

Le consortium de recherche comme stratégie collective agglomérée : le cas de la « collaboration ATLAS » au CERN

Saïd YAMI

Université de Montpellier I

Bertrand NICQUEVERT

Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN)

Markus NORDBERG

Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN)

Classification JEL : O300

Correspondance :

Saïd Yami, ERFI/ISEM Université Montpellier I,
Espace Richter - Bâtiment E - Rue Vendémiaire, CS 19519
34960 Montpellier cedex 2
Email : said.yami@univ-montpl.fr

Résumé : Les recherches récentes sur les partenariats de R&D se sont surtout intéressées au domaine industriel entre organisations privées, sous l'angle des politiques gouvernementales d'incitation à l'innovation. Ces travaux laissent dans l'ombre le cas particulier de la collaboration scientifique publique et semi-publique, difficilement assimilable à un Consortium R&D. Pour mieux comprendre ce nouvel objet de recherche, nous proposons de l'aborder en tant que stratégie collective agglomérée à travers l'étude de cas approfondie de la Collaboration ATLAS, une expérience de physique des particules actuellement dans sa phase d'installation au CERN à Genève.

Mots clés : stratégie collective agglomérée – recherche publique – collaboration R&D – organisation non marchande.

Abstract : The recent management literature on Research and Development (R&D) partnerships mainly focuses on relationships between industrial firms in the context of public policy incentives. These studies leave unanswered questions concerning the particular case of public or semi-public scientific collaborations, hardly comparable to industrial R&D consortia. In order to better understand this new research object, we propose to analyse it as an agglomerate collective strategy in a case study of the ATLAS collaboration, a particle physics experiment currently being installed at CERN in Geneva, Switzerland.

Key words : agglomerate collective strategy – public research – R&D collaboration – non-profit organization.

Une littérature abondante depuis une vingtaine d'années témoigne de l'intérêt croissant des chercheurs en management stratégique pour l'étude des partenariats et coopérations. Étudiées principalement dans les contextes industriels marchands, les coopérations en R&D invitent à s'interroger notamment sur les politiques gouvernementales d'incitation à l'innovation (Dodgson et Bessant, 1996) ou les environnements socio-politiques d'innovation (voir, par exemple, Sakakibara, 1997 pour le Japon ; Dodgson, 2000 dans les pays émergents d'Asie). Les objets de recherche sont les partenariats technologiques (Doz, 1987 ; Hagedoorn, 1993), les stratégies coopératives (*Strategic Research Partnerships* [SRP] : Sakakibara, 1997, 2001a ; Sakakibara et Dodgson, 2003), les *joint-ventures* (Killing, 1983 ; Harrigan, 1985, 1986) ou les alliances stratégiques (voir, par exemple, Olleros et MacDonald, 1988 ; Borys et Jemison, 1989).

Toutefois, ces travaux laissent dans l'ombre le secteur non marchand de la recherche et le cas particulier de la coopération scientifique publique et semi-publique. En effet, bien que pouvant donner lieu à des retombées industrielles, la coopération en tant que moyen, répond avant tout à un objectif et à une mission centrés sur la découverte et l'approfondissement de la connaissance scientifique. Les enjeux stratégiques se révèlent à travers des programmes générant de la complexité et qui exigent un certain temps de développement, dont la justification s'exprime en termes d'utilité sociale plus qu'économique. Il nous semble alors que tenter de saisir les dimensions collaboratives et leurs dynamiques à un niveau interorganisationnel dans ce contexte « sectoriel » précis serait de nature à fournir des éléments de réflexion et de comparaison utiles au champ du management stratégique.

Pour mieux comprendre ce nouvel objet de recherche, que nous caractérisons comme stratégie collective « agglomérée » (au sens d'Astley et Fombrun, 1983), nous développons l'étude de cas approfondie de la « Collaboration ATLAS », une expérience de physique des particules actuellement (2005) dans sa phase d'installation au Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) à Genève. Il s'agit du plus grand effort collaboratif jamais tenté en sciences physiques, qui implique 1800 physiciens provenant de plus de 150 universités et laboratoires issus de 34 pays (voir Figure 3 en Annexe).

Nous montrerons, d'une part, que ce qui pousse les acteurs à collaborer et à mutualiser leurs ressources réside, d'abord, dans l'enjeu extraordinaire qui les réunit, à savoir une expérience en physique des

particules inédite et qui pousse très loin les limites scientifiques actuelles. Nous montrerons, d'autre part, qu'un cadre institutionnel souple et ouvert (*Memorandum of Understanding*) constitue la pierre angulaire, nécessaire au bon fonctionnement de la stratégie collective agglomérée.

Nous présenterons d'abord la « Collaboration ATLAS » du CERN (1.) par rapport au contexte du CERN et de l'expérience ATLAS, le cadre d'analyse qui justifie le choix de la théorisation sur la stratégie collective « agglomérée », ainsi que des éléments méthodologiques. Ensuite, nous présentons le cas à proprement parler de la « Collaboration ATLAS » (2.), en insistant particulièrement sur l'historique et les principales étapes du projet, ainsi que les caractéristiques du partenariat fondé sur le *Memorandum of Understanding* (logique partenariale ouverte et gouvernance « *soft* »). Enfin, sur la base de nos observations, nous proposons une réflexion sur les implications de l'étude de cas et concluons sur les déterminants et les modalités des stratégies collectives agglomérées (3.).

1. La « Collaboration ATLAS » du CERN : contexte, cadre d'analyse et éléments méthodologiques

1.1. Le contexte : présentation du CERN et de l'expérience ATLAS

Le CERN est un grand laboratoire de recherche fondamentale, s'attachant à découvrir les composants ultimes de la matière. C'est une organisation internationale ; il comporte vingt états membres européens, contribuant au budget du CERN à proportion de leur PIB, et en relation avec de nombreux états non-membres (États-Unis, Russie, Japon, Israël, ...). Son personnel est constitué de près de 2500 personnes, dont un tiers de physiciens de recherche et d'ingénieurs. Il accueille en permanence plus de 2000 personnes en support industriel et plusieurs milliers de visiteurs, physiciens et ingénieurs, venus de leur institut pour installer, améliorer et conduire des expériences, et exploiter les données récoltées au CERN. Son objectif est de construire et mettre en œuvre des accélérateurs de particules et de fournir l'infrastructure pour les détecteurs, dans le cadre des recherches fondamentales qui y sont menées.

Le budget annuel du CERN est d'environ 1 Milliard de Francs suisses (700 Millions d'Euros) et permet de développer un ensemble

d'accélérateurs de particules parmi les plus puissants du monde, et d'accueillir des détecteurs de particules complexes, fruits de collaborations internationales.

L'un des fleurons historiques du CERN fut la chambre à bulles Gargamelle, qui a permis de découvrir les « courants neutres » en 1973¹. Par la suite, les détecteurs du SPS (Super Synchrotron à protons) ont mis en évidence l'existence des particules porteuses de la force faible (liée à la radio-activité), ce qui a permis son unification avec la force électromagnétique et valut un prix Nobel à C. Rubbia et S. van der Meer².

Le dernier des accélérateurs en date, inauguré en 1989, est le LEP (*Large Electron Positron*). Il s'agissait d'un collisionneur d'électrons/positrons de 27 km de circonférence³, enterré à plusieurs dizaines de mètres de profondeur sous le sol et permettant d'atteindre à cette époque une énergie de 100 GeV (giga-électron-volt) au centre de masse. Grâce à la mise en place de cavités radiofréquences supraconductrices, l'énergie au centre de masse a dépassé 200 GeV dans ses derniers mois d'exploitation. Il a cessé de fonctionner à la fin de l'année 2000, et tous les équipements ont été démantelés pour laisser place à l'accélérateur suivant, le LHC (*Large Hadron Collider* : Grand Collisionneur de Hadrons).

Le complexe expérimental du LEP comprenait quatre détecteurs, qui avaient pour but d'enregistrer le comportement des particules résultant de la collision. Ils utilisaient entre autres les techniques de chambre multifils développées par G. Charpak (Charpak et Saudinos, 1994) et ont permis de confirmer les hypothèses du Modèle Standard décrivant le monde sub-nucléaire et de prouver qu'il n'existe que trois familles de particules.

D'autres expériences ont également défrayé la chronique (Baur et al., 1996), comme la création d'atomes d'anti-hydrogène en janvier 1996 ; elle démontre à la fois la grande complexité des dispositifs expérimentaux et le caractère fondamental des recherches menées.

Les retombées technologiques sont très nombreuses et profitent aux industries dans le cadre de transferts de technologie (Nordberg et Verbeke, 1999 ; Autio et al., 2003). Les domaines principaux de retombées

¹ Pour plus de détails, voir Fraser, Lillestøl et Sellevåg (1996), p. 68-69.

² Idem, p. 74-75.

³ Ibidem, p. 80-83.

sont la supraconductivité (développée pour obtenir des aimants au champ de plusieurs teslas, soit quelques centaines de milliers de fois plus élevés que le champ magnétique terrestre), l'ultravide (on ne construit pas impunément un tube à vide de 27 kms de long, et le vide atteint y est comparable à celui de la Lune), ou l'électronique d'acquisition (les débits attendus pour la prochaine génération équivaldront à plusieurs fois le trafic actuel de l'ensemble des conversations téléphoniques mondiales). Mais la plus populaire des retombées est sans doute le développement du *World Wide Web*, technologie hybride associant l'hypertexte à Internet, et dont l'essor fulgurant est bien connu ; il convient de ne pas oublier que le *Web* est né au CERN en 1990, pour répondre aux besoins de la communauté de physique des hautes énergies (Berners-Lee, 1999 ; Hameri et Nordberg, 1998).

La prochaine génération d'expériences est en cours d'installation dans un collisionneur protons/protons, le LHC, installé dans le tunnel du LEP. L'énergie au centre de masse atteindra 14 TeV (tétra-électronvolts), soit 60 fois plus que la génération actuelle. Il sera constitué de près de 2000 aimants supraconducteurs, nécessitant une installation cryogénique de plusieurs mégawatts et des faisceaux circulant dans l'ultravide. Le LHC permettra d'exploiter une nouvelle génération d'expériences. C'est à cette génération qu'appartient le détecteur ATLAS⁴.

ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*) est l'une des deux expérimentations polyvalentes du LHC. Placée autour d'un point d'interaction entre les paquets de protons du LHC, l'expérience ATLAS (voir Figure 1 en Annexe) aura pour tâche de découvrir le boson de Higgs, soupçonné par les physiciens d'être à l'origine de la masse (pourquoi les particules ont-elles une masse ? pourquoi y a-t-il davantage de matière que d'antimatière dans notre univers ?)⁵.

⁴Les expériences du LHC au CERN sont au nombre de 4 : ATLAS, CMS, LHC-b et ALICE. ATLAS et CMS sont les deux expériences polyvalentes sœurs, de taille et de complexité similaires. LHC-b et ALICE sont de taille moins importante et dédiées à des objets de recherche plus spécifiques.

⁵ATLAS Technical Proposal for a General-Purpose pp Experiment at the Large Hadron Collider at CERN, December 1994, ISBN 92-9083-067-0, CERN-LHCC-94-43, LHCC-P2, 15 December 1994, [http://atlas.web.CERN.ch /Atlas/TP/NEW/HTML/tp9new/tp9.html](http://atlas.web.CERN.ch/Atlas/TP/NEW/HTML/tp9new/tp9.html)

1.2. *Le cadre d'analyse : consortium de R&D ou stratégie collective « agglomérée » ?*

Pour aborder la question des coopérations multi-acteurs dans le secteur de la recherche scientifique, précisément sous l'angle des très grands projets tel que présenté plus haut, il nous est apparu naturel de partir d'abord du cadre d'analyse portant sur le consortium R&D, un mode de structuration assez classique et très courant dans de nombreux secteurs traditionnels (construction : bâtiments, autoroutes ; militaire, aéronautique...) et, surtout, dans les secteurs technologiques et de la recherche.

Entre autres modalités de coopération interorganisationnelle, le consortium R&D se définit, de manière générale, comme un « *groupement d'entreprises indépendantes ayant pour objet la réalisation d'un projet précis* »⁶. Plus spécifiquement, il s'agit d'une forme organisationnelle fondée sur un contrat entre des entreprises privées, des laboratoires et/ou des universités publiques, orienté vers un intérêt commun (Mothe et Quélin, 1999). En précisant plus l'objet, c'est « *une entité légale établie entre deux ou plusieurs organisations qui mettent en commun des ressources et partagent la prise de décision pour des activités coopératives de recherche et développement* » (Olk, 1999).

Au centre de ces définitions, largement admises par les auteurs⁷, réside l'idée d'une structure plus ou moins souple, sur base d'un contrat (même si ce n'est pas toujours dit explicitement) regroupant des partenaires (organismes publics ou privés) qui partagent des objectifs communs et un projet bien délimité.

De nombreux travaux récents, consacrés notamment à l'innovation technologique (Sakakibara, 2002), analysent cette forme de partenariat à un niveau interorganisationnel (voir par exemple : Aldrich et Sasaki, 1995 ; Doz et al., 2000 ; Evan et Olk, 1990 ; Mothe et Quélin, 1998 ; Mothe et Quélin, 1999 ; Olk, 1998 ; Olk et Young, 1997 ; Sakakibara,

⁶ Source : Définition générale des services de la direction générale « Concurrence » de la Commission Européenne. http://europa.eu.int/comm/competition/general_info/c_fr.html

⁷ La plupart des auteurs n'éprouvent d'ailleurs pas le besoin de recourir à une définition précise et proposent divers vocables comme c'est le cas pour Sakakibara (2001b) qui mentionne juste en note de bas de page que « *Cooperative R&D can be executed in many forms, including R&D contracts, R&D consortia, and research joint ventures. In this analysis, these forms are collectively referred to as R&D consortia or cooperative R&D projects, interchangeably.* »

1997, 2002...). Toutefois, ces recherches se focalisent pour l'essentiel sur des activités de R&D qui se situent en amont de leur exploitation sous forme de produits/marchés, dans un processus « pré-concurrentiel » non marchand (Mothe et Quélin, 2001). Le monde de la recherche et des chercheurs (laboratoires privés ou publics) sert ici de support aux activités de R&D impulsées par les entreprises et les groupes industriels. Mais, le cas des partenariats spécifiques dans le secteur de la recherche publique et semi-publique, impliquant exclusivement des acteurs issus du monde de la recherche, ayant pour seule vocation et unique centre d'intérêt la recherche scientifique, nous semble peu présent dans ces réflexions. D'autant que ce mode de fonctionnement est privilégié et de manière beaucoup plus importante aujourd'hui. En effet, depuis quelques années, les coopérations, sous différentes formes (plus ou moins formalisées et plus ou moins institutionnalisées) et dans différents contextes⁸, sont encouragées aux niveaux national, européen et international⁹ (voir, par exemple, Autio et *al.*, 1996). Le consortium de recherche en constitue une modalité parmi d'autres.

Au-delà d'une définition en termes de choix de structure partenariale, la référence à la littérature sur le consortium R&D ne nous convainc pas plus sur son utilisation dans notre cas. Notons d'ailleurs que les partenaires concernés ne parlent pas du tout de consortium et plutôt de « Collaboration ». Le statut juridique de la structure qui en émane exprime à cet égard ce choix délibéré des acteurs.

Notre propos ici tente de saisir une réalité organisationnelle en mouvement par rapport à un objet et un champ précis, qui se présente comme un modèle qu'il s'agirait de confronter et de comparer à d'autres.

La réalité organisationnelle actuelle tend à mixer les comportements coopératif et concurrentiel (Hamel et *al.*, 1989 ; Hamel, 1991). C'est vrai aussi dans le champ de la recherche scientifique où, hormis les logiques coopératives nécessaires à la réalisation de certains projets de recherche, la dimension concurrentielle entre les acteurs en interaction (chercheurs individuels, laboratoires et équipes de recherche, pro-

⁸ Citons à titre d'exemple les Unités Mixtes de Recherche (UMR), les Instituts Fédératifs de Recherche (IFR), les Groupements de Recherche (GDR), les Groupements d'Intérêt Scientifique (GIS), les Groupements d'Intérêt Public (GIP), les réseaux d'excellence (REX), les Projets Intégrés (PI) de l'Union Européenne...

⁹ Voir les Plans Cadres pour la Recherche et le Développement Technologique (PCRD).

jets...) se manifeste, tant en termes de ressources à convoiter et à acquérir (*inputs*) que de résultats à produire et à valoriser dans une logique de visibilité (*outputs*). Ces deux éléments de dynamique interorganisationnelle sont, à notre sens, indissociables. Cette idée est mise en évidence notamment à travers la notion de « *coopétition* » (Brandenburger et Nalebuff, 1995 ; Nalebuff et Brandenburger, 1997). Or, hormis le fait de qualifier et de préciser ce type de comportement dual dans la pratique, cette notion est en quête de théorisation.

Sans tomber dans l'invention d'un nouveau vocable ou d'une notion qui permettrait de caractériser notre objet de recherche, il existe une théorisation, à notre sens, originale et qui mérite d'être relue dans le contexte organisationnel contemporain des coopérations et alliances et qui convient particulièrement à l'étude de notre terrain. Dans cette théorisation proposée d'abord par Astley et Fombrun (1983), mise en perspective par la suite (cf. Astley, 1984 ; Bresser et Harl, 1986 ; Bresser, 1988), les auteurs privilégient une réflexion en termes d'adaptation des organisations fondée sur les apports de l'écologie humaine au management stratégique. Ils proposent de porter une attention particulière à l'environnement interorganisationnel où se réalisent des stratégies collectives, en distinguant ce niveau d'analyse de celui de l'environnement général (*corporate strategy*) et de celui des tâches (*business strategy*). Ils mettent ainsi en évidence quatre stratégies collectives selon la nature de l'interdépendance (« *commensale* », entre firmes de même espèce ou concurrentes vis-à-vis des ressources ; ou « *symbiotique* », entre firmes d'espèces différentes ou complémentaires vis-à-vis des ressources) et le type d'association (direct, c'est-à-dire avec contrat ; ou indirect, sans contrat) : confédérées, conjuguées, organiques et agglomérées.

Parmi les quatre stratégies proposées par Astley et Fombrun (1983), la forme particulière appelée « *stratégie collective agglomérée* », caractérisée par un commensalisme indirect (interdépendance horizontale informelle) suscite particulièrement notre intérêt en tant qu'objet de recherche. En effet, le contexte français et européen fournit, à notre sens, une matière riche pour l'étude de cette stratégie, peu mobilisée par les chercheurs en sciences de gestion, qui se situe au niveau de la structure « *agglomérée* » ou « *fédérée* » (Yami, 2003), née du comportement volontariste des entreprises ou organisations qui la constituent. Ses modalités sont variées : par exemple, les divers groupements d'organisations (GIE, GIS, GIP...), les labels, les AOC, les normes, les consortiums

R&D, les syndicats et associations professionnels, les cartels... Les autres types de stratégies collectives constituent, de notre point de vue, des objets de recherche à part entière largement étudiés par les chercheurs (alliances dyadiques, relations de sous-traitance, réseaux).

Tableau 1 – Les stratégies collectives (d'après Astley et Fombrun, 1983, p. 580)

Type d'association \ Type d'interdépendance	<i>Commensal</i>	<i>Symbiotique</i>
<i>Direct</i>	Confédérée	Conjuguée
<i>Indirect</i>	Agglomérée	Organique

Dans le cas de la « Collaboration ATLAS » du CERN, que nous allons détailler plus loin (en 2.), nous porterons une attention particulière à la structure et la dynamique de cette stratégie collective « agglomérée ». ATLAS constitue la structure « agglomérée » à la fois en tant qu'expérience (objet ou projet) et en tant que collaboration (structure). Au sein de cette structure, les niveaux individuel, organisationnel et interorganisationnel se croisent et forment des espaces stratégiques qu'il importe de saisir.

Ainsi, au niveau individuel, celui des chercheurs, nous considérons qu'ils disposent de ressources et compétences idiosyncrasiques et d'une certaine marge de manœuvre stratégique qui leur permettent d'agir comme de véritables « entrepreneurs » de petites organisations relativement à leur domaine de recherche et au sein de leurs sous-structures et projets dans ATLAS et hors d'ATLAS (groupes de chercheurs, laboratoires, départements, instituts,...). Il s'agit là d'une spécificité du monde de la recherche publique qui suppose une certaine liberté du chercheur vis-à-vis de son (ses) objet(s) de recherche et la manière de mener ses travaux de recherche. Il est dans ce sens capable de mobiliser ses réseaux personnels et ceux d'autres personnes et d'autres réseaux, de manière plus libre et plus indépendante de sa structure d'affiliation que ne le serait un chercheur dédié corps et âme à la R&D dans le secteur marchand. Les chercheurs existent au sein et à

l'extérieur de leurs structures d'appartenance et disposent de possibilités de mobilité importantes.

Aux niveaux organisationnel (sous-projets du projet/expérience ATLAS) et interorganisationnel (partenaires internationaux dans la Collaboration ATLAS), se pose la question de la cohérence de la structure choisie et de ses implications managériales et stratégiques. Pour réaliser une expérience scientifique de l'envergure d'ATLAS, le processus partenarial évolue en permanence en fonction de contraintes à surmonter et de contingences à intégrer, les frontières institutionnelles ne sont pas forcément visibles, ni légalement lisibles. Toutes ces dimensions sont à intégrer pour comprendre les logiques d'action et les processus de la stratégie collective « agglomérée ».

1.3. La posture des auteurs et éléments méthodologiques

À ce stade du propos, il nous semble important de préciser la posture particulière des auteurs, tous chercheurs et dont deux sont parties prenantes d'ATLAS.

Saïd Yami est enseignant-chercheur en sciences de gestion. Ses travaux actuels portent sur les processus partenariaux et les stratégies collectives, notamment dans le secteur de la recherche publique et semi-publique¹⁰.

Markus Nordberg, physicien et titulaire d'un PhD en *Business Administration*¹¹, est le coordinateur des ressources de l'expérience ATLAS depuis 2001. Il fait partie du management d'ATLAS et de son *Executive Board* (voir Figure 3 en Annexe). Sa position lui permet de disposer d'une vision globale de l'expérience au niveau stratégique le plus haut.

Bertrand Nicquevert, ingénieur mécanicien, titulaire d'un DEA de philosophie des sciences¹² et chercheur en sciences humaines¹³, dirige depuis plusieurs années un bureau d'études de mécanique, chargé de la conception d'éléments de détecteurs dans le domaine de la mécanique « lourde de précision ». Il a été responsable de l'intégration mécanique de toute l'expérience ATLAS de 1994 à 2001. De 1996 à l'achèvement

¹⁰Cf. notamment Yami (2003) ; Fort et Yami (2004).

¹¹Cf. Nordberg (1997).

¹² Cf. Nicquevert (1999).

¹³ Cf. Vinck (1999).

début 2004, il a été le chef de projet pour la structure centrale de support « Pieds et Rails ».

La réflexion que nous proposons croise ces trois regards par rapport à l'objet d'analyse, avec un effort constant de distanciation et de réflexivité de la part des auteurs. En effet, partant du contexte général du CERN et de la Collaboration ATLAS (objet de l'étude), nous avons privilégié une approche longitudinale de l'étude de cas approfondie (Yin, 1994 ; Eisenhardt, 1989) de manière à saisir pleinement les enjeux liés à l'expérience en cours. Nous avons ainsi procédé à la triangulation de différentes sources d'information.

Celles-ci comprennent des données primaires collectées à partir d'entretiens réalisés par l'un des auteurs (Yami) en février 2004 auprès d'acteurs clés de la Collaboration ATLAS et du CERN ; et des données secondaires. Ainsi, le secrétaire général du CERN, le porte-parole d'ATLAS, le porte-parole adjoint d'ATLAS, le *team leader* d'ATLAS, le coordinateur technique d'ATLAS, le chef de projet du système magnétique d'ATLAS ont été consultés sur la base d'une question générale ouverte visant à saisir la structure et la dynamique d'ATLAS. Des sources publiques et internes sur ATLAS et sur le CERN ont constitué nos éléments secondaires. Les différentes données collectées et analysées ont été alors complétées par les co-auteurs en fonction du domaine d'expertise.

Ainsi, au-delà de l'étude de cas proprement dite, notre propos s'inscrit dans une démarche exploratoire et compréhensive qui met en perspective notre problématique centrée sur les processus de mise en œuvre d'une stratégie collective agglomérée dans le domaine de la recherche publique et semi-publique. En effet, nous considérons que la méthode des cas utilisée n'est pas seulement illustrative, elle permet d'abord de décrire une réalité organisationnelle complexe en faisant émerger un questionnement, dont le traitement ensuite peut conduire à la production d'un modèle de compréhension. C'est ainsi qu'une recherche qualitative, s'appuyant sur cette méthodologie, participe au processus de théorisation (cf. *Grounded Theory* – Glaser et Strauss, 1967).

2. La « Collaboration ATLAS » du CERN : une stratégie collective agglomérée en cours

2.1. Le cadre général de la collaboration : historique et principales étapes

L'histoire d'ATLAS remonte au début des années 1980, époque où les premiers concepts techniques du LHC ont été élaborés. Les scientifiques impliqués dans l'expérience UA2 (l'expérience sœur de l'expérience UA1, qui obtint le prix Nobel en 1984) ont constitué le noyau dur de plusieurs équipes qui ont conçu un détecteur de nouvelle génération, à finalité polyvalente. Ces équipes ont étudié avec attention les différents mécanismes d'identification des particules à très hautes énergies et très hautes luminosités, entre autres l'identification des photons, des hadrons et des muons. Il en résulta des choix fondamentaux de conception et, en particulier, l'idée de détecteurs cryogéniques (par exemple, les calorimètres à argon liquide pour l'identification électromagnétique et hadronique), ainsi que le recours à de très grands aimants superconducteurs pour l'identification des muons. Il est important de noter et de comprendre que la conception technique – et par conséquent la sélection des compétences essentielles parmi les équipes participantes possibles – était la conséquence directe du potentiel de découvertes physiques estimé et des stratégies de découvertes choisies.

Pour ATLAS, deux alternatives principales ont émergé à la fin des années 1980 et au début des années 1990 : EAGLE et ASCOT. En 1992, les deux trajectoires séparées de développement technique ont fusionné et ont constitué ATLAS tel que nous le connaissons aujourd'hui. Une Lettre d'Intention (*Letter of Intent*) a été rédigée, et les fondations d'ATLAS se sont érigées sur un sol plus solide. Des programmes de recherche et développement intensifs ont été poursuivis de la fin des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990, et encore à l'époque de la naissance d'ATLAS, en 1992, on étudiait en parallèle plusieurs pistes techniques et plusieurs stratégies de recherche.

Comme les instituts de recherche et les physiciens de haut niveau étaient nombreux à s'impliquer corps et âmes dans la conception du meilleur détecteur possible compte tenu du financement disponible, une compétition âpre mais amicale émergea entre les différents groupes. La fusion d'EAGLE et d'ASCOT offrait d'autres défis, aussi bien en termes de sélection des techniques que du point de vue de la socio-

logie des équipes. Dans certains cas, quelques instituts ont quitté le projet et ont alors été remplacés par d'autres. Un autre impact majeur dans la formation d'ATLAS provient des États-Unis : lorsque le Congrès mit un terme à l'entreprise américaine similaire au LHC, le SSC, en octobre 1993. Une grande partie de la communauté américaine engagée dans le SSC a alors rejoint ATLAS, les physiciens et ingénieurs américains apportant leurs savoir-faire, leurs ressources et leurs propositions techniques ; tout cela devait être géré de manière à conserver le meilleur de chacune des parties déjà impliquées dans le projet.

2.2. Une stratégie collective « agglomérée » fondée sur une logique partenariale ouverte et une gouvernance « soft » : le Memorandum of Understanding

L'instrument clé pour débiter la phase de construction d'ATLAS est ce qui est dénommé *Memorandum of Understanding* (MoU). Ce document est remarquable, dans le sens où il fixe en seulement sept pages les règles de base et les procédures de la collaboration. Ce document déclare clairement que ce n'est pas un document légal, mais plutôt un « *gentleman's agreement* » dans le but d'atteindre un objectif commun. Le document fournit en annexe la liste des composants du détecteur, et quelle agence de financement (*Funding Agency*) contribue à quel élément, et pour quel montant. Le MoU détermine un plafond global des dépenses matérielles de 475 MCHF en fixant les cours de change entre les principales monnaies. Les coûts de personnel ne sont pas inclus, mais uniquement les dépenses matérielles directes. Comme outil financier, le MoU ne fournit donc qu'une image partielle des dépenses totales, mais il est accepté comme le plus petit commun dénominateur par 35 agences de financement dont dépendent 150 instituts de 33 pays différents.

Le principe clé de ce document est le concept de partage technique et financier du risque : comme les gouvernements financeurs ne souhaitent pas accorder à ATLAS une marge explicite, un accord tacite a été trouvé entre les agences de financement par lequel ils supportent le risque financier relatif aux livrables pour lesquels ils s'engagent (dans des limites raisonnables, bien entendu). C'est-à-dire que si les livrables techniques d'un pays donné subissent des augmentations de coûts par rapport aux prévisions, l'agence de financement correspondant ab-

sorbe la dépense sans faire de réclamation à la collaboration. Pour la partie technique, les composants technologiquement très risqués sont dans la plupart des cas partagés entre plusieurs instituts, afin de minimiser le risque qu'un sous-système de détecteur complet ne fonctionne pas comme prévu.

Le MoU décrit également les processus de prise de décision internes d'ATLAS et met en place des responsabilités très décentralisées ; ses mécanismes de résolution de problèmes sont très orientés vers la consultation et la recherche de consensus. On peut clairement considérer ce principe comme une force et, en même temps, comme une frustration pour beaucoup d'équipes qui souhaitent effectuer leurs travaux de manière plus indépendante.

L'organigramme (voir Figure 3 en Annexe) résume cette structure fédérative, organisée par sous-systèmes. Le projet ATLAS ne comporte pas de « Président » ou de « *Chief Executive Officer* » formel, mais un porte-parole élu, ce qui est représentatif de l'esprit des collaborations de physique. Élu au suffrage universel, le porte-parole représente la collaboration par rapport aux instances extérieures (les instituts, les organismes et agences de financement, le CERN, les entreprises...). Il n'a cependant pas les attributs et pouvoirs d'un chef de projet, et son rôle est orienté vers la recherche du consensus, qu'il doit obtenir dans les organes comme le *Collaboration Board* (regroupant un représentant par institut) et le comité exécutif, l'*Executive Board* (représentants par systèmes). Chaque système, par grande famille, est organisé selon une structure similaire.

Le porte-parole est entouré de deux coordinateurs. Le coordinateur technique a pour missions de piloter la progression de la construction, d'assurer la bonne intégration globale des éléments du détecteur au CERN, de coordonner l'installation des services (câbles électriques, tuyaux, ...), la planification et la mise en place des infrastructures dans la zone d'expérimentation. Il est aussi responsable de la construction des éléments non actifs d'ATLAS (aimants, structures, blindages, cryostats...). Le coordinateur des ressources gère la partie financière de l'expérience. Il assure la disponibilité temporelle des contributions engagées comme il est stipulé sur le MoU, planifie, contrôle et reporte les paiements du projet annuel. Le porte-parole peut aussi nommer des adjoints pour l'aider dans ses prérogatives.

2.3. Le fonctionnement d'ATLAS

Le rôle du CERN dans le projet ATLAS

Le rôle du CERN, le laboratoire hôte, est particulier dans ATLAS. D'un côté, il fournit les infrastructures pour ATLAS, les faisceaux de particules qu'ATLAS souhaite étudier très en détail et l'infrastructure technique (génie civil et caverne, routes, bâtiments, services). Mais en parallèle, c'est aussi un institut participant et un organisme de financement parmi les autres. Il contribue à la connaissance et à l'expertise scientifique du projet dans plusieurs sous-systèmes. De ce point de vue, il se comporte comme une université participante. Ce rôle dual du CERN engendre souvent une confusion et même des situations particulières : dans la structure projet d'ATLAS, un employé du CERN peut être en charge d'un grand sous-projet ATLAS et dans le même temps, dans la hiérarchie du CERN, il (ou elle) peut être en relativement début de carrière (ou vice et versa) !

Les relations avec les autres expériences

ATLAS a une expérience sœur dénommée CMS (*Compact Muon Solénoïd*). Elle est de taille et de complexité similaire, et de finalité comparable. Comme pour la génération précédente d'expériences, les deux expériences sont en compétition, mais elles interagissent de manière amicale et respectueuse. De nombreux instituts membres partagent leurs ressources entre ATLAS et CMS, même si les recouvrements au niveau des individus sont rares. Le cas du CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique, à Saclay, près de Paris) est éloquent à cet égard, puisque parmi bien d'autres participations dans les deux projets, le CEA est très impliqué dans la conception et la maîtrise d'œuvre, d'un côté, de l'énorme aimant toroïdal d'ATLAS, de l'autre, du gigantesque solénoïde de CMS. Les équipes techniques y sont d'ailleurs pour partie communes.

À travers le CERN, ATLAS et CMS mènent plusieurs projets techniques communs, à un niveau relativement générique, comme les systèmes de distribution de gaz ou l'informatique. De nombreuses équipes d'ATLAS et CMS ont travaillé ensemble auparavant, au cours des phases de R&D au tournant des années 1990. Les styles de management sont différents : CMS est dirigé de manière plus centralisée, ce qui rend cette collaboration, aux yeux de certains membres d'ATLAS, plus réactive face aux questions et problèmes techniques. Comme on l'a mon-

tré plus haut, ATLAS est par construction sociale plus décentralisé, et conséquemment apparemment plus lent pour prendre des décisions (et certains membres de CMS pensent le contraire !).

Le fonds commun d'ATLAS

À l'époque de la signature du MoU, afin de financer les éléments trop coûteux, ou trop complexes, ou trop risqués pour être attribués à un seul institut dans le cadre du MoU, il a été mis en place un mécanisme de fonctionnement particulier : le fonds commun (*Common Fund*). C'est le cas pour les aimants, dont le coût dépasse 140 MCHF, soit le quart du coût de l'expérience. De plus, leur complexité et leur taille en font une aventure technique et organisationnelle particulièrement pimentée. C'est également le cas pour les cryostats et la cryogénie d'expérience. Sont inclus dans cette liste les structures support et les blindages. Certains composants n'ont pas trouvé preneurs dans la procédure de mise en place du MoU, par exemple par manque d'intérêt industriel, ou d'absence des ressources et compétences dans les instituts de la collaboration. Leur financement est alors, là aussi, assuré *via* le fonds commun. Tous ces éléments du *Common Fund* représentent tout de même 210 MCHF ou 40 % de la valeur de l'expérience.

Afin de financer le fonds commun, chaque organisme a pour obligation de contribuer, à proportion de sa participation globale, à une dotation « *in cash* » au fonds commun. Les dépenses se font alors sous le contrôle des deux coordinateurs, technique et des ressources. Pour ceux des instituts qui le souhaitent, il existe en outre la possibilité de contribuer au fonds commun par une dotation en nature, « *in kind* ». L'institut, ou l'agence de financement, ou le pays concernés peuvent ainsi décider de contribuer en fournissant directement, non pas le financement pour un composant, mais le composant lui-même, selon des procédures agréées qui définissent la valeur CORE du composant en question. Jusqu'à maintenant, plus de 60 % des 210 MCHF sont fournis en nature.

3. Discussion et conclusion

À partir de la description précédente qui visait à rendre compte de la dynamique d'ATLAS et de sa complexité, qu'apporte ce cas à la réflexion sur les stratégies collectives agglomérées ? Nous déclinons

cette question autour de deux axes principaux qui ne peuvent être considérés que comme des premiers éléments d'analyse : d'une part, les déterminants de la stratégie collective, d'autre part, les modalités.

3.1. Sur le plan des déterminants de la stratégie collective

Les déterminants qui poussent les acteurs à collaborer et à mutualiser leurs ressources résident, d'abord, dans l'enjeu extraordinaire qui les réunit, à savoir une expérience en physique des particules inédite et qui pousse très loin les limites scientifiques actuelles. Ce type de projet mobilise des investissements financiers, techniques et humains considérables, auxquels sont associés des risques techniques et organisationnels élevés.

Finalement, pour réussir un tel projet, il est nécessaire de trouver des partenaires (laboratoires de recherche et états) et un fonctionnement collectif adéquat, sans quoi il n'y a pas de projet. En fait, il s'agit de créer une opportunité dans le domaine de la recherche dont les retombées sont attendues par la communauté des chercheurs en physique des particules, qui nécessite de fixer un cahier des charges très strict avec une implication planifiée des acteurs qui ont choisi de collaborer. Pour autant, si l'idée de l'expérience est née dans la tête des chercheurs en suivant une logique que nous qualifions de « *bottom-up* », la réalisation de ce type d'expérience nécessite un lieu, un cadre juridique et administratif, et des ressources financières et humaines à la hauteur des ambitions affichées.

À cet égard, l'institutionnalisation de ce processus collectif passe obligatoirement par l'identification d'un acteur clé légitime, en l'occurrence le CERN, qui joue comme nous l'avons souligné un rôle particulier, sans se substituer au projet qui dispose justement d'une personnalité morale, quoique « virtuelle » (contrats passés avec le CERN, ou avec les instituts participants, mais jamais avec la Collaboration ATLAS), dotée d'une structure « physique » et « tangible ». De ce point de vue, nous avons bien la création d'une entité fédérative ou « agglomérée », qui structure et institutionnalise la stratégie collective. Il s'agit d'un premier élément qui détermine la réalité de la stratégie collective.

Dans ce cas, nous privilégions une explication de nature psychosociologique et des motifs qui ont poussé vers la mise en œuvre de la stratégie collective, qui ne sont pas d'ordre financier ou économique.

Dans le cas précis des activités du CERN, nous n'avons pas d'incitation particulière pour la création d'une opportunité de partage des connaissances, type réponse à un appel d'offre, comme c'est souvent le cas concernant des programmes nationaux ou internationaux destinés à impulser une dynamique d'innovation et de R&D dans certains secteurs industriels, selon une logique que nous qualifions de « *top-down* ». Il s'agit plutôt de la définition d'un programme ambitieux commun, même pas envisageable à un niveau national, et la mutualisation des différentes ressources indispensables pour la réalisation du projet, avec une division du travail et le recours à des laboratoires et instituts de recherche très spécialisés.

Nous mettons en avant, donc, un argument d'ordre socio-cognitif (Yami, 1999, 2003) et culturel, fondé sur ce qu'il y a de plus fondamental dans les représentations de tout chercheur quant à sa mission, à savoir « chercher » et pousser la recherche vers le plus loin des possibles, soutenu par la présence d'une communauté scientifique importante (qui compte environ 10 000 chercheurs en physique des particules dans le monde), dont une bonne partie se retrouve sur les différents projets du CERN. En fait, le deuxième déterminant résiderait dans l'existence d'une plateforme publique (ouverte) et une attente importante des retombées du projet collectif. En fait, contrairement à ce qui se passe dans la sphère économique où il y a des donneurs d'ordre et des clients visés par les projets industriels, les bénéficiaires du projet scientifique sont en même temps les acteurs qui l'ont mis en œuvre.

3.2. Sur le plan des modalités de la stratégie collective

Le cadre institutionnel souple du *Memorandum of Understanding* est la pierre angulaire, nécessaire au bon fonctionnement de la stratégie collective. Ce fonctionnement en « *soft law* », primordial et très efficace dans ce contexte, pose un certain nombre de questions quant à la robustesse du système et à sa réelle efficacité, en cas de transposition vers d'autres secteurs. Cette idée renvoie à la généralisabilité de ce mode de fonctionnement. Bien entendu, les entreprises des secteurs *high-tech* ont recours à ce genre de pratique. Cependant, dans l'industrie, nous sommes rarement en présence d'un grand projet comme ATLAS, purement exploratoire, que nous pouvons qualifier d'aventure, impliquant de la connaissance issue de la recherche fondamentale, associé à des hauts risques d'échec quant aux résultats atten-

dus de l'expérience où la connaissance ne se traduit pas en produit / marché.

Le problème juridique souvent posé au niveau de l'industrie est celui de la définition précise de la répartition des résultats et bénéfices entre les partenaires, dans la mesure où il s'agit de se partager des retombées traduites en termes de marchés, clients réels ou potentiels, brevets... en tenant compte de l'asymétrie des poids de certains acteurs par rapport à d'autres, dans des situations où il y a forcément des initiateurs et des suiveurs. Le cadre plus ou moins institutionnalisé de la stratégie collective permet de trouver des réponses, soit au niveau du marché, soit au niveau de la hiérarchie.

Dans notre cas, la connaissance est un bien intangible qui ne se traduit pas en termes de marché. La structure administrative de la Collaboration ATLAS et du CERN traduit, à cet égard, une préoccupation scientifique au service d'une communauté de chercheurs, mais, dans l'intérêt des états qui financent les programmes scientifiques. Ce qui place les débats au niveau de la hiérarchie qui décide, évalue et contrôle la bonne marche du système ; le rôle joué par le porte-parole (*spokes person*) est, en ce sens, emblématique.

Le cadre d'ATLAS n'est pas intégré verticalement. Le système n'absorbe pas ses composants, dans le sens où il est fondé sur une logique ouverte qui laisse de la marge de manœuvre au niveau des solutions apportées par les uns et par les autres, en cas de difficulté au cours de la réalisation du projet. Dans ce système, les problèmes ne sont pas remontés à la hiérarchie à moins qu'un arbitrage ne soit requis (par le porte-parole seulement). Chaque membre impliqué dans la Collaboration, à quelque niveau que ce soit, est précieux pour le collectif. Ce qui est reflété par la politique de publication d'ATLAS : tous les membres signataires de la collaboration apparaissent en tant qu'auteurs sur les publications d'ATLAS (quelques 1 300 en 2005). Ce qui n'exclut pas d'exister en tant qu'individu dans une aussi grande entité telle qu'ATLAS. Nous voyons s'imbriquer continuellement différents niveaux d'analyse (individuel, organisationnel, interorganisationnel) qu'il importe d'étudier de manière plus approfondie dans ce qui constitue, en soi, un axe de recherche futur.

De manière générale, se pose la question des moyens de stabiliser le système sans avoir à homogénéiser ses composants, mais aussi, sur un registre plus comportemental, les modes d'adhésion des acteurs et leur implication, qui placerait le propos au niveau de la norme et de la

culture présentes dans ce type d'organisation fédérative, fondées sur la production de connaissances (Knorr-Cetina, 1999).

Enfin, le cas de la « Collaboration ATLAS » du CERN met en évidence l'idée de la gestion collective des interdépendances et de l'incertitude, ce qui n'est pas en soi un élément original (cf. Bresser, 1988 ; Bresser et Harl, 1986) ; pour autant, et contrairement à ce à quoi on pourrait s'attendre, le fonctionnement collectif va dans le sens de la flexibilité voulue du système. Il s'agit là d'un constat assez surprenant et original. Signalons, à ce propos, que le mode de structuration et de fonctionnement du CERN sert de modèle à différentes organisations scientifiques internationales (voir, par exemple, Kriege et Pestre, 1997).

Les acteurs impliqués dans la Collaboration, pour ce qui concerne les laboratoires de recherche, ont un destin « individuel » en dehors de l'expérience ATLAS et un destin « collectif » au sein de celle-ci. Ici, la question de la prise en compte de l'incertitude réside dans l'objet défini par la Collaboration et non dans les activités de recherche des laboratoires partenaires/concurrents. De ce fait, ces derniers ne se posent pas la question, telle qu'elle peut se poser dans un contexte industriel marchand, et s'engager dans la stratégie collective suppose un minimum d'adhésion au projet global, excluant par là-même les comportements opportunistes, dans une logique de long terme, avec une réelle implication et l'apport de compétences et de ressources idiosyncrasiques. Nous pensons que cette observation constitue aussi une piste de recherche future à explorer.

Bibliographie

- Aldrich H.E. et Sasaki T. (1995), « R&D Consortia in the United States and Japan », *Research Policy*, vol. 24, p. 301-316.
- Astley W.G. (1984), « Toward an Appreciation of Collective Strategy », *Academy of Management Review*, vol. 9, n° 3, p. 526-535.
- Astley W.G. et Fombrun C.J. (1983), « Collective Strategy : Social Ecology of Organizational Environments », *Academy of Management Review*, vol. 8, n° 4, p. 576-587.
- Autio E., Hameri A.P. et Nordberg M. (1996), « A Framework of Motivations for Industry-Big Science Collaboration : A Case Study »,

- Journal of Engineering and Technology Management (JET-M)*, vol. 13, p. 301-314.
- Autio E., Streit-Bianchi M. et Hameri A.P. (2003), « Technology Transfer and Technological Learning through CERN's Procurement Activity », *European Center for Nuclear Research CERN-2003-005*, Geneva.
- Baur G., Boero G., Brauksiepe A., Buzzo A., Eyrich W., Geyer R., Grzonka D., Hauffe J., Kilian K., LoVetere M. et al. (1996), « Production of Antihydrogen », *Physics Letters B*, vol. 368, n° 3, February, p. 251-258.
- Berners-Lee T. (1999), *Weaving the Web : The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*, Harper/Collins.
- Borys B. et Jemison D.B. (1989), « Hybrid Arrangements as Strategic Alliances : Theoretical Issues in Organizational Combinations », *Academy of Management Review*, vol. 14, p. 234-249.
- Brandenburger A.M. et Nalebuff B.J. (1995), « The Right Game : Use Game Theory to Shape Strategy », *Harvard Business Review*, July-August, p. 57-71.
- Bresser R.H. et Harl J.E. (1986), « Collective Strategy : Vice or Virtue ? », *Academy of Management Review*, vol. 11, n° 2, p. 408-427.
- Bresser R.K. (1988), « Matching Collective and Competitive Strategies », *Strategic Management Journal*, vol. 9, p. 375-385.
- Charpak G. et Saudinos D. (1994), *La vie à fil tendu*, Éd. Odile Jacob.
- Dodgson M. (2000), « Policies for Science, Technology and Innovation in Asian Newly Industrializing Economies », in L. Kim et R.R. Nelson (Eds), *Technology, Learning and Innovation*, Cambridge University Press.
- Dodgson M. et Bessant J. (1996), *Effective Innovation Policy : A New Approach*, International Thomson Business Press.
- Doz Y.L. (1987), « Technology Partnerships between Larger and Smaller Firms : Some Critical Issues », *International Studies of Management and Organization*, vol. 17, p. 31-57.
- Doz Y.L., Olk P.M. et Ring P.S. (2000), « Formation Processes of R&D Consortia : Which Path to Take ?, Where Does It Lead ? », *Strategic Management Journal*, vol. 21, n° 3, p. 239-294.
- Eisenhardt K. (1989), « Building Theories from Case Study Research », *Academy of Management Review*, vol. 14, n° 4, p. 532-550.

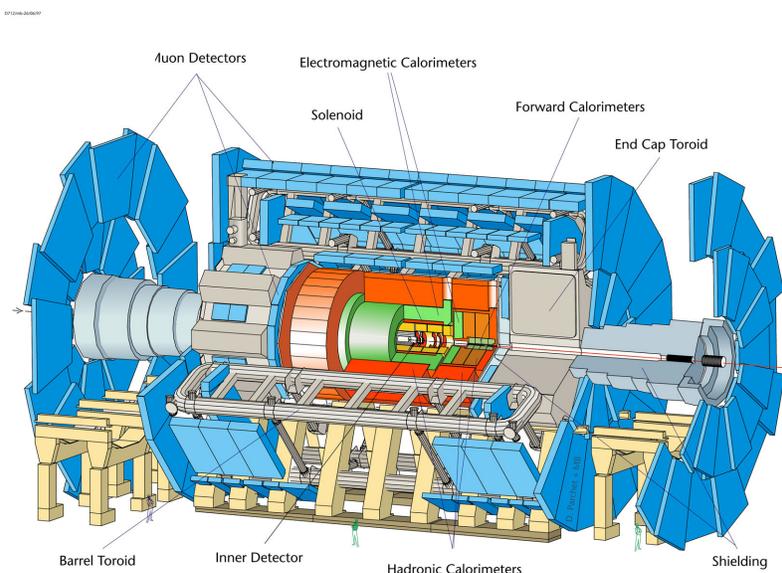
- Evan W.M. et Olk P. (1990), « R&D Consortia : a New US Organizational Form », *Sloan Management Review*, vol. 31, n° 3, Spring, p. 37-46.
- Fort F. et Yami S. (2004), « Partenariats et stratégies collectives partiellement emboîtées : le cas du secteur de la recherche publique et semi-publique », *Atelier AIMS Stratégies collectives : vers de nouvelles formes de concurrence*, Montpellier, 13 mai, 19 p.
- Fraser, G., Lillestøl, E. et Sellevåg, I. (1996), *À la recherche de l'infini. Des quarks au big-bang*, Éd. Flammarion / CERN.
- Glaser B. et Strauss A. (1967), *The Discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research*, Wiedenfield and Nicholson.
- Hagedoorn J. (1993), « Understanding the Rationale of Strategic Technology Partnering : Interorganizational Modes of Cooperation and Sectoral Differences », *Strategic Management Journal*, vol. 14, p. 371-385.
- Hamel G. (1991), « Competition for Competence and Interpartner Learning within Strategic Alliances », *Strategic Management Journal*, vol. 12, Special Issue, p. 83-103.
- Hamel G., Doz Y. et Prahalad C.K. (1989), « Collaborate with your Competitors and Win », *Harvard Business Review*, vol. 67, n° 1, p. 133-139.
- Hameri A.P. et Nordberg M. (1998), « From Experience : Linking Available Resources and Technologies to Create a Solution for Document Sharing – The Early Years of the WWW », *Journal of Product Innovation Management*, vol. 15, p. 322-334.
- Harrigan K.R. (1985), *Strategies for Joint Ventures*, Lexington Books.
- Harrigan K.R. (1986), *Managing for Joint Venture Success*, Lexington Books.
- Killing J.P. (1983), *Strategies for Joint Venture Success*, Praeger.
- Knorr-Cetina K. (1999), *Epistemic cultures : How the Sciences Make Knowledge*, Harvard University Press.
- Kriege J. et Pestre D. (1997), *Science in the 20th Century*, Harwood Academic Publisher.
- Mothe C. et Quélin B. (1998), « How Firms Benefit from Collaborating within R&D Consortia », in M. Hitt, J. Ricart et R. Nixon (Eds), *Managing Strategically in an Interconnected World*, Wiley, p. 321-348.
- Mothe C. et Quélin B. (1999), « Creating New Resources through European R&D Partnerships », *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 11, n° 1, March, p. 605-617.

- Mothe C. et Quélin B. (2001), « Resource Creation and Partnership in R&D Consortia », *Journal of High Technology Management Research*, vol. 12, n° 1, p. 113-139.
- Nalebuff B.J. et Brandenburger A.M. (1997), « Coopetition : Competitive and Cooperative Business Strategies for the Digital Economy », *Strategy and Leadership*, November-December, p. 28-35.
- Nicquevert B. (1999), « Essai introductif à la traduction de *How Experiments End* de Peter Galison », DEA de Philosophie, Université de Bourgogne, sous la direction des Pr. P. Galison (Harvard Univ.) et J. Gayon (Paris VII).
- Nordberg M. (1997), « Transaction Costs and Core Competence Implications of Buyer-Supplier Linkages ; The Case of CERN », Katholieke Universiteit Brabant (Tilburg University), sous la direction des Pr. S.W. Douma et A. Verbeke, 193 p.
- Nordberg M. et Verbeke A. (1999), *Strategic Management of High Technology Contracts : The Case of CERN*, Pergamon Press.
- Olk P. (1998), « A Knowledge-based Perspective on the Transformation of Individual-level Relationships into Interorganizational Structures: The Case of R&D Consortia », *European Management Journal*, vol. 16, n° 1, p. 39-48.
- Olk P. (1999), « Explaining a Member Organization's Influence in an R&D Consortium : A Joint Test of the Dimensions of Task Characteristics and Organizing Routines and of the Level of Analysis », *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 10, n° 1, p. 123-146.
- Olk P. et Young C. (1997), « Why Members Stay in or Leave an R&D Consortium ? », *Strategic Management Journal*, vol. 18, n° 11, p. 855-878.
- Olleros F. et MacDonald R. (1988), « Strategic Alliances : Managing Complementary to Capitalize on Emerging Technologies », *Technovation*, vol. 7, p. 155-176.
- Sakakibara M. (1997), « Evaluating Government-Sponsored R&D Consortia in Japan : Who Benefits and How ? », *Research Policy*, vol. 26, p. 447-473.
- Sakakibara M. (2001a), « Cooperative Research and Development : Who Participates and in Which Industries Do Projects Take Place ? », *Research Policy*, vol. 30, p. 993-1018.

- Sakakibara M. (2001b), « The Diversity of R&D Consortia and Firm Behavior : Evidence from Japanese Data », *The Journal of Industrial Economics*, vol. 49, n° 2, June, p. 181-196.
- Sakakibara M. (2002), « Formation of R&D Consortia : Industry and Company Effects », *Strategic Management Journal*, vol. 23, p. 1033-1050.
- Sakakibara M. et Dodgson M. (2003), « Strategic Research Partnerships : Empirical Evidence from Asia », *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 15, n° 2, p. 227-245.
- Vinck D. (Dir.) (1999), *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Yami S. (1999), « Représentations managériales et processus stratégique : le cas de la filière industrielle lin dans le Nord de la France », Thèse en Sciences de Gestion, Lille, 286 p.
- Yami S. (2003), « Petite entreprise et stratégie collective de filières », *Revue Française de Gestion*, vol. 29, n° 144, mai-juin, p. 165-179.
- Yin R. (1994), *Case Study Research : Design and Methods*, Sage.

Annexes

Figure 1 – L'expérience ATLAS au CERN



Architecture des détecteurs

L'architecture du détecteur ATLAS se rapproche des poupées gigognes russes. Le tube à vide, placé le long de l'axe de l'expérience, permet aux particules d'atteindre sans encombre le point d'interaction, et de permettre les collisions toutes les 25 nanosecondes générant les nouvelles particules observées.

Autour du point d'interaction, le détecteur interne (7 m de long, 2,3 m de diamètre) permet de reconstituer la trajectoire de toutes les particules issues de la collision. Les précisions recherchées sont élevées (quelques microns), et les détecteurs doivent être aussi transparents aux particules que possible, d'où le recours à des structures en composites de haute stabilité.

C'est un solénoïde supraconducteur qui crée le champ magnétique de deux teslas, nécessaire pour incurver la trajectoire des particules dans le détecteur interne.

La couche suivante est constituée des calorimètres, qui mesurent l'énergie des particules. Le calorimètre électromagnétique, placé dans des cryostats à argon liquide, absorbe les photons et les électrons. Le calorimètre hadronique à tuiles (5 m de rayon) absorbe protons et neutrons ; il est *a contrario* très absorbant (plusieurs centaines de tonnes d'acier entrelardées de détecteurs et photomultiplicateurs).

Le reste constitue le spectromètre à muons : un ensemble de plus de 1 500 chambres, contenant quelques milliers de kilomètres de tubes remplis d'un gaz ionisé par le passage des seules particules ayant traversé vaillamment les couches précédentes. Ce sont les muons, des sortes d'électrons très massifs, dont la trajectoire est courbée par le solénoïde et les trois toroïdes, aimants créant un champ magnétique en forme de tore, supraconducteurs à hélium liquide, jamais encore réalisés à de telles dimensions.

Il faut ajouter à tout cela de nombreuses structures support (en acier aimantique afin de ne pas perturber ni subir les effets du champ magnétique), les quantités de services (câbles, tuyaux de gaz, tubes de refroidissement, amenées cryogéniques...), les blindages...

Le poids total d'ATLAS sera de l'ordre de 7 000 tonnes, pour une longueur de 44 m (les bobines centrales sont longues de 26 m) et un diamètre de 22 m (un immeuble de cinq étages).

Complexité et défis techniques

Compte tenu des densités d'énergie et des technologies mises en œuvre, l'accroissement de complexité (technique, mais aussi organisationnelle et politique, comme nous le verrons plus loin) est considérable par rapport à la génération précédente du LEP :

- les dimensions linéaires sont doublées et le volume quasi décuplé ;
- les précisions en termes de stabilité dimensionnelle sont de l'ordre de quelques microns à quelques dizaines de microns, sur des espaces de plusieurs dizaines de mètres cubes. Le volume d'ATLAS seul est de 23 000 m³ ;
- il est fait recours à des technologies avancées : au niveau mécanique, avec des cryostats à argon liquide à une température de 85 K en aluminium (classe 5083), ou des structures porteuses en acier inoxydable aimantique de plusieurs dizaines de tonnes ;
- du point de vue technologique, il y a dix aimants supraconducteurs, dont un solénoïde et trois ensembles toroïdaux, refroidis à l'hélium liquide à 4,5 K ; il y a de l'électronique, avec des composants permettant de faire face à un milieu assez hostile (champs magnétiques élevés, niveaux de radiation particulière...);
- des contraintes de sécurité, d'accessibilité et de maintenabilité s'y ajoutent, dues entre autres au fait que le détecteur est installé dans une gigantesque caverne située à cent mètres sous le niveau du sol.

Figure 2 – La Collaboration ATLAS



Figure 3 – Organigramme de la Collaboration ATLAS

