



## Articulation des rationalités cartésienne et complexe dans les projets associant plusieurs disciplines

Bernard Guy, Rodolphe Le Riche

### ► To cite this version:

Bernard Guy, Rodolphe Le Riche. Articulation des rationalités cartésienne et complexe dans les projets associant plusieurs disciplines. 3ièmes Ateliers Sur La Contradiction, Apr 2013, Saint Etienne, France. Transvalor, Presses des mines, ISBN=978-2-35671-073-4, p. 121-130, 2014. <emse-00805138>

**HAL Id: emse-00805138**

**<https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-00805138>**

Submitted on 29 Jan 2014

**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.

# Articulation des rationalités cartésienne et "complexe" dans les projets associant plusieurs disciplines

Bernard GUY<sup>1</sup> et Rodolphe Le RICHE<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> Ecole n.s. des mines de Saint-Etienne ; <sup>2</sup> CNRS LIMOS  
[guy@emse.fr](mailto:guy@emse.fr), [leriche@emse.fr](mailto:leriche@emse.fr)

*((à paraître aux Presses des mines, Paris, 2014, Actes des 3° Ateliers sur la contradiction, coordination Bernard GUY ; je ne suis pas certain qu'il s'agit ici de la dernière version BG))*

## Première partie : analyse générale

### 1. Introduction

Nous nous intéressons ici à la façon dont plusieurs disciplines scientifiques peuvent s'articuler entre elles. Nous n'analysons pas les relations de faible intensité (les disciplines se côtoient toujours indirectement par simple diffusion de l'information), mais nous concentrons sur des formes plus directes, explicites, autour de projets. Notre réflexion est épistémologique, mais nous pensons qu'elle peut avoir des implications psychologiques (comment les chercheurs se « comportent »-ils avec leurs collègues d'autres disciplines ?), sociologiques et managériales (comment les institutions de recherche peuvent-elles organiser la coopération entre disciplines ?).

Au départ de ce travail, il y a *deux convictions partagées par les auteurs* : - nous nous sentons à l'étroit dans le modèle de rationalité sur lequel la science est construite. Il nous apparaît nécessaire de composer avec, de nous ouvrir à, d'autres modes de rationalité et d'articuler ceux-ci entre eux ; - la science spécialisée montre certaines limites aujourd'hui. Il est vital de penser l'assemblage, la relation entre les différents domaines scientifiques, ce qui ne peut se faire seulement dans le cadre de la rationalité cartésienne « habituelle » (que nous décrivons plus loin).

Une discipline désigne une branche du savoir développée par une communauté de spécialistes adhérant aux mêmes pratiques de recherche. C'est le lieu où la rationalité cartésienne est la plus fortement revendiquée. L'enjeu de la pensée dite « complexe » est de relier entre elles les disciplines : l'existence de nombreuses disciplines a permis le développement de la science contemporaine, mais elle est aussi source d'éclatement et de souffrance (E. Morin). D'où la question centrale de notre exposé : quelle(s) rationalité(s) pour des projets combinant plusieurs disciplines ?

Un auteur comme Alain Caillé (1997) met en garde contre la "quête de l'unité synthétique de toutes les sciences", dans une "métadiscipline englobante". Nous avons conscience de cette utopie. Notre propos n'est pas celui d'une unification, mais d'une articulation, répondant au souci exprimé par C. Blanchard-Laville (2000): "je peux d'autant mieux me consacrer à une spécialisation que j'ai l'assurance de pouvoir entrer en synergie avec des chercheurs porteurs d'autres approches tout aussi spécialisées (...) qui viennent compléter ma propre approche dans les recherches collectives interdisciplinaires (...)."

Des éléments du contexte local des auteurs se rajoutent à leurs motivations citées à l'instant : - création de l'Institut Fayol de l'Ecole des mines de Saint-Etienne : comment penser une organisation et des projets associant plusieurs disciplines (mathématiques appliquées, informatique, génie industriel, management) réunies autour d'enseignements et de recherches pour la performance industrielle ? – participation aux Ateliers sur la contradiction :

comment la question des liens entre disciplines se pose-t-elle dans le cadre de ce grand projet de « remettre la raison en chantier » ?

## 2. La rationalité cartésienne : rappels

### 2.1. Fonctionnement d'une discipline

Comment fonctionne une discipline ? Nous supposons que nous savons percevoir dans le « réel » des « morceaux » différents ; leur examen suggère pour chacun d'eux un ensemble d'hypothèses, méthodes, conditions initiales et variables d'entrée, « engendrant » autant de disciplines différentes. A partir de ce point de départ, en somme fondé par induction, le fonctionnement de la discipline produit un ensemble de conséquences, prévisions, discours, explications et variables de sortie. La comparaison entre le discours produit et les observations faites sur le « réel » permet de reprendre si besoin les points de départ, pratiquant ainsi la méthode hypothético-déductive. On améliore sans cesse dans le périmètre de la discipline ; le morceau de réel considéré est supposé tout nous imposer<sup>1</sup>.

### 2.2. Rationalité cartésienne substantielle

Le substrat d'un tel fonctionnement est ce que nous appelons la pensée cartésienne. Nous partons du monde, du réel, des choses, et nous supposons que nous pouvons les regarder de l'extérieur et construire en regard d'eux un ordre de représentations, un discours, un ensemble de mots, de concepts, d'idées, une rationalité : c'est le Logos grec. Chaque entité du monde a ses attributs propres. On procède par abstraction et par désignation: les attributs potentiels sont définis en amont et indépendamment des choses. Chaque chose est définie en elle-même par un ou plusieurs attributs. Il s'agit d'une pensée de la substance. Cela nous renvoie aux trois Principes de la métaphysique (Aristote, livre Γ) : *Identité*: A est A ; *Non contradiction*: on n'a pas A et non-A à la fois. *Tiers exclus*: il n'y a pas de terme en plus de A et non-A.

On pose au départ des axiomes séparés les uns des autres, on pose au départ des objets de pensée séparés les uns des autres, on pose les relations/ les lois qui régissent les objets : entités et relations entre entités sont clairement séparées. On déroule le raisonnement de façon logique et déductive du départ jusqu'au point final ; la confrontation au réel permet une éventuelle reprise de la démarche. Tout ceci permet d'énoncer des lois ayant une certaine robustesse au cours du développement de la science (cf. la méthode hypothético-déductive dont nous avons parlé). On note la reproductibilité, l'absence de contradiction, l'efficacité de la démarche, l'objectivité ; le scientifique éprouve un sentiment de sécurité, de clarté. On parle aussi pour cette démarche de raison classique, ou de modèle rationaliste de la raison.

### 2.3. Premières associations entre disciplines

On peut dans ce cadre commencer à associer les disciplines<sup>2</sup> dans des démarches pluridisciplinaires : pour des associations en parallèle, les disciplines ont conscience des autres, mais il n'y a pas d'interaction directe ; le lien est le projet commun.

---

<sup>1</sup> Un aspect important de la constitution d'une discipline est son langage (les mots autour desquels se retrouvent les spécialistes). Certains mots viennent décrire des concepts qui peuvent se retrouver dans d'autres disciplines sous une autre dénomination ( par exemple pour une information portée et non exprimée : diploïdie en génétique, virus en informatique) et réciproquement les mêmes mots peuvent décrire des concepts différents (projection en volcanologie et en mathématiques). Il y a ici une difficulté pratique à considérer si l'on veut ouvrir les disciplines les unes aux autres.

<sup>2</sup> Notre analyse s'intéresse aux relations entre disciplines et à ce titre elle ne considère ni le nexialisme ni la transdisciplinarité dans lesquels les frontières entre disciplines n'importent pas de la même façon..

Pour les associations en série, on suppose que les disciplines s'ajustent du fait de leur nature même. Dans ces situations, on pense à la classification hiérarchique des sciences d'Auguste Comte et l'on suppose que les différentes disciplines s'articulent entre elles « à l'avance » du fait que les « entrées » des unes (en aval dans la classification) correspondent précisément aux « sorties des autres » en amont d'elles. On devine que cela peut poser des difficultés qui nous orientent vers les considérations qui suivent.

### 3. La pensée complexe relationnelle

Le fonctionnement décrit à l'instant n'est en effet pas possible de façon générale. Nous sommes à l'intérieur du monde: nous ne pouvons que faire des oppositions/séparations de proche en proche entre les entités du monde. A n'est pas B, B n'est pas A. On met ainsi en évidence une pensée compréhensive qui englobe les opposés: nous pensons à la fois A et non-A. Nous sommes alors conduits à des boucles de récursivité (pour définir A, il faut en somme inspecter l'ensemble du monde !): pour stabiliser cette pensée, il y a nécessité de choix arbitraires, non strictement imposés par le réel; ils reviennent par exemple à désigner un archétype de A, ou à poser un axiome qui le définit. Ces choix peuvent être qualifiés de "mises en absolu". Ils sont inévitables pour continuer à avancer, forts dans la mesure où tout s'appuie sur eux. Mais fragiles et « arbitraires » (humains, fondés sur des choix esthétiques, éthiques, politiques; discutables, « interprétables », révisables). Ils ne sont pas réfutables dans le sens qu'ils ne sont pas complètement imposés par le réel. Nous parlerons de raison complexe (au premier sens d'Edgar Morin) pour désigner le fonctionnement d'une telle rationalité (Morin, 2004, 2005, 2010; voir aussi Dujardin et Guy, 2012).

Ce qui est important, c'est de voir que les disciplines isolées fonctionnent déjà pro parte sur un mode complexe. Il y a des choix arbitraires cachés, aussi bien au niveau des hypothèses de départ qu'à l'intérieur du fonctionnement même de la discipline. Par exemple, en physique statistique, on construit un lien entre les valeurs des grandeurs microscopiques des particules individuelles (leurs positions et vitesses) et celles des grandeurs nouvelles définies à l'échelle macroscopique (température, pression, potentiels thermodynamiques etc.). Les choix arbitraires cachés se trouvent dans les hypothèses statistiques permettant de faire des calculs de combinatoire et de définir des fonctions mathématiques utiles pour les prévisions dans les calculs de moyennes (voir par exemple LeCoze, 2010). Une discipline apparaît déjà ainsi comme un mélange de rationalité complexe et cartésienne dans des proportions variables.

#### *La rationalité complexe en bref*

Il n'y a pas de début: on prend les choses par un bout, là où elles sont. Plusieurs départs sont possibles qui peuvent conduire à plusieurs résultats. C'est une façon de parler de pluralisme théorique, c'est-à-dire de la coexistence de plusieurs explications entre lesquelles il peut y avoir contradiction (suivant les choix faits de « mise en absolu »). Il y a récursivité, c'est-à-dire absence de distinction claire entre élément et relation. On doit sans cesse reprendre les formulations (recherche d'un point de vue « méta »); il y a incomplétude; on est conduit à des régressions à l'infini; on doit les arrêter, lors de mises en absolu fragiles. On ne peut énoncer de lois générales et universelles mais se contenter d'analyses singulières. Par contraste avec la démarche cartésienne on éprouve un sentiment d'insécurité, d'incertitude, de renoncement. Les choix arbitraires faits mettent bien en évidence que toutes les sciences sont humaines et sont fondées autant sur des pratiques que sur des définitions que l'on ne peut toujours donner.

Nous pouvons par opposition aux trois principes d'Aristote énoncer trois principes de la raison complexe. *Relation*: A n'est pas non-A; *accueil de la contradiction*: quand on pense

à A, on pense à non-A. D'une certaine façon alors on tient à la fois A et non-A. *Dépassement*: la pensée vivante est toujours dépassement. On parle aussi de raison antagoniste (Léonhardt, 2008), pensée de la relation, pensée systémique (dans une certaine mesure). Cela rejoint aussi la pensée non strictement discursive telle la pensée dite visuelle.

#### **4. L'interdisciplinarité et l'articulation entre rationalité cartésienne et complexe**

L'interdisciplinarité est un mode de travail scientifique où les disciplines sont reliées non seulement par un projet commun comme dans la pluridisciplinarité mais où il y a de surcroît création de connaissance à l'interface entre les disciplines impliquées. Le lien n'est pas automatique et fait apparaître de nouveaux arbitraires. Ceux-ci se composent avec ceux déjà présents dans le fonctionnement des disciplines isolées et qui se manifestent plus visiblement à l'occasion de cette association. Nous pouvons de nouveau distinguer associations en série et en parallèle. Dans le cas d'association en série, la difficulté provient de ce qu'il n'y a pas de raison que les « variables de sortie » d'une discipline correspondent strictement, sans ajout ni soustraction ni modification, aux « variables d'entrée » de l'autre discipline. Une telle organisation en série reflète un choix de hiérarchisation des disciplines. Les scientifiques doivent alors transformer les sorties d'une discipline pour les rendre assimilables par une autre. Dans le cas d'une association en parallèle, le découpage du réel qui a donné lieu aux fondements séparés des deux disciplines peut lui-même être interrogé et faire apparaître des choix à reprendre.

La rationalité complexe (accepter la contradiction, sortir du logos propre à la discipline) permet la création de savoirs aux interfaces entre disciplines. Concrètement, un chercheur qui s'engage dans une démarche interdisciplinaire doit abandonner son cadre habituel, apprendre de nouveaux concepts, un nouveau langage et changer ses priorités. Le chercheur passe, au moins temporairement, lors de l'initiation de la démarche interdisciplinaire, par une perte d'efficacité dans sa production scientifique.

L'ensemble des disciplines constitue un système complexe : ce qui est lien entre elles peut aussi être un nouvel élément. Ainsi, un travail à l'interface entre des disciplines peut devenir une discipline. Par exemple, l'aéroélasticité est à l'interface entre les mécaniques des fluides et des structures. Pour renouer avec l'efficacité, pour agir, des travaux à l'interface entre des disciplines peuvent engendrer une discipline dont les relations avec les disciplines parentes (de même que le fonctionnement interne) reposent à nouveau sur la rationalité cartésienne. Dans le cas de l'aéroélasticité cité à l'instant, la discipline interface revêt tous les signes extérieurs d'une discipline scientifique (apparition d'une communauté avec son propre langage, ses congrès, ses revues, ses sociétés savantes ...). La création d'une discipline interface est le mécanisme fondamental par lequel la pensée complexe peut renouer avec l'action : pour pouvoir aller au-delà d'une frontière (dans notre cas entre disciplines) il faut d'abord nommer cette frontière, et nous la nommons discipline interface. Il y a là une imbrication entre rationalités complexes et cartésiennes. Notons qu'il convient de voir tout cela dans une perspective évolutive, l'interdisciplinarité se manifestant comme la transformation avec le temps de la pluridisciplinarité.

Un schéma comparatif des relations pluridisciplinaires et interdisciplinaires est donné en Figure 1.

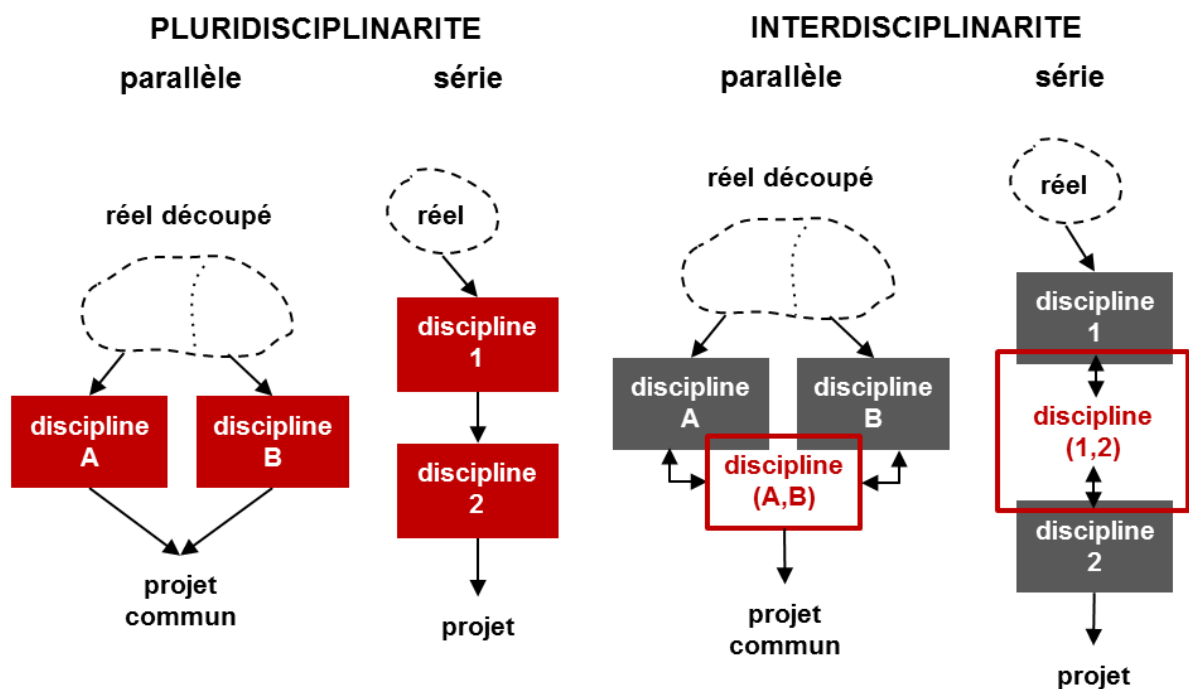


Figure 1 : schéma des relations pluridisciplinaires et interdisciplinaires en série et en parallèle

## Deuxième partie : Etude d'exemples

### 5. Articulation des rationalités cartésienne et complexe lors de la conception d'un avion

Avant de parler de la conception d'un avion par une entreprise moderne, remémorons nous un enfant qui conçoit un avion. L'avion inventé est unique et il le restera. Cet avion est le fruit d'une interaction matérielle et affective entre l'enfant et son l'environnement. Dans le même temps, cet avion constitue un élément de l'environnement, qu'il vient modifier. Un enfant qui conçoit un avion procède ainsi par la rationalité que nous avons qualifiée ci-dessus de complexe. Mais l'enfant invente essentiellement seul et on ne peut pas dans son cas parler de disciplines scientifiques.

Une entreprise moderne qui conçoit un avion implique un grand nombre de spécialistes (de la dizaine au millier). Les principaux domaines scientifiques impliqués en conception d'avions sont l'aérodynamique, le contrôle, la motorisation et la mécanique des structures, auxquels il faut ajouter l'économie de cette industrie. Pour être plus réaliste, on devrait en fait considérer des sous-spécialités qui sont celles dont se revendiquent les spécialistes, par exemple l'aérodynamique des écoulements laminares ou turbulents, ou la mécanique des structures métalliques ou composites, mais nous n'irons pas à ce niveau de détails.

Il y a eu très tôt dans l'histoire de la conception aéronautique un besoin de collaboration entre disciplines. Avant les années 1970, cette collaboration est organisée par hiérarchisation des relations entre disciplines physiques, suivant le schéma à la Auguste Comte de la pluridisciplinarité en série : les propositions émanent de l'aérodynamique et « cascaded » vers le contrôle, la motorisation et les structures où l'on vérifie la faisabilité du cahier des charges.

A partir des années 1970, ce schéma se montre insuffisant. L'industrie aéronautique est devenue mûre, avec des marges de performances techniques réduites et un besoin croissant d'analyse économique du cycle de vie (fabrication, maintenance, ...). Deux défauts de la pluridisciplinarité en série apparaissent : d'une part, le flux séquentiel d'information génère des délais du fait de l'hétérogénéité des temps de réponse des disciplines et des cycles dans le processus de conception (par exemple lorsqu'on s'aperçoit tard de la non faisabilité structurale d'une option aérodynamique de départ) ; d'autre part, comme les disciplines ne sont pas traitées de la même manière, on ne peut pas mesurer les vrais impacts de chaque discipline sur l'optimalité de l'avion.

Le besoin d'analyse de l'articulation de l'ensemble des disciplines du système aéronautique redevient sensible dans les années 1970 et 80. Des travaux sont réalisés qui s'intéressent aux échanges entre disciplines à la fois en termes d'organisation humaine du travail et d'analyse quantitative. De telles approches préexistaient sous la forme de travaux isolés (cf. exemples remontant à la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle donnés dans Smith, 1997) qui correspondaient à des expressions de rationalités complexes car inscrites dans un pluralisme théorique. A partir des années 80, le besoin de travaux aux interfaces et le développement de la simulation numérique engendrent l'émergence de deux nouvelles disciplines scientifiques : l'*ingénierie concourante* (e.g., Takeuchi et Nonaka, 1986) pour les aspects liés à l'organisation du travail et l'*optimisation multidisciplinaire* (e.g., Sobieski et Barthelemy, 1985) pour l'analyse mathématique quantitative. La collaboration entre disciplines en conception d'avion devient à proprement parlé interdisciplinaire car les lieux d'échanges entre disciplines sont eux-mêmes constitués en disciplines. Les disciplines impliquées en conception d'avion présentent une caractéristique des systèmes complexes : ce qui fait lien est aussi élément. Dans le cas plus général des systèmes industriels complexes, l'importance des interfaces entre composants humains ou matériels a été décrite dans Krob (2009). La constitution et la gestion de ces frontières y est présentée comme une activité scientifique baptisée "architecture des systèmes".

## **6. Exemples en sciences de la terre**

### **6.1. L'hydrogéologie**

L'hydrogéologie semble a priori être une association d'obtention « directe » entre géologie et hydraulique. On va appliquer les lois de l'hydraulique à un milieu poreux naturel que nous permet de décrire une connaissance géologique fine de telle ou telle roche. Y a-t-il vraiment matière à discussion ? Dans la pratique, les choses ne sont pas simples, car l'on a besoin d'un paramètre macroscopique, la perméabilité, qui n'est pas fourni directement par l'hydraulique. Si l'on estime que l'on sait appliquer les lois de la mécanique des fluides à un milieu poreux (ce qui suppose déjà un changement d'échelle et de loi : on parle de

l'émergence de la loi de Darcy où apparaît la perméabilité), il se trouve que la géologie ne va pas nous donner une perméabilité de façon « automatique ». Il faudra mesurer ce paramètre ou l'estimer de façon séparée de la démarche proprement géologique, même si, dans un second temps (c'est-à-dire, une fois connues les perméabilités d'un certain nombre de roches « typiques »), la géologie pourra nous guider dans les ordres de grandeurs à attendre du paramètre pour telle situation. La discussion porte en particulier sur les échelles d'espace et de temps qui nous intéressent pour un problème donné. Et suivant ces besoins, la discussion porte alors sur la nature des roches (qui peut en somme varier suivant l'échelle) et les paramètres hydrogéologiques qu'on leur associe. Nous avons des degrés de liberté reliant type de roche, valeur de perméabilité et échelle. Rien n'est donné à l'avance, tout se discute. On voit à cette occasion le rôle de l'homme dans ces choix arbitraires « extérieurs ». L'hydrogéologie constitue un exemple d'interdisciplinarité au sens où nous l'avons discuté à l'instant.

## 6.2. Disciplines de l'environnement

On peut donner d'autres exemples à propos des nombreuses disciplines qui portent le nom d'*environnement*. Par rapport au cas précédent, il s'agit alors davantage de pluridisciplinarité, au sens de l'association de plusieurs disciplines pour un même projet, mais portant en elle les germes d'une nouvelle discipline à l'interface. Regardons la situation particulière où l'on doit, dans un problème de pollution de sols, associer les trois disciplines que sont la géologie, l'histoire et la biologie. Géologie, car il faut bien caractériser la pollution du point de vue chimique et minéralogique dans le sol, en allant parfois jusqu'à des études fines (nature et taille des minéraux, texture, histoire de la roche). Mais l'étude de la répartition de cette pollution ne fait pas l'économie de ce que l'on pourrait appeler l'histoire : histoire industrielle, histoire d'une pollution dramatique... : on ne peut pas tout inspecter par la géologie et l'histoire nous dit où regarder. Et le mot même de pollution fait référence à l'homme et à la biologie : quels éléments chimiques sont-ils toxiques pour l'homme ? On devine les multiples discussions utiles pour relier les trois disciplines (il y en a en réalité bien plus). Quels éléments faut-il analyser dans les roches (géologie) ? Quelle bio-disponibilité (biologie) ? Où sont-ils (histoire industrielle) ? Quels sont les seuils toxiques (politique, médecine etc.) ? Ce sont à chaque fois des questions auxquelles il faut répondre en fonction de telle situation particulière et qui rendent « complexe » l'articulation entre disciplines, à l'opposé d'une soudure automatique et générale a priori. On met en évidence des choix arbitraires extérieurs à chaque discipline prise isolément ; comment les doser ? Comment articuler à travers eux les disciplines ? La nouvelle discipline « environnementale » ainsi composée, relie, englobe et manifeste une rationalité compréhensive, non désignante.

Dans ces deux exemples, nous avons montré rapidement les arbitraires présents à la jointure entre disciplines ; nous aurions pu analyser aussi, dans la suite de ce que nous avons dit dans la section 3 comment, au niveau des disciplines individuelles elles-mêmes, la rationalité complexe est déjà présente. Cela nous obligerait à rentrer de façon plus approfondie dans chaque discipline. Peut-on évoquer, par exemple pour la géologie, la distinction entre ce qui est naturel et ce qui est artificiel (d'origine humaine) qui peut dans certains cas être problématique ; on pourrait examiner aussi l'hydraulique et son enracinement dans la physique. Une discipline comme l'histoire (à propos d'environnement) ne fait pas non plus l'économie de nombreux choix tant de nature méthodologique que dans la délimitation de son domaine.



## 7. Conclusions

Nous avons envisagé ici quelques façons de relier les nombreuses disciplines que nous connaissons aujourd'hui. S'il est difficile de parler de tels liens de façon générale (il faut sans doute examiner de nombreuses autres situations que celles que nous avons regardées), nous avons dans un premier temps insisté sur les arbitraires souvent cachés, propres à chaque discipline, et qui se trouvent en somme multipliés lorsque nous les associons (ils sont caractéristiques de la rationalité complexe). Nous avons dans un second temps expliqué comment, dans les scénarii interdisciplinaires, il existe un cycle de vie des disciplines interfaces : leur émergence met en œuvre de la rationalité complexe et leur maturation implique une rationalité de plus en plus cartésienne.

## Références bibliographiques

- Blanchard-Laville C. (2000) De la co-disciplinarité en sciences de l'éducation, *Revue Française de Pédagogie*, 132, 55-66.
- Caillé A. (1997) Guerre et Paix entre les sciences: disciplinarité, inter et trans-disciplinarité, cahier n° 10 du M.A.U.S.S. (Mouvement Anti-Utilitariste dans les Sciences Sociales).
- Dujardin Ph. et Guy B. (2012) Vers une pensée de la relation, échanges entre un anthropologue et un physicien, Actes des 2° Ateliers sur la contradiction, coord. B. Guy, Presses des mines, Paris.
- Krob D. (2009) Eléments d'architecture des systèmes complexes, in: *Gestion de la complexité et de l'information dans les grands systèmes critiques*, A. Appriou, Ed., 179-207, CNRS Editions.
- LeCoze, J. (2010) Le passage du macroscopique au microscopique, de la grosse forge à l'entropie statistique, quelles sont les hypothèses invisibles ? Actes des Ateliers sur la contradiction 2009, Presses des Mines, Paris, 101-110.
- Léonhardt JL (2008) L'homme de science et sa raison.
- Morin E. (2004) *Ethique (la méthode 6)*.
- Morin E. (2005) *Introduction à la pensée complexe*.
- Morin E. (2010) *Logique et contradiction*, in: Actes des Ateliers sur la contradiction 2009, Presses des mines, Paris.
- Smith, R., P. (1997) The historical roots of concurrent engineering fundamentals, *IEEE Trans. on Eng. Management*, vol.44, no. 1, pp. 67-78.
- [Sobieski, J.](#), [Barthelemy, J. F. M](#) (1985) Improving engineering system design by formal decomposition, sensitivity analysis, and optimization, NASA Technical Document No. 19850011475.
- Takeuchi, H., Nonaka, I. (1986). *The new new product development game*. Harvard Business Review, 137-146.