto-résistance géante. On voit comment l'industrie apporte à une science conceptrice une connaissance que cette science n'avait pas (l'épitaxie par jet moléculaire), et rend ainsi possible une découverte scientifique.

A la suite de ce premier travail, les relations se structurent en un laboratoire mixte entre le CNRS et l'entreprise Thomson (qui deviendra Thales). Et dans ce cadre, les interactions s'intensifient sans qu'un des concepteurs asservisse l'autre. Ainsi les concepteurs industriels vont intégrer la nouvelle connaissance sur la GMR pour développer des produits. La liste est d'ailleurs assez longue des entreprises qui vont explorer le sujet : Thomson s'y essaye en premier mais les travaux lancés par Thierry Vallet, l'innovateur qui commence à trouver des applications dans les mémoires, ne trouvent plus de financement quand est créé Thomson Multi-média qui peine alors à survivre. Siemens automotive va développer des applications pour l'automobile, mais elles resteront d'assez faible envergure ; Philips veut utiliser la technologie pour des cassettes vidéo de nouvelle génération mais c'est sans compter sur le développement du tout nouveau DVD ; une start up grenobloise développe des technologies mais elle fait faillite lorsque ses clients asiatiques sont pris dans la tourmente de la crise asiatiques des années 1990. C'est finalement IBM qui développera le premier un produit industriel de masse utilisant la GMR. Pour tous ces industriels, la GMR est apparue comme une connaissance originale, qui était indépendante des connaissances dont ils disposaient déjà et qu'ils avaient mobilisé dans leurs développements ultérieurs, et qui rendait possible des conceptions nouvelles.

On voit la science conceptrice (spintronique) intégrer les connaissances indépendantes apportées par l'industrie (épitaxie par jet moléculaire) ; on voit l'industrie conceptrice (Thomson, Siemense, Philips, start up, IBM…) intégrer les connaissances indépendantes apportées par la science (GMR). On pourrait certes parler de serendipity, cette rencontre « aléatoire » de connaissances

nouvelles – mais alors c'est une serendipity qui n'est pas due au hasard mais qui est organisée. Non pas organisée au sens où on aurait planifié à l'avance les connaissances mais organisée précisément au sens où, même si on ne savait pas à l'avance ce que seraient les connaissances échangées, les conditions de la rencontre favorable étaient en place : des concepteurs innovants, explorant chacun leur domaine propre sans s'asservir mutuellement, mais s'échangeant régulièrement des savoirs nouveaux. Et il est d'ailleurs intéressant de constater qu'une fois les conditions réunies, le processus peut se développer sur la longue période. Car au-delà du prix Nobel, ce sont des générations de chercheurs qui se sont épanouis et ont multiplié les conquêtes scientifiques au sein du laboratoire mixte, bientôt en lien avec de très nombreuses entreprises. Et de très nombreuses entreprises ont continué d'explorer les technologies rendues possibles par la spintronique.

Cette illustration donne à voir les formes que peut prendre la relation entre deux concepteurs. Elle suggère aussi que les formes de relations ne sont pas seulement interindividuelles et qu'ont été inventées au fil du temps des formes institutionnelles originales pour amplifier les formes de relations entre les scientifiques et les entreprises.

L'invention historiques de formes de relations entre science et entreprises

Ayant ainsi construit un cadre d'analyse sur la théorie de la conception et son application aux situations « à deux concepteurs », voyons comment il permet d'étudier l'émergence des formes historiques de relations entre science et entreprise.

La relation science – entreprise avant l'invention de la grande entreprise

La science se développe avant l'invention de la grande entreprise à R&D. Dans les académies antiques, dans les universités naissantes (Bologne 1088, Paris 1150, Oxford 1166,…), se construit un rapport intense au connu et aussi à l'inconnu, un rapport au patrimoine des connaissances passées considéré comme un moyen pour explorer les frontières du connu. Protégée par son statut de corporation (Universitas Magistratum et scolarium, l'« ensemble de maîtres et d'étudiants ») et la multiplicité de ses tutelles (l'université parisienne saura longtemps jouer des rapports complexes entre l'Eglise de Rome, le roi de France, les autorités municipales et l'épiscopat parisien), l'université permet une forme d'autonomie intellectuelle et favorise des explorations originales.

Dès la Renaissance, comme l'ont souligné des auteurs comme David Cosandey (Cosandey 2007), des liens étroits s'établissent entre science et entreprises commerciales. La science bénéficie du soutien des marchands et vice-versa. A titre d'exemple, les marchands vénitiens soutiendront Galilée dont la lunette permet de repérer les navires ennemis et, surtout, les navires de commerce plusieurs heures avant leur arrivée au port, rendant possibles les plus folles spéculations sur le Rialto. Ils lui doublent son salaire et lui offrent un emploi à vie à l'université de Padoue. Plus généralement, les travaux de la science font écho aux questions des marchands : la science travaille sur le temps des marchands (horloge, calendriers,…), sur l'espace des marchands (cartographie,….), les mathématiques des marchands (Léonard de Pise, dit Fibonacci, est fils de marchands et écrit un traité de l'abaque qui fera référence pour la comptabilité et la trigonométrie), l'astronomie des marchands (pour la navigation) ou la physique des marchands (poids et mesure). Ces derniers portent à la science un intérêt personnel, ils la financent, leurs enfants la font (Galilée, Kepler, Pacioli, Copernic, Fibonacci sont fils de marchands), ils favorisent largement sa diffusion par leurs écrits et leurs voyages. Rappelons que c'est dans une grande ville de marchands, Amsterdam, que se développera une édition scientifique dynamique et indépendante – c'est l'éditeur Elzevir (orthographié aujourd'hui Elsevier) qui publiera et diffusera les écrits de Galilée interdits par l'Eglise. Enfin, selon Cosandey, la science bénéficie de la souplesse conceptuelle des marchands, qui se montrent prêts à revisiter les concepts fondamentaux de l'univers. Les marchands constituent un milieu lui-même concepteur, qui apporte ses propres conceptions, qui peut laisser libre voire supporter d'autres concepteurs (scientifiques mais aussi artistes) et qui partage avec eux des moyens communs (transport, correspondance, imprimerie….) qui favorisent la diffusion et la circulation des connaissances.

On voit là comment deux puissances conceptrices se complètent, n'explorent pas les mêmes concepts mais interagissent, et s'échangent des savoirs qui n'étaient pas accessibles à l'une sans l'autre. Cosandey mentionne aussi quelques cas de relations plus stériles entre la science et ses mécènes : Cosme et Laurent de Medicis entretiennent à Florence entre 1460 et 1500 les travaux de Ficin, Poitien et Pic de la Mirandole qui ne déboucheront que sur des « spéculations philosophiques creuses » ; Léopold de Medicis, passionné de sciences, supporte, dans son Académie de l'Expérience (1657-1667), des travaux sur la barométrie et l'hygrométrie sans résultats. Cosandey indique que ce modèle de mécénat manque de continuité (il est rare et s'interrompt à la mort du mécène) et qu'il conduit à des relations de cours dommageables pour l'indépendance du scientifique. On constatera que dans ce cas seule la science est conceptrice, le mécène manque de puissance d'exploration et n'apporte pas à la science ces connaissances surprenantes qui font la valeur de l'échange intellectuel.

La relation science-entreprise à l'heure de la grande entreprise à R&D

Fin XIXème, début XXème nait la grande entreprise à R&D (Segrestin and Hatchuel 2012) avec ses bureaux d'études (voir à ce sujet le numéro spécial d'entreprise et histoire coordonné par Gabriel Galvez-Behar (Galvez-Behar 2010)) et ses laboratoires de recherche industrielle. La puissance conceptrice de l'entreprise s'accroit prodigieusement.

Comme nous avons pu le montrer dans un précédent article (Le Masson and Weil 2016), un modèle de *recherche résolutoire* tend à s'imposer : l'entreprise mobilise les chercheurs pour leur capacité à produire la connaissance de façon rigoureuse et contrôlée sur des concepts que l'entreprise a elle-même définis – contrôle qualité sur les achats ou sur la production par exemple, meilleure modélisation des phénomènes à maîtriser pour le développement de produits, etc. L'entreprise à R&D prise la rigueur méthodologique de la science dont elle oriente les questions et les programmes. En 1950 l'ancien directeur de la recherche de Kodak écrit ainsi dans la seconde édition de son ouvrage de référence « Organization of Industrial Scientific Research » : « there is always a temptation to stray from the field covered by the laboratory. The men working in such a laboratory will […] have original ideas of considerable value which they will naturally wish to test experimentally but which have no direct relation to the general work of the laboratory. As a rule, it is necessary to resist this tendency » (Mees and Leermakers 1950). Et si la science contribue parfois à de remarquables innovations, c'est précisément lorsque le pilotage conceptif de l'entreprise elle-même est particulièrement fin et rigoureux – en témoigne le fait que la « découverte » du nylon, dont on crédite hâtivement le laboratoire de recherche central de Dupont de Nemours, a été très largement le résultat des raisonnements et des actions organisées par Bolton, qui joue le rôle de directeur de l'innovation dans l'entreprise.

Se met ainsi en place un modèle dans lequel un des concepteurs, la grande entreprise à R&D, impose ses concepts à l'autre, la science – la puissance conceptrice de l'entreprise s'accroit ; mais la puissance conceptrice de la science s'exerce sur les questions qu'on lui pose. Pour Valéry, décrivant en 1897 la puissance allemande, c'est une science « pressée, sans critique générale, sans théories nouvelles, fertile en brevets d'inventions. […] Des instruments merveilleux multiplient le rendement ; des laboratoires plus spéciaux les uns que les autres, des bibliographies infinies, des enseignements de omni re scibili, des hommes oubliés pour toute leur vie dans la profondeur de questions imperceptibles constituent une science nationale, tout à fait solidaire avec le pays qui les alimente généreusement ». (Valéry 1957)

Pour autant la montée de la puissance conceptrice de la grande entreprise à R&D va aussi permettre le développement de formes originales de synergie avec une science *qui reste autonome et conceptrice*. Car c'est aussi à cette période que Planck écoute Siemens et commence à travailler sur la mesure de l'intensité lumineuse qui conduira à sa découverte de la mécanique quantique (Nobel 1918). Charles Edouard Guillaume collabore avec l'entreprise d'Henry Fayol pour développe des alliages indilatables capables de servir d'étalon de mesure – et il sera couronné du prix Nobel (1920). De nombreux travaux ont souligné comment Pasteur a préservé des visées scientifiques tout en collaborant intensément avec l'industrie (voir par exemple la récente publication (Galvez-Béhar 2018), qui met en évidence les stratégies de Pasteur pour tenir sur l'étroite ligne de crête entre science hors de l'entreprise et science au service de l'entreprise, une étroitesse imposée par les débats socio-politiques de l'époque).

Symétriquement les entreprises, du moins certaines d'entre elles, cherchent à dépasser les limites du modèle de « recherche résolutoire » et à mieux tirer parti de la recherche fondamentale. Une *recherche conceptive* se développe : elle tente d'organiser une recherche qui soit exploratrice et utile à l'entreprise sans pourtant être trop dirigée par elle. Nous avons décrit ailleurs cette recherche conceptive développée et mise en œuvre par Chevenard à Fourchambault Commentry sous la direction d'Heny Fayol (Le Masson and Weil 2016). Il est intéressant de retrouver des traits similaires dans la façon dont Peychès décrit le laboratoire central de recherche de Saint Gobain en 1951 (laboratoire qu'il a créé et qu'il dirige en tant que directeur de la recherche du groupe) : pour Peyches, la recherche fondamentale est « une aventure », elle ne doit pas pas être « planifiée », ni « orientée vers un sens d'actualité » mais elle est « de longue haleine », elle doit juste « "s'inscrire dans la ligne de force suivant laquelle progresse la firme » et le rôle du directeur de la recherche est de « protéger le chercheur contre ceux qui voudraient le diriger et aussi de glaner au fur et à mesure du défrichage des idées d'applications » - on est surpris de voir comment Peychès tente précisément de répondre à l'injonction subtile d'un modèle « à deux concepteurs » : préserver une capacité d'exploration scientifique autonome tout en permettant qu'elle soit en interaction avec l'entreprise de façon à assurer l'échange de connaissances et de ressources. On retrouve des phrases quasi identiques sous la plume de Whitney, le directeur du tout jeune laboratoire de recherche central de General Electric fin 19ème – début 20ème siècle. Whitney explique comment il « dirigeait » ses chercheurs, sans jamais prescrire leurs travaux. Certains, tel Irwin Langmuir, obtiendront le prix Nobel pour des travaux de science fondamentale construits sur des objets techniques (Langmuir aura le prix Nobel pour ses travaux sur les plasmas, réalisés en analysant les phénomènes de noircissement des ampoules à incandescence à filament de tungstène, récemment inventées).

Dans ce contact entre science et entreprise on retrouve donc les figures annoncées : un contact si proche que l'un des concepteurs « asservit » l'autre (l'entreprise « prescrit » les questions de recherche scientifique) ; ou le respect d'une « bonne distance » permettant l'échange de connaissances indépendantes assurant l'originalité des travaux de chacun (et dans ce cas le chercheur peut s'inspirer des évolutions industrielles pour élaborer des explorations ambitieuses).

Cette rencontre entre la science et la (grande) entreprise de la deuxième moitié du 19ème siècle provoque aussi des tensions et des répulsions au sein de la communauté scientifique, comme le montrent les travaux historiographiques, déjà anciens pour la France (Eidelman 1986), plus récents pour les Etats-Unis (Lucier 2009, 2012). Comme l'indique Lucier, aux Etats-Unis, fin XIXème siècle, se construisent et se diffusent les notions de « professionals » de la recherche (qui sont susceptibles de faire une recherche en lien avec l'industrie) ou de « scientists » (qui se veulent « purs » de toutes visées mercantiles), des notions qui cherchent à cerner les formes de relations possibles que la science peut entretenir avec l'industrie[3]. A la lecture de ces travaux, il apparaît que pour les premiers un financement industriel direct n'entache pas (systématiquement) la rigueur du raisonnement scientifique – de sorte que l'impact commercial possible (et ses bénéfices pour le chercheur) ne saurait (à eux seuls) disqualifier la science. Les autres rappellent l'importance d'une science désintéressée, conservant un objectif de « knowledge of the material world » (voir p. 726), ayant « the duty of investigating the principles and laws of the material universe » (p. 727) (selon les termes de Benjamin Apthorp Gould en 1869). Le « scientist » se doit de poursuivre la « science pure », selon les termes d'Henry Rowland (premier

[3] Les travaux de Lucier, dans une perspective foucaldienne, s'efforcent de replacer ces termes dans le contexte de l'époque et critiquent assez vigoureusement les interprétations (qu'on pourrait qualifier d'anachroniques) qui en ont été faites par les historiens par la suite. Ainsi Lucier explique qu'utiliser la notion de « professional scientist » pour décrire les scientifiques de la fin du 19ème siècle relève d'une forme de contradiction et que parler trop hâtivement d'une « professionalisation » de la science néglige les débats majeurs de l'époque liés à la question de l'éthique professionnelle du chercheur – débats qui seront justement tranchés au profit d'une position refusant d'indexer l'éthique du chercheur sur la nature du financement reçu – autrement dit : une recherche financée par l'industrie peut donner lieu à de la bonne science. Voir à ce sujet le compte-rendu de la controverse Silliman-Whitney et de ses interprétations historiographiques (pp. 721-724) (Lucier 2009) : Silliman, payé par les grandes compagnies, est accusé par Whitney, géologiste de l'état de Californie, d'avoir falsifié des rapports de prospection pétrolière en Californie du Sud. L'affaire est conduite devant la National Academy of Science (en 1873, alors qu'aucun pétrole n'a été trouvé) où Whitney réclame l'exclusion de Silliman. Silliman se défend en indiquant que ses travaux sont scientifiquement rigoureux et cohérents avec ceux d'autres géologistes, indépendamment des financements perçus. En 1874, la National Academy of Science décidera de ne pas exclure Silliman, refusant d'édicter des règles encadrant les relations entre un « professionnel » de la science et ses « clients » (plusieurs années plus tard, du pétrole sera effectivement découvert en Californie du Sud près de Los Angeles).

professeur de physique de la nouvellement créée université John Hopkins) dans sa célèbre conférence de 1883 « a plea for pure science » devant la section de Physique de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS). En termes institutionnels, pour Rowland, la science « pure » suppose des professeurs libérés des contraintes matérielles et des contraintes d'enseignement, des conditions qui ne peuvent se trouver selon lui que dans des universités qui, telles John Hopkins, ont un endowment supérieur à 1 million de dollar – et Lucier de souligner d'ailleurs malicieusement que cet endowment est financé par les bienfaiteurs industriels. Jacqueline Eidelman avait déjà mis en évidence de tels débats dans la France de l'entre-deux-guerre, entre Henri Le Châtelier, tenant d'une science industrielle et Jacques Périn défenseur d'une science pure et fondateur du futur CNRS (Eidelman 1986).

Dans le cas français comme dans le cas américain, ces tensions au sein de la communauté scientifique ont deux conséquences : 1- on constate la stabilisation d'une notion partagée : la méthode scientifique est finalement la garantie de la qualité de la recherche, elle prime sur la nature des financements ; 2-on constate aussi un non-dit tout aussi partagé : on ne discute pas de l'agenda des questions de recherche – la nature des questions, leur « qualité », leur éventuelle variété voire leur originalité ou, au contraire, leur trop grande similitude voire leur conservatisme ne constituent pas un sujet de débat. Les questions de recherche relèvent de la *curiosité* du chercheur – ou de la demande d'un industriel. A-t-on même besoin de formuler des questions ? Pour beaucoup de scientifiques de l'époque, pour Périn comme pour Le Châtelier, la découverte peut être inopinée, elle est rendue possible par la rigueur de l'application de la méthode scientifique (voir par exemple (Le Châtelier 1918, 1936), (Letté 1998)).

Le développement de la « science de masse » et des écosystèmes à forte intensité de création de connaissance (dans l'après-guerre)

Pour la relation science-industrie, on peut dire que l'après-guerre s'ouvre avec le rapport Vanevar Bush (Bush 1945), qui lance au moins symboliquement le développement de formes nouvelles. La guerre a été l'occasion de découvrir et de déployer des puissances conceptrices mêlant de façon inédite la science et l'entreprise (Lenfle et al. 2016). Pour Vanevar Bush, qui a été au cœur de ces processus notamment en étant l'un des principaux protagonistes du projet Manhattan, il s'agit de leur donner une forme plus stable en apportant un soutien public (fédéral) à la recherche universitaire. « Science the new frontier » se comprend bien sûr comme un appel au peuple américain à passer de conquêtes territoriales à des conquêtes scientifiques mais la métaphore joue aussi un rôle institutionnel car, dans le droit américain, la gestion de la « frontière » est

précisément l'une des prérogatives fondamentales de l'état fédéral. S'inventent dès lors des formes nouvelles d'organisation de la recherche hors de l'entreprise – en France cela donnera lieu à la création du CNRS, mais aussi de l'INRA, du CEA, de l'ONERA, de l'IRSID et des centres de recherche de l'Ecole des Mines- – ou de la Fraunhofer Gesellschaft en Allemagne. La science se voit dotée de nouveaux dispositifs institutionnels organisant une « recherche de masse », susceptibles de renforcer sa puissance conceptrice.

L'amplification de la « puissance conceptrice » de la science illustre aussi les effets prédits dans le modèle « à deux concepteurs » : les nouvelles institutions porteuses de la « puissance conceptrice du chercheur scientifique » vont parfois s'isoler de l'entreprise, donnant lieu alors aux critiques d'une science « dans sa tour d'ivoire » ; on verra aussi des cas de distance très courte, conduisant soit un « asservissement » des nouvelles institutions aux logiques conceptrices de l'entreprise soit, aussi, à une forme d'asservissement de l'entreprise à une logique « applicative ». Cela conduira à construire l'épouvantail tant critiqué du « modèle linéaire », dans lequel la science 'déterminerait' le développement des applications ultérieures.

Ainsi, comme en écho au développement de la « grande entreprise à R&D » fin 19ème – début 20ème, s'inventent de nouvelles façons d'articuler la conception scientifique et la conception de produits et de techniques innovantes. On trouve d'ailleurs des traces indiquant que ces évolutions institutionnelles n'étaient pas indépendantes les unes des autres. A ce titre, il est intéressant de consulter, dans les mémoires de la société des ingénieurs civils, les actes d'une série de conférences ayant réuni en 1951 quelques-uns des dirigeants les plus influents des institutions de recherche françaises de l'époque. Ils dressent un tableau vivant des initiatives françaises mais aussi américaines, observées lors des missions auxquels les auteurs ont pu participer (Braconnier and Lierman 1951; Chaudron 1951; Chevenard 1951a, b; Dupouy 1951; Malcor 1951; Perrin 1951; Peychès 1951) : Braconnier est directeur de l'INRA, Chaudron est universitaire et directeur du laboratoire de traitements chimiques du CNRS, Chevenard est ancien directeur de la recherche de Fayol à Fourchambault Commentry et président de la société des ingénieurs civils de France (c'est lui qui fait l'introduction au 'cycle de conférences sur la recherche'), Dupouy est directeur du CNRS, Malcor est à l'IRSID, Peyches est directeur du laboratoire central de recherche de Saint-Gobain nouvellement créé. Même si les positions sont différentes, il en ressort avec une grande unanimité la nécessité de penser des formes nouvelles d'organisation de la recherche aussi bien dans les institutions nouvellement créées que dans les entreprises elles-mêmes, et de coordonner ces différents efforts. Comme s'il s'agissait de penser et organiser la « bonne distance » entre le concepteur de science et le concepteur innovateur de produits.

Comment l'entreprise et la science se stimulent et s'entravent

De cette rapide fresque historique se dégage donc une grande variété de modèles articulant science et industrie. On peut garder en mémoire les points suivants :

1. On a pu voir plusieurs exemples de cas où *l'entreprise stimule la science*. L'entreprise soutient la science parfois simplement par ses ressources financières (mais on a pu évoquer les risques associés) – mais aussi : elle la stimule en lui posant des questions hors des modes académiques (voir Planck, Langmuir, etc.). Elle apporte des méthodes spécifiques : division du travail de recherche inspirée du taylorisme pour l'organisation des laboratoires ; mais aussi méthodes statistiques : on se rappellera que le test de Student a été développé par pour pouvoir traiter un problème de qualité de brassage de la bière avec un échantillon de taille très modeste (le test de Student est typique des problèmes statistiques de petit échantillon). L'entreprise donne accès à des phénomènes nouveaux : les ampoules de Langmuir mais aussi les observations géologiques, des séries de données de grande taille, etc. L'entreprise apporte aussi des instruments et des techniques pour analyser, mesurer, fabriquer des échantillons. On se rappelle aussi que l'entreprise, depuis longtemps, contribue à la circulation des savoirs scientifiques (ne serait-ce que par ses moyens de communications des individus et des écrits mais aussi en étant elle-même utilisatrice diffusante de ces savoirs, voire en poussant à leur diffusion sans les systèmes de formation de ses futurs cadres et employés : écoles, universités, etc.).

   De sorte qu'on pourrait constater que la science n'est peut-être pas « naturellement » autonome et que, paradoxalement peut-être, l'entreprise a pu et peut encore lui offrir un milieu favorable à son développement voire à son autonomie.

2. On comprend aussi comment, dans certains modèles d'interaction science / entreprise, *l'entreprise peut entraver la science* : elle monopolise la compétence sur certains champs (ce qui se produit actuellement dans le domaine de l'IA), elle impose ses questions, elle peut imposer aussi ses (mauvaises) méthodes, imposer les phénomènes à étudier, imposer ou empêcher certains instruments, voire empêcher l'accès à certaines connaissances voire empêcher l'accès à la connaissance scientifique elle-même (on pense ici à l'inversion surprenante qui fait que des pans entiers de connaissances autrefois difficiles d'accès sont maintenant disponibles alors qu'inversement c'est la connaissance scientifique qui est aujourd'hui

payante sur internet) ou biaise sa diffusion en valorisant massivement certains résultats au détriment d'autres.

3. Ces deux formes, entrave et stimulation, correspondent en fait à des modèles d'interaction dont la liste s'est progressivement enrichie au cours du temps. On peut en donner une synthèse ci-dessous.

	Deux concepteurs interdépendants en symbiose	Concepteurs séparés, ou un concepteur »asservit » l'autre
Commerce et science à la Renaissance	Galilée et Venise – science et commerce explorent l'inconnu et partagent des ressources communes (canaux de communication, édition, instruments…)	Séparation : mécénat fragile
Emergence de la grande entreprise à R&D et recherche industrielle	Développement de formes de recherche conceptive ; des scientifiques fondamentaux tirent parti du contact avec l'industrie (Pasteur, Max Planch, Guillaume, Langmuir….)	Asservissemnet : recherche industrielle « résolutoire », pilotée par la grande entreprise. Les concepts de l'industrie s'imposent à la science Séparation : science « pure »
Science de masse, écosystèmes à forte intensité de création de connaissances	Bell Labs, Fraunhofer, Ecole des Mines… Des organisations établissant une synergie entre impact industriel et impact scientifique.	« science, endless frontier », modèle linéaire : un concepeur 'prescrit' lautre ? Ou trop séparer les concepteurs ; Ou : open innovation – relation offre demande.

Tableau 1: les modèles d'interaction science-industrie apparus au cours du temps. La logique des interactions entre deux concepteurs permet d'isoler les cas où les deux concepteurs préservent leur autonomie conceptrice tout en ayant de fortes interactions et des cas où l'un des concepteurs prescrit l'autre (« asservit ») ou bien les deux concepteurs n'interagissent pas.

Quelques mouvements contemporains

Et aujourd'hui, quelles sont les transformations ? Très schématiquement on peut noter les tendances suivantes :

1. Les enjeux de *corporate governance* ont pu conduire à un affaiblissement des capacités de conception de l'entreprise, passant par une externalisation de la R&D dont témoignent certaines formes d'open innovation. D'un autre côté la science elle-même prise dans le mouvement de la recherche sur projet et des évaluations (souvent individuelles) sur publications (pression du « publish or perish ») a pu parfois sacrifier à des effets de mode conduisant à la fois à un éparpillement des champs et à une certaine homogénéité des approches ;

2. Les besoins de conception innovante n'ont cessé de croître, aussi bien pour concevoir des biens et services toujours plus évolutifs que, plus récemment, pour faire face aux menaces communes ou transitions de tous ordres (dérèglement climatique, transition digitale, nouvelles

mobilités, nouvelle alimentation,…) – et les nouvelles organisations de type RID (recherche-innovation-développement) dans les entreprises ont aussi conduit à des explorations en recherche beaucoup plus ambitieuses (Laousse 2018 ; Klasing Chen et al. 2017) ;

3. Ces enjeux se sont même déplacés de l'entreprise individuelle aux écosystèmes d'entreprise et on a ainsi vu émerger des formes d'organisation collective de l'exploration, de type « collège de l'inconnu » ou « architecte de l'inconnu » organisant le rapport entre des entreprises conceptrices et des disciplines de recherche variées (Agogué et al. 2013; Agogué et al. 2016 ; Le Masson et al. 2012) ;

4. Si ces formes ont plutôt exploré des synergies nouvelles et ont permis un renforcement de l'autonomie conceptrice de chacun, on a aussi assisté à des formes d'asservissement dont l'ampleur n'a été révélée que récemment, notamment grâce aux travaux en « agnotologie » qui ont étudié les interactions de l'industrie avec la science dans des cas comme le tabac, le bisphénol, le glyphosate, le cholestérol, etc. (Proctor and Schiebinger 2008; Proctor 2012 ; Ostapchuk 2017).

Le « modèle à deux concepteurs » a permis de mettre en évidence trois types d'interaction : indépendance totale (les deux puissances conceptrices se déploient sans aucune interaction) ; asservissement (l'une des puissances conceptrices dirigent les explorations de l'autre) ; ou autonomie interactive (les deux puissances conceptrices explorent des concepts différents mais échangent régulièrement leurs questions et leurs résultats, de telle façon que des positionnements différents sur une même question deviennent possibles). Au fil du temps, dans chacun de ces trois types, ont été inventées des formes nouvelles, certaines amplifiant conjointement les deux puissances conceptrices, d'autres pouvant au contraire en amplifier une au détriment de l'autre.

Aujourd'hui, loin de se stabiliser, le mouvement d'invention de formes d'interaction entre science et entreprise pourrait bien s'accélérer. Et ce faisant il invite à poser la question des conditions d'efficacité de ces couplage. Alors que les enjeux contemporains appellent une intensification de la puissance conceptrice (inventive) de l'entreprise et de la science, la question de la liberté et de la responsabilité de l'entreprise comme de la science se pose avec une intensité grandissante.

Repenser les logiques de liberté et de responsabilité conjointes

grâce au modèle à deux concepteurs ?

Liberté et responsabilité de l'entreprise, liberté et responsabilité de la science : déresponsabilisation mutuelle ou responsabilité conceptive collective

On pourrait penser que liberté et responsabilité sont les conditions d'un couplage efficace entre science et industrie. Ainsi, face aux risques que l'influence industrielle ferait peser sur la qualité des résultats scientifiques, on mettra en avant la responsabilité et l'intégrité du chercheur et de la communauté scientifique, garantes du « contrôle qualité » de la production scientifique (voir par exemple (McKelvey et al. 2018)). On s'interrogera aussi sur le besoin de renforcer la liberté des chercheurs pour leur permettre de s'éloigner des demandes industrielles trop insistantes ou des modes académiques envahissantes pour mieux proposer des solutions en rupture. Symétriquement on en appellera à la responsabilité des entreprises (eg. la RSE) et à la liberté d'entreprendre pour favoriser l'invention de solutions originales aux enjeux socio-économiques actuels.

Mais la réponse n'est pas si univoque. Car dans certains cas, c'est au nom de ces mêmes logiques de liberté et de responsabilité que des formes d'asservissement ou de séparation radicale ont pu s'élaborer, conduisant plutôt à une attrition des capacités conceptrices. Ainsi le chercheur doit-il s'isoler de l'industrie pour mieux exercer sa liberté (investigations « désintéressées ») voire ses responsabilités (contrôle)… au risque d'ignorer certains phénomènes ? Ou bien cette même responsabilité doit-elle le pousser à collaborer intensément pour favoriser le développement de solutions originales ? Symétriquement : n'est-ce pas précisément la liberté d'entreprendre qui a pu servir à justifier que l'entreprise, au nom du secret industriel, ne communique pas ses résultats à la science (empêchant alors des formes de collaborations) ? N'a-t-on pas mis en avant une logique de responsabilité des entreprises pour justifier parfois que l'entreprise puisse dicter à la science certains programmes de recherche ?

Plus encore, c'est l'invocation même des libertés et responsabilités de chacun qui peut conduire à des formes de déresponsabilisation réciproque : comme nous l'indiquions en introduction la société anonyme est d'autant moins comptable de certaines « externalités négatives » (responsabilité limitée face aux externalités encore non identifiées) qu'il existe une science a priori « libre » d'investiguer ; symétriquement, le chercheur serait d'autant moins comptable des « applications » de la science (responsabilité limitée) que l'entrepreneur est libre de saisir les opportunités ainsi créées.

On le voit, les apories se multiplient lorsqu'on conjugue la liberté et la responsabilité de ces deux puissances conceptrices. Toutefois le modèle « à deux

concepteurs » présenté ci-dessus nous donne une indication sur certaines sources de cette aporie. Car en modélisant le chercheur comme un concepteur, on comprend aussi que, dans les cas évoqués ci-dessus, liberté et responsabilité ne portent pas exactement sur les mêmes objets : la 'responsabilité' vue ci-dessus porte en fait seulement sur la *rigueur scientifique des résultats* (tests, données non frauduleuses, etc.) ; et c'est la 'liberté' vue ci-dessus qui porte, elle, sur le *questionnement* scientifique (le chercheur est libre de « choisir » son programme de recherche). En termes de théorie de la conception, la liberté (vue ci-dessus) porte en fait sur les concepts (on pourrait parler de liberté conceptive), la responsabilité (vue ci-dessus) porte seulement sur la connaissance (on pourrait parler de responsabilité épistémique). Mais peut-on « inverser » ? Quid d'une liberté épistémique et d'une *responsabilité conceptive* ? C'est la seconde question qui va nous intéresser particulièrement : il s'agit alors de rendre le chercheur responsable non seulement du contrôle de la connaissance produite (responsabilité en termes de méthode de production de savoir) mais *responsable aussi de la génération de ses questions de recherche*. La responsabilité conceptive[4] désigne ici les responsabilités

[4] La notion de responsabilité conceptive a été introduite par Blanche Segrestin (Segrestin 2018) à propos des formes contemporaines de la responsabilité des entreprises (Micheaux 2017) : le régime de responsabilité conceptive est une alternative au régime de responsabilité préventive. Dans ces deux régimes, la responsabilité (qui reste définie par « l'obligation de réparer le dommage que l'on a causé par sa faute ») est décrite par un modèle du dommage, un modèle de l'imputation (qui a causé) et un modèle de la norme de gestion (qui permet de définir la faute). Alors que le régime de responsabilité préventive consiste à éviter des dommages de type « dette non-remboursables », le régime de responsabilité permet de passer « du dommage à prévenir au futur à construire » (p. 166).

Dans le cas présent, on parle de la responsabilité (épistémique ou conceptive) d'un chercheur ou d'un collectif de recherche (et non d'une entreprise). Le cadre dommage / imputation / norme de gestion reste extrêmement utile pour caractériser les régimes de responsabilité : ainsi en responsabilité épistémique, le dommage à éviter est « la proposition faussement validée » (une publication frauduleuse, une expérimentation biaisée, etc.) ; l'imputation résulte de la signature des articles ; la norme de gestion est incarnée par les règles de production de connaissance scientifique. Suivant cette grille d'analyse, on peut dire que l'objet de cette partie est de caractériser la responsabilité conceptive du chercheur ou d'un collectif de recherche en précisant la nature du dommage et les normes de gestion associées. Et indiquons dès à présent deux résultats importants : a) lorsqu'on parle de la responsabilité conceptive du chercheur, le « dommage » doit être pris dans un sens plus étroit que le « futur désirable à construire » : car dans ce dernier sens, la recherche semble assumer sa responsabilité du simple fait qu'elle explore l'inconnu. Or, comme on le montrera dans la suite de cette partie, le fait d'explorer ne suffit pas systématiquement à libérer la recherche de ses responsabilités liées à l'exploration elle-même : il s'agit de pouvoir tenir compte des dommages créés par une exploration biaisée. b) le régime de responsabilité conceptive de la recherche ne peut

du chercheur (ou plus généralement des communautés scientifiques) associées *au choix, ou plus exactement à la construction de ses (leurs) questions de recherche*. Comment cette responsabilité se conjugue-t-elle avec la liberté ? Et comment la relation avec l'industrie impacte-t-elle cette responsabilité – négativement mais aussi, le cas échéant, positivement ?

Certes, on pourrait penser que la responsabilité sur la construction des questions de recherche est finalement équivalente au bon exercice d'une certaine liberté scientifique, peut-être aidée par une certaine dose de « curiosité » souvent invoquée voire recommandée aux jeunes chercheurs – mais il est des situation où la liberté semble acquise mais la responsabilité imposerait d'aller plus loin que ce dont la liberté se satisfait : le chercheur peut être libre d'emprunter les voies de recherche les plus courantes, celles qui semblent susceptibles de conduire aux financements et aux publications prestigieuses – et ce n'est pas la même chose de dire que le chercheur (ou plus généralement : la communauté scientifique) pourrait être responsable de consacrer un minimum d'investigations à des voies scientifiques orphelines. La responsabilité conceptive est donc plus exigeante que la liberté – mais on verra qu'elle peut aussi être supportée par des outils, des méthodes et des formes de 'contrôle' qualité des programmes d'investigation.

Un cas extrême : entreprise, science et tabac

Pour illustrer les enjeux de la responsabilité conceptive (et la différence entre responsabilité conceptive et liberté), on peut l'aborder en « négatif » : examinons un cas où l'interférence entre science et industrie semble avoir massivement influencé la construction des questions de recherche. Depuis les années 1980 et plus encore les années 1990s, les entreprises du tabac ont été contraintes de rendre public une partie de leurs archives (plus de 70 millions de documents aujourd'hui disponibles à http://legacy.library.ucsf.edu avec les outils de data mining associés). Ces documents font l'objet d'importants travaux de recherche, notamment dans le cadre d'une discipline émergente, l'agnotologie, (la science de la non-connaissance) (Proctor and Schiebinger 2008) et ils ont conduit à la publication d'un volumineux ouvrage de synthèse (Proctor 2012) qui nous sert ici de référence.

Il y aurait bien des leçons à tirer sur la façon dont les industriels du tabac ont pu poursuivre la commercialisation d'un produit dont la recherche avait prouvé les effets carcinogènes depuis longtemps. Nous focalisons plus spécifiquement

---

exister qu'à condition qu'il existe une norme de gestion de la recherche pertinente. Dans la suite de cette partie, on montre précisément que cette norme de gestion est aujourd'hui en cours de construction dans plusieurs domaines.

l'analyse sur la relation entre science et industriels du tabac, notamment à partir de 1953, une date qui, pour Proctor, constitue un tournant dans la relation entre les industriels du tabac et la recherche scientifique.

En 1953, depuis déjà plusieurs décennies, les scientifiques ont travaillé pour montrer que fumer est un facteur de risque du cancer : dès le milieu du 18ème siècle, les études de John Hill et Samuel Thomas von Soemmerring ont montré que fumer peut causer le cancer de la lèvre et de la gorge, l'expression 'cancer des fumeurs' est utilisée par les médecins français dès le milieu du 19ème siècle, dans les années 1930s le chercheur argentin Angel Honorio Roffo a publié (en allemand) ses recherches montrant le lien entre les goudrons du tabac et le développement de cancers chez la souris, dans les années 1930-40s l'Allemagne nazie a banni la cigarette considérée comme une menace pour le corps allemand et les chercheurs allemands Müller à Cologne, Schairer et Schöninger à Jena, ont montré que les victimes de cancer du poumon ont significativement plus de chances d'avoir été fumeurs par le passé, etc. Les études sont donc multiples et se développent sur plusieurs logiques de démonstration (voir. Proctor 2012, p. 225 et suivantes) : expérimentations animales (montrer que les goudrons du tabac peuvent provoquer des cancers chez les animaux), épidémiologie (rétrospective ou par cohorte), pathologie clinique (analyse microscopique des effets de la fumée de cigarette sur les cellules), analyse chimique (identification des composants carcinogènes dans la fumée du tabac). Dans les années 1950, le monde anglo-saxon reprend et poursuit les études allemandes précédemment citées, avec notamment aux US les célèbres travaux de Wynder, Graham & Croninger (Wynder et al. 1953), qui montrent comment les souris en contact avec du goudron de tabac (déposé sur leur peau rasée) développent des cancers (la publication sera commentée jusque dans Time et Life Magazine) et au Royaume Unis les études rétrospectives et en cohorte de Doll & Hill (1948, 1954,…).

Dans cette période, on voit donc la science jouer son rôle d'exploration de questions nouvelles en interaction avec l'industrie (étude des causes de nouvelles pathologies, études des phénomènes associés à des changements sociaux majeurs tels que la consommation massive de la cigarette). Plus encore : la science joue son rôle aussi au sein des entreprises de la cigarette. Ainsi Claude Teague écrit en 1953 pour son employeur Reynolds un 'Survey of Cancer Research' très complet concluant 'studies of clinical data tend to confirm the relationship between heavy and prolonged tobacco smoking and incidence of cancer of the lung'. Et la R&D de l'entreprise Ecusta Paper (fabricant de papier à cigarettes) obtient en 1953 des résultats expérimentaux montrant comment les fumées de tabac (et pas les fumées de papier à cigarette) causent le développement de cancers chez la souris.

En 1953, comme l'indique Proctor, pour les entreprises du tabac, 'bad news were followed by worse' – et Graham explique au Time, à l'occasion de la publication

de son travail avec Wynder et Croninger (cité ci-dessus), que la preuve que le goudron de la fumée de tabac provoque le cancer chez la souris est apportée 'beyond any doubt' (nov. 1953). Les industriels du tabac mettent alors en place un nouveau rapport à la recherche. Le 10 décembre 1953, Paul M. Hahn, président de l'American Tobacco, réunit les CEO des principaux industriels du tabac pour répondre aux menaces qui s'accumulent. Suite à leur rencontre, les 14 et 15 décembre 1953 au Plaza Hotel de Manhattan, est publié le 'frank statement to cigarette smokers', une page de publicité diffusée le 4 janvier 1954 dans 448 journaux de 258 villes, à 43 millions d'exemplaires. Prenant pour cible l'étude tout récemment publiée de Wynder, Graham & Croninger, le Frank Statement indique qu'il ne s'agit que d'une théorie et qu'il n'y a pas de preuve que la cigarette cause le cancer du poumon chez l'humain. Le texte indique ensuite que l'industrie du tabac considère la santé des consommateurs comme 'a basic responsibility, paramount to every other consideration in our business' de sorte que les signataires, CEO des grandes compagnies du tabac, promettent d'apporter 'aid and assistance to the research effort into all phases of tobacco use and health' et annoncent la création du Tobacco Industry Research Committee (TIRC) pour conduire cette recherche sur 'all phases of tobacco use and health'. Les journaux commentent l'événement en reprenant le mantra 'more research' martelé par l'entreprise de communication Hill & Knowlton qui conseille l'opération. Les articles remarquent par exemple que le TIRC sera dirigé par un conseil scientifique 'calm and detached' contrastant avec 'some of the extremists attacks upon tobacco use'.

La réponse industrielle est donc une intensification de la recherche (100 000$ par an dans les années 50, quelques millions de dollars par an dans les années 60-70, quelques dizaines de millions dans les années 80 et jusqu'à 300 millions de dollars en 1998). Mais avec un programme qu'elle va diriger. La recherche produite par le TIRC (appelé Council for Tobacco Research -CTR- quelques années plus tard) va être largement publiée – contrairement aux études Ecusta ou aux travaux de Teague qui resteront confidentiels. Il ne s'agit donc pas (ou plus) de cacher ou de supprimer des résultats scientifiques. Et la recherche publiée est d'une rigueur scientifique indiscutable – du moins au sens de la rigueur du dispositif de production de connaissance. Il ne s'agit donc pas de fraude ou de tricherie. Dans les travaux publiés (dans les revues prestigieuses, avec les contrôles requis) la responsabilité épistémique des chercheurs n'est donc pas en jeu. Comme l'indique Proctor : « the key is not so much that the companies suppressed science (which they certainly do), nor even that they spent far more to promote cigarettes than to study their health effects – which is also true. The genius of the industry was rather in using even « good » science, narrowly defined, as a distraction" (p. 255). Ce ne sont pas les productions scientifiques qui posent problème : dans les procès l'industrie a insisté sur le fait que l'organisation

TIRC/CTR a toujours conduit des recherches 'admirably consistent with the highest scientific standards' (p. 269). Le TIRC/CTR a financé les travaux de 6 prix nobels ; les travaux ont conduit à 6400 papiers publiés notamment dans les revues les plus prestigieuses du monde. Pour comprendre le biais créé par le TIRC, il ne faut pas regarder si les résultats sont publiés ou cachés (les papiers sont publiés), il ne faut pas non plus regarder si les papiers publiés sont frauduleux (ils ne le sont pas – ils n'ont pas même besoin de l'être !). « the problem is not that the research was 'bad' in some narrow technical sense: by and large it was not, judging by traditional performance indicators. No one as ever (fairly) accused CTR grantees of plagiarism or fraud or fabricating data" (p.269). Pour comprendre où est le biais, il faut en fait regarder les questions adressées.

Car quel est le programme du TIRC ? Dans un mémo confidentiel de 1959, Clarence Cook Little, son directeur scientifique, identifie six domaines : 1- l'hérédité 'some individuals in the same envitonement develop the disease, others do not' ; 2- les infections 'how much do bacteria and/or viruses influence tissue changes ?' ; 3- la nutrition 'how do nutritive material taken affect tissue changes ?' ; 4- les hormones ; 5- le stress nerveux et la tension ; 6- les facteurs environnementaux. On peut considérer que ces questions relèvent de la liberté scientifique. Et on ne peut nier le fait que ces travaux sont scientifiquement recevables. Et qu'ils peuvent créer des connaissances nouvelles non sans lien avec la thématique du tabac. Mais comme le relève Proctor, citant des avocats de l'industrie « most of the TIRC research has been diffuse and a broad basic nature not designed to specifically test the anti-cigarette theory" (p. 262). "the CTR wasn't designed to explore whether, how or to what extent smoking caused illness". Le programme étudie les mécanismes plus que les causes – mécanismes en biologie cellulaire, en biologie du développement, en génétique, en immunologie, en virologie, en neurosciences. Les études mobilisent peu les méthodes d'épidémiologie, si ce n'est pour mettre en évidence des facteurs de confusion (on notera que Wynder lui-même sera financé pour un papier faisant le lien entre régime alimentaire gras et cancer du poumon) (Proctor, p. 430). La toxicologie est rarement financée, avec très peu de travaux sur la nature et les conséquences des composants de la fumée du tabac. Au niveau de la production de connaissance, les chercheurs ont pu conduire les travaux sans même avoir conscience qu'ils participaient à biaiser les explorations concernant la toxicité du tabac.

Car ce n'est pas la liberté scientifique qui permet à la science de se défendre de cette manipulation. L'industrie du tabac s'en fait même la défenseure. Elle tourne à son avantage la rhétorique libérale de la science et ses valeurs telles que la liberté d'investigation, le doute et le questionnement éternel (eternal questioning). La

« controverse ouverte » est un motif récurrent. « CTR always professed its 'openness' to alternate hypotheses when it came to disease causation" (p. 273).

En revanche, en termes de responsabilité conceptive, il apparaît que le programme de recherche au mieux n'adressait pas la question de recherche principale (invalider la théorie anti-cigarette) au pire consistait à « fixer » la recherche sur quelques questions locales (facteurs de confusion, causes alternatives) sans explorer plus largement. Dans une logique de responsabilité conceptive, on peut ainsi noter l'absence, dans les programmes du TIRC/CTR de projets de recherche qui auraient cherché à *prouver* que le tabac n'est *pas* nocif – ce qui était pourtant la question que la logique conduisait à poser. Mais on peut aussi noter l'absence de travaux cherchant à concevoir une façon de fumer bonne pour la santé ou au moins sur une fumée moins inhalable (en jouant sur le pH) ou sur une cigarette à taux de nicotine réduit. Ou encore l'absence de travaux sur des formes créatives de prévention ou sur les comportements, usages et attentes des fumeurs eux-mêmes.

Renforcer la responsabilité conceptive collective

Cet exemple, dramatique, illustre quelques propriétés de la responsabilité conceptive : il ne s'agit pas de limiter l'exploration scientifique, de limiter la liberté d'investigation du chercheur. Il s'agit, bien au contraire, d'accroître cette liberté en considérant les obstacles sur lesquels elle achoppe, et les aptitudes (notamment cognitives) nécessaires à son plein exercice. La responsabilité conceptive invite plutôt à objectiver la variété possible (voire nécessaire) des approches de recherche imaginables sur une question donnée. Car l'exemple du tabac nous montre qu'invoquer la liberté du chercheur ou sa supposée curiosité ne suffit pas à assurer que, sur une question donnée, les approches ne sont pas fixées, fixées par les biais cognitifs de chacun voire fixées par les intérêts de quelques-uns.

Bien sûr il peut sembler illusoire ou follement exigeant de demander à un chercheur (ou plus probablement à une communauté scientifique) non seulement de répondre avec rigueur à une question de recherche mais encore d'expliciter l'ensemble des approches alternatives qui *auraient pu* être explorées. Remarquons toutefois, 1) que l'effort peut sembler important, mais son absence peut conduire aux détournements dramatiques décrits à propos de la recherche financée par l'industrie du tabac ; 2) remarquons aussi que l'effort n'est pas forcément si nouveau et si étranger au monde de la recherche – il s'agit, somme toute, de systématiser ce que font déjà certaines disciplines : cartographier les inconnus (ceux d'un champ disciplinaire, ou à l'intersection de plusieurs champs scientifiques), lister les questions ouvertes, identifier les défis, formuler les

conjectures… – et cette clarification des inconnus à conquérir a des mérites connus : mobilisation de la communauté, effets programmatiques, maintien d'une variété d'approches, mise en ordre du connu pour mieux décrire l'inconnu, etc (voir par exemple les effets du « programme de Hilbert » sur les mathématiques fondamentales ; voir a contrario comment le physicien Lee Smolin s'alarmait de voir la physique fondamentale dominée par une seule approche, la théorie des cordes (Smolin 2006)). Assumer une certaine responsabilité conceptive n'entraverait donc pas la recherche, bien au contraire. Mais de quels moyens se doter pour assumer cette responsabilité ?

La question peut être prise d'abord au niveau du chercheur-concepteur qu'une logique de responsabilité conceptive pousserait à chercher à *diagnostiquer* les biais dans l'exploration de l'inconnu. Des outils ont été développés pour diagnostiquer les biais des concepteurs industriels : fondés sur la théorie C-K de la conception, de tels outils permettent de cartographier, sur un concept donné, l'ensemble des pistes de conception imaginables à un instant donné ; et de comparer le référentiel ainsi constitué aux pistes effectivement envisagées par un collectif concepteur. Ils ont permis de diagnostiquer avec succès des situations d'innovation dite orpheline, ie des cas où les fixations cognitives dont les concepteurs étaient victimes conduisaient à laisser inexplorées un très grand nombre de voies originales, et cela malgré des efforts importants et une demande sociale avérée (Agogué et al. 2012). Ces outils, développés initialement pour des enjeux d'innovation, mais ont ensuite été expérimentés pour diagnostiquer des biais dans les programmes de recherche et ils se sont avérés tout à fait pertinents, notamment à propos des recherches sur l'énergie de la biomasse (Agogué 2012) et sur la lutte contre la maladie de Lyme.

Ce faisant on développe des outils pour le concepteur-chercheur, indépendamment du concepteur-industriel. Mais on peut aussi se demander comment renforcer la responsabilité conceptive du chercheur *en tirant parti de* la relation au concepteur industriel. Cela peut sembler paradoxal tant la relation au concepteur industriel peut asservir et biaiser les chercheurs – après l'exemple du tabac, on serait plutôt tenté de penser que ce serait au contraire la responsabilité conceptive du chercheur que de résister aux biais industriels. La responsabilité conceptive du chercheur serait donc une condition de la bonne relation au concepteur-industriel. Or la proposition ici est plutôt inverse : si la relation au concepteur-industriel est source de surprise et d'explorations inattendue, si elle est défixante alors elle devient *un facteur positif de la responsabilité conceptive* – et peut-être, dans certains domaines, une condition nécessaire ! Cette proposition découle en fait très directement du phénomène que nous avons analysé dans la partie précédente : ni isolée de l'entreprise, ni asservie aux questions fixées par l'entreprise, la science devient plus conceptrice et plus inventive lorsqu'elle

bénéficie des connaissances nouvelles et des questions originales qui viennent de sa rencontre régulière avec l'entreprise. *Savoir organiser un tel rapport entre science et entreprise relève finalement d'une forme de responsabilité conceptive.*

L'initiative du meta-programme de l'INRA sur les « antibiotiques sans résistance » illustre ce point (Vourch et al. 2018) : l'INRA a demandé à ses chercheurs travaillant sur ce sujet un effort particulier de cartographie des questions de recherche, identifiant non seulement les voies disciplinaires classiques mais aussi des voies plus originales, éventuellement à l'interface entre plusieurs disciplines. L'analyse des cartographies réalisées au fil du temps montre qu'elles se sont trouvées très significativement enrichies lorsqu'elles ont intégré des connaissances et des questions apportées par les entreprises que les chercheurs avaient pris l'initiative d'approcher.

Plus généralement, il existe aujourd'hui des dispositifs institutionnalisés dans lesquels *la relation science-industrie a contribué à renforcer la responsabilité conceptive du chercheur.* Ainsi des formes organisationnelles comme les collèges de l'inconnu conduisent à rendre collectif l'effort de cartographie exhaustive des voies à explorer : dans le cadre de l'ITRS (international technology roadmap for semiconductor), chercheurs et industriels échangent régulièrement pour enrichir en permanence la cartographie des voies scientifiques et techniques à explorer pour développer les prochaines générations de semi-conducteurs. Dans ce cas, c'est le contact avec les industriels qui permet aux scientifiques d'envisager des projets de recherche plus originaux (Le Masson et al. 2012). Se développent ainsi des formes d'action voire des dispositifs institutionnels (l'ITRS est une organisation) qui viennent simultanément organiser la relation science-industrie tout en donnant aux acteurs les moyens d'assumer leurs responsabilités conceptives. Car l'intérêt des roadmaps du semi-conducteur n'est pas de fixer les programmes de recherche, il est plutôt de donner aux chercheurs des moyens de plus facilement se différencier des voies en cours d'exploration par d'autres, et notamment par l'industrie. Ces acteurs collégiaux se dotent aujourd'hui eux-même d'outils et de méthodes pour mieux systématiser le diagnostic des fixations éventuelles des acteurs, y-compris des chercheurs (voir (Rémondeau et al. 2019)). En ce sens apparaissent des normes de gestion susceptibles de supporter un régime de responsabilité conceptive de la recherche.

On avait vu comment liberté et responsabilité des deux concepteurs pouvaient conduire à des formes de *déresponsabilisation réciproque.* On voit aussi, avec ces quelques exemples, comment certaines formes de relation science-industrie peuvent plutôt permettre *une responsabilité conceptive collective.* Et c'est peut-être à cette aune qu'il importera d'évaluer et de supporter les formes nouvelles de relation science-industrie que les enjeux contemporains appellent : laissent-elles

ouverte la voie d'une déresponsabilisation réciproque ou permettent-elles un renforcement de la responsabilité conceptive collective ?

Conclusion

Pour conclure, nous voudrions revenir sur les contributions de ce chapitre aux trois termes du colloque : entreprise, civilisation et responsabilité.

Contribution 1 : l'entreprise, en tant que forme d'exploration de l'inconnu, a pu contribuer au progrès scientifique, par des moyens aussi variés que puissants, allant de la simple contribution à la diffusion des savoirs (moyens de transport, édition, soutien à la formation, etc.) jusqu'à la production scientifique elle-même (laboratoires industriels, prix nobels obtenus pour des découvertes effectués dans des laboratoires d'entreprise) voire, de façon peut-être un peu plus inattendue, en permettant à certains scientifiques une forme d'autonomie et d'indépendance que les académies ne leur offraient pas.

Contribution 2 : science et entreprise apparaissent comme deux puissances conceptrices, *des alter ego concepteurs interdépendants, dont les interdépendances même conditionnent les expansions* –pour chacun d'eux, l'interaction avec son alter ego concepteur est une façon d'échapper au danger d'un solipsisme conceptif dans lequel un concepteur est privé de ces connaissances indépendantes si nécessaires à l'exploration de l'inconnu ; mais une interaction trop intense peut aussi conduire à une forme d'asservissement mutuel. En modélisant la façon dont ces alter ego concepteurs explorent des concepts, qui ne sont pas nécessairement les mêmes, et en mobilisant des connaissances différentes, nous avons montré que lorsque les inconnus ne sont que partiellement communs et que des connaissances indépendantes peuvent être échangées, alors la puissance conceptrice de chacun s'en trouvait renforcée. Ce sont les conditions d'un *couplage sans asservissement*. Nous avons montré comment les formes de relation inventées au cours du temps pour relier science et entreprise ont sans cesse oscillé autour de ces deux conditions, réinventant régulièrement un équilibre entre isolement de chacun ou asservissement de l'un à l'autre. Notre travail invite à étendre l'analyse à d'autres alter ego concepteurs de l'entreprise – on pourrait ainsi se demander si l'on retrouve les mêmes conditions de couplage dans la relation de l'entreprise à l'art, voire de l'entreprise à l'action publique (qui peut être alle aussi conceptive).

Contribution 3 : en termes de responsabilité, la relation de la science à l'entreprise conduit à poser la question de la responsabilité conceptive de la science (et de l'entreprise), qui va au-delà de sa responsabilité de contrôle de la production de connaissance ou de son exigence de liberté d'investigation – la responsabilité

conceptive est la responsabilité d'explorer systématiquement l'inconnu en évitant les fixations créées par les biais cognitifs ou les intérêts. Cette responsabilité conceptive semble une condition de la relation à l'entreprise mais on peut aussi penser que la relation à l'entreprise est parfois une condition de la responsabilité conceptive d'une science en quête de questions et de phénomènes nouveaux. Alors que s'inventent des nouvelles formes de relation entre science et entreprise (open innovation, collèges de l'inconnu,…), et que les enjeux contemporains (transitions) en appellent sans doute d'autres encore, un des enjeux majeurs est donc de supporter la responsabilité conceptive de la science – et la responsabilité conceptive de la recherche sur ces sujets pourrait être d'étudier, inventer et expérimenter les outils, les méthodes, voire les tiers qui pourront être les instruments de cette responsabilité conceptive renforcée.

Références

Agogué M (2012) *Modéliser l'effet des biais cognitifs sur les dynamiques industrielles : innovation orpheline et architecte de l'inconnu*. MINES ParisTech, Paris

Agogué M, Berthet E, Fredberg T, Le Masson P, Segrestin B, Stötzel M, Wiener M, Ystrom A (2016) Explicating the role of innovation intermediaries in the "unknown": A contingency approach. *Journal of Strategy and Management*.

Agogué M, Le Masson P, Robinson DKR (2012) Orphan Innovation, or when path-creation goes stale: missing entrepreneurs or missing innovation? *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (6):603-616.

Agogué M, Yström A, Le Masson P (2013) Rethinking the Role of Intermediaries as an architect o f collective exploration and creation fo knowledge in open innovation. *International Journal of Innovation Management* 17 (2):24.

Braconnier R, Lierman M (1951) La recherche agronomique en France: origines historiques, état actuel, développement, applications pratiques. *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils* 104:368-389.

Burckhardt J (1860) *Die Cultur der Renaissance in Italien, ein Versuch*. Scheighauser, Basel

Bush V (1945) Science: the Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research. Réédition 1960, National Science Fondation, Washington

Carteaux G (2014) Picasso et Braque : au travail, les artistes ! . Paper presented at the *Journée des doctorants de l'ED 31, 2014 : « au travail »*, Saint-Denis, France,

Chaudron G (1951) La recherche dans les laboratoires de l'université, ses possibilités de développement et ses relations avec l'industrie. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:297-307.

Chevenard P (1951a) introduction au cycle de conférences sur la recherche. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:I-III.

Chevenard P (1951b) La recherche scientifique dans l'industrie française, réflexions et souvenirs. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:413-428.

Cosandey D (2007) *Le secret de l'occident: vers une théorie générale du progrès sicentifique*. Flammarion.

Dupouy G (1951) La liaison entre la recherche scientifique et l'industrie. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:p. 354-367.

Eidelman J (1986) Science industrielle contre science pure : la professionalisation de la recherche dans les années 30. In: Grelon A (ed) *Les ingénieurs de la crise, titre et profession entre les deux guerres*. Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris,

Einstein A (1952) Lettre du 7 mai 1952 à Maurice Solovine In: Balibar F (ed) *Oeuvres choisies*, vol Tome 4. Editions du Seuil et Editions du CNRS, Paris, pp 310-311

Fert A (2005) Spintronique, le spin s'invite en électronique. *Institut de France - Académie des Sciences* (Réception des Membres élus en 2004).

Freitas Salgueiredo C, Hatchuel A (2016) Beyond analogy: A model of bioinspiration for creative design. *AI EDAM* 30 (Special Issue 02):159-170.

Galvez-Behar G (2010) Les lieux de la conception : histoire et théorie. *Entreprises et Histoire* 58:5-10.

Galvez-Béhar G (2018) Louis Pasteur ou l'entreprise scientifique au temps du capitalisme industriel. *Annales HSS* 73 (3):629-656.

Gillier T, Piat G, Roussel B, Truchot P (2010) Managing Innovation Fields in a Cross-Industry Exploratory Partnership with C–K Design Theory. *Journal of product innovation management* 27 (6):883-896.

Hadamard J (1945) *The psychology of invention in the mathematical field*. Princeton University Press, New York

Hatchuel A, Le Masson P, Reich Y, Subrahmanian E (2018) Design theory: a foundation of a new paradigm for design science and engineering. *Research in Engineering Design* 29:5-21.

Hatchuel A, Reich Y, Le Masson P, Weil B, Kazakçi AO (2013) Beyond Models and Decisions: Situating Design through generative functions. Paper presented at the *International Conference on Engineering Design, ICED'13*, Séoul, Korea,

Hatchuel A, Weil B (2009) C-K design theory: an advanced formulation. *Research in Engineering Design* 19 (4):181-192.

Klasing Chen M, Aknin P, Lagadec L-R, Laousse D, Le Masson P, Weil B (2017) Designing the missing ling between science and industry: organizing partnership based on dual generativity. Paper presented at the *ICED 2017*, Vancouver, Canada,

Laousse D (2018) *L'institutionnalisation de l'innovation intensive dans les transports publics. Industrialiser, métaboliser et gouverner l'innovation*. PSL - MINES ParisTech, Paris

Le Châtelier H (1918) Du rôle de la science dans l'industrie. *La technique moderne* X (Sept 1918):3-14.

Le Châtelier H (1936) Du mécanisme de la découverte scientifique. Provenant des archives privées et conservé aux Archives de l'Académie des Sciences en AAS n°VII, transcrit par Michel Letté, thèse d'histoire des sciences et des techniques, 1998, Henry Le Châtelier (1850-1936) et la constitution d'une science industrielle. Paris

Le Masson P, Dorst K, Subrahmanian E (2013) Design Theory: history, state of the arts and advancements. *Research in Engineering Design* 24 (2):97-103.

Le Masson P, Hatchuel A, Weil B (2016) Design theory at Bauhaus: teaching "splitting" knowledge. *Research in Engineering Design* 27 (April 2016):91-115.

Le Masson P, Hatchuel A, Weil B (2018) Théorie C-K: fondements et implications d'une théorie de la conception. In: *Techniques de l'ingénieur*, vol J 8 115. Techniques de l'ingénieur, Paris, p 22

Le Masson P, Weil B (2016) Fayol, Guillaume, Chevenard - la Science, l'Industrie et l'exploration de l'inconnu : logique et gouvernance d'une recherche conceptive. *Entreprises et Histoire* 83:79-107.

Le Masson P, Weil B, Hatchuel A (2017) *Design Theory - Methods and Organization for Innovation*. Springer Nature. doi:10.1007/978-3-319-50277-9

Le Masson P, Weil B, Hatchuel A, Cogez P (2012) Why aren't they locked in waiting games? Unlocking rules and the ecology of concepts in the semiconductor industry. . *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (6):617-630.

Lenfle S, Le Masson P, Weil B (2016) When project management meets design theory: revisiting the Manhattan and Polaris projects to characterize "radical innovation" and its managerial implications. *Creativity and Innovation Management* 25 (3):378-395.

Letté M (1998) *Henry Le Châtelier (1850-1936) et la constitution d'une science industrielle, un modèle pour l'organisation rationnelle des relations entre la science et l'industrie au tournant des XIXème et XXème siècles, 1880-1914*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris

Levi-Strauss C (1962) *La Pensée Sauvage*. Plon,

Lucier P (2009) The Professional and the Scientist in Nineteenth-Century America. *Isis* 100 (4):699-732.

Lucier P (2012) The Origins of Pure and Applied Science in Gilded Age America. *Isis* 103 (3):527-536.

Malcor H (1951) Fonctions des organismes professionnels de recherches et en particulier de l'institut de recherches de la sidérurgie (IRSID). *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:308-326.

McKelvey M, Saemundsson RJ, Zaring O (2018) A recent crisis in regenerative medicine: Analyzing governance in order to identify public policy issues. *Science and Public Policy* 45 (5):608-620.

Mees CEK, Leermakers JA (1950) *The Organization of Industrial Scientific Research*. 2ème édition (1ère édition : 1920) edn. McGraw-Hill, New York

Micheaux H (2017) *Le retour du commun au coeur de l'action collective : le cas de la Responsabilité Elargie du Producteur comme processus de responsabilisation et de co-régulation*. Mines-ParisTech - PSL Paris

Nagel JK, Pittman P, Pidaparti R, Rose C, Beverly C (2016) Teaching bioinspired design using C–K theory. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials* 6 (2):77-86.

Ostapchuk M (2017) *Determinants of market uptake of innovation in a situation of uncertainty about environmental and health risks: From BPA to nanotechnology*. Paris Sciences et Lettres PSL - Dauphine, Paris

Perrin R (1951) La recherche appliquée : problème vital. Première étude de mesures propres à en accroître l'intensité et l'efficacité. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:343-353.

Peychès I (1951) La recherche industrielle privée. *Mémoires de la société des ingénieurs civils* 104 - année 1951:327-342.

Plantec Q, Le Masson P, Weil B (2019) The role of participating in user-driven research projects on scholar's académic performances: a model through C-K design theory. In: *EURAM 2019*, Lisbon, Portugal, 2019. European Academy of Management,

Poincaré H (1908) La création mathématique. *Bulletin de l'Institut Général de Psychologie* 8 (3).

Prabaharan GP, Nagel JK, Rose CS, Pidaparti RM (2019) Investigation of C-K Theory Based Approach for Innovative Solutions in Bioinspired Design. *Designs* 3 (3):39.

Proctor RN (2012) *Golden holocaust: origins of the cigarette catastrophe and the case for abolition*. University of California Press, Berkeley

Proctor RN, Schiebinger L (eds) (2008) *Agnotology: The making and unmaking of ignorance*. Stanford University Press, Palo Alto

Rémondeau E, Cogez P, Le Masson P, Weil B (2019) Assessing and Improving the Coverage of a Strategic Research Agenda: A Design Theory Approach. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design* 1 (1):2785-2794.

Rubin W (1989) Picasso and Braque - now considerations. In: Riubin W (ed) *Braque and Picasso: Pioneering Cubism*. The Museum of Modern Art, New York,

Schlagberger EM, Bornmann L, Bauer J (2016) At what institutions did Nobel laureates do their prize-winning work? An analysis of biographical information on Nobel laureates from 1994 to 2014. *Scientometrics* 109 (2):723-767.

Segrestin B (2018) De l'objet à la mission : une réinvention du cadre de responsabilité de l'entreprise. In: Segrestin B, Levillain K (eds) *La mission de l'entreprise responsable. Principes et normes de gestion*. . Presses des Mines, Paris, pp 155-171

Segrestin B, Hatchuel A (2012) *Refonder l'entreprise*. La République des idées. Seuil

Smolin L (2006) *The trouble with physics: the rise of string theory, the fall of science, and what comes next*. Houghton-Mifflin

Souyri P-F (2016) *Moderne sans être occidental, aux origines du Japon d'aujourd'hui*. NRF - éditions Gallimard, Paris

Valery P (1919) La crise de l'esprit. *La Nouvelle Revue Française* 6 (71 (aout 1919)):321-337.

Valéry P (1957) Une conquête méthodique. In: *Oeuvres*, vol 1. publié initialement dans "the new review edited by W.E. Henley, vol. XVI, n°92, january 1897, London, p99-112, sous le titre : la conquête allemande. Réimprimé dans le Mercure de France en 1915. edn. Gallimard, bibliothèque de la Pléiade, Paris, pp 971-987

Vourch G, Brun J, Ducrot C, Cosson J-F, Le Masson P, Weil B (2018) Using design theory to foster innovative cross-disciplinary research: lessons learned from a research network

focused on antimicrobial use and animal microbes' resistance to antimicrobials. *Veterinary and Animal Science* (accepted)

Wynder EL, Graham EA, Croninger AB (1953) Experimental Production of Carcinoma with Cigarette Tar. *Cancer Research* 13 (12):855-864.