

Table des Matières

Remerciements	5
Objectif de l'ouvrage	6
Introduction	9
Chapitre 1 – Pourquoi travailler par projets interdisciplinaires? ..	13
1.1 Mutations de l'industrie.....	14
1.2 Mutations du travail scientifique	15
1.2.1 L'émergence de la «Big Science»	16
1.2.2 La montée des réseaux en sciences	18
1.2.3 L'implication des acteurs locaux	20
1.2.4 Nouveau mode de production des connaissances.....	23
1.3 Mutations de la société	26
1.4 Les réponses de l'enseignement	30
1.4.1 Les écoles d'ingénieurs	30
1.4.2 Les TIPE dans les classes préparatoires	35
1.4.3 Les TPE au lycée	37
1.4.4 Études transversales à l'université.....	38
Chapitre 2 – L'émergence des sciences modernes et le dialogue des sciences	41
2.1 D'où viennent les disciplines?	41
2.1.1 Maîtres et disciples	41
2.1.2 Le renouveau des savoirs au contact du monde	42
2.1.3 Autonomie et institution des disciplines	44
2.1.4 La difficile reconnaissance des sciences pour l'ingénieur (SPI)	49
2.2 Guerre et paix entre les sciences.....	51
2.3 Interdisciplinarité: de quoi s'agit-il?	56
2.3.1 Justification	57
2.3.2 Définition.....	61

2.3.3	<i>Mais qu'est-ce que la discipline?</i>	63
2.3.4	<i>Une question de trajectoire scientifique</i>	77
Chapitre 3 – Modèles et conditions de mise en œuvre		85
3.1	Quels modèles pour l'interdisciplinarité?	85
3.1.1	<i>Complémentarité</i>	85
3.1.2	<i>Circulation</i>	88
3.1.3	<i>Fusion</i>	91
3.1.4	<i>Confrontation</i>	93
3.2	Quelle mise en œuvre de l'interdisciplinarité?	97
3.2.1	<i>Un cadre épistémologique</i>	98
3.2.2	<i>Explorer les différences</i>	99
3.2.3	<i>Un dispositif institutionnel et humain</i>	104
3.2.4	<i>Une instrumentation de la coopération</i>	110
Chapitre 4 – Le projet et sa conduite		113
4.1	Qu'est-ce qu'un projet scientifique?	113
4.1.1	<i>Type de projet</i>	119
4.1.2	<i>Type d'activité</i>	124
4.1.3	<i>Les phases d'un projet</i>	127
4.1.4	<i>Poser le problème et problématiser</i>	130
4.1.5	<i>La dynamique du projet</i>	134
4.1.6	<i>Question de méthode ou de dispositif?</i>	135
4.1.7	<i>La validation finale1</i>	136
4.1.8	<i>La notion de risque dans les projets</i>	139
4.2	La conduite du projet par l'élève	143
4.2.1	<i>Comment gérer le projet dans le temps?</i>	143
4.2.2	<i>Trouver un sujet et démarrer</i>	146
4.2.3	<i>Délimiter et valider le sujet</i>	154
4.2.4	<i>Se documenter et trouver des informations</i>	159
4.2.5	<i>Traiter et avancer</i>	173
4.2.6	<i>Ecrire et présenter son travail</i>	178

4.3 La conduite des projets par l'enseignant.....	184
4.3.1 Aider à la définition des sujets	185
4.3.2 Fournir des méthodes et des exercices.....	185
4.3.3 Organiser le débat	186
4.4 Quelle assurance de la Qualité en recherche?.....	187
Chapitre 5 – Résultats et évaluation	191
5.1 Comment évaluer les résultats?.....	193
5.1.1 Les projets de recherche.....	193
5.1.2 Les projets scolaires.....	198
5.2 Les effets des projets interdisciplinaires	202
5.2.1 Effets de contenu	202
5.2.2 Effets de structuration du milieu	205
Conclusion.....	207
Bibliographie.....	211

Chapitre I

Pourquoi travailler par projets interdisciplinaires ?

Le monde change. La société se transforme. L'industrie et les sciences connaissent de profondes mutations. L'enseignement n'est évidemment pas indifférent à tout cela. Des conventions internationales engagent les pays à changer leurs pratiques, notamment dans la perspective d'un développement durable pour la planète et pour l'humanité. De nouvelles manières de produire et d'innover sont inventées. Les chercheurs sont invités à travailler autrement tandis que des réformes sont proposées aux enseignants.

Localement, l'industriel, le jeune ingénieur, l'enseignant, l'élève, le chercheur et le citoyen ne comprennent pas nécessairement ce qui se passe. Le changement est global et se déploie dans le temps. Chacun assiste bien au surgissement de choses nouvelles, mais il est souvent difficile de savoir s'il s'agit d'une mode, d'un caprice d'un homme de pouvoir, de la redécouverte du fil à couper le beurre ou d'une mutation fondamentale et durable. Il en est ainsi de l'interdisciplinarité et du travail par projet.

L'objectif de ce premier chapitre est de fournir quelques points de repère permettant de comprendre les mutations qui nous entourent, dans l'industrie, dans les sciences et dans la société. Ces mutations expliquent le fait qu'aujourd'hui, par exemple, il est demandé aux enseignants du secondaire d'introduire des TPE et aux chercheurs de faire de l'interdisciplinarité. Nous allons donc traiter de ce qui est en train de changer et montrer en quoi la recherche et l'enseignement sont directement concernés. Pourquoi devons-nous apprendre à travailler par projets transversaux ?

1.1 Mutations de l'industrie

De siècle en siècle, l'activité productive et industrielle se transforme. Les techniques de production ne sont plus les mêmes: du travail sur le bois et la pierre par la force du vent, de l'eau et du muscle, nous sommes passés à l'acier, à la chimie, à l'électricité puis, à l'énergie nucléaire, au silicium et à l'informatique. Le nombre de produits nouveaux est, en outre, incalculable. Les compétences scientifiques et techniques dont on a besoin changent en conséquence. Mais, au-delà de ces aspects les plus visibles des changements de l'industrie, ce sont aussi les formes d'organisation et de production qui changent: artisanat, manufactures d'État, entreprises patriarcales, sociétés anonymes et multinationales. Ces organisations sont des institutions de notre société qui correspondent à des manières d'être différentes. On n'est pas patron de la même façon dans l'échoppe de l'artisan, dans l'entreprise familiale du XIX^e siècle ou dans la grande industrie multinationale. De même, on n'est pas technicien, cadre, ingénieur ou ouvrier de la même manière dans la corporation de métier, dans la proto-industrie locale ou dans le groupe. Les savoirs, les savoir-faire et les savoir-être exigés dans l'un et l'autre cas sont différents. Le type de connaissance et de compétence utile pour l'activité industrielle connaît autant de transformation que cette activité elle-même.

Qu'en est-il pour l'industrie aujourd'hui? Connaît-elle encore des transformations? Les historiens, les économistes et les sociologues le prétendent. Nous serions en train de passer d'un modèle industriel de type «taylorien – fordien» à un modèle nouveau: néo-taylorien? toyotiste? post-industriel? Sans entrer dans ces débats, hors de propos pour cet ouvrage, il convient d'observer que l'organisation industrielle change. Ceci implique que le personnel travaille autrement et qu'il soit formé autrement. Quelques grands traits permettent de caractériser la nouvelle donne industrielle.

Ainsi, depuis le début de ce siècle, sous la houlette de spécialistes en gestion et sur le modèle que constitue l'administration de l'État, les organisations industrielles se sont développées en «bureaucratie mécanique». En cela, elles s'efforçaient de faire preuve de rationalité, à la différence de l'ancienne industrie, trop dépendante de son bon patron. Prenant exemple sur l'administration publique, l'industrie s'est structurée en formalisant ses activités et en explicitant ses règles de fonctionnement. Activités et relations étaient alors régies par des règles rationnelles et impersonnelles, c'est-à-dire valables indépendamment des personnes (ouvrier ou patron) qu'elles concernent. Ce modèle renvoie à une forme d'autorité que Max Weber a qualifiée de «rationnelle – légale». Mettant en œuvre quelques principes de gouvernance des hommes inspirés de l'armée, les entreprises ont vu se développer le rôle de la hiérarchie et les relations d'assujettissement d'un niveau à l'autre de la hiérarchie. Par ailleurs, les principes tayloriens conduisent au développement de la division et de la spécialisation du travail ainsi qu'à la séparation entre la conception et l'exécution du travail. Le bon employé est celui qui sait s'appliquer avec rigueur à sa tâche, exécuter et reproduire ce qui lui est demandé. L'ingénieur ou le technicien des bureaux d'études et de méthodes incarne la ratio-

nalité analytique, l'idéal de la résolution des problèmes par décomposition en éléments simples et application des connaissances et méthodes scientifiques.

Or, depuis quelques dizaines d'années, cette forme d'entreprise connaît des mutations plus ou moins importantes. L'extrême spécialisation du travail est abandonnée au profit d'une recombinaison raisonnée des tâches. Le travail en équipe est prôné tandis qu'on s'efforce de décloisonner, d'introduire de la transversalité et de la flexibilité. Les bureaux d'études et les ateliers se rapprochent. Plus d'autonomie est reconnue à chacun, de même que la reconnaissance de son savoir, de savoir-faire et de sa créativité potentielle. Le savoir n'est plus l'apanage des seuls ingénieurs et techniciens. En outre, l'«apprentissage collectif» devient une ressource ou un «investissement immatériel» que les entreprises s'efforcent de gérer. La résolution des problèmes devient plus distribuée et plus souvent confiées aux acteurs directement concernés. Ceux-ci sont invités à s'arranger localement, à négocier et à résoudre de proche en proche ce qui peut l'être. Ce nouveau modèle, nommé «rationnel – négocié» par Jan De Munck, valorise l'optimisation locale négociée entre les acteurs concernés. L'engagement de chacun dans le travail et dans le projet d'entreprise est alors plus sollicité que par le passé. À l'autonomie reconnue s'adjoint aussi une plus grande responsabilité attendue de la part de chacun par rapport au résultat. Les organisations industrielles se transforment pour faire de plus en plus place à une «organisation par projet». Les compétences attendues du personnel comprennent alors la capacité à s'exprimer, à faire comprendre les problèmes, les contraintes, les solutions. Il s'agit aussi de la capacité à écouter, à négocier, à s'arranger, à construire des optimums ou des compromis collectifs, à conduire des projets, à travailler en équipes pluri-professionnelles, à croiser les savoirs, à tirer les leçons de l'expérience, à formaliser et à capitaliser le savoir, à transformer les outils, à resituer l'activité dans une perspective globale et évolutive, etc.

Les mutations de l'industrie constituent une des données majeures du contexte. Elles expliquent, en partie, les évolutions observées au niveau de la recherche et de l'enseignement. Les sciences sont invitées à sortir de leurs cloisonnements disciplinaires pour travailler conjointement sur des problèmes complexes tandis que les enseignants sont invités à préparer autrement leurs élèves. Nous verrons plus loin comment l'émergence du travail par projet interdisciplinaire est liée aux évolutions que nous venons de caractériser brièvement.

1.2. Mutations du travail scientifique

La manière de faire de la science a aussi considérablement changé au cours du temps. Entre, d'une part, le philosophe qui, au VI^e siècle avant J.-C., disserte avec ses disciples tout en se promenant et, d'autre part, les centaines de chercheurs professionnels qui, répartis dans le monde entier, préparent et analysent les résultats d'une seule expérience réalisée dans un accélérateur de particules à la fin du XX^e siècle, il y a tout un éventail de façons de faire. Dans les sciences, l'évolution ne se réduit pas à l'accumulation de découvertes et de connaissances. Elle passe

aussi par la transformation des instruments, des méthodes et des organisations. Il n'y a pas de méthode scientifique unique. Il n'y a pas non plus de modèle unique pour l'organisation de la recherche. Ainsi, après deux siècles durant lesquels le savant travaille de manière relativement isolée ou au sein de laboratoires de petites tailles, les sciences connaissent quelques mutations majeures: l'émergence de la «big science» et des réseaux de coopération scientifique ainsi qu'une transformation des modes de production des connaissances.

1.2.1 L'émergence de la «Big Science»

Soutenue par les États modernes et industriels, la science des XIX^e et XX^e siècles devient une ressource et un objet de fierté nationale. De nouvelles universités sont créées pour la grandeur et le développement des nations. La paternité des inventions scientifiques et des disciplines scientifiques est revendiquée au titre de la nation. Lavoisier, par exemple, est mobilisé pour sceller à la fois l'identité de la discipline et de la nation: «la chimie est une science française». En 1901, le premier Prix Nobel est attribué. Ce prestigieux prix devient rapidement, lui aussi, l'enjeu de compétitions entre les nations. Simultanément à ces tensions nationalistes qui traversent les sciences, une tendance à l'internationalisme des sciences tente de s'exprimer. Toute une série de sociétés scientifiques internationales sont alors créées (sismologie en 1903, solaire en 1904, astronomie en 1909, géographie et géologie en 1922, radioprotection en 1925).

La science est également enrôlée dans les efforts de guerre, en particulier en 14-18. Elle est mise au service des besoins militaires et du développement industriel. En 1914, est créée la Commission supérieure des inventions intéressant la Défense Nationale. Des commissions équivalentes sont instituées à la même période dans d'autres pays européens et aux États-Unis. La science entre au service de l'État, de l'industrie et du progrès. Mais ceci ne se fait pas sans heurt. À la fin de la première guerre mondiale, par exemple, en Allemagne, elle fera l'objet de violentes critiques. Les scientifiques et la mécanique newtonienne dont ils s'inspirent sont accusés par la population d'avoir perdu la nation après l'avoir entraîné dans une désastreuse aventure industrielle et militaire. Les institutions scientifiques sont menacées tandis qu'un fort mouvement de retour aux valeurs romantiques et spirituelles se fait jour. Cette mésaventure des sciences modernes, au début des années 1920, contribua à leur renouvellement et à l'émergence des théories de mécanique quantique (Forman, 1971).

Par ailleurs, le développement des sciences, combiné à la mise en œuvre d'une démarche analytique, conduit les chercheurs à découper les problèmes en éléments simples dont ils font varier de manière contrôlée chacun des paramètres. Cette façon de produire de la connaissance se traduit par la prolifération de nouvelles spécialités ou par la subdivision des disciplines existantes. En dehors de la physique où le projet d'une théorie unifiée mobilise les esprits, le savant devient de moins en moins capable d'embrasser la totalité des nouveaux savoirs. En 1947, par exemple, on dénombre près de 10 000 périodiques scientifiques. Le monde des

sciences se fragmente en disciplines aussi distinctes et rivales les unes des autres que le sont les nations.

Pour gérer cette population croissante de chercheurs, de nouvelles instances nationales sont mises sur pied: le *National Research Council* (USA) et le Conseil consultatif de la recherche (UK) en 1915, le Département de la recherche scientifique et industrielle (UK) en 1916. En France, un premier organisme public de recherche appliquée est créé en 1921: l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA). Puis, en 1922, l'ONRS (Office National de la Recherche Scientifique, industrielle et des inventions) et, en 1939, le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) dédié à la recherche fondamentale. Ainsi, progressivement les États dotent les sciences d'une nouvelle série d'institutions qui sont, à la fois, un cadre au sein duquel les chercheurs peuvent travailler et un instrument de politiques scientifiques: allocation de budgets, création d'organismes et de statuts professionnels, prolifération de comités de toutes sortes.

La recherche industrielle, de son côté, devient un enjeu économique essentiel à partir des années 1930; 52 % des entreprises américaines disent en faire tandis qu'elles emploient, pour cela, 33 000 personnes. Cette réinvention industrielle du laboratoire et les connaissances, instruments, produits et méthodes qui en sortent auront une forte influence sur la dynamique des laboratoires de recherche publique.

Entre les deux guerres mondiales, les scientifiques traversent une période de chômage académique. Avec la montée du nazisme et d'autres totalitarismes dans le monde, ils discutent de leur responsabilité sociale. Certains sont engagés dans la préparation d'une nouvelle guerre tandis que d'autres (juifs et gauchistes d'un côté, dissidents du communisme de l'autre) sont persécutés. Entre 1933 et 1938, 1800 scientifiques allemands sont exclus des universités. Une entraide scientifique internationale s'organise (fondation du Conseil International des Unions Scientifiques en 1931) tandis qu'un nouveau discours défend l'idée de la science comme entreprise spirituelle détachée des intérêts nationalistes, démocratique et autonome. À ce titre, elle devrait être protégée contre les pressions sociales en échange de quoi elle évitera toute intervention dans les affaires politiques. Certains scientifiques rêvent d'une «République de la Science» et forment la *Société pour la Liberté de la Science*. D'autres, cependant, perçoivent un danger à cet isolement dans une tour d'ivoire. Puis, autour de la seconde guerre mondiale, les scientifiques seront largement mobilisés pour aider les gouvernements à rendre leur machine militaire plus efficace, puis pour participer à la conquête de l'espace.

La guerre finie, l'élite française prend conscience de sa défaite et du retard scientifique et technologique par rapport aux Américains et aux Britanniques. Elle crée une série de nouveaux organismes publics de recherche appliquée, à commencer par le Commissariat pour l'Énergie Atomique en 1945. Elle entend ainsi combler son retard. Toutefois, s'il y a consensus quant à l'enjeu, les acteurs divergent au niveau de leurs motivations et de leurs logiques d'action. Certains sont des *entrepreneurs scientifiques*, tels Louis Néel à Grenoble (Pestre, 1990). Scientifique

passionné, universitaire fasciné par les pratiques technologiques, sans visée théorique ou politique particulière, il finit pourtant par construire un empire tandis que ses innovations organisationnelles locales serviront de modèle pour les grands organismes publics de recherche. D'autres sont des *planistes*, tels les descendants de J. Perrin. Ils prônent la construction d'un plan national de recherche et développement, avec définition de thèmes, d'objectifs et de priorités. Ils entendent organiser les compétences, subventionner les recherches, établir des liens entre les laboratoires et y placer chacun. D'autres, encore, sont les porteurs d'une *logique d'indépendance et d'orgueil national*, tel Pierre Guillaumat. Ils tentent d'organiser un complexe scientifique et industriel prestigieux. Enfin, les protagonistes d'une *logique industrielle*, tel Maurice Ponte de la compagnie de TSF, s'attachent surtout au développement d'une filière électronique à partir de 1954. L'organisation de la recherche scientifique fait donc l'objet de débats politiques tandis que d'importants moyens y sont consacrés, comme dans les autres pays occidentaux.

Un équilibre s'instaure, parmi les scientifiques, entre les tendances au nationalisme et à l'internationalisme. Si, au sein des nations occidentales, de nouveaux organismes de recherche fondamentaux ou appliqués (énergie nucléaire, santé, automatique, agriculture, etc.) sont créés, ainsi qu'un statut de chercheur fonctionnaire, on assiste dans la même période à une montée en puissance des organisations et des programmes de coopération scientifique internationaux.

La science devient alors la *Big Science* avec ses «équipements lourds», tels les accélérateurs de particules, gérés par des organisations scientifiques nationales ou internationales, le CERN, Centre Européen de Recherche Nucléaire, par exemple. Cette *Big Science* exige cependant de gros moyens. Elle est très dépendante des moyens financiers qu'elle peut obtenir des pouvoirs publics, des industriels et des militaires.

1.2.2 La montée des réseaux en sciences

Nécessitant de gros moyens, les sciences dépendent du soutien que leur accorde la société. Les débats de politique scientifique sont alors majeurs. Pour Bernal (1959), cristallographe, marxiste et auteur d'importants ouvrages sur la science, il s'agit d'organiser et de planifier le cadre de travail des chercheurs. Pour Polanyi (1958), au contraire, il faut avant tout laisser faire le chercheur car, pense-t-il, la science ne peut être guidée. Une question est, par exemple, de savoir si l'émergence de nouvelles sciences est le fruit d'initiatives individuelles ayant fait leurs preuves ou si, au contraire, elle résulte des cadres institutionnels conçus pour créer de la nouveauté. Tout au long du XX^e siècle, s'affrontent ainsi des conceptions différentes de ce que doivent être les sciences.

À partir des années 1960, les scientifiques de la deuxième génération après la défaite, tels P. Aigrain et les élèves de L. Néel, insistent sur l'innovation technologique. Pour eux, la politique scientifique doit identifier des sujets originaux et de les soutenir. Le problème est que les propositions de recherche faites par les chercheurs manquent d'originalité. Influencée par les États-Unis, cette politique scien-

tifique prônant la recherche créative et originale va se traduire par un certain goût pour le gadget: le laser, le maser, etc.

À la même époque, les spécialistes de la recherche à l'OCDE et du Commissariat au plan (les bureaucrates de la recherche) vont marteler différents concepts, tels que: «retard technologique» et «ratio des dépenses de recherche sur le PNB». Ils définissent un vocabulaire et des indicateurs (cf. Manuel de Frascati, Manuel d'Oslo) afin de comparer l'«effort de recherche» des différentes nations.

Par ailleurs, au niveau européen, une logique d'intégration est à l'œuvre. Elle passe dans un premier temps par la création de grands équipements et de grands laboratoires comme le CERN à Genève, les Centres de Recherches Conjointes de la Commission de la Communauté Européenne à Ispra et Julich, le *European Molecular Biology Laboratory*, l'ESRF de Grenoble. Elle passe ensuite par la mise sur pied de grands programmes internationaux tels les multiples programmes européens, la coopération internationale sur l'Antarctique ou le projet «Génome Humain». Avec ces programmes, on assiste à l'émergence des réseaux de coopération scientifique (Vinck, 1992a). Les laboratoires sont souvent trop petits pour résoudre, seuls, les nouvelles questions fondamentales que posent aux sciences des épidémies telles que le SIDA, la vache folle ou la nécessité de contrôler l'évolution climatique de la planète. Si, parfois, de très grands laboratoires sont créés, globalement, la tendance va plutôt à la constitution de réseaux de coopération scientifique entre laboratoires, publics et privés, relevant souvent de spécialités complémentaires.

L'organisation du travail scientifique connaît ainsi de profondes mutations. La science est, moins que jamais, une œuvre de chercheurs isolés et, de plus en plus, une affaire d'organisation et de dynamique collective, internationale. La notion de politique scientifique, elle-même, change. De l'idée de planification, elle passe aux questions du développement, du renouvellement et de l'évaluation du potentiel scientifique et de l'infrastructure de recherche. Elle suppose la construction d'indicateurs portant sur le recrutement, la production scientifique et l'innovation permettant de suivre et de gérer l'acquisition de ressources nouvelles, la validation des savoirs (la reconnaissance des nouveaux domaines de recherche tels que la génétique), le partage et le découpage entre disciplines, les nouvelles formes d'organisation de la science et la constitution d'une nouvelle légitimité scientifique.

Dans ce contexte changeant des sciences modernes, le «chercheur de base» n'est plus seulement celui qui maîtrise un savoir et met en œuvre la bonne méthode scientifique. Il doit aussi être capable de connaître sa communauté scientifique, d'en repérer les évolutions et de se situer par rapport à elles. Il est invité à coopérer, sur des projets, avec d'autres, relevant notamment d'autres spécialités ou disciplines. Plus que jamais, il est évalué à partir de sa capacité à communiquer et à faire reconnaître la validité de ses travaux de recherche.

La science moderne n'est plus celle de savants isolés, revendiquant leur autonomie individuelle, hors des contingences de la société. Avec la montée des réseaux

de coopération scientifique, il apprend à connaître suffisamment les ressources et les stratégies d'autres laboratoires pour construire avec eux des «laboratoires étendus», des forums pour la discussion des hypothèses et des résultats et des infrastructures collectives de recherche. Le chercheur moderne travaille en équipe, non seulement au sein d'un laboratoire, mais en réseau, sur des projets qu'il doit avoir appris à organiser et à gérer. Par ailleurs, il lui est demandé de démontrer la pertinence de ce qu'il projette, par rapport à l'état des connaissances et par rapport aux grandes questions que se pose la société.

1.2.3 L'implication des acteurs locaux

Le travail scientifique n'est pas une activité isolée, en dehors de la société et de ses contingences. Au contraire, il est dépendant des jeux des acteurs, scientifiques et non scientifiques, et des politiques. Les scientifiques, en outre, ne parlent pas seulement de sciences. Ils argumentent sur des stratégies et des politiques scientifiques, ainsi que sur divers enjeux de sociétés, tant locaux que mondiaux. Le développement des sciences est le fruit des stratégies de tous ces acteurs qui construisent des cadres au sein desquels des chercheurs développent leurs projets. Ainsi, si l'on remonte dans l'histoire du système scientifique et universitaire français, on note (Grossetti, 1994) qu'à chaque période correspond un mode particulier d'articulation entre le niveau local et le niveau national. La France aurait ainsi connu des périodes de centralismes forts et des périodes d'autonomie locale:

- 1808-1870: dépendance des universités vis-à-vis du pouvoir royal.
- 1875-1939: l'arrivée au pouvoir des républicains correspond à une relative autonomie accordée aux Facultés et aux milieux locaux. Elle se traduit par une différenciation croissante des villes universitaires. Les gouvernements qui se succèdent tentent de moderniser le pays, mais avec des moyens financiers limités et une majorité politique instable. Ils concèdent des marges de manœuvre significatives aux initiatives locales et privées. Les grandes villes sont alors les principaux partenaires de l'État et entreront en concurrence les unes avec les autres pour la création de nouvelles chaires financées localement et pour acquérir le statut de «centres universitaires». Les possibilités accordées aux industriels de financer des enseignements conduisent certains d'entre eux à s'intéresser aux questions universitaires. À cette période, quelques facultés de sciences créent des instituts techniques qui différencieront progressivement les villes les unes des autres.
- 1945-1982: après la Seconde Guerre mondiale, l'État recentralise. De nombreuses réformes sont décidées sans véritable concertation avec les instances locales. L'heure est à la reconstruction de la nation française, à l'harmonisation et à la rationalisation. De grands organismes sont créés pour dynamiser la recherche: après le CNRS en 1939, le CNET (télécommunications) en 1944, le CEA(énergie atomique) en 1945, etc. Un mode de recrutement unique est défini pour toutes les institutions d'enseignement supérieur tandis que les programmes et les diplômes sont harmonisés. Les Instituts

techniques deviennent des Écoles Nationales Supérieures d'Ingénieurs et le recrutement s'opère sur concours (à l'image de ce qui se fait à l'école Polytechnique). Plusieurs disciplines de sciences appliquées se développent au contact de l'industrie, en particulier en province alors que l'essentiel des forces de recherche et d'enseignement est à Paris, au CNRS, au CEA et dans les grandes écoles et universités.

– 1982: en 1982, le vote des lois de décentralisation modifie les relations entre l'État et les collectivités locales. Même si elles n'accordent de nouvelles compétences aux collectivités locales qu'en matière d'enseignement primaire et secondaire, elles suscitent une nouvelle prise de conscience des municipalités, Conseils généraux et Conseils régionaux quant à leur rôle. Ces instances voient alors dans l'enseignement supérieur un enjeu et, notamment, créent des antennes universitaires dont le mouvement a ensuite été canalisé par l'opération Université 2000.

Que l'on soit dans une période de centralisme fort ou, au contraire, de décentralisation et d'autonomie locale, il y a toujours articulation entre les dynamiques locales et nationales. En fait, les décisions nationales masquent souvent les processus réels qui associent des dynamiques locales (scientifiques, industrielles et politiques) et des actions d'influence au niveau national (les réseaux d'anciens élèves, les affiliations politiques, la coordination informelle entre les Recteurs des universités en Belgique ou, en France, entre quelques directeurs d'écoles d'ingénieurs). La dynamique des sciences passe donc par la conduite de projets locaux et la lutte pour leur reconnaissance à différents niveaux. Elle dépend également de l'implication des industriels et des acteurs politiques locaux.

UN MODÈLE DE COOPÉRATION ENTRE ACTEURS LOCAUX

En 1870, la Faculté des sciences de Grenoble n'est guère active. Toutefois, l'équipement des premières hautes chutes d'eau, puis la construction d'usines électriques donnent un essor considérable à la petite ville (25 000 habitants). À partir de 1876, quelques personnalités scientifiques importantes (P. Janet en électricité et F. Raoult en chimie physique) s'impliquent dans la politique locale. Ils suscitent la création de « cours public du soir » sur l'électricité industrielle. La Chambre de Commerce lance alors des souscriptions pour l'ouverture d'un cours d'électricité industrielle à la Faculté des Sciences. Le Conseil municipal vote une subvention tandis que l'Université décide en 1889 de consacrer la plus grande partie de ses ressources à ce développement. Une société pour le développement de l'enseignement technique, liée à l'Université de Grenoble, est fondée en 1900 et l'Institut d'Électrotechnique ouvre ses portes la même année. Trois villes se différencient ainsi par la création de tels Instituts d'Électrotechnique : Grenoble, Nancy et Toulouse. En 1907, l'Union des Fabricants de Papiers et Cartons décide la création d'une école de Papeterie à Grenoble laquelle est dotée d'un laboratoire. La nouvelle école est rattachée à l'Institut d'Électrotechnique qui devient ainsi l'Institut Polytechnique de Grenoble. Jusqu'en 1913, Grenoble voit croître sa population d'étudiants et construit de nouveaux locaux. Les diplômés de l'Institut peuplent alors les industries et l'Université s'intègre au tissu industriel local.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'État reprend en main les institutions et centralise. Toutefois, des villes telles que Grenoble et Toulouse tirent profit de la bonne articulation qu'ils ont, au préalable, construit entre la recherche universitaire et les applications industrielles, via les Instituts techniques. Indirectement, Grenoble bénéficie alors de l'orientation « recherche fondamentale » de Paris et de son peu d'intérêt pour les applications. La présence locale d'enseignants de mathématique appliquée liés aux écoles d'ingénieurs fait de cette ville un des premiers centres universitaires à se lancer dans l'informatique (Grossetti et Mounier-Kuhn, 1995). Il en est de même pour le développement du génie électrique et de l'automatisme.

Par ailleurs, les écoles d'ingénieurs locales se regroupent en un Institut National Polytechnique et acquièrent une personnalité juridique autonome de l'Université. Cette dissociation est liée aux modes de recrutement qui se fait sur concours selon la volonté des écoles d'ingénieurs tandis que la loi Faure, votée en 1968, impose aux universités d'accueillir tous les bacheliers sans sélection. Toutefois, à Grenoble, une volonté continue se manifeste en faveur d'une proximité entre l'Institut National Polytechnique et l'Université.

Pendant cette période, diverses personnalités dont P. Mendès-France et l'industriel P.L. Merlin déplorent les déficiences du système de l'enseignement supérieur français : défaut de relation entre la recherche et l'enseignement, inertie face à l'introduction de nouvelles disciplines, manque d'ingénieurs et de cadres, élitisme du système, etc. Un mouvement se constitue et est accueilli pour un colloque par l'association des « Amis de l'Université » à Grenoble en 1957. De là, naît notamment l'idée des IUT (Instituts Universitaires de Technologie).

Dans les années 1960, une politique nationale d'aménagement du territoire se développe après la création en 1955 du Comité de décentralisation puis de la DATAR. Un processus de décentralisation s'engage. Mais les décisions nationales de décentralisation ne suffisent pas. Alors, les acteurs locaux se mobilisent et s'investissent. Les scientifiques y jouent un grand rôle en assurant l'articulation entre le niveau national et les municipalités locales. Dès 1955, Louis Néel obtient du CEA la création à Grenoble d'un centre de recherche doté d'un réacteur ; ce centre s'intègre rapidement pour contribuer à la dynamique scientifique et industrielle locale.

Les forces locales influent sur les politiques nationales. Ainsi, à côté des logiques qui se croisent pour définir une politique scientifique nationale, sur le plan local, les chercheurs innovent également dans la manière d'organiser l'activité scientifique. Louis Néel, par exemple, expérimente quelques idées qu'il transfère ensuite, via ses réseaux, vers les organismes publics de recherche nationaux : association entre laboratoires ou institutions (par exemple, les associations entre l'université et le CNRS), développement des contrats de recherche avec le milieu socio-économique.

Ces innovations s'inscrivent dans une tradition d'échanges plus ancienne. L'alliance entre recherche, enseignement et production industrielle a longtemps caractérisé le « modèle grenoblois ». Apparue dès le début du siècle avec le développement de la houille blanche et les premiers cours publics d'électricité, elle devient alors une tradition. Lorsque L. Néel

arrive à Grenoble, il rencontre un milieu universitaire déjà favorable aux relations avec les industriels. Sous sa houlette, l'ancienne alliance spontanée devient un axe stratégique, un modèle de politique scientifique et technique. Le site universitaire en est remodelé et donne naissance à un pôle de recherche et développement en électronique et en informatique.

Dans le même ordre d'idée, dès les années 1960, les tentatives de diversification du CENG (Centre d'Études Nucléaires de Grenoble), à l'encontre de la tendance du CEA national, conduisent au développement d'une spécialisation locale dans les technologies induites par le nucléaire et à de nouvelles alliances industrielles. Cette initiative locale préfigure l'obligation qui sera faite ultérieurement (en 1989) aux chercheurs du CEA de valoriser leurs travaux. De tels modèles locaux seront ensuite développés à grande échelle. Dans les années 1970, de nombreuses petites entreprises sont créées par des chercheurs transfuges. Ce qui, à l'époque, était une bizarrerie constitue aujourd'hui un des modèles appelés par les institutions pour renouveler les capacités d'innovation et pour dynamiser l'économie (de Bernardy et Boisgontier, 1988 ; Parent, Joly et Videcoq, 1986). D'autres innovations locales ont été adoptées au niveau national. Ainsi, toujours dans cette tradition de l'échange entre institutions et avec le milieu industriel, l'idée fut proposée de créer des contrats à mi-temps dans l'université, pour des personnes attachées à une entreprise, afin qu'elles assurent une meilleure interface entre université et entreprise (poste de Professeur Associé PAST). Cette innovation locale a été développée puis reprise au niveau national.

Les chercheurs et les enseignants ne sont manifestement pas enfermés dans une tour d'ivoire. Leurs projets scientifiques les conduisent à croiser industriels et acteurs politiques locaux avec lesquels ils apprennent à construire de nouveaux cadres pour la recherche, l'innovation et l'enseignement. La dynamique des sciences, de l'industrie et de la société dépend aussi de la capacité de ces acteurs à construire et à conduire ensemble de tels projets.

1.2.4 Nouveau mode de production des connaissances

Le mode de production des connaissances connaît lui aussi des mutations majeures auxquelles il convient de préparer les nouvelles générations.

Tout d'abord, les sites de production de connaissances nouvelles se sont multipliés et diversifiés. La science n'est plus le fait des seuls centres de recherche académique. Les entreprises industrielles, les sociétés de conseil, les sociétés de recherche sur contrat, les institutions hospitalières et les agences gouvernementales constituent également des lieux de production de savoirs. La production du savoir n'est plus limitée à quelques laboratoires universitaires coupés du monde, mais, au contraire, dispersée et distribuée, un peu partout dans la société.

Par ailleurs, la part de la population formée aux sciences s'est fortement accrue. Aujourd'hui, une majorité de citoyens a reçu des éléments importants de formation scientifique. Il s'ensuit que partout où ils se trouvent employés, ils véhiculent

des savoirs nouveaux et des méthodes de travail. Localement, dans leurs emplois, ils rendent possible la résolution de nouveaux problèmes et la formalisation des savoirs acquis par l'expérience. Ils portent aussi un souci de gestion et de production des connaissances utiles pour leur activité productive. Du coup, les chercheurs académiques perdent le monopole de la production du savoir, monopole qu'ils avaient établi à l'issue de longues luttes avec les autorités et avec les profanes. Les connaissances jouant un rôle croissant dans les dynamiques technico-économiques et dans l'évolution de nos sociétés (notamment dans la gestion collective de la planète ou de la santé), elles font l'objet d'une attention croissante de la part d'acteurs non-scientifiques de plus en plus nombreux. Aussi, la conjonction d'une démultiplication des lieux de production de connaissances et d'une expansion de l'intérêt porté aux connaissances crée les conditions pour qu'émergent de nouveaux modes de production de connaissances.

Plus distribuée dans l'ensemble du tissu socio-économique, la production des connaissances prend aussi des formes nouvelles. Il s'agit moins de découvrir des principes fondamentaux à validité universelle que de produire du savoir localement pertinent, dans un contexte donné. Les ressources cognitives et méthodologiques ainsi que les critères d'évaluation des résultats s'écartent alors des traditions scientifiques disciplinaires. L'évaluation des résultats par des communautés académiques spécialisées est, parfois, inadaptée parce que les problèmes traités ne se réduisent pas aux découpages disciplinaires existants. Avec l'élargissement des espaces de production de connaissances, la définition de ce qu'est un bon résultat se met à fluctuer. La capacité d'un résultat de recherche à être utilisé par des praticiens tend à devenir un critère important d'évaluation des productions scientifiques.

Selon Gibbons (1994), nous assistons à un changement au niveau du mode de production du savoir: d'une science disciplinaire, hiérarchisée et isolée de la société, nous passons à une science articulée de plus en plus sur la société, conduisant de fait à des pratiques transdisciplinaires et à de nouvelles formes d'organisation. Dans l'ancien mode, la résolution des problèmes traités en science était gouvernée essentiellement par des intérêts de type académique tandis que dans le nouveau mode, elle est plutôt liée à des contextes d'applications. Les connaissances, de plus en plus, sont supposées être utiles pour quelqu'un quelque part. Il s'ensuit que les acteurs scientifiques sont plus engagés dans des négociations continues pour établir la pertinence et la légitimité de leur activité. Ceci, en outre, ne concerne pas seulement la recherche appliquée, mais bien toute activité scientifique.

Par ailleurs, avec l'accroissement des besoins en ressources pour produire des connaissances nouvelles, il est devenu de moins en moins possible aux chercheurs de se limiter à une spécialité ou à un paradigme unique. Au contraire, la plupart des scientifiques étendent leurs sources de financement en s'adressant à des organismes variés (entreprises, agences gouvernementales, etc.) et développent des stratégies de carrière. Ces deux mouvements les conduisent à ouvrir leur champ d'intérêt et d'approche pour saisir des opportunités nouvelles en dehors de leur

stricte spécialité. Il en résulte que les découpages disciplinaires perdent une part de leur pertinence de même que les distinctions entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Les constants besoins en ressources augmentent la perméabilité des connaissances.

Ces changements au niveau des modes de production des connaissances affectent les institutions de recherche et de formation. Leurs partenaires s'étant diversifiés, elles sont appelées à gérer des fonctionnalités multiples, en particulier en formant une élite pluraliste. L'enseignement doit ainsi répondre à des besoins plus divers que par le passé: formation intellectuelle d'une grande partie de la population (futurs cadres et chercheurs), production de savoirs nouveaux, innovation, mais aussi professionnalisation des étudiants et préparation de leur entrée dans le monde du travail. Du coup, les anciennes spécialisations doivent se redéfinir tandis que les rôles de chacun se complexifient. Dans les universités, le professeur non seulement enseigne, fait de la recherche, gère une équipe et prend part à l'administration de son institution, mais, également, intervient comme consultant ou comme expert en divers lieux, suit ses étudiants en stage dans les entreprises, fait venir des industriels dans ses cours.

Une évolution similaire se rencontre également au niveau des grands organismes de recherche. Aux États-Unis, la *National Science Foundation* (NSF), par exemple, redéfinit ses finalités en intégrant les préoccupations sociales et économiques; elle ne peut plus se limiter à soutenir les chercheurs dans leurs projets. Les pressions budgétaires aidant, elle fait des choix parmi les projets en prenant en compte la qualité scientifique des propositions, mais aussi d'autres critères de pertinence. Pour sortir de cette situation contrainte, la NSF redéfinit son rôle et prend une part plus active dans la société en donnant un coup de pouce aux performances industrielles américaines. Gérer la recherche scientifique indépendamment des problèmes qui se posent aux sociétés ne semble plus acceptable.

Ainsi, la production des connaissances s'est profondément transformée. Les spécialités et les disciplines émergentes se confrontent dans de longues luttes pour faire reconnaître leur scientificité. L'organisation hiérarchique et cloisonnée de la recherche est largement remise en cause. Les chercheurs sont invités à travailler autrement, collectivement, sur des projets qui ont aussi un sens pour la société. Ils sont invités à traverser les cloisonnements disciplinaires et à travailler avec les autres acteurs de la société. Ces derniers, pour leur part, sont de plus en plus préoccupés par la production de nouveaux savoirs correspondants à leurs besoins. L'information et les connaissances sont devenues des ressources stratégiques dans la société du XXI^e siècle. Leur production et leur gestion ne sont plus le monopole des seuls savants. Les nouvelles générations, dans leur ensemble, doivent y être préparées. Il s'agit d'apprendre à travailler sur des questions et sur des problèmes pour lesquels les connaissances fiables n'existent pas encore. Il s'agit aussi d'apprendre à se structurer et s'organiser pour mener à bien, à plusieurs, de tels projets.

ON DEMANDE DE NOUVELLES COMPÉTENCES

La compétence fondamentale demandée aujourd'hui dans la société et dans les entreprises n'est plus de trouver et de choisir la bonne solution, légitimée par l'autorité de la science. Les incertitudes scientifiques, techniques, économiques et sociales sont souvent si grandes que les employeurs et décideurs ont plutôt besoin d'une vision de l'éventail des solutions et des réactions qu'elles peuvent entraîner. Il est alors demandé aux jeunes générations d'être capable de se familiariser rapidement avec des sujets parfois très techniques, nouveaux ou pas, de repérer les savoirs pertinents, d'expliquer les différentes manières de poser le problème, de comprendre les raisonnements des uns et des autres sans trop vite prendre parti, d'interpréter les évolutions et les dynamiques en cours ainsi que formuler des hypothèses de solution. Il s'agit aussi d'être capable d'exposer de telles analyses, d'en débattre et d'en tirer des conclusions provisoires. Chemin faisant, dans l'action, il est aussi demandé d'être capable de tirer la leçon de l'expérience, de formaliser et de gérer les connaissances acquises, de conceptualiser les problèmes pour gagner en capacité de recul critique, d'anticipation et de changement.

1.3 Mutations de la société

La société change dans ses fondements. Il fut un temps où la loi était donnée par la tradition, enracinée en Dieu. Avec la modernité, toutefois, la société devient l'auteur de sa propre loi. Elle invente le contrat, pour coordonner les volontés d'individus libres, et la loi, définie par un État légitime. Ce formalisme du contrat et de la loi sera ensuite dépassé au profit d'une conception plus sociale de l'État et d'une reconnaissance du monde économique et des entreprises en tant qu'institutions de la société: conseil d'entreprise, convention collective, etc. Mais, aujourd'hui, nous assistons à une nouvelle mutation de la société: les médias montrent la relativité des normes; l'État est dérégulé; les univers normatifs (code orthographique, régime taylorien et fordiste en entreprise, droits familial et pénal) sont déformalisés. Les normes perdent leur substance.

Ainsi, au-delà des mondes industriels et scientifiques, c'est la société tout entière qui change. De nouveaux modes de régulation et de coordination de nos activités se mettent en place. Durant le XX^e siècle, la forme dominante d'autorité et de légitimité correspondait à ce que Max Weber a qualifié de «rationnel – légal». La raison, la science en tant que savoir universel et la loi fondée dans le droit naturel étaient supposées s'imposer. Dans l'industrie, dans les affaires de l'État, comme dans la justice et l'enseignement, la science faisait autorité. Ses règles et ses lois universelles et impersonnelles étaient supposées s'appliquer en tout temps, en tout lieu et sans discrimination ni compromis locaux. Dans l'enseignement, ce sont surtout les acquis des sciences, la science établie, incontestable, qui étaient transmis.

Or, ce modèle de l'autorité et de la légitimité connaît de profondes mutations. Il n'est plus question d'imposer de manière indifférenciée un savoir ou une règle

sans tenir compte des situations locales. La construction de compromis et de solutions localement satisfaisantes devient la nouvelle manière de faire. Les connaissances scientifiques sont des ressources dont le sens, la pertinence et les limites de validité doivent être reconstruites localement, dans les situations où elles sont mises en œuvre. Les règles, y compris dans la sphère juridique, sont traduites et adaptées localement. Les problèmes industriels ne sont plus simplement confiés à des bureaux d'études devant définir le «one best way»; au contraire, c'est localement que des arrangements raisonnés et négociés, provisoirement stables, doivent être construits, aidés pour ce faire par le travail des bureaux d'études. Ainsi, nous passerions d'une société dans laquelle le modèle de légitimité «rationnel – légal» fait place à un nouveau modèle, qualifié par J. De Munck (1997) de «rationnel – négocié».

Ainsi, émergent de nouvelles pratiques associées à la généralisation des pratiques de médiation et du recours aux procédures comme modalité de régulation: il en est ainsi pour le management de la qualité dans l'industrie, et maintenant dans les soins de santé et dans la recherche. Ces procédures peuvent être pensées comme un moyen de réduction de la complexité des situations face aux possibilités toujours multiples d'action qui se présentent aux acteurs. Les acteurs devant coopérer s'appuient alors sur des procédures de communication leur permettant d'anticiper leurs comportements respectifs. Par les procédures, la raison et la loi deviennent fonctionnelles. Elles permettent de cadrer l'action en faisant l'économie de la construction d'un consensus sur les contenus. Elles permettent aussi aux acteurs de produire et de stabiliser un fait social, sans qu'il ne soit nécessaire de faire appel à un ordre (la loi divine, le droit naturel, l'autorité de la science) préexistant à l'action et à la situation. Les procédures forment un noyau de rationalité dépassant les interactions locales dans la mesure où elles sont argumentées. Elles ajoutent un élément de positivité par rapport aux seules actions spontanées. Ainsi, les mutations en cours depuis la fin du XX^e siècle correspondraient à l'abandon du modèle «rationnel – légal» défini par Max Weber au profit de cette nouvelle figure de la rationalité: une rationalité procédurale, des normes et des savoirs produits au cours de l'action et légitimés dans l'interaction et dans la discussion.

Les mutations dont il est ici question concernent éminemment l'activité industrielle. Le management interne comme celui des relations partenariales entre entreprises, avec les clients et avec les diverses institutions de la société évoluent dans le sens de cette rationalité procédurale, négociée localement. La résolution des problèmes et la production de savoirs nouveaux, dans ce contexte, sont profondément marquées par cette mutation de la société. Les nouvelles générations d'employés, quel que soit le niveau de formation, sont alors invitées à s'impliquer et à devenir dans la conduite de projet de résolution de problème, d'amélioration, d'innovation, de production de connaissances nouvelles et de leur capitalisation. Chacun est invité à confronter son analyse de la situation, ses connaissances et ses hypothèses de solution avec celles de ses collègues relevant d'autres métiers, voire d'autres entreprises. Les cloisons entre fonctions, entre bureaux d'études, de

méthode et d'atelier, entre clients et fournisseurs, entre niveaux hiérarchiques sont pressées de tomber. L'entreprise est à l'heure du décloisonnement, de la transversalité, des plateaux-projets, du partenariat.

Il en est de même pour les sciences à l'égard de la société. Les sciences ont perdu de leur autorité et ses savoirs sont relativisés. Une méfiance généralisée s'est installée vis-à-vis de ses productions : contestation de l'arme et de l'énergie nucléaires et du recours aux organismes manipulés génétiquement; scandales du sang contaminé et des hormones de croissances ; mauvaise image de la chimie perçue comme cause des pollutions, etc. De plus en plus, les scientifiques sont sommés de s'expliquer, de rendre compte de la pertinence des travaux qu'ils engagent ainsi que de donner des gages permettant de renouer la confiance à l'égard des hypothèses explicatives qu'ils avancent et des nouveaux objets qu'ils offrent au monde. Les acteurs de la recherche s'efforcent alors de mieux communiquer, mais aussi de confronter leurs points de vue et leurs connaissances avec divers acteurs de la société, voire de faire participer et d'impliquer les utilisateurs potentiels des résultats à la conception de la recherche elle-même.

Par ailleurs, nos sociétés sont confrontées à des problèmes socio-scientifiques de très grandes ampleurs: réchauffement de la planète, surgissement de nouvelles maladies (virales notamment), mondialisation technico-économique et village global, démographie et santé dans le monde, épuisement des ressources naturelles, etc. Disposer d'un potentiel de recherche est vu comme une nécessité stratégique pour un développement économique durable à l'échelle de la planète. Les chercheurs de toutes les disciplines des sciences de la nature, des sciences pour l'ingénieur, mais aussi des sciences humaines et sociales, sont invités à travailler ensemble pour: anticiper les problèmes auxquelles nos sociétés risquent d'être confrontées ; préparer les bases de connaissances et de compétences dont nous risquons d'avoir besoin dans les prochaines années et décennies; ouvrir de nouvelles pistes de recherche.

Dans cette perspective, les scientifiques sont invités à décloisonner leurs institutions et leurs disciplines, à travailler ensemble sur des problèmes et des questions qui se posent ou risquent de se poser à la société. Ainsi, le plan d'Action 21, adopté lors de la convention de Rio sur le développement durable (CNUED, 1993), demande aux scientifiques à mettre en chantier de nouvelles formes d'interactions entre la recherche scientifique et le monde économique, social et politique. Cette évolution doit, en outre, passer par des changements à l'intérieur de l'organisation de la recherche pour la production de nouvelles connaissances interdisciplinaires. Plusieurs nations ont repris, dans leur programmation de la recherche, l'idée selon laquelle l'interdisciplinarité doit être promue en tant qu'élément d'une

politique intégrée de développement durable⁴. L'argument est que l'actuelle faiblesse de l'utilisabilité des résultats de recherche est liée au déficit d'intégration des connaissances scientifiques. Depuis les années 1960, l'UNESCO et l'OCDE avaient d'ailleurs déjà inscrit la diffusion de la recherche scientifique interdisciplinaire au rang de leurs priorités. L'interdisciplinarité est « une protestation véhémente contre un savoir en miette, aussi aliénant sur le plan culturel que le travail en miette sur celui de la production » (OCDE, 1972). Pour Federico Mayor, directeur général de l'UNESCO, l'interdisciplinarité constitue une « interrogation pressante et multi-forme liée à la complexité croissante des études techniques, des questions vastes et difficiles, comme celles de l'environnement, des contacts et des échanges entre disciplines » (Portella, 1992). Les chercheurs sont alors invités à décloisonner leurs savoirs et à dialoguer avec les autres acteurs de la société. Sur un problème donné, il y a tellement de thèmes et d'approches différentes qu'il est difficile pour les chercheurs eux-mêmes de resituer les choses les unes par rapport aux autres dans une vision globale qui, en outre, devrait faire sens pour un décideur. Aussi, les commanditaires, qui se chargent de tenter une telle intégration des connaissances, s'efforcent de mettre en relation les chercheurs pour contribuer à ce travail d'intégration. Enfin, l'hyperspécialisation est accusée non seulement de conduire à un morcellement du savoir, mais aussi à une perte du sens de la responsabilité. Les chercheurs manquent souvent d'une vision large leur permettant de mesurer les enjeux et les risques. Ils ont rarement conscience des postulats épistémiques et des présupposés extra-épistémiques de leur propre travail⁵. Ce faisant, ils contribuent à la régression démocratique dans laquelle, d'une part, les problèmes deviennent si techniques qu'ils échappent au débat civil et, d'autre part, l'absence d'une vision globale raisonnée laisse libre cours aux discours généraux les plus creux et aux analyses locales les plus parcellaires. Ces problèmes sont jugés aujourd'hui si cruciaux pour la société que les chercheurs sont, de plus en plus, interpellés sur leurs pratiques effectives.

Face à ces mutations de la société, de l'industrie, des sciences et de leurs relations, l'enseignement et la formation par la recherche sont conduits à concevoir de nouvelles réponses. Voyons maintenant ce qui est observable dès aujourd'hui au niveau de l'enseignement.

4. Les Services fédéraux des affaires Scientifiques, Techniques et Culturelles (SSTC) en Belgique inscrivent ainsi la promotion des approches multidisciplinaires et la communication entre chercheurs et utilisateurs, dans leurs programmes d'appui scientifique aux grandes problématiques contemporaines (cohésion sociale, développement durable et société de l'information) et dans le programme de soutien à la recherche fondamentale (Pôles d'attraction inter-universitaires). Les appels à propositions, émis par le Plan d'Appui à une politique du Développement Durable, privilégie les projets interdisciplinaires.

5. Thill et Warrant, 1998.

1.4 Les réponses de l'enseignement

1.4.1 Les écoles d'ingénieurs

Plus les réalités économiques et industrielles se transforment, plus on attend que l'ingénieur fasse preuve de flexibilité, d'initiative et d'esprit d'innovation. La société compte sur lui pour qu'il traduise les préoccupations stratégiques, de l'organisation qui l'emploie et de la société dans son ensemble, en réalisations concrètes. Il lui est demandé d'être capable de décoder l'organisation et son environnement socio-économique. Face à la diversité et à la rapidité des changements, il est appelé à se confronter de plus en plus à des situations inconnues, pour lesquelles aucune solution pré-établie ne lui a été enseignée. Il lui est donc demandé de faire preuve de capacité d'observation, d'écoute, d'analyse, de recul critique, de diagnostic, d'anticipation, d'adaptation, d'innovation, de communication, de solidarité et de dialogue.

Ces exigences de la société et du monde industriel se traduisent par de nouvelles priorités lors de l'embauche. La compétence technique spécialisée reste de mise mais elle ne suffit plus. Il n'est plus question de se réfugier derrière un savoir de métier ou un diplôme. On attend de l'ingénieur d'autres compétences. Traditionnellement, certains d'entre eux développaient ces autres compétences sur le tas, à force d'apprentissage tout au long de la carrière professionnelle. Mais beaucoup regrettent de ne pas y avoir été préparés avant leur embauche. Les industriels eux-mêmes demandent aux Écoles de former autrement les futurs ingénieurs. Dans les pays anglo-saxons, des enseignements de type « Management » et « Sciences, Techniques et Sociétés » ont été introduits depuis les années 70 et 80. Certaines écoles françaises (par exemple, l'école des Mines de Paris) ont fait de même mais c'est seulement depuis les années 90 qu'un mouvement significatif se développe en ce sens. Il se traduit par la place accrue accordée à la formation en sciences humaines, économique et gestion (socio-économie de l'innovation, économie industrielle, sociologie de l'entreprise, conduite de projet, analyse stratégique, marketing, négociation, etc.). Il se traduit également par une pédagogie du projet.

LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS CHANGENT

La place occupée dans les Écoles d'Ingénieurs par la pédagogie du projet et de l'apprentissage s'est fortement accrue ces dernières années. À côté des traditionnelles formations scientifiques et techniques et de la pédagogie du maître, il s'agit tout d'abord de préparer les élèves à la réalité et à la complexité du travail d'ingénieur ; les problèmes qu'ils doivent résoudre ne se limitent pas à des cas d'école. Les formations d'ingénieur essaient de répondre à la critique largement répandue selon laquelle l'ingénieur ne sait répondre qu'à des questions bien posées. L'objectif, maintenant, est qu'ils apprennent aussi à poser les questions. Par ailleurs, il s'agit de développer le travail en équipe, l'esprit d'initiative, de recherche et d'innovation ; les élèves apprennent à mobiliser des ressources diverses, à produire des connaissances nouvelles à partir de l'expérience.

Les Écoles d'Ingénieurs ont déjà l'expérience des travaux d'initiative personnelle de leurs élèves ingénieurs. Ceux-ci prennent la forme de projets, individuels ou collectifs, plus ou moins liés à des demandes formulées par les enseignants et/ou par les industriels (dans le cadre d'un stage, d'une mission, d'une étude de terrain ou d'un projet de fin d'étude). Dans certaines Écoles, les élèves doivent définir un projet collectif (par exemple, la conception et la réalisation d'un véhicule pour participer au *Marathon Shell*) et le réaliser. Les élèves sont alors évalués sur la conduite du projet autant que sur leurs qualités scientifiques et techniques.

Face à la nouvelle donne sociétale, économique, technique, les Écoles (*cf. la toute récente réorganisation de l'École Centrale de Paris*) revoient leurs programmes tandis que de nouveaux *cursus* sont proposés.

LA PÉDAGOGIE ACTIVE PAR PETITS GROUPES⁶

La Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Louvain-la-Neuve, en Belgique, a transformé ses programmes de formation de futurs ingénieurs. S'inspirant de la littérature anglo-saxonne sur « Problem-Based Learning » et sur l'apprentissage par groupe, elle a remplacé une partie importante de ses enseignements magistraux par trois types d'activités pédagogiques :

- L'apprentissage par projet (APP) : chaque projet est réalisé soit par groupe, soit individuellement, sur une période d'une semaine.
- L'apprentissage par exercice (APE) : il correspond aux traditionnels Travaux Dirigés, réalisés sur une période de deux heures.
- Le projet trimestriel.

Désormais, les cours magistraux n'interviennent qu'après la découverte de la matière, par les étudiants, dans le cadre de l'APP, des exercices (APE) ou du projet trimestriel. Les cours sont destinés à remettre de l'ordre dans les idées, à faire apparaître des liens que pourraient ne pas avoir été perçus par les étudiants et à mettre le tout en perspective. Il s'agit donc d'une sorte de révolution copernicienne dans laquelle le projet précède l'enseignement. Son objectif est de faire acquérir non seulement des contenus, mais aussi des méthodes et une capacité de réflexion sur son propre apprentissage.

L'APP constitue un élément clef de ce dispositif de formation. Il a pour but de mettre les étudiants en situation et face à un problème proche de la pratique professionnelle des ingénieurs. Il doit alors apprendre à se poser des questions, à s'approprier le problème, les concepts, les modèles et les méthodes pour y répondre. Le projet est accompagné par un tuteur (enseignant, chercheur ou « élève chevronné ») lequel intervient sur la démarche et évite d'apporter des réponses disciplinaires aux questions posées. Une part importante est laissée à l'initiative personnelle de l'étudiant.

6. Des dispositifs pédagogiques du même type ont été mis en place dans des universités anglo-saxonne, au Texas notamment, pour la formation des médecins.

Ce dispositif conduit les étudiants à :

- Apprendre à organiser leur travail en respectant les échéances.
- Identifier ce qu'ils connaissent et les savoirs qui leur manquent
- Réfléchir aux démarches leur permettant d'atteindre leurs objectifs.

Chaque projet est structuré en trois phases: la mise en route (organisation du travail, première analyse du problème, définition des tâches à accomplir), l'étude proprement dite, puis la phase de clôture (synthèse, remise du produit attendu, bilans). Le produit peut être un rapport, un dessin ou un programme informatique, par exemple. L'APP crée ainsi des conditions favorisant un travail régulier (non limité à la préparation des examens) et offre à l'étudiant de nombreuses occasions de faire le point. Le but de l'APP est aussi d'«apprendre à apprendre» en aidant l'étudiant à devenir conscient du processus d'apprentissage et de la nécessité d'une réflexion méthodologique pour asseoir la production de connaissances fiables. Il s'agit, entre autres, de réfléchir sur l'organisation du travail individuel et en équipe (répartition des tâches), sur la gestion du temps (établissement d'un planning) et des échéances, sur la communication efficace (quelle qu'en soit la forme : écrite, orale, graphique, etc.), sur la capacité à évaluer des risques et à faire des choix, sur les heuristiques de résolution de problèmes, etc.

LE CAS DE L'ENSGI

Le cas de l'Ecole Nationale Supérieure de Génie Industriel à Grenoble est typique de ces nouvelles tendances. Créée en 1990, elle résulte de la volonté conjointe d'industriels, d'enseignants – chercheurs en Sciences Pour l'Ingénieur et en Sciences Economiques et Sociales. Sa création a mobilisé un groupe d'industriels très actifs rassemblés dans un Club d'Industriels partenaire de l'Ecole, l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG) et l'Université Pierre Mendès-France (Sciences sociales) (UPMF). Elle se traduit par l'établissement d'une convention originale entre l'INPG et l'UPMF. Il s'agissait alors de mettre en œuvre une réelle formation pluridisciplinaire, accordant une large place aux sciences sociales utiles à la maîtrise de l'innovation industrielle. Ce mouvement n'a d'ailleurs fait que se renforcer depuis avec, notamment, la création d'un Institut de la Production Industrielle (avec l'appui du CNRS) associant plusieurs laboratoires de sciences pour l'ingénieur et en sciences sociales, ainsi que l'organisation d'une école doctorale gérant des filières de formation en DEA et en thèse de Génie industriel, d'économie industrielle et de Sociologie industrielle.

L'ambition est de former des ingénieurs possédant l'art de d'organiser l'avenir des entreprises. Dans ce dessein, ils sont supposés devenir capables d'analyser toutes les dimensions du génie industriel, d'appréhender l'entreprise dans sa globalité, d'améliorer l'efficacité de l'organisation productive et de coordonner les ressources hétérogènes de l'entreprise. Ils apprennent, notamment, à comprendre les problématiques techniques, économiques et humaines des différents acteurs et à animer des équipes composées de compétences variées. Un tel apprentissage

passé alors par une formation pluridisciplinaire de base (60 % sciences pour l'ingénieur ; 40 % sciences économiques et sociales), mais aussi par des projets, en particulier par la confrontation à des problèmes industriels, toujours complexes, rencontrés par les élèves sur le terrain. Un tiers de leur formation s'effectue en milieu industriel. Ils sont alors invités à mobiliser, à confronter et à combiner les différents savoirs disciplinaires. Accompagnant les étudiants sur ces projets, les enseignants de sciences pour l'ingénieur et de sciences économiques et sociales sont, eux aussi, engagés dans une situation d'apprentissage de l'interdisciplinarité.

EXEMPLES D'EXERCICE PÉDAGOGIQUE

Enquête en entreprise: dès la première année, les étudiants sont préparés conjointement par les enseignants de technologie, de mathématique et de sociologie à observer la mise en œuvre d'un outil industriel, à savoir le Contrôle Statistique de Production (outil de contrôle de qualité). Ils en apprennent les fondements statistiques, la méthodologie de mise en œuvre et son articulation aux processus de production ainsi qu'à l'observation des situations d'usage et aux entretiens avec les acteurs industriels. Après la réalisation de leurs enquêtes, traversant ainsi différentes fonctions de l'entreprise en suivant le fil conducteur de la mise en œuvre et des usages de l'outil étudié, ils confrontent leurs observations, d'une entreprise à l'autre, et découvrent alors combien un outil ou une méthode ne peut se réduire ni à ses principes de base ni à ses fonctionnalités.

Stage opérateur: les élèves sont préparés à l'observation de l'entreprise et de la situation de travail qu'ils vont rencontrer à l'issue de leur première année d'étude. Invités à tenir un journal de bord, il leur est demandé en début de deuxième année de thématiser et de problématiser leurs observations et de les confronter à celles de leurs collègues. L'utilisation de cette expérience industrielle est exploitée dans plusieurs enseignements, en particulier en sociologie et en ergonomie.

L'analyse d'une controverse scientifique ou technique: dans le cadre du cours de socio-économie de l'innovation, les élèves apprennent à identifier, à suivre et à rendre compte d'une controverse scientifique en cours, à savoir une situation où l'incertitude économique, politique et sociale quant à la solution d'un problème est compliquée par le fait que les connaissances scientifiques et techniques ne sont pas stabilisées. De cette manière, les étudiants se préparent à l'analyse de situations dont la modélisation n'est pas assurée.

Étude de terrain: par groupe de trois, les élèves s'attaquent à la solution d'un problème qui leur est confié par une entreprise (laquelle peut être également un hôpital). A raison d'un jour par semaine en entreprise pendant 8 semaines plus une semaine complète, ils apprennent à interroger la mission qui leur est confiée, à s'organiser pour la traiter dans les délais qui leurs sont impartis, à mobiliser leurs enseignants de différentes disciplines et à présenter leur rapport de mission devant un jury.

Management environnemental : en combinant des ressources issues de l'analyse économique, de la gestion, de la sociologie, du droit et de l'analyse des dispositifs techniques et organisationnels, cet enseignement ambitionne de préparer les élèves à la réflexion critique et constructive des instruments de l'action industrielle en matière de prise en compte des préoccupations environnementales.

Par de nouvelles modalités pédagogiques et par une combinaison originale des contenus, cette école entend préparer ses élèves à la nouvelle donne de la société. Cependant, l'action de cette école ne se limite pas au temps de formation de l'élève ingénieur. Elle opère, en amont, au niveau du recrutement et, en aval, dans la formation par la recherche. Ainsi, s'il s'agit bien de recruter des élèves ayant un très bon bagage scientifique, l'objectif est aussi de choisir des personnes dotées d'une forte personnalité. Aussi, en complément des épreuves scientifiques des concours à l'issue des classes préparatoires, l'école organise un entretien d'embauche avec un jury composé d'un enseignant en sciences pour l'ingénieur, d'un enseignant en sciences économiques, humaines et sociales et d'un industriel membre du Club. Il s'agit alors de repérer les candidats porteurs de projets personnels et faisant preuve de capacités à s'organiser, à travailler en équipe, à s'adapter, à écouter et à communiquer. Leurs qualités scientifiques disciplinaires ne suffisent à en faire des candidats de choix. Il est donc souhaitable que, dès les classes préparatoires, voire avant, les élèves soient préparés dans cette nouvelle perspective.

En aval, il s'agit également d'offrir la possibilité d'approfondir sa formation en opérant un détour par la recherche (dans un DEAet, éventuellement, une thèse). Outre le fait que ce passage est obligé pour ceux qui poursuivent vers l'enseignement et la recherche, ce sont là, pour tous, des occasions de traiter sur le fond un sujet, un problème ou une question. Il s'agit d'apprendre à opérer un détour analytique avant d'en revenir vers la conception d'une solution adéquate à prescrire. Ce détour suppose une capacité à reformuler la question de départ, à la problématiser, à mobiliser la littérature scientifique, à produire des données pertinentes et à construire et soutenir une argumentation rigoureuse. Dans le fond, cette capacité n'est pas fondamentalement différente de ce qui est déjà demandé à tout élève, ingénieurs notamment; elle est seulement l'occasion d'un approfondissement substantiel. Dans le cas du génie industriel, les élèves sont invités à mobiliser et à tenter de confronter les ressources d'au moins deux disciplines scientifiques. Ils y sont préparés, notamment, par un séminaire de «Méthodologie de la recherche et de l'interdisciplinarité».

Modélisation et conception pour l'intégration: cet enseignement est destiné à préparer les étudiants à l'analyse des processus, organisations, méthodes et outils de la conception de produits. Il est réalisé conjointement par une équipe de mécaniciens et de sociologues.

1.4.2 Les TIPE dans les classes préparatoires

Les TIPE (Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés) furent mis en œuvre pour la première fois, dans les classes préparatoires, dès janvier 1996, et les premiers élèves furent évalués sur cette formation aux concours de 1997. Les TIPE font partie des épreuves orales du concours et sont affectés d'un fort coefficient, traduisant en cela l'importance accordée à cette réforme. Ayant déjà mis en place de nouvelles modalités pédagogiques allant dans le même sens, les écoles d'ingénieurs souhaitaient que les étudiants soient déjà préparés en ce sens dès les classes préparatoires. Aussi, il n'est pas surprenant de constater que la Conférence Nationale des Grandes Écoles ait soutenu activement l'introduction des TIPE dans les classes préparatoires⁷. Les TIPE constituent une nouvelle modalité de formation dont les principales caractéristiques sont présentées dans l'extrait de la circulaire ministérielle suivante⁸:

EXTRAITS DE LA CIRCULAIRE DU 9 JANVIER 1995, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION
NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE,
CONCERNANT LES TIPE :

« Objectifs de la formation

Lors des TIPE, l'étudiant a un travail personnel à effectuer sous sa propre responsabilité. Cette activité constitue un entraînement à la démarche scientifique, l'amenant à poser des questions avant de tenter d'y répondre et rechercher des compromis, comme le font couramment les scientifiques ou les ingénieurs.

L'objectif des TIPE est de permettre à l'étudiant de développer notamment les qualités et capacités suivantes : ouverture d'esprit ; initiative personnelle ; faculté de rapprocher plusieurs logiques, notamment par un décloisonnement de disciplines ; esprit critique, capacités d'exigence, d'approfondissement et de rigueur ; aptitude à collecter l'information, l'analyser, la synthétiser, la communiquer. »

« Afin de parvenir à ces objectifs et de se préparer aux épreuves de concours, les étudiants, encadrés par les enseignants, développeront des activités et des démarches diverses,

7. Commission Amont, CNGE, Travaux d'Initiative Personnelle Encadrés, Introduction à la pratique des T.I.P.E. par collaboration Ecoles-Classes Préparatoires, 15 décembre 1995.
8. Pour les textes officiels, se référer au B.O.E.N. hors série n° 1 du 20 juillet 1995, page 143.

par exemple :

- La recherche et l'exploitation d'une documentation,
- La préparation et la réalisation de dossiers et d'exposés,
- Le développement d'arguments au cours d'un entretien scientifique,
- La mise en évidence et la formulation d'un problème,
- L'analyse et l'observation d'un phénomène ou d'un système industriel,
- L'utilisation d'outils théoriques et expérimentaux,
- L'examen et la discussion des solutions et des justifications des choix effectués. »

« Recommandations pédagogiques

(...) La pratique de l'encadrement doit respecter l'initiative de l'étudiant. Le professeur doit restreindre son champ d'intervention au cadrage du sujet, au conseil scientifique et doit assurer la cohérence du sujet avec les contenus des programmes disciplinaires. Il ne doit pas livrer de sujets préfabriqués. L'activité TIPE suppose l'initiative, elle n'exige pas la novation. »

A. Boissinot, Directeur des Lycées et Collèges

X. Darcos, Doyen de l'Inspection Générale de l'Éducation Nationale

C. Forestier, Directeur Général des Enseignements Supérieurs

Concrètement, un thème est choisi au niveau national tous les deux à trois ans, de manière transversale à toutes les disciplines. En 1996-1998, il s'agissait de « Mesures physiques » et, en 1998-2000 de « Terre et Espace ». Dans le cadre de ce thème, les élèves doivent identifier, concevoir, choisir et délimiter un sujet précis, par exemple: « la détermination de distances en astronomie » pour le premier thème ou « étude d'un vortex polaire » pour le second. Les enseignants aident les élèves à choisir et à définir leur sujet en explicitant des sous-thèmes possibles. Les élèves ayant choisi un sujet doivent le faire valider par l'enseignant. S'ensuivent alors une série d'activités telles qu'un travail de recherche bibliographique, des rencontres avec un spécialiste ou la réalisation d'une manipulation. Le travail est réalisé individuellement ou par groupe de deux ou trois élèves. Par contre, la présentation du résultat du travail doit être personnelle.

Le TIPE de chaque élève est suivi individuellement par un enseignant dont la discipline se rapporte au sujet. L'intervention d'autres enseignants est non seulement possible mais souhaitable. C'est une occasion privilégiée de mobiliser des savoirs relevant de plusieurs disciplines et de confronter plusieurs façons d'aborder le sujet. Les élèves sont invités à prendre l'initiative de mobiliser eux-mêmes leurs enseignants ainsi que des personnes ressources extérieures, spécialistes du sujet par exemple.

Le travail de l'enseignant consiste surtout à accompagner l'élève dans le choix du sujet, dans sa formulation, dans la maturation de sa démarche de travail et

dans la formalisation du résultat. Au départ, les élèves n'ont souvent que des idées trop vagues; il convient alors de leur donner quelques compléments d'information et de les éclairer sur différentes pistes possibles. Ensuite, il s'agit de les aider à cadrer le sujet et ce pour deux raisons: soit le sujet est beaucoup trop large et irréaliste dans les délais impartis, soit il se présente trop comme la reproduction d'un morceau de cours, exposé exhaustif, sans question, ni problématique, ni application, ni manipulation. Enfin, l'enseignant est appelé par les élèves dans la construction du plan de leur exposé et de la fiche synoptique qui leur est demandée.

L'évaluation, lors de l'épreuve orale du concours, repose sur plusieurs éléments:

- La présentation orale d'un sujet TIPE réalisé par l'élève, pendant 10 minutes, devant un jury de deux personnes représentant de deux disciplines différentes, suivie de 10 minutes de discussion. L'exposé peut être soutenu par des transparents. L'élève fournit également sa fiche synoptique comportant le résumé, la motivation du sujet et sa bibliographie.
- L'analyse et la synthèse de documents scientifiques présentés à l'élève pour lequel il dispose également d'un temps d'exposé et d'un temps de discussion.

Globalement, les TIPE incitent les élèves, mais aussi leurs enseignants, à se préparer pour un autre rapport au savoir. Il ne s'agit plus ici de reproduire des connaissances prédigérées, de résoudre des problèmes dont on connaît déjà les solutions, mais d'éprouver la conduite d'un projet dans lequel l'initiative de l'élève constitue un élément fort de l'évaluation ainsi que le travail de construction du savoir.

1.4.3 Les TPE au lycée

Dans le même esprit que les TIPE, dans l'enseignement secondaire français, à partir de 1999-2000, se mettent progressivement en place une série de nouvelles activités pédagogiques et de nouvelles modalités de travail au niveau du lycée et du collège: Travaux Personnels Encadrés (TPE) au lycée; (TIP) au lycée technique; Projet Pluridisciplinaire de l'Enseignement Professionnel (PPEP) au lycée professionnel et Travaux croisés au collège⁹.

Les TPE offrent aux élèves une occasion de mener à bien une réalisation concrète (dossier, vidéo, affiche, page sur la toile Internet, maquette, présentation publique, etc.), d'enrichir leur savoir et d'apprendre à structurer par eux-mêmes ce savoir. Ils sont invités à délimiter par eux-mêmes le sujet, à mobiliser des ressources variées (les TPE doivent croiser au moins deux disciplines) et à travailler en équipe

9. Pour les textes officiels voir :

- Lettre du Ministre de l'éducation nationale aux recteurs, 6 décembre 1999: «Expérimentation des travaux personnels encadrés durant l'année scolaire 1999-2000».
- B.O. n° 3 du 20 janvier 2000.
- B.O. n° 9 du 2 mars 2000.

et à tirer profit des indications et avertissements que leur donnent leurs enseignants.

Partant d'une liste de thèmes définie au niveau national, les TPE concernent toutes les filières du lycée: lettres, sciences, sciences économiques et sociales. Les listes de thèmes sont toutefois distinctes selon les filières. Les TPE sont supposés associer deux disciplines. Contrairement aux TIPE, les sujets de TPE sont, dans un premier temps, supposés être définis et délimités par les enseignants, avant d'être proposés aux élèves. Ceux-ci, par contre, doivent avoir la possibilité de choisir parmi les sujets; il en va, notamment, de leur motivation à s'impliquer sur ces sujets. Toutefois, dans les classes où les TPE ont été introduits à titre expérimental, il est apparu qu'il était possible et intéressant de faire définir les sujets par les élèves eux-mêmes, en les y aidant.

Les élèves travaillent ensuite par groupe de deux à quatre, constitués de préférence par affinité. Le projet passe alors par trois phases: une phase d'appropriation et de délimitation du sujet par les élèves; une phase de réalisation de l'étude laquelle doit comporter une recherche documentaire; une phase de formalisation et de communication. Le projet est associé à des dispositifs pédagogiques comme la tenue d'un «carnet de bord» individuel par l'élève; la réalisation d'une présentation écrite; une production concrète collective dans laquelle il doit être possible d'identifier la contribution personnelle de chacun; une présentation orale. L'évaluation porte sur le travail en cours d'année, sur la production finale et sur l'exposé.

1.4.4 Études transversales à l'université

Un des temps forts de l'enseignement universitaire est souvent constitué par la réalisation d'un mémoire de fin d'étude, parfois associé à un stage ou à une démarche de travail en laboratoire. Les enseignants s'efforcent d'accompagner la conduite du projet des étudiants et d'explicitier les points de repère d'une bonne démarche: explicitation du cahier des charges, de la méthodologie du mémoire et des exigences et critères d'évaluation. Les étudiants sont suivis parfois individuellement, parfois sous la forme d'ateliers ou de séminaires au cours desquels ils tirent profit de l'expérience et des difficultés rencontrées par les autres étudiants. Dans ce cadre, ils bénéficient également des questions et suggestions de leurs collègues et du, ou, des enseignants présents.

Dans certaines filières, surtout au niveau de DESS ou de DEA, les enseignants engagent les étudiants à croiser les savoirs et points de vue de plusieurs disciplines. Tel est le cas des «études transversales» réalisées au sein du DESS économiste d'entreprise de l'Université P. Mendès-France dont le premier objectif est de renforcer l'interdisciplinarité, par des travaux collectifs et par la mobilisation de disciplines différentes autour d'un même thème général d'étude. Il s'agit également, dans ce cas, d'engager les étudiants dans une démarche participative, leur permettant d'allier: travail d'étude et de recherche; identification des attentes des acteurs socio-économiques; construction d'éléments de réponse et présentation

de qualité professionnelle. Ce dispositif pédagogique est supposé être formateur, non seulement pour les étudiants, mais aussi pour les enseignants, en assurant une meilleure convergence des démarches disciplinaires et de la cohésion de l'équipe enseignante.

Un thème d'étude commun, défini conjointement par l'ensemble des enseignants, est proposé à tous les étudiants. Dans ce cadre, chaque enseignant décline le thème, en fonction de ses intérêts et compétences, et propose un ou plusieurs sujets d'étude transversale. Les sujets proposés sont supposés rencontrer des questions que se posent les acteurs économiques. L'ensemble des sujets est supposé contribuer à la construction d'une réflexion collective.

Les étudiants, organisés en binôme, choisissent alors un sujet et, en relation avec leur tuteur enseignant, s'approprient le sujet, le reformulent et le précisent. L'étude conduite par les étudiants doit comprendre:

- Un travail bibliographique destiné à cerner les enjeux du sujet, à identifier les questions pertinentes et le type d'enquêtes à entreprendre;
- Des enquêtes, visites de sites industriels, entretiens avec des acteurs socio-économiques;
- La présentation et la discussion de la problématique, puis des résultats à l'occasion de deux séminaires rassemblant l'ensemble des enseignants et des étudiants;
- La rédaction d'un rapport devant satisfaire à la double exigence de qualité du professionnalisme pouvant être mis à disposition de partenaires socio-économiques et de la rigueur universitaire.

L'enseignant pratique un tutorat actif: il sollicite les étudiants pour une réunion mensuelle, laquelle doit être préparée par les étudiants en réalisant une note de deux pages à discuter. Ces notes de travail intermédiaire font l'objet d'une discussion lors de la réunion mensuelle de l'équipe des enseignants. La construction collective de l'étude s'opère ainsi au niveau de l'ensemble du groupe d'étudiants et d'enseignants.