

Le laboratoire de Robert Collongues (1950-2000)

Une école de recherche aux débuts de la chimie du solide

Pierre Teissier

Résumé Cet article décrit la genèse puis l'évolution de l'école de recherche fondée par Robert Collongues, qui a contribué à l'émergence de la chimie du solide en France à partir des années 1950. Avec ses évolutions, que ce soit au niveau des thèmes de recherche ou des institutions, ce laboratoire constitue un cas exemplaire d'une école de recherche en science. Les deux schémas présentés *figures 1 et 3* offrent des portraits dynamiques de cette école au cours du temps. L'article insiste sur la transmission et la construction des connaissances (savoirs et savoir-faire) d'une génération de chercheurs à la suivante, afin de mettre en lumière les traits principaux de la méthode Collongues sur les plans technoscientifique, institutionnel et humain, dans un environnement économique mouvant. Il montre ainsi l'évolution des modes de production des savoirs au sein de cette branche de la chimie du solide française.

Mots-clés Chimie du solide, matériaux, école de recherche, transmission des savoirs, réseau.

Abstract **The laboratory of Robert Collongues (1950-2000): a research school at the beginning of the solid state chemistry in France**

This text deals with the origins, the foundation and the evolution of the research school founded by Robert Collongues that has partly led to the birth of solid state chemistry in France since the 50's. Through its institutional and thematic evolutions, this laboratory exemplifies a typical science research school. The two diagrams (*figures 1 and 3*) portray different faces of this research school through temporal evolution. The transmission and the construction of knowledge (scientific and technical) from one generation of researchers to the following one will be stressed upon so as to enlighten the main features of the Collongues' method on the techno-scientific, institutional and human levels in a moving economic world. The new production of knowledge will thus be shown through the evolution of this branch of the French solid state chemistry.

Keywords Solid state chemistry, materials science, research school, transmission of knowledge, network.

En chimie expérimentale, l'apprentissage du métier de chercheur passe en grande partie par le laboratoire. C'est en ce sens que l'on parle d'école de recherche, comme un espace de pratiques expérimentales qui joue une double fonction de recherche et de formation. Cette notion a fait l'objet de plusieurs études menées par des historiens des sciences. En particulier, Gerald Geison l'a définie comme « *de petits groupes de scientifiques matures poursuivant un programme de recherche raisonnablement cohérent au côté d'étudiants confirmés, dans le même contexte institutionnel engageant une interaction directe et continue, aux niveaux social et intellectuel* » [1]. Cette définition limitant la notion à de petits groupes homogènes en interaction a parfois été élargie à des structures plus importantes et plus diffuses, comme le « collège invisible », la « communauté » ou les « groupes de solidarité ». Mary Jo Nye a même étendu l'école de recherche à un ensemble « *d'individus appartenant à un réseau d'institutions et de générations* » [2]. Toutes ces définitions caractérisent l'école de recherche comme un lieu de partage entre des connaissances explicites et tacites, entre l'universel et le particulier. Elles mettent l'accent, d'une part à l'échelle locale sur les moyens de transmission des savoirs entre plusieurs personnes et, d'autre part, sur le poids et les interactions des diverses institutions au niveau de l'évolution des disciplines.

Ainsi, l'école de recherche est-elle le lieu par excellence où la connaissance scientifique est simultanément créée et transmise. Ceci pose la question de la nature de la chose transmise : qu'est-ce, au juste, qui est transmis et comment ? Comment *la science faite ailleurs* vient-elle interagir avec *la science en train de se faire ici*, au sein d'un groupe ? [3]. Quelle est la part des personnalités, des institutions, du contexte économique dans le devenir de cet héritage, de ses modifications ?

La chimie, en tant que science de laboratoire à part entière, offre un terrain propice à l'étude de la transmission des savoirs et des savoir-faire au sein d'écoles de recherche. Notre étude de cas a trait à une discipline expérimentale, la chimie du solide, en train de se construire dès les années 50, à partir d'autres disciplines constituées. Elle raconte la formation d'une école de recherche autour de Robert Collongues, l'un des principaux artisans de l'émergence de la chimie du solide en France. Il s'agira de répondre à la question de la transmission des savoirs au sein d'un groupe de chercheurs réunis par un patron, dans un laboratoire en interaction avec les réseaux institutionnels et industriels dans leur ensemble. Dans quelle mesure est-il possible de parler d'« école de recherche Collongues », en chimie du solide, sur la période 1950-2000 ? En suivant une présentation chronologique

depuis l'héritage que reçoit Collongues jusqu'aux ramifications des divers laboratoires créés par ses élèves, nous essaierons aussi d'esquisser une spécificité de la chimie du solide française.

Au temps des croisades scientifiques : « Chaudronnerie » contre « Chrétienté »

La pratique de cumul des mandats

L'émergence de la chimie du solide en France s'inscrit dans le mouvement plus général de reconstruction de la science nationale après la Seconde Guerre mondiale. Néanmoins, elle s'élabore sur des bases très particulières. Au début du XX^e siècle, la chimie française a une organisation hiérarchique pyramidale. De puissantes figures, comme Marcelin Berthelot, imposent leur autorité par une concentration des pouvoirs : cumul des fonctions institutionnelles, des titres universitaires, monopole sur les étudiants, contrôle des publications... On attribue par exemple à ce système mandarin le retard français dans l'enseignement chimique de la notation atomique. Cette pratique de cumul des mandats, issue du XIX^e siècle, persiste en France au moins jusqu'à la fin des années 1960. Dans la période d'entre-deux-guerres, deux professeurs se disputent le domaine de la chimie dite minérale : Georges Chaudron et André Chrétien. Ils ont eux-mêmes été formés par des patrons puissants du début du siècle : Chrétien fut élève de Georges Urbain et Chaudron de Henry Le Chatelier. Chacun a développé ses propres méthodes scientifiques, ses stratégies institutionnelles et son fief. L'aspect un peu féodal de leur rivalité est plaisamment évoqué par leurs descendants en termes de baronnies : la « Chaudronnerie » face à la « Chrétienté ».

A la génération suivante, chaque baron forme un successeur, dépositaire de la méthode. La descendance de Chrétien s'incarne en Paul Hagemuller qui fonde, en 1961, le Laboratoire de chimie minérale structurale à la Faculté de Bordeaux (qui deviendra le Laboratoire de chimie du solide). L'héritier de Chaudron est Robert Collongues qui, dès la fin des années 50, fonde une équipe de recherche originale de chimie des solides à « hautes températures » au sein d'un laboratoire de métallurgie. A son tour, chacun va former des disciples et leur transmettre son propre savoir-faire en constituant des descendes (figure 1). Ainsi, au début des années 50, la partie de la chimie française (essentiellement une chimie minérale), qui deviendra dans les années 1970 la chimie du solide, constitue un territoire divisé en deux fiefs

fortement différenciés à trois niveaux : disciplinaire, technoscientifique et institutionnel.

André Chrétien

Le premier fief est sous la houlette de Chrétien, professeur de chimie minérale à la Sorbonne, qui mène des recherches sur la chimie des espèces en solution aqueuse et non aqueuse à température ambiante. Ses techniques expérimentales – à la fois physiques et chimiques – sont innovantes et précises, mais les théories qu'il utilise datent du XIX^e siècle. Après avoir traité de « chimie pure » jusqu'à la fin des années 30, il aborde dans les années 40 quelques sujets qui conduiront à des applications industrielles. Ingénieur chimiste (1922), provincial, d'abord enseignant à la Faculté des sciences de Strasbourg (1929-1938), il n'a eu de cesse d'étendre sa zone d'influence quand il fut nommé à la Sorbonne (1942). Il s'est efforcé de pénétrer les instances nationales de la recherche, notamment les commissions du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) dès 1945 et de l'enseignement scientifique, notamment comme professeur (1945) et président du jury d'admission à l'École Normale Supérieure (ENS) de Fontenay-aux-Roses (1950).

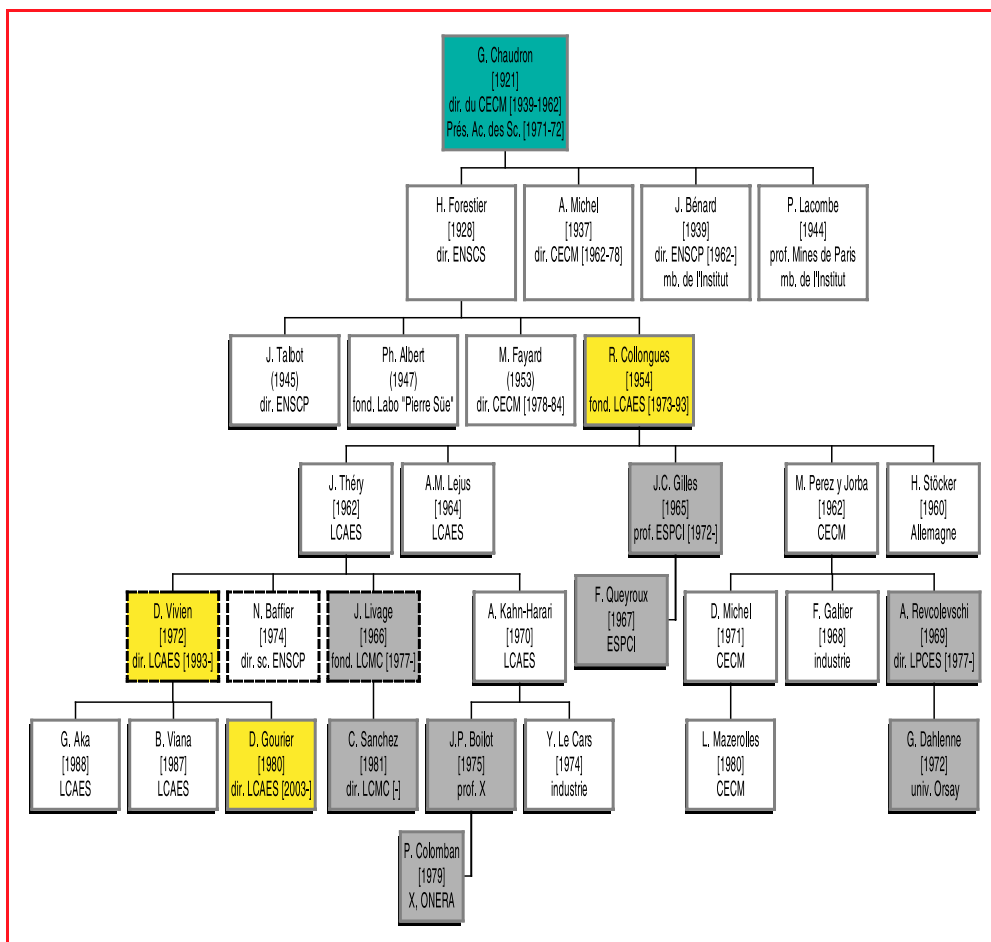


Figure 1 - Ascendances et descendes de l'école Collongues.

A l'intérieur des cases, les dates entre crochets désignent l'année d'obtention du doctorat, celles entre parenthèses, l'année d'obtention d'un DES (diplôme d'études supérieures), la troisième ligne précise une fonction institutionnelle ou le laboratoire d'activité pour les chercheurs. La couleur des cases précise le fondateur de l'école (vert), les directeurs de l'école LCAES (jaune) et les disséminations hors de l'école pour les élèves de Collongues (gris). Les cadres en pointillés désignent les chercheurs qui n'ont pas effectué leur thèse sous la direction de Collongues, mais qui l'ont rejoint après. Sigles : CECM : Centre d'Étude de Chimie Métallurgique ; ENSCP : École Nationale Supérieure de Chimie de Paris ; ENSCS : École Nationale Supérieure de Chimie de Strasbourg ; LCAES : Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide ; LCMC : Laboratoire de chimie de la matière condensée à Paris 6 (Jussieu) ; LPCES : Laboratoire de physico-chimie de l'état Solide à Paris 11 (Orsay) ; X : École polytechnique.

Georges Chaudron

Le deuxième fief, celui de Chaudron, cultive un autre genre de chimie, bien ancré dans la chimie minérale, mais centré sur les métaux et les oxydes de fer. Chaudron emprunte ses méthodes à la métallurgie avec l'étude structurale des composés (et de leurs défauts). Il s'agit d'une chimie des espèces à l'état solide à haute température. Il transpose à la chimie minérale des théories et des techniques issues à la fois de la métallurgie (concepts et appareillage), de la chimie physique (méthodes et instruments) et de la physique (appareillage). D'autre part, la métallurgie est en lien direct avec les applications industrielles. La célébrité de Chaudron dès les années 20 est peut-être plus industrielle qu'universitaire car les diagrammes qu'il met au point lors de sa thèse sont rapidement utilisés pour le fonctionnement des hauts-fourneaux. Durant toute sa carrière, les honneurs universitaires s'accompagnent de distinctions en rapport avec les applications. Universitaire, parisien, il multiplie les ouvertures et les alliances avec le CNRS, l'Université et les écoles d'ingénieurs. En effet, dès 1939, à la mort d'Urbain, il le remplace à la direction du Centre d'études de chimie métallurgique (CECM), l'un des laboratoires les plus prestigieux du CNRS. Il obtient la chaire de chimie appliquée de la Sorbonne en 1948. Il est directeur de l'Institut de Chimie de Lille (1930-1939), puis de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP) (1950-1962).

Aux débuts de la chimie du solide

Malgré leurs différences de style et les conflits humains dus aux luttes d'influence, les trajectoires des deux maîtres sont étrangement semblables, chacun construisant son empire et accumulant les honneurs. Tous deux partagent un même souci de pratiquer une recherche fondamentale en vue d'applications (dans une moindre mesure pour Chrétien). A une époque où l'État français cherche à promouvoir la science fondamentale avec la création du CNRS en 1939, la chimie minérale maintient une présence industrielle au sein même du CNRS. Cette présence est perceptible, dès les années 20, dans le cas de Chaudron en lien avec la métallurgie et s'intensifie durant la période de reconstruction après la Seconde Guerre mondiale. Les déclarations de principe sur la pureté de la science dissimulent les réalités d'une reconstruction nécessaire : en 1945, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) est créé, sous l'impulsion de Frédéric Joliot, avec un budget qui sera vite supérieur à celui du CNRS. Le développement de l'énergie nucléaire en France va orienter une partie de cette science fondamentale vers les applications pratiques. Réciproquement, la chimie minérale a su profiter des crédits de la science appliquée pour développer de nouvelles recherches fondamentales. N'est-ce pas en transcendant l'antinomie classique entre science appliquée et science fondamentale que la chimie minérale va conduire à la naissance de la chimie du solide ? Une étude de l'école de recherche Collongues, issue de l'école Chaudron, est susceptible d'éclairer ces questions.

L'héritage de l'école Chaudron peut être brièvement résumé en quatre points. Au niveau des outils de recherche, Chaudron transmet à ses héritiers un bagage de concepts (défauts, non-stœchiométrie) et de techniques (fours, diffraction de rayons X, analyses micrographique, thermique et magnétique) de la métallurgie, eux-mêmes empruntés à la physique du solide du début du siècle. En ce qui concerne les modes de recherche, Chaudron s'appuie sur une interconnexion permanente entre la recherche ouverte (dans son

laboratoire), les organismes d'État (CEA, CNRS) et la recherche privée (industrie métallurgique). En matière de formation, le professeur Chaudron a une descendance nombreuse, qu'il entraîne aux rigueurs de l'expérience, principalement au CECM à Vitry-sur-Seine à partir de 1939. Quant aux objectifs de la chimie de la « Chaudronnerie », ils restent fortement marqués par la tradition de chimie descriptive. Même si Chaudron a adopté et adapté des concepts et des méthodes de métallurgie et de physique du solide, il n'a pas consciemment cherché à ouvrir une nouvelle discipline [4]. Voyons comment cet héritage est utilisé par l'équipe Collongues.

La formation d'un groupe de recherche original dépendant (1947-1973)

Éducation scientifique de Robert Collongues (1944-1954)

En 1947, après trois ans d'école, Robert Collongues reçoit son diplôme d'ingénieur de l'École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de Nancy (ENSIC). Répondant à une proposition de thèse déposée à l'ENSIC, il devient le 47^e élève de Chaudron. Durant sept ans – durée typique d'une thèse d'état dans les années 50 –, il prépare une thèse sur un sujet dans la droite ligne des travaux du maître, concernant les défauts dans un oxyde de fer, le « protoxyde de fer ». De fait, les outils techniques et théoriques qu'il utilise sont les mêmes que ceux d'avant-guerre. Collongues n'a pas suivi les cours de Chaudron, mais il a été dirigé par lui lors de ses débuts au laboratoire. Le maître est dirigiste et inculque à son thésard les préceptes qui lui tiennent à cœur, les « bonnes méthodes », les « manipulations propres et reproductibles ». Le savoir-faire transmis comporte une grande part de savoir tacite visant à la rigueur expérimentale dans les pratiques de laboratoire (synthèse et caractérisation).

Collongues transforme cet acquis en adoptant l'hypothèse que la structure cristalline conditionne l'apparition et l'explication des propriétés. En supposant une relation forte entre structure et propriétés, il prêche aux défauts du cristal un rôle actif, utile. Dès lors, tout en s'inscrivant dans la continuité des méthodes héritées de Chaudron, Collongues s'intéresse à l'étude de la structure cristalline réelle plutôt qu'à la structure parfaite des oxydes solides. Il recourt aux défauts et à la non-stœchiométrie pour expliquer les propriétés chimiques et physiques particulières des solides.

Le premier cycle des réfractaires (1954-1962)

Cette relation entre structure et propriétés que Collongues a dégagée lors de sa thèse va pouvoir être développée à partir de 1954. En effet, voulant poursuivre et amplifier l'étude des oxydes métalliques, Chaudron a l'idée de fonder, au sein du CECM, un groupe de recherche sur ce thème qui deviendra le « service des hautes températures ». Il en confie la direction à Collongues, fraîchement nommé chargé de recherche au CNRS. Les oxydes métalliques ont de bonnes propriétés réfractaires (résistance à la chaleur). Leurs utilisations intéressent les milieux industriels (applications en aéronautique, aérospatiale, industrie nucléaire...). Par exemple, en 1953, le CEA lance un projet d'étude sur la « zircone » (ZrO_2) dans son programme de développement nucléaire. L'équipe Collongues est choisie pour étudier ce matériau et le stabiliser. On peut y voir l'influence du maître puisque Chaudron est membre du Comité scientifique du CEA et conseiller scientifique permanent sur les questions de métallurgie depuis 1951. Ainsi

s'ouvre ce que j'appellerais le premier cycle de recherche du laboratoire Collongues sur les (super)réfractaires (1954-1962), mené en partenariat étroit avec le CEA. Durant près de quinze ans, le CEA est le principal soutien financier du groupe (hors CNRS) : il finance plusieurs thèses sur la zircone et donne de fortes sommes d'argent pour l'achat de matériel. On constate donc que le choix du premier thème de recherche de Collongues – thème qui l'occupe de 1954 à 1970 – s'inscrit à la fois dans la tradition propre au groupe Chaudron et dans la politique industrielle de la France des années 50. Au cours de la période considérée, les températures augmentent significativement : on passe de moins de 1 000 °C pour les oxydes de fer à 2 500 °C pour la zircone. La relation entre la structure et les propriétés guide alors toutes les recherches du groupe et elle est clairement explicitée dans les écrits. Par exemple, des mesures de conductivité électrique font suite à l'étude structurale de la zircone (conductrice à haute température). Le financement du CEA suggère « un lien entre les propriétés réfractaires et les applications ». Parallèlement à la zircone, le groupe poursuit l'étude des oxydes de fer et des ferrites.

Les salaires sont principalement assurés par le CNRS (à cette époque, les doctorants sont embauchés dès le début de leur thèse). Pour les recrutements d'étudiants, Chaudron s'appuie sur ses enseignements. Bien qu'il soit un professeur « pas très ordonné », les étudiants sont attirés par le personnage. La première génération d'élèves de Collongues a suivi les cours du maître, soit à la Sorbonne (Monique Perez y Jorba), soit à l'ENSCP (Jeanine Théry). On recrute aussi bien des ingénieurs que des universitaires, autant de filles que de garçons. En effet, trois des six premiers thésards de Collongues sont des femmes (1954-1964), ce qui est assez exceptionnel pour l'époque (figure 2). Les doctorants sont suivis au jour le jour par Collongues qui se montre assez directif, lui aussi. Si l'on cumule les six à sept ans du doctorat d'État (dirigé par Collongues) et les trois ans de licence universitaire (pour les cours de Chaudron), le temps de formation des étudiants atteint dix ans sous la férule de ces deux maîtres dirigeants et très exigeants en matière de rigueur. La transmission directe des connaissances tacite et explicite est ainsi très importante pour ces jeunes étudiants. Elle concerne des méthodes bien précises : c'est une pratique mixte, couplant les manipulations à la paillasse de type chimie minérale à une transposition des concepts, des instruments de mesure et des fours utilisés en métallurgie. Jusqu'en 1962, l'équipe (Collongues et la première génération de thésards) est extrêmement homogène dans ses savoir-faire expérimentaux (tacites et explicites) et ses connaissances théoriques. Elle se distingue par une maîtrise de la synthèse à haute température d'oxydes métalliques solides, polycristallins, et par une caractérisation novatrice de leurs propriétés physico-chimiques en vue d'applications industrielles. Les résultats de recherche sont publiés en français aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (CRAS), par l'entremise de Chaudron, qui en tant qu'académicien (depuis 1954) soumet les articles à la revue. Dans ce petit groupe remarquablement homogène, façonné sur un « moule intérieur » [5] prégnant, débarque alors un élément exogène : Hans Jochen Stöcker. Cet ingénieur allemand jovial, formé à la Technische Hochschule de Karlsruhe, a importé dans la petite équipe des idées venues d'Allemagne, comme par exemple l'importance des



Figure 2 - Novembre 1959 : Collongues et ses six premières collaboratrices.

De gauche à droite : Anne-Marie Lejus, Francine Queyroux, Robert Collongues, Héléne Mondange, Jeanine Théry, Monique Perez y Jorba et Colette Frois. Avec l'aimable autorisation d'Héléne Mondange.

savoir-faire techniques pour un chercheur universitaire, ainsi qu'une originalité créatrice individuelle.

La période est marquée par un premier essor directif du nouveau petit patron, qui guide et forme directement à la paillasse les étudiant(e)s. En 1957, il est devenu maître de recherche du CNRS. Au vu des éléments précités, le groupe Collongues forme un « groupe de recherche » dans un sens quelque peu différent du sens traditionnel (de Geison). Les points communs sont l'unité de taille (petite : cinq à six individus identifiés), l'unité de lieu (un laboratoire institutionnel, le CECM), et l'unité d'action, ici l'orientation commune, raisonnablement cohérente, du programme de recherche (oxydes métalliques réfractaires). Cependant, le groupe (au sens de Geison) fonctionne selon un système d'échanges réciproques avec un nombre de doctorants à peu près équivalent au nombre de chercheurs confirmés. Le groupe Collongues quant à lui est très hiérarchisé (un grand baron, un petit seigneur et quelques valeureux étudiants), avec des orientations et des pratiques qui se transmettent à sens unique, du haut vers le bas (Chaudron vers Collongues, Collongues vers la 1^{ère} génération). Aux thésards, on laisse peu d'initiatives : ils ne choisissent ni les sujets ni les méthodes, et rares sont les remontées de la base vers le sommet. Le groupe pratique une science héritée du maître (imposée même par lui) et tournée vers des objectifs que le maître a choisis. De plus, alors que la définition mentionne plusieurs « groupes », l'école consiste dans notre cas en un seul groupe qui interagit peu avec les autres services du CECM ou même avec l'extérieur. Les seuls rapports signalés sont ceux que les chercheurs entretiennent quotidiennement avec les membres de l'atelier du CECM, qui assurent les réalisations plus techniques. Le groupe Collongues ressemble davantage à la superposition de trois générations, chacune adoubant la suivante, qui finit par former un réseau dont les « nœuds » Collongues, Chaudron, le CECM, le CNRS, le CEA, façonnent la matière. Sur la période 1954-1962, le groupe Collongues apparaît comme une école de recherche peu nombreuse, locale, extrêmement hiérarchisée, où la part de savoir transmis (par les maîtres) est extrêmement lourde et homogène, doublement basée sur la synthèse à haute température (qui apparaît comme un savoir-faire tacite non explicitable) et les caractérisations physico-chimiques empruntées à la métallurgie.

Le deuxième cycle des réfractaires (1962-1973)

En 1961, Collongues devient maître de conférences à la Faculté de Paris, et en 1962, Chaudron quitte les directions

du CECM et de l'ENSCP. La semi-retraite de Chaudron se traduit par une réorientation des recherches : les oxydes de fer, chers à Chaudron, cèdent la place à de nouveaux oxydes métalliques (oxydes d'aluminium, de gallium, de lanthanides) et des nitrures métalliques. Ainsi débute le deuxième cycle d'étude du groupe, basé sur de nouveaux oxydes métalliques réfractaires (1962-1973). Collongues recrute désormais lui-même les étudiants de deuxième génération, dans un large vivier parisien grâce à ses activités multiples d'enseignant : professeur à la Sorbonne (1964), chargé de conférences à l'ENSCP (1964) et à l'ENS de Saint-Cloud (1967). D'après les témoignages recueillis, il avait de réels talents d'enseignant, un charisme indéniable et une approche novatrice mêlant intimement la recherche de pointe aux contraintes didactiques. De plus, sa recherche, en étant directive, contenait une part importante de pédagogie. Ce refus d'une coupure entre les mondes de la recherche et de l'enseignement a, semble-t-il, séduit et attiré les étudiants de la deuxième génération tandis que Mai 68 venait un peu infléchir le dirigisme autoritaire des premiers temps. En 1966, grâce à l'appui de Chaudron, Collongues est élu au CNRS dans la section chimie minérale, mais il ne cesse pas pour autant toute activité d'enseignant. Au niveau de l'organisation, Collongues délègue le travail de supervision des thésards à ses premières étudiantes (Perez y Jorba et Théry, puis Lejus), rapidement promues chargées de recherche.

Ainsi, les savoir-faire acquis lors du premier cycle sont-ils directement exploités pour être enrichis. En particulier, les techniques à haute température progressent de manière sensible. Les nouveaux composés ayant des températures de fusion et de changement de phase encore plus élevées que les précédents (au-delà de 2 500 °C), les thésards des années 60 travaillent avec des fours à très haute température, en atmosphère contrôlée et sans pollution. Cet effort technique, initié par Collongues, conduit à la synthèse des premiers monocristaux d'oxydes réfractaires dès 1963-1964. La « **crystallogénèse** » (synthèse de monocristaux) est la **première innovation technique majeure depuis Chaudron**. Le couplage technique des fours (à induction de haute fréquence, à plasma, à concentration de rayonnement) aux méthodes de synthèse (zone flottante, Verneuil, Czochralski) devient le fer de lance du groupe. La crystallogénèse permet désormais d'étudier les propriétés anisotropes des composés monocristallins. La relation structure-propriétés se trouve renforcée et charpente l'effort de recherche du groupe durant les années 60. Le matériel nécessaire a été récupéré ou acheté grâce aux crédits conjugués du CNRS et du CEA. Le CNRS assure toujours l'essentiel des salaires des thésards et des permanents. Néanmoins, trois groupes industriels (Ugine, Pechiney et les Abrasifs du Sud-ouest) financent deux thèses, tandis que la Société de Traitements Électrolytiques et Electrothermiques (STEL) entretient une coopération de longue durée pour la fourniture de générateurs électriques indispensables au développement des techniques de haute température. En contrepartie, Collongues tente d'élargir le champ d'action des fours à haute température. En 1963, il fonde, avec l'appui du maître, une revue générale sur les réfractaires : la *Revue Internationale des Hautes Températures et des Réfractaires* (RIHTR), qui paraîtra jusqu'en 1976. Bien que les articles de la revue soient publiés en français, c'est un premier signe d'ouverture internationale. Celle-ci s'intensifie dès le début des années 70 par l'envoi plus ou moins systématique des étudiants en post-doctorat dans les pays anglophones. Parallèlement, la fin des années 60 marque la diminution des financements sur les réfractaires : les

applications des oxydes réfractaires semblent suffisamment abouties pour ne plus nécessiter d'importants travaux de recherche.

Définition d'une « école de recherche » locale

Quoique Chaudron (président de l'Académie des sciences en 1971) reste un puissant appui et un relais vers l'extérieur, il intervient moins dans les choix internes, et au cours des années 70, c'est Collongues qui assure la cohésion du groupe à tous les niveaux : innovation technoscientifique, recherche de sujets et de financements, influence institutionnelle. L'équipe dispose au sein du laboratoire de ses propres fours et techniques de caractérisation. La structure hiérarchique a alors le profil d'une pyramide à quatre étages : Collongues occupe seul le sommet, Théry et Perez y Jorba sont les bras droit et gauche du patron, à l'étage suivant la deuxième génération, un peu bridée par l'étage du dessus, aspire soit au départ (Jean-Claude Gilles, Alexandre Revcolevschi), soit à la direction de thèse. Plus bas encore, les thésards de la troisième génération (celle des années 70) sont aussi co-dirigés par les deux lieutenantes mais travaillent à la paillasse en contact étroit avec la deuxième génération. De la deuxième à la troisième génération, le temps de formation diminue : la durée de thèse passe de six-sept ans à quatre puis trois ans. Depuis Mai 68, Collongues dirige le groupe d'une main un peu souple. Pourtant, l'empreinte du « moule intérieur » reste forte du fait du recrutement endogène. Ce mode de recrutement, exclusif jusqu'en 1972, semble motivé par l'importance accordée au savoir tacite exigé par les techniques utilisées. De fait, pendant une quinzaine d'années (1964-1980), la crystallogénèse constitue une technique à laquelle on ne peut se former que devant le four avec son maître de thèse car elle échappe à la verbalisation et réclame un savoir tacite. Ce savoir expérimental fait la force du groupe Collongues, d'autant plus que Collongues double le savoir-faire expérimental d'une réflexion de fond sur la cohérence des thèmes de recherche successivement développés.

Il apparaît ainsi des cycles de recherche amples et homogènes d'une dizaine d'années environ pour les trois premiers. Ces cycles sont induits par une demande industrielle mais s'appuient sur des savoir-faire propres du groupe dans « un programme de recherche raisonnablement cohérent ». A chaque cycle, nous avons pu associer une génération d'étudiants agissant dans un même contexte institutionnel. Le CECM favorise une interaction sociale et intellectuelle permanente : il y a des règles de vie et des échanges intellectuels lors des discussions avec les chefs. Il en résulte des relations étroites d'une génération à l'autre (hiérarchie maître/élève) comme à l'intérieur d'une génération (camaraderie), mais surtout un esprit global inculqué par le nouveau patron. En revanche, jusqu'au début des années 70, il y a peu de relations avec les laboratoires rivaux travaillant sur des sujets voisins ou avec ceux de physique du solide. Mis à part la structure pyramidale, la période 1962-1973 dessine une « école de recherche locale au sens de Geison » mais qui ne parvient pas à constituer un réseau institutionnel (laboratoires de chimie et physique du solide, organismes d'État, industries) assez solide pour accéder à la situation décrite par Nye.

Cette localisation extrême au sein d'une entité qui l'étouffe va décider Collongues à migrer avec son équipe pour fonder un laboratoire à part entière à l'ENSCP. En effet, le lien institutionnel que constitue le CECM semble désormais entraver le développement du groupe après avoir permis son éclosion.

Tout en restant une structure propre du CNRS, en contact avec le CEA, l'équipe commence à se lier à quelques industriels privés. Si les grandes directives (cycles, financements, sujets de thèse, recrutement) continuent d'être imposées par le chef, ce pouvoir centralisateur fait face à la pression montante des divers sous-groupes de recherche, dirigés par des sous-chefs en lutte d'intérêt. Pour prendre une image empruntée à la physique, le laboratoire ressemble à un noyau atomique formé de nucléons que la concurrence tend à séparer par interaction électromagnétique, mais que la méthode Collongues soude par interaction forte. L'homogénéité de formation à la recherche qui découlait du partage global d'un savoir-faire est contrebalancée par l'hétérogénéité des formations académiques (ingénieurs ENSCP et universitaires) qui permet l'expression de savoir-faire et d'initiatives personnelles. Collongues sait accueillir favorablement ces individualités créatrices, même s'il n'en saisit pas toujours toute la portée.

La migration à Paris, la division du laboratoire et la création d'un réseau (1973-2000)

Le Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide

En 1973, Collongues fonde le Laboratoire de chimie appliquée de l'état solide (LCAES) à l'ENSCP, tout en gardant une petite partie de l'équipe au CECM. Les liens avec l'ENSCP avaient déjà été tissés par Chaudron qui y fut enseignant puis directeur. Collongues y enseignait dès les années 60 et dix des dix-neuf premiers thésards du groupe sortaient de cette école. Collongues choisit de s'associer avec un petit laboratoire de cristallographie de l'École pour fonder un laboratoire associé CNRS/Université. La triple structure offre de nombreux avantages : l'Université permet de recruter des enseignants chercheurs, le CNRS continue à payer les salaires et l'École représente une position stratégique prestigieuse (cœur de la Montagne Sainte-Geneviève) pour recruter plus d'ingénieurs chimistes et attirer les étudiants parisiens. D'autre part, chacune des ces trois institutions fournit des crédits supplémentaires : l'École, par exemple, règle les frais de fonctionnement du laboratoire. La migration et l'alliance sont ainsi un coup de maître : c'est la première migration-crédit réussie du laboratoire. Cette double rupture, géographique et institutionnelle, s'accompagne d'une « révolution » dans la gestion du personnel. Pour la première (et la dernière !) fois, entre 1972 et 1975, Collongues fait une entorse à la règle de l'endo-recrutement. Il embauche d'un coup quatre enseignants chercheurs (dont Jacques Livage, Noël Baffier et Daniel Vivien) et une chargée de recherche exogène. Trois de ces recrues sont ingénieurs de l'École. D'autre part, le recrutement des thésards de la troisième génération s'élargit vers l'ENS, l'École de Céramique de Limoges (ENSCIL)... En sens inverse, deux chercheurs de la deuxième génération, nommés professeurs, quittent le groupe pour diriger un laboratoire : l'un, Gilles (1972), à l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de Paris (ESPCI), et l'autre, Revcolevschi (1977), à l'Université d'Orsay où il y fonde le Laboratoire de physico-chimie de l'état solide (figure 3).

Trois équipes de chercheurs se forment alors au sein du LCAES dirigé par Collongues : l'équipe Théry-Vivien à l'ENSCP, l'équipe Perez y Jorba restée au CECM, et l'équipe Livage, d'abord à l'ENSCP puis à l'Université Paris 6.

Chacune de ces équipes se structure suivant un programme de recherche propre, bien distinct des deux autres. Ainsi, la cohésion géographique et thématique qui caractérisait les années 60 est-elle abandonnée. Cet éclatement fait que les thèmes de recherche sont beaucoup moins visibles qu'auparavant. Toutefois, on peut schématiquement distinguer trois grandes entités thématiques et méthodologiques.

Le groupe Théry-Vivien à l'ENSCP

• Troisième cycle d'étude :

les superconducteurs ioniques (1970-1980)

La première équipe étudie l'alumine bêta. En 1970, la Compagnie Générale d'Électricité (CGE, future Alcatel), puis EDF, avaient demandé à Collongues d'étudier la structure et les propriétés d'aluminates de sodium solides dotés de conductivités électriques exceptionnellement élevées : « les superconducteurs ioniques », dont le plus connu est l'alumine bêta. Cet oxyde passionnait l'Amérique depuis 1967, car grâce à sa structure, il constituait une promesse de fabriquer des accumulateurs sodium-soufre très performants pour les voitures. La demande industrielle de la CGE joue en 1970 pour l'alumine bêta le même rôle de déclencheur-financeur auprès du laboratoire qu'avait eu le CEA en 1954 pour la zircone. Les industriels ont choisi l'équipe Collongues car des travaux sur la structure de l'alumine bêta y ont été menés (1962) sans pour autant déceler la propriété de superconduction. En tant que spécialiste de la structure, Théry est chargée de mener l'étude approfondie de la superconduction ionique offerte par cet oxyde d'aluminium avec certains élèves de la troisième génération et les investissements privés. D'où une période de production intense durant laquelle le groupe Collongues se distingue sur la scène internationale et prend place dans la compétition pour la batterie solide du futur. Ce troisième cycle d'étude (1970-1980), celui de l'alumine bêta, induit par une demande industrielle, se développe une nouvelle fois en misant sur les connaissances structurales acquises lors du cycle décennal précédent.

Cependant, l'équipe doit aussi acquérir des savoir-faire supplémentaires pour rester compétitive. L'étude de la structure monocristalline doit être affinée au niveau nanométrique (par la diffusion des RX et la microscopie électronique) pour suivre les mécanismes de conduction par mouvement d'ions. De plus, l'équipe s'efforce de chercher des propriétés physiques nouvelles (électrique, optique, spectroscopique...), essentiellement par spectroscopie. Ces techniques étant peu familières à la culture du laboratoire jusque-là, deux mesures sont prises. D'une part, Collongues recrute des chimistes nouveaux, doués de compétences en spectroscopie : Livage puis Vivien. D'autre part, il conclut des alliances avec les laboratoires de physique du solide (Guinier et Friedel à Orsay pour la diffusion X et la résonance magnétique nucléaire, Sapoval à Polytechnique, Paris 6...), de spectroscopie (infrarouge et Raman à Thiais) et de métallurgie (Fayard à l'ENSCP pour la microscopie électronique). La structure cristalline conditionne les propriétés dont découlent les applications. Les années 70 marquent le début d'une étude structurale plus fine, nécessitant le recours à la mécanique quantique. Les thèses sont financées par le privé d'abord, puis lorsque l'euphorie industrielle retombe, par les actions thématiques programmées (ATP) du CNRS. A la fin des années 70, les investisseurs ont compris qu'une batterie au sodium-soufre n'était pas encore viable industriellement et les recherches fondamentales sont arrêtées faute d'intérêts privés.

Ce troisième cycle assoit « la méthode Collongues ». Après coup, Collongues définit la chimie du solide qu'il a

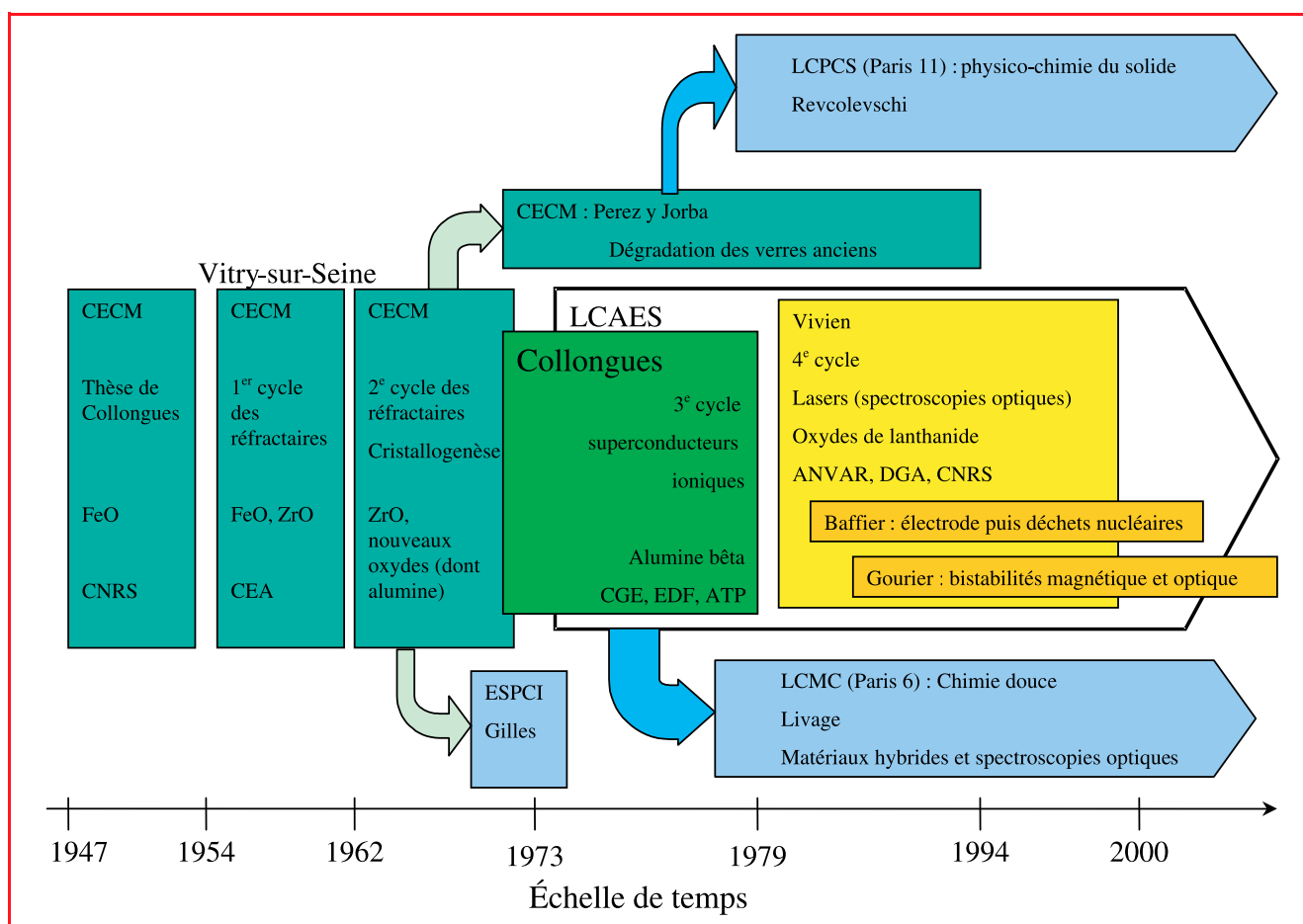


Figure 3 - Diagramme simplifié des différentes écoles de recherche « Collongues » au cours du temps.

pratiquée comme « la double relation [structure-propriétés, propriétés-applications] tournée vers l'étude des solides utiles ». Pour ce faire, le chimiste doit s'appuyer sur des savoir-faire expérimentaux en synthèse, une pratique des mesures physico-chimiques de base (au sein du laboratoire) et une ouverture interdisciplinaire grandissante (physique du solide, spectroscopie) pour les théories et les mesures plus poussées (collaborations inter-laboratoires). Le laboratoire Collongues s'inscrit alors dans un réseau de laboratoires de recherche, d'institutions étatiques et d'industriels, formant en France « la communauté de l'alumine bêta ». Les alliances touchent des laboratoires complémentaires et non pas concurrents.

- *Quatrième cycle d'étude : les lasers (1980-2000)*

Au sein du laboratoire de l'ENSCP, l'étude de l'alumine bêta (menée par Théry) sert de point d'ancrage aux travaux suivants (menés par Vivien). En 1979, quatre chercheurs du groupe (Vivien, Théry, Lejus, Kahn-Harari) mènent une étude par résonance paramagnétique électronique (RPE) et spectroscopie optique d'un composé de même structure que l'alumine bêta mais contenant des ions lanthanides ; cette association induit un effet quantique laser intéressant. Ils sont convaincus par une personne de l'ANVAR (Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche) de déposer un brevet pour protéger leur invention. Dès 1980, les industriels s'intéressent au projet et donnent de l'argent pour continuer. De cette triple rencontre du groupe (avec un effet laser, « un homme qui a du nez » et des personnes qui ont de l'argent), débute le quatrième et dernier cycle du laboratoire Collongues : le cycle des lasers (1980-2000). C'est la **technique RPE** qui représente la **deuxième innovation techni-**

que majeure depuis Chaudron. Néanmoins, Collongues n'en est pas l'artisan principal ; il en a certes permis l'installation au laboratoire, mais cette technique est importée et maîtrisée par deux chercheurs exogènes, Livage et Vivien, qui l'ont eux-mêmes apprise en post-doctorat en Angleterre. L'équipe va alors se regrouper autour de ce thème qui attire des crédits en cascade. Le CEA suit le mouvement car les lasers sont potentiellement intéressants pour les centrales nucléaires du futur, puis vient la Direction Générale de l'Armement (DGA), suivie par Rhodia, Philips et enfin les industries biomédicales. Ainsi, les études se déplacent-elles des propriétés de conduction électrique vers les propriétés optiques laser des matériaux, subséquemment la direction des opérations glisse de Théry vers Vivien. Le groupe Théry, devenu groupe Vivien, se spécialise en spectroscopie (absorption optique, fluorescence) et fait alliance avec les laboratoires de physique du solide, de spectroscopie et d'optique. Au niveau théorique, la mécanique quantique occupe une place centrale. La nouvelle problématique, « laser = matrice + dopants », détermine la méthode Vivien (1980-2000) comme une méthode Collongues (1970-1980) modifiée. La première relation « structure d'où propriétés » se dédouble : les propriétés découlent certes de la structure cristallographique, *mais aussi* des dopants. Toutefois, la cristallogénèse reste le point d'appui de l'étude globale pour que les propriétés optiques soient mises en lumière. Les propriétés optiques deviennent une condition nécessaire des études tournées vers les applications. Paradoxalement, alors que la thématique laser réduit les propriétés à l'optique, elle élargit les techniques expérimentales et les connaissances théoriques vers la spectroscopie. Durant les années 80, la base méthodologique

reste la même que celle des années 70, c'est-à-dire essentiellement chimie du solide (cristallogénèse, structure, propriétés, applications). Durant les années 90, des glissements thématiques élargissent les domaines d'étude avec deux nouveaux groupes : Baffier développe l'étude de matériaux d'électrode avant de se réorienter vers le confinement des déchets nucléaires dans des verres, alors que Gourier oriente les recherches vers des phénomènes fondamentaux de bistabilité magnétique puis optique.

Héritier en droite ligne de l'axe de recherche de Collongues, qu'il a complété par des techniques nouvelles (RPE et spectroscopie optique) et un ancrage dans la mécanique quantique, Vivien rétablit la tradition de recrutement endogène en choisissant principalement ses thésards à l'ENSCP, puis en embauchant certains d'entre eux après leur thèse. Le groupe Vivien (1980-2000) adopte cependant une structure hiérarchique plus souple et une stratégie de diversification des sujets avec une constellation de petites équipes (1990-2000). Les générations autrefois distinguées en fonction des cycles de recherche se chevauchent peu à peu tandis que le temps de formation des chercheurs se réduit à trois ans. La méthode Collongues se dilue sous l'effet des apports exogènes, apports d'autant plus importants que les nouveaux arrivants se retrouvent à la tête des nouvelles équipes : Vivien et Baffier n'ont pas effectué leur thèse au laboratoire, Gourier est principalement formé par Vivien sur la RPE, qui échappe à Collongues. L'unité intellectuelle de l'ensemble est dès lors moins évidente. Ceci est sans doute aussi dû à l'inflation du nombre de publications, du nombre de thésards, du nombre de chercheurs et du tout informatique. Le fil directeur du laboratoire, que constituent les matériaux laser, se perd dans le foisonnement d'une recherche plus instable où, au sein de la thématique optique laser, apparaissent des microcycles de recherche de la durée d'une thèse. La perte d'une méthode cohérente, clairement exprimée, fait qu'il est difficile d'y retrouver une école de recherche.

Le groupe Perez y Jorba au CECM

A Vitry, la deuxième entité du laboratoire se regroupe autour de deux pôles : les matériaux hérités du deuxième cycle (oxydes métalliques monocristallins et haute température) et les matériaux amorphes, les verres. Au début des années 70, l'écologie comme la pollution sont dans l'air du temps. Collongues confie au groupe de Perez y Jorba un sujet sur la détérioration des vitraux des cathédrales (puis des verres anciens) par les gaz d'échappement (1972). Le sujet parvient à Collongues par l'intermédiaire de deux élèves de l'ENSCP, en stage au laboratoire du Ministère des Affaires culturelles à Champs-sur-Marne. Le nouveau thème de recherche est particulier par la **structure amorphe** et non plus cristalline, et par son aspect appliqué, non directement lucratif, qui répond au besoin de l'État de sauvegarder le patrimoine culturel. L'équipe montre que ce sont des attaques acides dues aux gaz d'échappement des voitures qui sont responsables de la détérioration, puis met au point diverses méthodes de protection. De fait, la méthodologie générale employée (1973-1994) est la même que celle de Collongues sur la période 1970-1980. De même, la thématique des oxydes métalliques n'innove pas et suit seulement l'amélioration des techniques expérimentales (microscopie électronique). Ayant hérité du matériel le plus encombrant, non transportable (fours), le groupe de Vitry a globalement poursuivi le même type de recherche qu'avant la migration.

Pourtant, malgré les succès technoscientifiques, peu est fait, semble-t-il, pour permettre à cette équipe de se

développer : pas de recrutement direct mais en deuxième main (par Collongues), pas de sujets aux applications potentiellement lucratives (la culture et l'environnement réunis), pas de nouveaux équipements (efforts basés sur Paris), pas de nouveaux permanents recrutés à partir de 1984... L'ombre du patron règne sur un territoire (géographique, thématique, institutionnel, humain) qu'il a lui-même déserté. Les trois générations de chercheurs (1^{ère}, 2^e et 3^e) y sont présentes mais avec un seul individu pour chacune. La taille critique est trop faible et l'équipe disparaît institutionnellement lorsque le chef part à la retraite en 1994. Ceci pose la question suivante : une école de recherche qui n'évolue pas (ou peu) au contact des nouvelles demandes de la société technico-économique est-elle vouée à disparaître ?

Le laboratoire de chimie et des matériaux condensés

Le groupe Livage à l'Université Paris 6

La troisième entité créée à partir du groupe Collongues illustre l'importance de la demande industrielle. A son arrivée au laboratoire en 1972, Livage commence à travailler sur un sujet industriel de dorsale antistatique pour les pellicules photographiques, proposé par Kodak France. C'est une nouvelle fois l'intervention de l'industrie (1972-1977) qui conduit au choix de ce nouveau thème de recherche (après le CEA en 1954 et la CGE en 1970). Pourtant, la proposition ressemble à une diablerie puisque l'industriel prend les brevets sans en parler aux chercheurs. Ce départ houleux conduit néanmoins Livage vers la réalisation de **gels** et l'étude des **phases amorphes** par diverses méthodes spectroscopiques (notamment RPE au début). Il s'intéresse aux oxydes semi-conducteurs amorphes, en particulier l'oxyde de vanadium, V_2O_5 . Le thème est fédérateur, Livage forme une petite équipe autour de lui et commence à étudier les amorphes et les gels à température ambiante : c'est le début de ce qu'il baptise « chimie douce » en 1977 [6]. Nommé professeur à l'Université Paris 6 en 1974, Livage quitte l'ENSCP en 1977 pour fonder un laboratoire avec la bénédiction et l'aide matérielle de Collongues. Les deux entités resteront unies dans un même laboratoire associé du CNRS. C'est la deuxième migration-crédation réussie du laboratoire Collongues par laquelle Livage prend son indépendance après cinq ans auprès de Collongues. Par une stratégie d'étroite collaboration avec les industriels, d'ouverture internationale, d'un recrutement important et varié, d'un soutien de Collongues, le laboratoire Livage se développe très rapidement tout en acquérant une indépendance de plus en plus grande. En une dizaine d'années (1977-1986), il atteint la taille de la structure-mère de l'ENSCP avec une vingtaine de chercheurs permanents.

Le laboratoire Livage (1977-2000) effectue une triple rupture thématique, technique et méthodologique par rapport à la méthode Collongues. L'étude du solide cristallin perd son statut central pour constituer une référence parfaite pour l'étude centrale des amorphes (1972-1977), puis des gels (1977-1990) et des hybrides (1990-2000). Dès le départ, ces sujets s'appuient sur une forte demande en applications industrielles. La rupture thématique s'accompagne d'une rupture instrumentale : les techniques de spectroscopie (RPE puis surtout RMN, IR, photo-électrochimie) prennent une place centrale dans les caractérisations. Enfin la méthode, tout à fait différente de celle de Collongues, rationalise les différentes étapes de la synthèse par la construction de modèles. Le recours aux théories chimiques contemporaines est indispensable (chimie quantique, champ de ligands...). La

triple rupture montre une discontinuité entre la chimie du solide de Collongues et la chimie que pratique Livage. Les deux relations « structure-propriétés » et « propriétés-applications » sont remplacées par trois étapes en interaction : (1) modélisation de la synthèse au cours d'un processus continu qui va de la molécule au matériau (rupture méthodologique), (2) caractérisation de la structure et des propriétés à chaque étape du processus de synthèse (rupture technique), (3) rationalisation des conditions opératoires en vue de développer des applications ciblées (rupture thématique). L'effort de modélisation implique des outils informatiques accrus : les caractérisations expérimentales permettent l'accès au déroulement de la synthèse qui est ensuite modélisée. Les connaissances (expériences et modèles) qui en découlent permettent de jouer sur les conditions opératoires de la synthèse afin d'obtenir un matériau ciblé aux applications potentielles.

Cette méthodologie de recherche caractérise une discipline à part entière, la **chimie douce**, dont Livage est considéré comme le co-fondateur, avec Jean Rouxel et Michel Tournoux à Nantes. Le laboratoire Livage est plus homogène dans la mesure où il profite de l'élan de la chimie douce qu'il constitue et qui le constitue. Je n'essaierai pas de définir une école de recherche Livage. Une remarque cependant : c'est en préparant ses cours de mécanique quantique pour les étudiants de l'ENSCP que Livage s'y est vraiment intéressé, l'enseignant a influencé le chercheur. C'est aussi ce message que Collongues a transmis tout au long de sa carrière.

Conclusions

Pour résumer les évolutions majeures observées au sein du laboratoire Collongues sur la période 1980-2000, portons un regard croisé sur les trois groupes. Quelle(s) voie(s) nouvelle(s) ont emprunté(es) les descendants ? Quelle est la postérité de la méthode Collongues (1954-1980) sur la période suivante (1980-2000) ?

Au cours des années 80, l'influence scientifique de Collongues s'amenuise. Il reste pourtant à la tête du laboratoire jusqu'à sa retraite en 1993 (figure 4). Durant la période 1988-1993, il assure une transition douce en choisissant Vivien comme successeur et en le formant à la direction du laboratoire. Vivien, s'il est alors chargé de trouver des contrats, ne

cherche pas à prendre le pouvoir institutionnel jusqu'au départ du patron. D'autre part, Collongues a aidé Livage à s'installer dans une structure indépendante à Jussieu et lui a même confié la direction de l'Unité de recherche associant les deux laboratoires. Comme Chaudron l'avait fait pour lui, Collongues encourage l'ambition de certains de ses successeurs et favorise leur ascension. Il est remarquable qu'il laisse le champ libre à des chercheurs qu'il n'a pas formés.

Cet élément est indispensable pour comprendre l'évolution ultérieure des groupes et le recours à une interdisciplinarité plus importante. Les deux nouveaux directeurs (Vivien et Livage) choisissent des orientations spectroscopiques que le patron accepte sans en sentir toute la portée. Jusqu'à la fin, Collongues reste **chimiste**, favorable certes aux excursions en physique et aux décroissements interdisciplinaires, mais très attaché à la partie synthèse et à la cristallogénèse. Il ne semble pas se passionner pour la mécanique quantique, la modélisation et l'informatique. Or précisément, la chimie des années 80 incorpore la chimie quantique et celle des années 90, la chimie de modélisation. En chimie du solide, la partie synthèse ne suffit plus comme le suggère la disparition rapide du groupe de Vitry, resté très attaché aux méthodes du patron. Au sein du laboratoire, les spécialistes de cristallogénèse participent à un grand nombre de sujets mais comme prestataires de service, sans plus coordonner les équipes. Les nouveaux chefs sont des **physico-chimistes** ou des **chimistes spectroscopistes**. D'ailleurs, les articles du LCAES, d'abord principalement publiés en chimie, ont glissé vers les revues de physique (figure 5). La concurrence imposant des caractérisations aussi précises que possible, les mesures de base sont toujours effectuées au laboratoire, mais les chimistes doivent déléguer une partie de leur expérimentation aux physiciens. Sur la période 1970-1980, les collaborations impliquaient un seul thésard qui pouvait aller travailler dans d'autres laboratoires. Ceci n'est plus suffisant parfois et les collaborations impliquant deux thésards (un physicien et un chimiste) en binôme travaillant sur le même sujet deviennent plus nombreuses car elles permettent des approches complémentaires. Les thèses de chimie du solide se déplacent vers la physique : le laboratoire de chimie perd son caractère central et ne développe plus seul l'alpha (synthèse) et l'oméga (caractérisations) de la recherche, mais se

trouve relayé par d'autres centres de production. L'heure est au « compromis d'efficacité » : le renforcement des **alliances avec des laboratoires de physique** induit la perte d'un pouvoir décisionnel fort au profit d'un gain en précision sur les propriétés et les applications. L'excellence exige l'alliance. Ainsi, à une structure de laboratoire fortement hiérarchisée à l'intérieur et faiblement corrélée à l'extérieur, succède l'émergence d'un réseau de laboratoires de physique en fortes interactions avec un laboratoire de chimie aux structures internes plus souples, constitué de sous-groupes de recherche de plus en plus autonomes.

Dans le même temps, au niveau des applications, les organismes d'État ont tendance à se désengager (les thésards ne sont plus recrutés par le CNRS dès le début de la thèse, le CEA n'a plus que des contrats ponctuels...) sauf dans le domaine militaire (DGA), au profit des industriels. Aux crédits stables à long terme des Trente Glorieuses, ont succédé depuis une vingtaine d'années, les **financements ponctuels** des groupes privés, plus dépendants d'une **conjoncture**



Figure 4 - Fête champêtre à l'occasion du départ à la retraite de Robert Collongues en 1993. Photo : LCAES.

à court terme. La réussite des applications et l'efficacité des matériaux deviennent le critère primordial du succès d'une recherche. D'où la question ouverte : quelle est la part de liberté des groupes et des directeurs de recherche face à la science privée et les besoins d'applications qu'elle implique ? Les chercheurs déposent plus de brevets au cours de leur carrière (deux pour Collongues contre dix pour Vivien et quinze pour Livage). La dépendance n'a-t-elle pas glissé, de manière radicale, des demandes de l'État providence pour le bien du plus grand nombre vers les exigences des intérêts privés d'un petit nombre ? Les chercheurs subissent cette double exigence des pouvoirs publics et privés en s'efforçant de poursuivre au maximum ce qu'ils appellent une recherche fondamentale, mais qu'il conviendrait peut-être de nommer une « recherche fondamentale-appliquée ».

Ainsi, par suite de l'apport de chercheurs exogènes qui ont provoqué un virage vers la spectroscopie, l'école de recherche classique a-t-elle connu une importante mutation qui se signale par de nouvelles normes cognitives et de nouveaux modes de prise de décision, de « nouveaux modes de production des savoirs » [7]. Le nouveau pouvoir apparaît plus collégial (moins mandarin), la création de connaissances plus transdisciplinaire (création d'un réseau de laboratoires en interaction). Le noyau local répond à la définition de l'école de recherche au sens de Geison, tandis que le réseau d'institutions et de générations rappelle la définition de Nye. Ce réseau est à la fois étendu, hétérogène et fragile dans la mesure où il forme un nœud entre plusieurs réseaux : la recherche publique, ample tissu d'universités (Paris 6 à Jussieu et Paris 11 à Orsay), d'écoles d'ingénieurs (ENSCP, ESPCI, ENS, ENSCIL) et du CNRS filé par les intérêts industriels, les conjonctures économiques du marché et les politiques nationales. Au travers de ces multiples réseaux imbriqués les uns dans les autres, la production des savoirs apparaît comme une **spectaculaire hybridation** d'influences et de contraintes diverses issues de la matière, des personnes, des instruments et de la société, qui brise définitivement le « moule intérieur » qui a bel et bien disparu s'il fut autre chose qu'un mythe. Pourtant, les idées directrices de Collongues n'ont pas été oubliées. L'utilité des matériaux et de leurs applications impliquant le recours industriel, le lien entre structure et propriétés, la maîtrise de la synthèse restent des exigences primordiales. De plus, subsistent le lien très fort entre la recherche et l'enseignement, la rigueur expérimentale et la droiture intellectuelle dans l'agencement des idées. Enfin, le développement des réseaux de **laboratoires de chimie et de physique** est une conséquence de la nécessité des transpositions interdisciplinaires qui avaient été lancées par Chaudron.

La disparition de « l'école de recherche » Collongues apparaît alors peut-être comme une des marques les plus tangibles de son succès. En effet, les méthodes utilisées au sein du laboratoire depuis les années 60 sont aujourd'hui devenues la norme dans le domaine très vaste des matériaux – voire de la science contemporaine. Comme si, par diffusion des pratiques locales, la méthode s'était globalement diluée. Aujourd'hui qui peut encore ignorer l'efficacité et la fécondité d'une **approche interdisciplinaire** ? Quel chimiste remet en

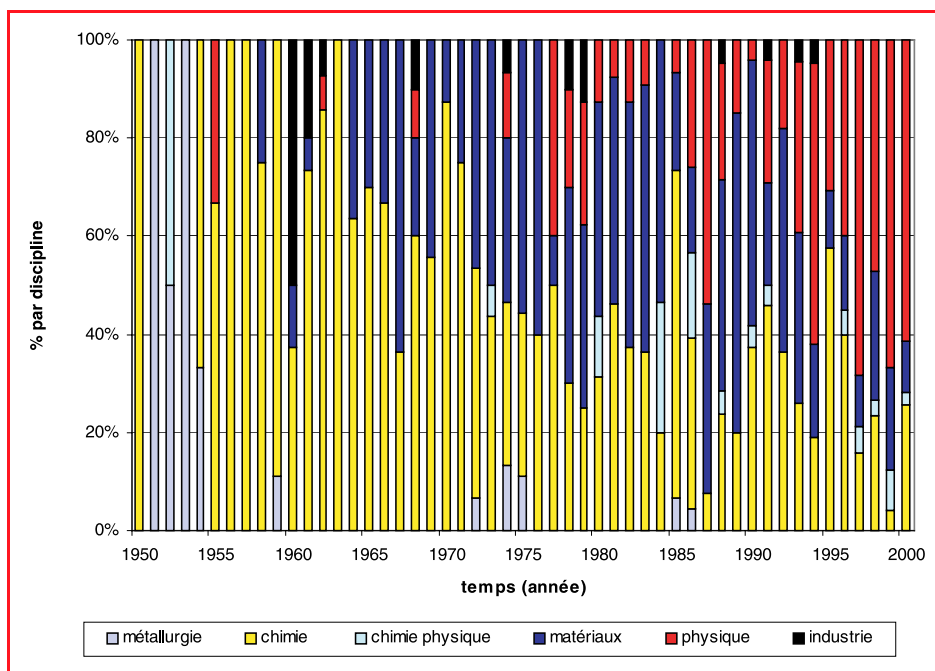


Figure 5 - Évolution des publications du LCAES par disciplines.

cause le lien qui unit la **structure** d'un composé aux **applications** à travers ses **propriétés** ? Mais ce serait oublier que l'histoire constitue un mouvement plus ample travaillé de multiples influences, que les diffusions de connaissances sont des processus non linéaires, que le laboratoire Collongues constitue un laboratoire de chimie du solide parmi d'autres, influent certes, mais soumis aux interactions avec ses concurrents (groupes de Hagemuller, de Félix Trombe, de Jean Flahaut...) et aux changements de son époque.

L'auteur remercie toutes les personnes qui l'ont aidé par leurs témoignages et la recherche de sources inédites, en particulier les membres du LCAES.

Notes et références

- [1] Geison G., Scientific change, emerging specialities, and research schools, *History of Science*, **1981**, 9, p. 20.
- [2] Nye M.J., National Styles? French and English chemistry in the nineteenth and early twentieth centuries, *Osiris*, **1993**, 8, p. 32.
- [3] Latour B., Woolgar S., *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, La Découverte, Paris, **1988**.
- [4] Cornet M., Histoire du centre d'études de chimie métallurgique, *Cahiers pour l'histoire du CNRS*, **1989**, 5, p. 59.
- [5] Terme popularisé par le biologiste matérialiste Buffon au cours d'un débat sur « le développement embryonnaire » qui l'opposa au leibnizien Maupertuis au milieu du XVIII^e siècle.
- [6] Livage J., La chimie douce, *Le Monde*, 26 oct. **1977**.
- [7] Gibbons M. et al., *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, SAGE Publications, Londres, **1994**.



Pierre Teissier

Ingénieur ESPCI, il est doctorant en histoire des sciences à l'Université Paris 10 - Nanterre*. Sa thèse porte sur « L'émergence de la chimie du solide en France après la Seconde Guerre mondiale (1950-2000) ».

* EA 373 - Histoire de la philosophie, Histoire et philosophie des sciences, Université Paris 10 - Nanterre, 200 avenue de la République, 92001 Nanterre.
Courriel : pierreteissier@yahoo.com