Les ressorts de la flexibilité instrumentale, elle-même support de l'interdisciplinarité

Vincent Simoulin

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ress/2243>

DOI : 10.4000/ress.2243

ISSN : 1663-4446

Éditeur

Librairie Droz

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2012

Pagination : 67-92

ISBN : 978-2-600-01704-6

ISSN : 0048-8046

Référence électronique

Vincent Simoulin, « Les ressorts de la flexibilité instrumentale, elle-même support de l'interdisciplinarité », *Revue européenne des sciences sociales* [En ligne], 50-2 | 2012, mis en ligne le 01 janvier 2016, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ress/2243> ; DOI : 10.4000/ress.2243

LES RESSORTS DE LA FLEXIBILITÉ INSTRUMENTALE, ELLE-MÊME SUPPORT DE L'INTERDISCIPLINARITÉ

VINCENT SIMOULIN

Université de Toulouse – CERTOP
vincent.simoulin@univ-tlse2.fr

Résumé. L'interdisciplinarité est de plus en plus recherchée et repose sur des dispositifs tels que les laboratoires, les colloques ou des instruments flexibles. Certains instruments sont si complexes que leur flexibilité suppose cependant un continuel travail d'organisation. La présente étude analyse un instrument scientifique, un synchrotron, qui permet le fonctionnement simultané de dizaines d'expériences et peut être utilisé par de nombreuses communautés. Parmi une quarantaine de laboratoires dans ce synchrotron, on peut distinguer quatre stratégies de recherches qui correspondent chacune à un type particulier de recherche, d'organisation et à un rapport avec l'environnement. La flexibilité qui autorise certaines formes d'interdisciplinarité est acquise par la continuelle évolution de chacun de ces laboratoires, par les échanges entre eux qui permettent des évolutions de chacun et des intercalages entre eux et par des échanges au sein des communautés d'utilisateurs et avec d'autres synchrotrons.

Mots-clés: communautés scientifiques, disciplines, instruments, interdisciplinarité, organisations internationales.

Abstract. The interdisciplinarity is more and more looked for and rests on devices such as laboratories, colloquiums or flexible instruments. Some instruments are however so complex that their flexibility supposes a continual work of organization. This study analyzes a scientific Instrument, a synchrotron, which allows the working out of several experiments at the same time and can be used by a lot of scientific communities. Among forty laboratories one can point to four Research Strategies which are linked to one kind of experiment, of organization and to a relation with the Environment. But there is also a continuous evolution of the Uses, of the Instruments and of these Strategies. The flexibility which authorizes certain forms of interdisciplinarity is acquired by the continual evolution of each of these laboratories, by the exchanges between them in the same synchrotron who allow evolutions of each and interwedgings between them and by exchanges within users' communities and with the other synchrotrons.

Keywords: scientific communities, disciplines, instruments, interdisciplinarity, international organisations.

La Commission européenne, le CNRS, et bien d'autres financeurs et utilisateurs de la recherche scientifique prônent le développement de l'interdisciplinarité. Ils recommandent une coopération plus approfondie et plus fréquente entre les sciences humaines et sociales et les sciences « dures », tout comme au sein de ces deux grands ensembles. Cette insistance sur les vertus de l'interdisciplinarité qu'il faudrait développer signale pourtant également les difficultés de celle-ci et les limites qu'elle rencontre. Les plus citées sont « un manque de langage commun entre les disciplines, les prétendus risques de superficialité ou d'éclectisme des programmes interdisciplinaires et l'impossibilité de contrôle de la qualité de la recherche selon la procédure de *peer-review*... » (Origgi, Darbellay, 2010, p. 11). L'interdisciplinarité peut être cosmétique lorsqu'il s'agit d'une simple rhétorique destinée à obtenir des crédits, décevante lorsque les résultats ne paraissent pas atteindre les canons de qualité disciplinaires ou lorsque les membres d'une discipline cherchent à imposer leur point de vue aux autres. La seule façon de faire reconnaître un travail interdisciplinaire pourrait finalement être de le traduire en autant de versions qu'il y a de disciplines, en le mettant à chaque fois en perspective par rapport à la littérature et aux recherches de chaque discipline (Sperber, 2010, p. 20-23).

Surmonter ces difficultés est d'autant plus important que l'interdisciplinarité est vue comme un moyen de surmonter des « cloisonnements arbitraires de la pensée » (Darbellay, Paulsen, 2008, p. 2) et comme un processus qui va « au-delà de la simple juxtaposition de points de vue disciplinaires, (qui) met en œuvre la collaboration et l'intégration entre des disciplines spécifiques autour d'un objet commun, dans une perspective de coproduction des connaissances » (*ibid.*, p. 4). Autrement dit, elle est définie comme le résultat recherché d'une tentative lucide et maîtrisée d'humains rationnels, comme si les effets pervers n'existaient pas. Au-delà de son caractère idyllique, ce type de définition ne conduit-t-il pas à une vue extrêmement restrictive ? À force de se focaliser sur le résultat plutôt que sur les moyens pour l'atteindre, et en particulier pour mettre en œuvre ces traductions disciplinaires, ne risque-t-il pas d'en compromettre la tentative ?

On peut en effet considérer d'une part qu'il sous-estime les conséquences non voulues de la conduite humaine et les effets d'agrégation entre les pratiques et stratégies d'acteurs différents, et d'autre part qu'il ignore la réalité des coopérations et des échanges véritables entre les chercheurs. L'interdisciplinarité n'est sans doute pas seulement «active», au sens qu'elle reposerait sur un dialogue effectif et des efforts communs pour dépasser les cloisonnements disciplinaires, elle est aussi un produit non recherché et peut-être peu perçu des recherches disciplinaires, un fruit «collatéral» mais bien réel d'efforts visant une autre fin. Les chercheurs rattachés à des disciplines différentes doivent en effet souvent communiquer entre eux en l'absence de but clair et commun; ils échangent entre eux et ils s'imitent les uns les autres autant si ce n'est plus qu'ils cherchent à se distinguer, mettant ainsi en place les conditions d'une future interdisciplinarité «active». On pourrait même soutenir que l'interdisciplinarité au sens strict du terme, c'est-à-dire consciente et active, suppose l'existence préalable d'une interdisciplinarité «collatérale» issue de la diffusion d'un concept, d'un instrument ou d'un protocole technique dans diverses communautés disciplinaires.

De fait, des dispositifs tels que les laboratoires ou les colloques, tout en affichant le plus souvent une forte identité disciplinaire, ont comme l'une de leurs missions fondamentales de permettre des dialogues et des rencontres entre des chercheurs issus de disciplines différentes. Selon Peter Galison (1997), une fonction essentielle des laboratoires est ainsi de permettre à des communautés scientifiques différentes de s'ajuster les unes aux autres. Il qualifie d'«intercalages» les processus de décalage et de rattrapage entre les ruptures qui existent entre les différentes populations de physiciens (théoriciens, instrumentalistes, expérimentalistes). Comme ces trois populations ne vivent pas au même rythme, une innovation chez l'une ne se traduit pas nécessairement immédiatement chez les autres. Ce sont les échanges au sein des laboratoires qui vont permettre à chacun de les percevoir et de s'y adapter plus ou moins facilement et heureusement. Si son analyse décrit un dialogue intradisciplinaire, on peut l'étendre aux échanges entre les disciplines.

Les instruments contribuent également à l'interdisciplinarité. Certains peuvent être utilisés par tous de par leur simplicité et parce qu'ils sont destinés à un seul usage ; la conséquence en est toutefois que l'interdisciplinarité « collatérale » induite est relativement limitée. Le fait qu'un biologiste et un linguiste maîtrisent au même degré un logiciel de traitement de texte identique permet par exemple une communication mais ne va guère plus loin. Certains instruments sont au contraire très complexes car ils peuvent dans une certaine mesure se plier aux us et coutumes de leurs utilisateurs et permettent par cette flexibilité des coopérations entre des personnes très diverses. Ils ont été qualifiés par Terry Shinn (1997 et 2000) de « génériques ». Ils sont à la source d'une interdisciplinarité qui n'est pas recherchée à l'origine et provient plutôt d'une convergence des pratiques.

Parmi ces instruments génériques, on peut citer le synchrotron. Il a été développé par les chercheurs de la physique des hautes énergies dans les années 1940-1950 mais a progressivement été conquis par d'autres communautés disciplinaires qui l'utilisent de façon plus brève et moins intense. Il s'agit d'un accélérateur de particules dont l'objet est de produire un faisceau de rayons X très puissant, stable et fin (Farge, 2012). Ce faisceau tourne à grande vitesse dans un anneau et est ensuite orienté vers des laboratoires, appelés « lignes de lumière » (Simoulin, 2007 et 2012), généralement trente ou quarante, qui sont répartis tout autour de l'anneau. Nous décrivons plus précisément les expériences que permet cet instrument au cours de notre article mais l'objectif en est fondamentalement de scruter sur chaque ligne des échantillons très variés afin d'analyser leurs propriétés. Un synchrotron fonctionne en effet comme un institut de service, une « plateforme » (Mangematin et Peerbaye, 2004), un lieu où une instrumentation rare et coûteuse est mise à la disposition d'utilisateurs dans l'optique de réduire les coûts et de pousser les performances à un niveau de qualité qu'un seul laboratoire ne pourrait atteindre seul.

Le synchrotron fait partie de ces « machines contemporaines du savoir » (Knorr-Cetina, 1999) qui peuvent être utilisées par des chercheurs qui n'ont pas connu la même socialisation, ont un rapport différent à l'environnement naturel qu'ils étudient (échantillons, etc.) et s'insèrent dans des collectifs de

travail diversement importants, cohésifs et concurrentiels. Il ne s'agit pas seulement de regrouper les moyens, ni de standardiser les procédures, mais de mettre un même instrument à la disposition de chercheurs qui n'ont que très peu en commun et qui n'aspirent pas à unifier leurs pratiques. Pour autant, le fait d'utiliser cet instrument très complexe oblige à un certain apprentissage et, quand bien même ce n'est perçu par aucun chercheur, à une évolution des protocoles scientifiques. On n'est donc pas ici dans le cadre d'une interdisciplinarité stricte, mais bien dans celui d'un instrument qui pousse à une convergence entre les disciplines, convergence qui est à notre sens un préalable à la recherche de l'interdisciplinarité *stricto sensu*. À ce titre, conformément aux analyses de Shinn (1997, 2000), l'instrument est un moyen parmi d'autres, comme les laboratoires par exemple, de remédier (par sa flexibilité) au processus continu de différenciation du champ scientifique (Merz, 2006).

Si l'on peut donc soutenir que l'interdisciplinarité repose sur des moyens tels que la flexibilité des instruments (ou des institutions d'intercalage comme les laboratoires), on ne fait pourtant que repousser ici la question qui devient de déterminer les facteurs permettant cette flexibilité instrumentale. En sociologie des sciences (Vinck, 1999 et 2006), la prise en compte de l'instrumentation a certes permis d'aborder les transactions et les coopérations entre les acteurs en se penchant sur des objets, qu'ils soient « frontières »¹ (Star et Griesemer, 1989) ou commissionnaires / médiateurs² (Jeantet et al., 2000). Ces analyses ont cependant aussi souligné les potentielles résistances de l'instrument (Callon, 1986) face à ces tentatives d'assemblage et qu'il n'apparaissait jamais comme une ressource toujours disponible, un *Deus ex Machina* dont les vertus d'assemblage iraient de soi. Il est certes susceptible de « déplacements » (Latour, 1989), c'est-à-dire d'in-

- 1 Les « objets-frontières » sont ceux qui permettent la coopération d'acteurs hétérogènes car ils coexistent dans plusieurs mondes sociaux et sont assez plastiques pour à la fois tolérer d'y être investis de significations différentes et imposer une certaine identité commune à travers les sites.
- 2 Les auteurs de cette distinction désignent les objets « médiateurs » comme ceux qui permettent des opérations de conception et de coordination d'acteurs divers que ces objets n'enferment pas beaucoup car ils sont encore ouverts. Ils ont précisément pour vertu de permettre une coopération par leur flexibilité. Les objets « commissionnaires » sont ceux qui correspondent à la fermeture issue de la décision, ils sont prescriptifs pour les acteurs à venir et leur émergence correspond à la structuration progressive d'un champ d'action.

flexions pour l'adapter à un nouvel usage, mais cela suppose de surmonter des contraintes pour l'objet lui-même. La flexibilité qu'il est susceptible de tolérer peut de ce fait être limitée. La mise en œuvre de l'instrument est problématique et on peut s'interroger sur les facteurs qui permettent réellement sa mise à disposition. S'il semble donc acquis que la flexibilité instrumentale autorise une interdisciplinarité qu'on pourrait appeler collatérale ou préalable, se pose la question des conditions qui permettent cette flexibilité.

Le synchrotron poussant la flexibilité à un degré rare, il nous permet d'observer minutieusement la façon dont un même instrument, très complexe, peut favoriser une interdisciplinarité collatérale. Il nous offre l'exemple d'un instrument destiné à produire des résultats de façon adaptée à chaque discipline, donnant lieu à une forme d'interdisciplinarité en amont de celle qui consiste à traduire des résultats scientifiques pour diverses disciplines. Nous chercherons donc à partir de son étude à nous interroger sur ce qui permet précisément cette flexibilité. Il nous faudra pour cela tout d'abord étudier les usages qu'autorise un synchrotron avant de voir comment l'instrument et ses servants s'adaptent à ceux-ci et la façon dont les collectifs ainsi construits évoluent avec le temps.

I. DES USAGES DIFFÉRENCIÉS

L'étude qui sert de soubassement à notre réflexion porte sur la construction d'un grand équipement scientifique : l'*European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF)³. C'est un institut de service auquel des chercheurs extérieurs proposent des expériences. Des comités d'experts les examinent et les sélectionnent, du « temps de faisceau » est accordé à celles qui sont retenues et les équipes qui les

3 Ce synchrotron financé à l'origine par une douzaine de pays européens l'a été sur une base purement intergouvernementale. Il a été construit à Grenoble entre 1986 et 1998. C'est un institut scientifique dont la mission est à la fois de conduire des expériences, de faire progresser l'instrumentation dans son domaine, ainsi que d'accueillir des chercheurs extérieurs et de les aider à réaliser leurs expériences sur place. Le lecteur intéressé par l'ESRF et l'histoire de sa construction en trouvera une présentation synthétique dans l'article de Farge (2012) et développée dans le livre que nous lui avons consacré (Simoulin, 2012) grâce à trois études menées sur une durée de quinze ans. Cet article est basé sur l'enquête conduite au printemps 2005 à partir de 76 entretiens semi-directifs réalisés selon les méthodes de l'analyse stratégique (Crozier, Friedberg, 1977).

ont proposées viennent sur place pour les réaliser. La préparation de la ligne à des utilisations très diverses requiert un travail important de la part d'une équipe de ligne, qui a en charge la définition, la construction et le développement des équipements qui permettent la réalisation des expériences. Chaque équipe comprend un chercheur responsable, des scientifiques, des techniciens, des postdocs et des doctorants. Chacun assiste à tour de rôle une équipe d'utilisateurs extérieurs venus pour réaliser une expérience, laquelle peut durer de quelques minutes à plusieurs semaines selon ses caractéristiques. Selon l'un de ses fondateurs (Farge, 2012), environ 15 à 20 % des expériences qui sont mises en œuvre à l'ESRF relèvent de la physique, 25 à 30 % des sciences de l'ingénieur, 15 % de la chimie et 25 à 30 % de la biologie.

Ces usages variés de l'instrument synchrotron sont bien sûr une contrainte pour ceux qui sont chargés de l'entretien et du développement d'une ligne car chaque type d'expérience oblige à une reconfiguration de l'instrument en fonction du personnel qu'il faudra consacrer à la préparation de celle-ci, des équipements qu'il faudra acquérir pour la mener à bien et de l'intérêt qu'elle présente ou non pour l'équipe de la ligne. On verra que c'est également une ressource car les scientifiques en charge d'une ligne peuvent choisir de cibler tels utilisateurs, d'ouvrir leur ligne ou au contraire de la spécialiser sur certains usages, et donc d'en refuser d'autres, ce qui leur ouvre la possibilité de s'appuyer sur les utilisateurs qu'ils privilégient.

1.1. LES USAGES « NOVICES »

On doit tout d'abord assigner une place particulière aux disciplines qui sont en train de conquérir le synchrotron : les médecins, paléontologues, conservateurs de musée, etc. Pour ceux-ci, le synchrotron est avant tout un instrument d'imagerie, un microscope extrêmement puissant. Il a pour intérêt de reconstituer en trois dimensions des objets dont le temps n'a laissé qu'une partie (parfois infime) subsister, de les dater ou de voir comment évolue un pigment sur un tableau ancien. Il permet également de savoir comment un objet ancien a été construit, pourquoi il se dégrade et comment on peut limiter ou stopper cette dégradation. Parmi les recherches de ce type, on peut citer des expériences

menées par des conservateurs néerlandais sur la composition d'un tableau de Manet (Krug, Dik et al., 2006), d'autres conduites par le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France et L'Oréal sur la nature des cosmétiques utilisés par les Égyptiens deux-mille ans avant notre ère (Martinetto, 2001) ou enfin des recherches menées par des paléontologues de divers pays sur la structure de fossiles vieux de 580 millions d'années (Chen et al., 2006).

1.2. LES USAGES DES CRISTALLOGRAPHES

La cristallographie macro-moléculaire correspond à un type particulier d'utilisateurs. Eux aussi utilisent essentiellement le synchrotron comme un instrument de « mesure ». Ils en font cependant une utilisation très régulière et cet instrument leur est absolument indispensable. Leurs expériences sont courtes, standardisées et nombreuses. Il s'agit d'exposer une série de molécules au faisceau de rayons X afin de déterminer leur structure tridimensionnelle. Chaque molécule est analysée et la « manip » ne prend que quelques minutes pour chacune, ce qui signifie qu'un même utilisateur vient avec des dizaines d'échantillons qu'il expose l'un après l'autre.

1.3. LES USAGES LIÉS AU VIVANT

Il arrive que les biologistes et médecins utilisent le synchrotron en tant que microscope, mais ils peuvent également s'en servir comme d'un moyen de traitement, par exemple afin de développer des méthodes alternatives à la radiothérapie pour traiter certaines tumeurs cancéreuses. Le synchrotron est alors utilisé comme un dispositif qui permet une irradiation extrêmement précise et intense sur des zones délimitées. Un enjeu de cette recherche est ainsi de concevoir soit de nouvelles techniques d'irradiation plus efficaces (Brauer-Krisch et al., 2005) soit des dispositifs plus petits qui pourraient être utilisés dans des hôpitaux spécialisés en dehors du synchrotron lui-même.

Plus encore que pour l'observation d'objets anciens et précieux, il est ici impératif de prévenir tout dommage à l'animal, voire à l'être humain, qui est placé sous le faisceau pour l'irradier. On ne peut pour des raisons d'efficacité et d'éthique laisser un animal anesthésié trop longtemps dans le faisceau. Pour les

mêmes raisons, on ne peut non plus trop automatiser ce type de ligne et chercher à multiplier les expériences car il est impossible d'accélérer le temps d'anesthésie. Là aussi, ces usages réclament un personnel important et très averti :

Quand je suis arrivé, il n'y avait rien pour cultiver des cellules, c'est la base. C'est des outils conçus pour la physique et pas pour la biologie. En biologie, les protocoles sont plus longs, on ne peut pas venir une semaine et repartir. (Ancien postdoc)

L'ESRF s'est transformée pour accueillir ces utilisateurs, notamment en créant une animalerie, ainsi qu'en nouant des relations de partenariat avec l'INSERM⁴ et le CHU⁵ de Grenoble. Face à un instrument qui n'a pas tout à fait été pensé pour eux, les biologistes doivent en effet accroître la taille des équipes et multiplier les coopérations. Ils doivent plus que d'autres lignes ou d'autres scientifiques plaider leur cause car ils ne demandent pas seulement un temps de faisceau (d'autant plus que le nombre d'expériences de biologie est bien plus important que ce qui était prévu initialement par l'ESRF) mais une certaine reconstruction de l'instrument à leur image, ce qui passe par la création de laboratoires autonomes, d'une animalerie ou simplement de bureaux pour accueillir leurs équipes.

1.4. LES USAGES EXPÉRIMENTAUX

Les physiciens et les chimistes sont ceux qui ont historiquement développé les synchrotrons, ont été les premiers à les utiliser et les ont dans une assez large mesure conçus à leur usage. Leur formation peut être assez différente selon leur discipline (physique / chimie), leur spécialité et leur pays d'origine, mais, même s'ils utilisent un synchrotron pour la première fois, ils sont familiers avec beaucoup des instruments utilisés, avec la plupart des théories et notions mises en œuvre et avec certains logiciels utilisés, ou du moins ils savent qu'ils auront affaire à tout autre chose qu'à Windows.

4 Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale.

5 Centre Hospitalier Universitaire.

On pourrait ici décrire de multiples usages possibles par les physiciens et chimistes, voire par d'autres utilisateurs avertis. Il peut s'agir de voir comment se déforme un matériau quand il est écrasé (Maaß et al., 2006) et on peut alors comparer la déformation selon les températures auxquelles il est soumis ou des caractéristiques modifiables (épaisseur de l'échantillon, etc.). L'objectif peut être de définir les propriétés magnétiques d'un composant lorsqu'il est soumis à des pressions extrêmes (Leupold et al., 2003), les propriétés magnétiques et électroniques de films ultra-fins (Valvidares et al., 2004) ou les modifications que la surface d'une molécule connaît quand elle entre en contact avec un métal (Hauschild et al., 2005). Plus que comme un microscope, le synchrotron est utilisé comme un laboratoire miniature et il s'agit de voir comment réagit tel ou tel échantillon dans tel ou tel environnement. Au-delà des différences, considérables dans les usages, l'aspect scientifique et expérimental de ces «manips» tient à ce qu'elles nécessitent de reconstituer un environnement sur la ligne et d'utiliser le faisceau pour saisir la réaction d'un échantillon qui lui est soumis.

2. UNE DIFFÉRENCIATION DES LIGNES

Les utilisateurs se distinguent donc par leur degré d'expertise de l'objet synchrotron, par le caractère plus ou moins techniquement novateur de leurs recherches, sans oublier bien sûr leur autorité, leur crédit scientifique et les réseaux et appuis dont ils disposent. On peut distinguer quatre types principaux de lignes⁶, qui correspondent à la mise en application de quatre stratégies possibles pour répondre à la flexibilité exigée par cette variété des usages. La répartition des lignes de l'ESRF selon ces types est résumée dans le tableau suivant⁷ :

- 6 Il va de soi que beaucoup de lignes représentent des situations intermédiaires, ne serait-ce que parce que ces types représentent aussi des stades d'évolution des lignes. Ces catégorisations sont bien sûr discutables pour un certain nombre de lignes qui sont plus ou moins assimilables à deux types. Chacun pourra se reporter au site internet de l'ESRF où chaque ligne est présentée, aussi bien en ce qui concerne les techniques qu'elle utilise que son équipe et ses publications, pour vérifier son accord (ou non) à la typologie que nous proposons, laquelle vaut dans l'absolu pour un moment (2005) et est en perpétuelle évolution quant au rattachement des lignes à un type.
- 7 Chaque ligne est désignée par le terme ID (pour *Insertion Device* : élément d'insertion) suivi d'un numéro (qui désigne la position de la ligne dans l'anneau que représente le synchrotron).

	LIGNES À CONFIGURATIONS MULTIPLES	LIGNES COMMUNAUTAIRES	LIGNES À PUBLICS MULTIPLES	LIGNES RATIONALISÉES
LIGNES CONCERNÉES	ID 02, ID 08, ID 10 ID 11, ID 13, ID 15 ID 18, ID 20, ID 24	ID 01, ID 02, ID 03 ID 09, ID 12, ID 16 ID 26, ID 28, ID 32	ID 17, ID 18 F ID 19, ID 21, ID 22	ID 14, ID 23, ID 29, ID 31

2.1. LES LIGNES À CONFIGURATIONS MULTIPLES

Les lignes que nous désignons ainsi sont des lignes dont la configuration (set up) varie beaucoup selon les expériences. Ce sont celles où il y a de nombreux set-up mis à la disposition d'utilisateurs qui sont très différents, c'est-à-dire qu'on démonte des équipements et qu'on les remonte autrement à quasiment chaque expérience. Sur ce type de ligne, l'innovation perpétuelle est extrêmement valorisée et, même si tous connaissent en théorie les configurations des autres membres de l'équipe, chacun développe le plus souvent la sienne :

Notre ligne est complètement différente, c'est comme un lego, on fait de la cristallographie des protéines, de la dynamique des systèmes, on doit réarranger les blocs presque chaque semaine. C'est en partie parce que notre domaine de recherche est très jeune, il se développe dans beaucoup de directions à la fois. On n'a pas une communauté assez grande pour fixer la ligne dans une seule direction. On a un utilisateur qui veut essayer les hautes pressions, puis il revient l'année suivante et dit qu'il a besoin du microfaisceau. Si on stoppe, la ligne sera fermée dans 5 ans car les utilisateurs auront perdu tout intérêt. (Scientifique).

La bonne volonté de tous est ici requise et il en résulte que les différences de statut sont en partie gommées. Les postdocs sont extrêmement importants car ils représentent l'avenir de la communauté, une partie importante des développements de l'instrumentation et un lien précieux avec les utilisateurs extérieurs. Pour les ingénieurs et techniciens, et même pour les scientifiques membres de l'équipe de ligne, ce type de stratégie représente une double contrainte. Il leur faut d'une part assurer un support vraiment quotidien, toujours dans l'urgence, et d'autre part intervenir assez régulièrement lors des remontages de la ligne.

Si ce type de ligne connaît le succès, elle peut progressivement (ou brutalement) changer de nature, d'une part car ses utilisateurs vont se professionnaliser, d'autre part car il va y avoir une convergence au moins relative des expériences. Le nombre de configurations possibles va se réduire de 5 ou 6 à 3 ou 4, puis à 2. Au terme du processus, soit la ligne se spécialise sur les recherches les plus intéressantes, soit on en crée deux à la place d'une. Cela ne change pas seulement son statut, mais aussi son mode de fonctionnement et ses relations avec l'extérieur.

Le scientifique en charge de la ligne peut bien sûr refuser de se spécialiser et laisser ce public d'utilisateurs professionnalisés à d'autres lignes, mais il lui est malgré tout difficile de résister à la pression née d'une demande toujours plus forte. Si la communauté se structure et se développe, une ligne à configurations multiples peut devenir une ligne « communautaire » (ou plusieurs).

2.2. LES LIGNES COMMUNAUTAIRES

Dans ce type de lignes, il existe une communauté relativement centrale, même s'il arrive également que des néophytes interviennent. Par rapport aux « lignes à configurations multiples », elles sont beaucoup plus stables, on ne les reconstruit pas de façon plus ou moins importante pour chaque expérience. Cela ne signifie ni que les expériences qui s'y déroulent sont routinières, ni qu'elles ne représentent pas de défis scientifiques. Au contraire, comme ces lignes représentent d'une certaine manière une spécialisation, elles vont souvent au bout des possibilités actuelles.

Comme il existe une communauté constituée, la priorité du responsable de ligne est de nouer des collaborations de long terme avec des scientifiques du domaine. Les utilisateurs profanes ont bien sûr aussi accès à ces lignes, et ils sont même de plus en plus nombreux puisqu'ils représenteraient à peu près 20 % des expériences, mais ils n'y sont pas vus comme le partenaire naturel.

Avec les années, il y a une sorte de groupe fixe d'utilisateurs, les gens se connaissent, ils savent ce qu'on peut faire. On est en contact avec eux avant l'écriture des propositions. Il est très rare de voir une proposition qu'on ne connaisse pas. (Scientifique).

Pour autant, ces lignes ne se distinguent des lignes à configurations multiples que par une plus grande stabilité et par une plus grande homogénéité de leur public. Dans cette logique, les lignes communautaires représentent une seconde étape de la vie des lignes à configurations multiples, mais il ne s'agit pas d'un trajet nécessaire et irréversible. Inversement, il y a aussi une vie des lignes qui fait qu'une ligne communautaire peut redevenir à configurations multiples si la technique qu'elle avait privilégiée a épuisé ses vertus. Il y a entre ces deux premiers types une différence de degré et non de nature, et des passages possibles d'une ligne de l'un à l'autre. Ce sont en fait deux sous-types d'un même type, de la même façon que les deux derniers types que nous allons désormais présenter sont également très proches entre eux et différents de ce premier type.

2.3. LES LIGNES À PUBLICS MULTIPLES

Un certain nombre de lignes correspondent presque exclusivement à des usages « novices ». Face à des utilisateurs qui ne savent parfois pas du tout ce qu'est un synchrotron, comment il fonctionne et quel type de résultats il permet d'obtenir, les équipes de ces lignes doivent, selon le terme consacré à l'ESRF, leur « tenir les mains ». Elles doivent s'en donner les moyens, ce qui suppose de recruter plus de personnel que l'équipe théorique qui est dédiée à une ligne.

Le rayonnement synchrotron a ici deux avantages : celui d'offrir une capacité de résolution inégalée et surtout celui de ne pas affecter les objets examinés qui sont souvent rares et fragiles. En effet, la puissance du faisceau permet de limiter l'exposition à quelques minutes et sa focalisation sur un espace très limité prévient aussi les dommages. Ce sont les usages en termes d'imagerie et de « microfocus » qui sont privilégiés. Différentes images sont par exemple prises de la même portion d'un échantillon à des énergies différentes et c'est leur comparaison qui permet d'analyser la composition de celui-ci, la façon dont il s'est formé (pour un fossile), a été conçu (pour un tableau ou artefact humain) ou son vieillissement.

Ces usagers n'ont aucune connaissance en matière de synchrotron, et les employés de l'ESRF doivent donc les aider. De façon générale, on peut dire que plus l'utilisateur est novice, plus l'équipe de la ligne doit être nombreuse.

Nos utilisateurs ne savent pas ce qu'est un monochromateur, un détecteur. Ils veulent juste utiliser, c'est pour cela que l'équipe de la ligne est très importante, elle donne un support technique quand les utilisateurs démarrent leurs expériences. (Ligne médicale).

Sur ces lignes, les équipes ne sont pas seulement plus importantes numériquement, elles sont aussi plus hiérarchisées. Le travail du responsable de ligne n'est pas tant d'accueillir et d'aider les utilisateurs, ni même de faire des choix stratégiques du point de vue de l'orientation scientifique de la ligne, que de trouver de nouveaux utilisateurs, et, plus qu'ailleurs, du personnel et des équipements supplémentaires. Ce type de ligne réclame aussi la construction de tout un environnement spécifique pour bien fonctionner, par exemple des laboratoires de biologie, de chimie ou une animalerie. Plus que d'autres lignes, elles sont intéressées à des coopérations avec l'environnement scientifique proche.

On peut avoir dans notre groupe trois fois plus de personnes sur chaque ligne que ce qui est prévu par l'ESRF. Car l'imagerie s'adresse à des communautés très variées. Ces gens-là ne connaissent pas nécessairement le synchrotron, par exemple les paléontologues, donc il faut absolument quelqu'un qui les aide du début à la fin. Donc on va chercher des aides européennes pour financer ces personnes, mais aussi on va chercher des collègues qui veulent faire des recherches avec nous, des universitaires, des chercheurs du CNRS, de l'INSERM, et en échange ils donnent un coup de main. Ils ont un bureau ici, c'est en accord avec leur chef de labo car il a quelqu'un de compétent qui peut amener des sujets de qualité vers l'ESRF. Et il peut profiter d'un désistement, car le temps demandé est quatre fois supérieur au temps disponible. (Scientifique).

Encore convient-il de préciser que, comme pour les deux premiers types de lignes que nous avons distingués, les utilisateurs ont appris à connaître le monde synchrotron, ont formé des étudiants qui ont fait des thèses, décroché des postes et que ces lignes ne sont pas nécessairement destinées à toujours accueillir des néophytes. Ne peut du reste être réellement novice qu'un utilisateur qui vient pour la première fois à l'ESRF et qui n'a jamais utilisé de synchrotron auparavant. Tous les autres, même ceux qui ont une formation très éloignée des sciences de la nature, acquièrent dès leur première visite un certain

nombre de compétences. Ils apprennent à quoi peut leur servir l'instrument, comment ils doivent se préparer à son utilisation et les limites de celle-ci.

Disons-le autrement, dès leur premier contact avec un synchrotron, les utilisateurs changent et leurs usages aussi. Un conservateur de musée qui utilise pour la dixième fois un synchrotron, même s'il ne ressemble toujours en rien à un biologiste ou à un physicien qui en est également à sa dixième expérience, n'est plus un novice pur. Ces lignes peuvent par conséquent elles aussi devenir des lignes communautaires, à supposer toutefois que leurs communautés d'utilisateurs se structurent dans cette perspective. Il est vrai qu'elles peuvent aussi se développer dans une autre direction et, comme les lignes de cristallographie l'ont fait, tenter de renforcer leur aspect de service à des profanes plutôt que de chercher à se développer comme des centres de recherche plus autonomes et complets.

2.4. LES LIGNES RATIONALISÉES

Il est en effet temps d'aborder les lignes de cristallographie macro-moléculaire. Elles sont les seules à avoir entrepris de rationaliser et d'industrialiser autant que possible le traitement des utilisateurs. Ce sont des lignes de biologistes qui ne s'intéressent absolument pas au synchrotron en tant que tel. Les expériences sont standardisées, courtes (parfois quelques minutes). Non seulement la ligne ne varie pas, ou le plus souvent quasiment pas, selon les expériences mais tout est fait pour que les diverses lignes de l'ESRF (et même d'Europe) se ressemblent le plus possible en ce qui concerne leur interface informatique et pour que la manipulation y soit la plus simple possible. Le support d'échantillon est standardisé et, au contraire de la plupart des autres lignes, il est rare qu'il faille construire une pièce au dernier moment.

Ces lignes ont des coopérations nombreuses et importantes avec les industriels, en particulier les firmes pharmaceutiques, qui payent pour effectuer leurs expériences à l'ESRF. Elles amènent de nombreux échantillons lors d'une manipulation, les mettent sous le faisceau les uns après les autres pour regarder leur structure et repartent avec les photos. À l'indifférence relative des utilisateurs qui rend les coopérations plus délicates, s'ajoute donc également une

certaine pression commerciale née des relations avec ces firmes pharmaceutiques qu'il faut veiller à ne pas décevoir. Les équipes des lignes travaillent pour gagner encore du temps en créant des robots chargés de tester une cinquantaine d'échantillons à la suite sans intervention humaine⁸.

Ce sont les lignes où la hiérarchie est la plus sensible. L'organisation est aussi rationalisée que possible pour gérer une demande très forte, très homogène et très stable⁹ et tous, utilisateurs, lignes et scientifiques, sont plus ou moins interchangeables. En revanche, ces lignes ont plus de difficulté à développer une activité scientifique. Dans la mesure où leur communauté s'intéresse peu au synchrotron, il est difficile aux scientifiques de publier des articles ou de se faire une réputation sur l'instrumentation de la ligne, ou sur les innovations qu'ils lui ont apportées. Il y a ici un découplage entre l'activité scientifique et le service aux utilisateurs qui n'est observable sur aucune autre ligne, même sur les lignes à publics multiples.

3. UNE CONTINUELLE RECOMPOSITION DES COLLECTIFS DE RECHERCHE

La première réponse à la variété des usages repose par conséquent sur une différenciation des lignes dont il importe de noter qu'elle n'est pas strictement déterminée par les usages eux-mêmes. Si les lignes rationalisées correspondent à la biologie macro-moléculaire, ce n'est pas le cas des autres lignes qui conjuguent souvent plusieurs usages. La personnalité du scientifique responsable d'une ligne comme la composition de son équipe jouent aussi et peuvent conduire au choix d'une ligne très différente. Qui plus est, celle-ci n'est pas figée et la seconde façon dont l'ESRF manifeste sa flexibilité envers les demandes de ses utilisateurs se manifeste par des passages de telle ou telle ligne d'un type à

8 On retrouve ici des éléments déjà mis en lumière par d'autres études, notamment celle de Karin Knorr-Cetina (1999) qui avait également comparé la biologie moléculaire à une production industrielle.

9 Les études classiques de sociologie des organisations avaient bien montré l'influence de l'environnement, et notamment de son degré de stabilité et de prévisibilité. On pourra consulter sur ce point *L'Acteur et le Système* de Michel Crozier et Erhard Friedberg (1977).

un autre. De fait, ce n'est pas seulement la ligne qui change puisque chacune forme un collectif avec les scientifiques qui l'exploitent et la développent, les ingénieurs et techniciens qui leur assurent un support au sein de l'ESRF et les utilisateurs qui viennent réaliser une expérience. Il suffit que l'un des membres de ce collectif change et c'est le fonctionnement même de la ligne qui varie.

C'est bien sûr parfaitement évident si les utilisateurs changent. Il arrive qu'une ligne soit réaffectée, change de communauté scientifique, soit parce que la demande des utilisateurs a changé, soit parce que l'équipe qui s'occupait de la ligne n'a pas réussi à faire la preuve de son efficacité ou de l'intérêt des expériences réalisées. Il en va de même si c'est le responsable de ligne qui change, voire un membre de l'équipe. L'arrivée d'un nouveau postdoc ou doctorant peut se traduire par le développement d'un nouveau thème de recherche, le lancement de nouveaux instruments ou logiciels et très souvent par la mise en place d'une coopération renforcée avec son université d'origine (qui fera parfois elle-même le travail de création de ces instruments et logiciels). Les changements sont également possibles, bien que ce soit moins généralement le cas, lors du changement d'un ingénieur ou d'un technicien, soit qu'il apparaisse comme novice et qu'il faille le former, soit au contraire qu'il soit si expert qu'il parvienne à influencer sur la préparation et la réalisation des expériences.

Mais la période étudiée (2005) est aussi spécifique en ce qu'elle correspond au début du passage d'une génération à l'autre, au remplacement de ceux qui ont imaginé et construit les lignes par de nouveaux responsables de ligne qui reçoivent un instrument techniquement construit et affecté à des utilisations scientifiques données. Les premiers connaissaient très bien le détail de leur ligne. Les seconds maîtrisent le principe de tous les équipements mais ni la perfection de leur réalisation, ni leur degré plus ou moins grand d'usure. D'où une attitude très différente, et une logique générale qui pousse toutes les lignes vers une automatisation de plus en plus grande et une amélioration des interfaces au fur et à mesure que les constructeurs s'en vont :

Ceux qui ont reçu une ligne déjà faite veulent, comment dire, quelque chose de plus automatique, ils ne veulent pas savoir comment cela marche. C'est logique, le premier va mettre des bouts de ficelle ensemble, le second va automatiser. [...] Nous, la demande est moins ciblée avec quelqu'un qui connaît moins bien la ligne, on passe de «ce truc est cassé» à «cela ne marche pas». (Informaticien).

Disons-le autrement, la seconde génération de scientifiques est moins à même de «domestiquer» par des savoirs tacites une ligne dont elle connaît peu la genèse, ce qui la conduit d'une part à s'en remettre davantage aux ingénieurs et techniciens qui poussent à une plus grande standardisation de la ligne, et d'autre part à davantage aligner les performances et les spécificités de la ligne sur celles de lignes comparables dans d'autres synchrotrons. Là où pesaient seulement pour la première génération de responsables de lignes les contraintes d'usage et les attentes à satisfaire des utilisateurs, s'ajoutent pour la seconde génération les pressions à standardiser un objet ligne redevenu mystérieux pour ceux qui sont chargés de l'entretenir et de le développer. On peut dire ici que l'objet médiateur de la première génération est devenu un objet commissionnaire pour la seconde (Jeantet et al., 2000), il n'est certes pas figé mais il est en première analyse opaque et oblige à réorganiser la ligne, ses stratégies et les relations de son équipe avec l'environnement et ses utilisateurs.

Il faut aussi considérer non plus un seul synchrotron, l'ESRF, mais l'ensemble de la communauté qui conçoit, développe, entretient et utilise des synchrotrons, étant entendu qu'il en existe plusieurs dizaines à travers le monde, que c'est un instrument dont l'usage ne cesse de se répandre et qu'on en construit de nouveaux chaque année, y compris dans des pays qui le découvrent comme l'Inde ou le Brésil. Il y a par exemple une ligne médicale à l'ESRF, mais il y en a aussi une dans plusieurs autres synchrotrons et les équipes de ceux-ci comme les utilisateurs sont en communication constante. Tous cherchent à trouver un équilibre entre la nécessité de spécifier chaque ligne médicale et d'éviter les duplications et concurrences absolues, et celle de garantir une certaine convergence des recherches, des instrumentations et des *modus operandi*. L'imitation de recettes éprouvées ailleurs et le poids des pressions pour une certaine uniformi-

sation de tous les acteurs de la communauté, toutes deux aux fins de réduire les risques pour l'équipe de ligne, apparaissent ici comme des contraintes de second ordre qu'il faut prendre en compte non plus seulement dans l'environnement de la ligne (laboratoires connexes, etc.), mais dans son architecture elle-même.

Pour des raisons qui tiennent au développement des communautés scientifiques (importance numérique, socialisation de leurs membres à l'usage du synchrotron, directions scientifiques et instrumentales choisies par les autres lignes de la communauté, etc.), mais aussi au renouvellement générationnel des responsables de ligne, les lignes à configurations multiples tendent dans la période qui s'ouvre à devenir communautaires et les lignes à publics multiples se rapprochent des lignes rationalisées. Et on peut sans doute faire l'hypothèse qu'un mouvement inverse de balancier suivra quelques années plus tard lorsque les nouveaux responsables auront mieux acquis la maîtrise de leur ligne et chercheront à conquérir une indépendance relative par rapport à leurs communautés d'utilisateurs et à leurs exigences soit en nouant des partenariats avec d'autres lignes pour leur transférer certaines demandes, soit en réouvrant leur ligne à des usages novices ou a priori éloignés du public auquel leur ligne est destinée.

4. UNE ORGANISATION AU SERVICE DE SES UTILISATEURS

On retrouve ici la notion de «travail d'organisation» (Terssac [de], 2000 et 2003), c'est-à-dire le fait que toute activité suppose une constante réorganisation des hommes et des dispositifs, un calibrage qui les place en harmonie relative les uns par rapport aux autres. On répond également à notre question sur les contraintes que l'activité de médiation fait peser sur l'objet, en rappelant les efforts qu'elle représente pour les équipes de ligne en termes de démontage / remontage et en termes d'effort intellectuel pour sans cesse imaginer et expérimenter de nouvelles configurations. C'est bien en termes de collectifs constitués par les lignes, les équipes qui les développent et leurs utilisateurs qu'il faut poser une question de la traduction qui n'a rien d'automatique et suppose des ajustements variés.

Ce design organisationnel fonctionne sur une double logique. Il s'assimile en premier lieu à un dispositif de « scanning organisationnel » qui a pour mission non seulement de satisfaire les demandes des utilisateurs mais également de constamment s'employer à percevoir les évolutions de celles-ci et à entretenir une démarche de veille et d'anticipation. La flexibilité est ici un objectif et le scanning vise à ce que l'instrument réponde aux attentes de ses usagers. Il fonctionne aussi en second lieu comme un dispositif de captation (Cochoy, 2004) qui a pour but de conquérir de nouveaux utilisateurs, de les fidéliser et de garantir autant que possible le développement d'expériences novatrices et porteuses de publications prestigieuses. La flexibilité est là un moyen pour atteindre un autre objectif qui est celui du développement de l'ESRF.

Finalement, on constate qu'une importante flexibilité instrumentale répond à la diversité croissante des usages du synchrotron. Chaque ligne varie profondément dans ses caractéristiques au rythme de sa vie propre et de celui de la communauté ou des communautés qu'elle sert. La ligne apparaît bien comme un « objet frontière » (Griesemer, Star, 1989) qui permet par une reconfiguration plus ou moins constante et profonde la rencontre ou au moins dans un premier temps l'utilisation simultanée de communautés parfois très différentes. Il y a ici un « intercalage » (Galison, 1997) qui se réalise même à différents niveaux, ce qui revient à dire que c'est un objet qui multiplie les croisements de frontières.

Il se réalise tout d'abord sur chaque ligne où se croisent plus ou moins de communautés et de publics. Il se réalise ensuite au niveau de l'ensemble de l'ESRF puisque les lignes coopèrent dans une certaine mesure et s'influencent les unes les autres, ainsi que leurs communautés d'utilisateurs à travers l'évolution de leur instrumentation qui autorise de concevoir et de réaliser des expériences inspirées d'une communauté dans une autre. Enfin, l'intercalage se réalise entre les synchrotrons, à la fois entre chaque ligne d'un même type, par exemple d'une ligne médicale à une autre, et entre les modes de relation élaborés par chaque synchrotron entre ces lignes et ces communautés d'utilisateurs. Autrement dit, chacun a des lignes plus performantes que d'autres, des partenariats différents entre elles et se présente finalement comme un « ordre local » (Friedberg, 1993) dont les autres apprennent et s'inspirent et face auquel ils se positionnent.

Autant dire que ce n'est pas l'objet technique en lui-même qui permettrait d'assurer la flexibilité instrumentale et par là de favoriser l'utilisation d'un même instrument par des communautés disciplinaires différentes. Il faut ici être résolument symétrique (Bloor, 1976) et faire droit non seulement aux caractéristiques propres au synchrotron qui permettent de se plier à des usages multiples, mais aussi aux modes d'organisation qui amènent les acteurs qui y évoluent à faire leurs les objectifs de la flexibilité et de la satisfaction des utilisateurs. C'est toute une communauté, non seulement celle qui entretient et développe le synchrotron auquel nous avons eu accès, mais celle qui participe à un titre ou à un autre au champ de l'instrumentation développée autour des synchrotrons, qu'il faut prendre en compte pour comprendre comment cet instrument assure les conditions de la rencontre et de la coexistence d'acteurs aussi divers. C'est dire que l'organisation étudiée nous ouvre une clef d'entrée à une compréhension plus globale du fonctionnement d'un champ de l'instrumentation et de l'expérimentation scientifique.

À ce titre, les modes d'organisation apparaissent moins comme des sources (statiques) d'une flexibilité qui serait inscrite dans les caractéristiques de l'instrument, que comme les ressorts qui permettent de la construire et de la reconstruire. Chaque demande nouvelle, qu'elle soit imprévue, sollicitée et en quelque sorte imaginée par le travail prospectif de l'organisation, aboutit à des reconfigurations aussi bien de l'objet technique que des acteurs qui le servent et s'en servent (Akrich, 1989). Et c'est effectivement ainsi, autrement dit à un prix élevé et grâce à des investissements continus, qui consistent notamment à s'appuyer sur son instrumentation au point de faire corps avec elle, que l'organisation peut parvenir à mobiliser son environnement et à s'en faire le porte-parole.

La flexibilité instrumentale est conquise bien plus qu'acquise, et même continuellement reconquise grâce à une organisation entièrement dédiée à cette fin. Sans réellement explorer cette voie, la sociologie des organisations avait défini le «ressort» d'une organisation comme sa capacité à mobiliser des soutiens au-delà de ses frontières formelles (Pagès, 1965 ; Crozier et Friedberg, 1977, p. 180). L'évolution des organisations vers l'action organisée (Friedberg, 1993), c'est-à-dire l'accélération et la généralisation du changement organisationnel, la porosité croissante des frontières organisationnelles et le développement des logiques réticulaires, nous

poussent désormais à le définir plutôt comme la capacité à se réinventer en permanence et à se reconfigurer de façon à répondre aux attentes de son environnement.

C'est à ce prix que le même instrument peut être utilisé par des communautés scientifiques si différentes et permettre une interdisciplinarité collatérale. En effet, les équipes d'utilisateurs se suivent sur les lignes sans réellement se parler. Ce n'est que rarement au sein du synchrotron lui-même et durant les expériences que les communautés disciplinaires échangent et se rapprochent les unes des autres. On constate pourtant que les quatre types de lignes que nous avons distingués ne se rattachent pas tous à une communauté disciplinaire, même si c'est le cas de la cristallographie macro-moléculaire, mais correspondent plutôt à des types d'usages qui peuvent concerner des physiciens ou des chimistes, des conservateurs de musée ou des paléontologues, etc. À force d'utiliser un même instrument, de le comprendre et de le faire évoluer, par l'action des équipes de l'ESRF qui consacrent un temps important à importer des idées et des dispositifs d'une ligne à l'autre, les différentes communautés disciplinaires se rapprochent les unes des autres sans même s'en rendre compte et la flexibilité durement conquise de l'instrument permet une convergence qui permettra dans un second temps l'interdisciplinarité « active ».

C'est bien semble-t-il à un tel stade qu'on est aujourd'hui parvenu pour certains usages novices. Depuis 2005, sont ainsi organisés des symposiums sur la radiation synchrotron en art et en archéologie, dont le premier s'est tenu à Grenoble et dont le plus récent a eu lieu en juin 2012 au *Metropolitan Museum of Art* à New York. Quelques décennies après les biologistes, qui s'étaient formés à un instrument développé par les physiciens et les chimistes, ces nouveaux utilisateurs ont créé un lieu de rencontre qui leur permet d'échanger sur les techniques et de former les autres membres de leur communauté. Un enjeu important est ainsi de convaincre¹⁰ ceux-ci que le rayonnement synchrotron n'est pas dangereux pour des peintures de valeur ou des objets rares. Mais le plus important est bien sûr de leur expliquer comment des techniques initialement développées pour d'autres sciences peuvent être adaptées à de nouveaux usages ; par exemple comment une

10 <http://www.esrf.eu/news/general/art-archaeology>

expérience conçue pour la géologie afin d'étudier des matériaux minéraux et organiques dans le but de reconstruire l'histoire de la planète peut profiter à la paléontologie en permettant l'étude des fossiles par l'imagerie tri-dimensionnelle. Une technique comme la spectrométrie fluorescence X, initialement utilisée pour étudier la composition des minéraux, peut aussi révéler comment les pigments perdent leurs couleurs, c'est-à-dire comment une toile vieillit et comment on peut la préserver. À ce stade, lorsque les membres de disciplines très différentes ont à la fois compris l'intérêt de l'instrument et appris à s'inspirer d'usages autres que les leurs, ils sont prêts pour une interdisciplinarité « active ». Il est permis de penser qu'aspirer à celle-ci en sautant cette étape de la convergence inaperçue, celle où les conditions d'une interdisciplinarité se construisent de façon collatérale, s'assimile à une entreprise peu susceptible de succès.

BIBLIOGRAPHIE

- AKRICH Madeleine, 1989, « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques », *Anthropologie et Sociétés*, 13-2, p. 31-54.
- BLOOR David, 1976, *Knowledge and social imagery*, Londres, Routledge.
- BRAUER-KRISCH Elke (et al.), 2005, « New Irradiation Geometry for Microbeam Radiation Therapy (MRT) », *Physical Medical Biology*, 50-13, p. 3103-3111.
- CALLON Michel, 1986, « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, 36, p. 169-208.
- CHEN Jun-Yuan (et al.), 2006, « Phosphatized polar lobe-forming embryos from the Precambrian of Southwest China », *Science*, 312-5780, p. 1644-1646.
- COCHOY Franck (dir.), 2004, *La Captation des publics. C'est pour mieux te séduire mon client...*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail.
- CROZIER Michel, FRIEDBERG Erhard, 1977, *L'Acteur et le Système*, Paris, Seuil.

- DARBELLAY Frédéric, PAULSEN Therens (dir.), 2008, *Le défi de l'inter-disciplinarité et transdisciplinarité. Concepts, méthodes et pratiques innovantes dans l'enseignement et la recherche*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- FARGE Yves, 2012, «L'élaboration du projet ESRF, la coopération européenne dans le domaine du rayonnement synchrotron», *Histoire de la recherche contemporaine*, 1-1, p. 16-25.
- FRIEDBERG Erhard, 1993, *Le Pouvoir et la Règle. Dynamiques de l'action organisée*, Paris, Seuil.
- GALISON Peter, 1997, *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*, Chicago, University of Chicago Press.
- HAUSCHILD Annegret (et al.), 2005, «Molecular Distortions and Chemical Bonding of a Large? Conjugated Molecule on a Metal Surface», *Physical Review Letters*, 94-3, article number 036106, p. 1-4.
- JEANTET Alain, TIGER Henri, VINCK Dominique, TICHKIEWITCH Serge (dir.), 2000, «La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit», in Gilbert de Terssac, Erhard Friedberg (dir.), *Coopération et conception*, Toulouse, Octares, p.87-100.
- KRUG Kris, DIK Joris (et al.), 2006. «Visualization of pigment distributions in paintings using synchrotron K-edge imaging», *Applied Physics A*, 83-2, p. 247-251.
- LATOURE Bruno, 1989, *La Science en action*, Paris, Folio.
- , 1991, *Nous n'avons jamais été modernes*, Paris, La Découverte.
- , 2006, *Changer de société – refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte.
- LEUPOLD Olaf (et al.), 2003, «Electronic and Magnetic Transitions in Europium Compounds Studied by Nuclear Forward Scattering of Synchrotron Radiation», *Structural Chemistry*, 14-1, p.97-107.
- MAAB Robert (et al.), 2006, «Defect structure in micropillars using x-ray microdiffraction», *Applied Physics Letters*, 89-15, article number 151905, p. 1-3.
- MANGEMATIN Vincent, PEERBAYE Ashveen, 2004, «Les grands équipements en sciences de la vie: quelle politique publique? », *Revue française d'administration publique*, 112, p. 705-718.

- MARTINETTO Pauline, 2001, «Synchrotron X-ray micro-beam studies of ancient Egyptian make up», *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 181, p.744-748.
- MERZ Martina, 2006, «Différenciation interne des sciences; constructions discursives et pratiques épistémiques autour de la simulation», in Jean-Philippe Leresche, Martin Benninghoff, Fabienne Crettaz von Roten, Martina Merz (dir.), *La Fabrique des sciences. Des institutions aux pratiques*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, p. 165-182.
- ORIGGI Gloria, DARBELLAY Frédéric (dir.), 2010, *Repenser l'interdisciplinarité*, Genève, Slatkine.
- PAGES Robert, 1965, «L'élasticité d'une organisation en crise de direction», *Sociologie du travail*, 7-4, p.364-382.
- SHINN Terry, 1997, «Crossing Boundaries: The Emergence of Research-Technology Communities» in Henry Etzkowitz, Loet Leydesdorff (dir.), *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, Londres, Pinter, p. 85-96.
- , 2000, «Formes de division du travail scientifique et convergence intellectuelle. La recherche technico-instrumentale», *Revue française de sociologie*, 41-3, p.447-473.
- SIMOULIN Vincent, 2007, «Une communauté instrumentale divisée... et réunie par son instrument», *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2, p.221-241.
- , 2012, *Sociologie d'un grand instrument scientifique. Le premier synchrotron de troisième génération*, Lyon, ENS Éditions.
- SPERBER Dan, 2010, «Pourquoi repenser l'interdisciplinarité?», in Gloria Origi, Frédéric Darbellay (dir.), 2010, *Repenser l'interdisciplinarité*, Genève, Slatkine, p. 19-30.
- STAR Susan Leigh, GRIESEMER James R., 1989, «Institutional Ecology, "Translations" and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39», *Social Studies of Science*, 19-3, p. 387-420.

- TERSSAC Gilbert (de), 2000, «Le travail de conception: de quoi parle-t-on?», in Gilbert de Terssac, Erhard Friedberg (eds.). *Coopération et conception*, Toulouse, Octares, p. 1-22.
- , 2003, *La Théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud. Débats et prolongements*, Paris, La Découverte.
- TRAWEEK Sharon, 1992, *Beamtimes and Lifetimes. The World of High Energy Physicists*, Cambridge, Harvard University Press.
- VALVIDARES Secundino M. et al., 2004, «Structural and magnetic properties of bcc Co films on Pt(001) studied by magnetic resonant surface x-ray diffraction, STM, and magneto-optical Kerr effect», *Physical Review B.*, 70-22, article number 224413, p. 1-8.
- VAUGHAN Diane, 1996, *The Challenger Launch Decision. Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*, Chicago, University of Chicago Press.
- VINCK Dominique, 1999, «Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales», *Revue Française de sociologie*, XC, 2, p. 385-414.
- , 2006, «L'équipement du chercheur: comme si la technique était déterminante», *ethnographiques.org*, 9 février 2006 (en ligne): <http://www.ethnographiques.org/2006/Vinck>