

Une expérience pédagogique du débat public en école d'ingénieur

Le cas du nucléaire

Cynthia Colmellere

Ecole Centrale Paris, 92295 Chatenay-Malabry Cedex ; Centre de Recherche sur la Formation, CNAM, 75003 Paris ; Institutions et Dynamiques Historiques de l'Economie et de la Société, ENS Cachan, 94230 Cachan, France

Résumé. Cette communication présente un dispositif pédagogique d'exercice de débat public autour d'un projet d'implantation d'un réacteur nucléaire. Cet exercice est mené depuis trois ans dans le cadre d'un cours de sociologie pour des ingénieurs de deuxième année à l'Ecole Centrale Paris. Il concerne un groupe d'une vingtaine d'élèves et s'inspire d'une situation réelle et actuelle : le projet d'implantation d'un réacteur nucléaire de type EPR à Penly (76). Dans cette contribution, nous présentons tout d'abord les enjeux de cette expérience pédagogique dans le contexte de notre établissement et les questions pédagogiques qu'elle pose. Dans une deuxième partie, nous détaillons les différentes séquences du cours qui servent à préparer ce débat. Dans la troisième, nous revenons sur le déroulement du débat et la phase de discussion critique entre les observateurs, les élèves et l'enseignante qui s'ensuit. Nous concluons sur les apports et les limites de cet exercice en les mettant en perspective avec les enjeux de l'enseignement des controverses scientifiques et techniques dans la formation des ingénieurs.

Abstract. This communication presents a teaching experience of public debate on a project of new nuclear power plant. This exercise has been led for three years within a course of sociology for engineer students in École Centrale Paris. It involves a twenty students class and is inspired by a real situation: the EPR project of Penly (76). In the first part of this contribution, we present the main stakes of this course in the context of our institution and the educational issues it raises. In a second part, we detail the sequences of the course that prepare students to debate. In the third part, we sum up the debate dynamic and the final critical discussion between students, observers and the teacher. We conclude on the benefits and the limits of this exercise to teach future engineers scientific and technical controversies.

« Les hommes libres, par delà la contrainte, la violence et la domination, ont entre eux des relations d'égaux et que, en dehors d'un contexte de guerre, toutes les questions de la vie commune doivent être traitées par la discussion et la persuasion mutuelle ». [1], p. 77.

L'un des enjeux de la formation des ingénieurs est de les préparer à travailler dans des situations complexes, incertaines, mais toujours spécifiques, insérées dans des contextes dynamiques et variés. Les controverses qui accompagnent les innovations scientifiques et techniques et l'exploitation des

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

technologies existantes font partie de ces situations. Elles rendent difficile le travail de l'ingénieur. En effet, ce dernier, très centré sur la maîtrise de la technique, doit prendre en compte l'influence très forte des contraintes économiques, sociales et politiques, du fait de l'implication croissante des usagers (volontaires ou contraints) et des acteurs économiques et politiques.

Parmi les nombreux exemples récents, l'accident de Fukushima a remis au premier plan le caractère politique du développement et de l'exploitation de la technologie nucléaire, mais surtout, les incertitudes humaines, sociales, techniques et économiques qui les accompagnent. Les controverses sur les conséquences sanitaires et environnementales et sur le coût de l'accident nucléaire mettent en évidence les difficultés des experts et des politiques face aux répercussions de cet accident tant au plan local qu'aux plans national et international. Elles s'inscrivent dans une histoire du développement de la technologie nucléaire, marquée par des « *controverses à rebonds* » [2] y compris au sein du monde de la recherche [3] et notamment de la communauté des physiciens nucléaires [4]. Toutefois, malgré le caractère public de la question nucléaire et son traitement politique précoce, les oppositions exprimées sur ce choix énergétique d'ampleur en France n'ont jamais conduit à sa remise en cause [5]. Comment permettre à de futurs ingénieurs de comprendre ce type de situations et de s'y impliquer en tant que professionnels compétents et responsables ?

Les enseignements en sciences humaines et sociales doivent leur permettre de mieux contextualiser ces situations, d'en appréhender les différentes dimensions (techniques, managériales, humaines, organisationnelles...), leur prise directe avec les dynamiques de la société ainsi que les cadres normatifs, les visions du monde, les enjeux économiques, éthiques et sociétaux des acteurs concernés (collaborateurs, citoyens, scientifiques ou institutionnels), et par conséquent leurs positions respectives.

Enseignant-chercheur en sociologie dans une école formant des ingénieurs généralistes en trois ans – l'Ecole Centrale Paris –, nous menons, depuis trois ans, une expérience pédagogique en ce sens. Cette dernière a lieu dans le cadre d'un cours de sociologie pour une classe de vingt élèves ingénieurs de deuxième année. Inspirée d'une situation réelle et actuelle, elle consiste en un exercice de débat public¹ autour d'un projet d'implantation d'un réacteur nucléaire de type EPR à Penly (76). L'exercice concerne la première des réunions organisées par la Commission Nationale du Débat Public (CNDP), dans le cadre de ce débat public. Chacune des parties concernées est représentée par un groupe de trois ou quatre élèves : industriels (Areva, concepteur de l'EPR et Edf, futur exploitant), communes et collectivités locales, Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (appui technique de l'ASN), riverains, associations écologistes. Chaque élève choisit d'incarner un rôle spécifique, par exemple : chef de projet EDF, responsable d'une association anti-nucléaire, exploitant agricole riverain du futur EPR... Un ou deux élèves selon l'effectif total choisissent d'être observateurs du débat. L'enseignante joue le rôle du représentant de la Commission Nationale du Débat Public (CNDP) et d'animateur du débat afin de distribuer la parole, relancer les discussions et veiller à l'expression des différentes positions.

Cet enseignement diffère sur le fond et la forme des enseignements sur les controverses scientifiques telles qu'ils ont été initiés par B. Latour à l'Ecole des Mines de Paris. Du point de vue pratique, l'ensemble du dispositif pédagogique répond à une contrainte forte : inscrire cet enseignement dans un cours de sociologie de trente-six heures, réparties sur quatre journées et demie, consécutives. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur un moment particulier de cette controverse plutôt que sur l'ensemble de sa dynamique. Du point de vue théorique, notre parti-pris n'est pas celui de l'acteur-réseau. Nous souhaitons introduire les élèves aux « moteurs » de l'action, davantage que de les impliquer dans une mise à plat des associations entre des humains et des non-humains et des multiples configurations qu'elles prennent. La théorie de l'acteur-réseau est séduisante pour des élèves-ingénieurs, pour deux raisons au moins : elle accorde une grande importance aux objets techniques et scientifiques et

¹ Conformément au dispositif de débat public défini en application de la loi Barnier de 1995 et de la loi sur la démocratie de proximité de février 2002.

propose une description fine de leur genèse et de leurs évolutions. Cependant, malgré la description des opérations de « traduction » et de « médiation » entre acteurs humains et non-humains, elle gomme les dimensions conflictuelles², notamment les affrontements de légitimité, les logiques d'action des acteurs, les enjeux et les intérêts qui les guident, et les dimensions implicites qu'ils recèlent. Par ailleurs, comme l'a reconnu M. Callon [6] en réponse à des critiques, dans la théorie de l'acteur-réseau, l'acteur est tout-puissant ou à l'inverse, passif, ballotté par le fonctionnement des réseaux. Cette approche laisse également de côté la dimension argumentative [7]. Or, l'enjeu dans la formation des futurs ingénieurs est de les familiariser avec la richesse et la complexité du caractère social et politique de la technique pour qu'elle ne demeure pas « transcendance noire » c'est-à-dire « l'engendrement aveugle et muet du futur » [8], p. 158. C'est pourquoi, nous avons choisi de mettre en scène des représentants de l'ensemble des acteurs concernés et de construire le cours de manière à introduire progressivement les élèves à ces dimensions.

Cette contribution comporte 3 parties. Dans la première, nous présentons les enjeux de cette expérience pédagogique dans le contexte de notre établissement et les questions pédagogiques qu'elle pose. Dans une deuxième partie, nous exposons les différentes séquences du cours qui servent à préparer ce débat. Dans la troisième, nous revenons sur le déroulement du débat et la phase de discussion critique entre les observateurs, les élèves et l'enseignante qui s'ensuit. Nous concluons sur les apports et les limites de cet exercice en les mettant en perspective avec les enjeux de l'enseignement des controverses scientifiques et techniques dans la formation des ingénieurs.

1 Enseigner le débat public en école d'ingénieurs ? Enjeux et questions pédagogiques

Cette expérience d'enseignement renvoie à des difficultés de trois ordres que nous interrogeons en termes de pédagogie dans cette première partie.

La première concerne l'inscription de cet enseignement dans un curriculum de formation de trois ans dans lequel les savoirs scientifiques sont désocialisés et dépolitisés, comme en classes préparatoires et dans les établissements d'enseignement secondaire [10]. Les dimensions sociales et politiques, souvent dénommées « non-techniques », sont conçues comme indépendantes du travail d'élaboration scientifique et technique et plus largement du travail de l'ingénieur. L'approche instrumentale des outils de gestion, c'est-à-dire sans lien avec les dimensions sociales du travail, dans les enseignements destinés à préparer les futurs ingénieurs à des fonctions de management relève également de cette dichotomie. Elle empêche les questionnements et les débats que soulèvent la technique et ses usages. Examinons plus en détail la construction de ces curricula de formation. Tout d'abord, ils sont conçus pour transmettre un « cœur de compétences » fondé sur des savoirs et des méthodes scientifiques et techniques présentés par les différents enseignants comme objectifs et neutres. Dans ce « paradigme de la prévisibilité de l'objectivité et de la maîtrise » [11] l'approche des sciences humaines et sociales est utilitariste, au service de cette formation. Historiquement, depuis leur introduction dans les curricula de formation des ingénieurs, les sciences humaines et sociales ont dû se construire une légitimité en étant tiraillées entre la nécessité de faire la preuve de leur « utilité » et leur dilution dans l'enveloppe des enseignements « non-techniques » qui ne font pas partie du « cœur de compétences des ingénieurs ». Ainsi, ces enseignements concernent encore beaucoup le travail en équipe, la communication, l'ouverture culturelle (au sens d'acquisition de connaissances sur le monde dans des domaines variés comme la géographie, l'histoire, la musique, les arts...). Ils n'incluent que rarement un travail de réflexion sur les dimensions sociales et politiques de la technique. C'est pourquoi, le caractère social du travail de l'ingénieur est compris essentiellement à travers les usages des technologies anciennes ou

² Pour une critique de cette approche et de ses lacunes dans la compréhension des controverses [9].

innovantes ou en termes d'exigences relatives à l'éthique de l'ingénieur et à la responsabilité sociale des entreprises. De plus, ces dimensions sont travaillées dans le cadre d'enseignements indépendants des enseignements scientifiques auxquelles elles se réfèrent pourtant. On pourrait rechercher les raisons de ces lacunes dans l'histoire des établissements de formation des ingénieurs, et dans les difficultés à y faire pénétrer des réflexions sur les intentions à l'œuvre derrière le phénomène technique (telle que pouvaient le proposer la philosophie, l'anthropologie ou la sociologie). De manière schématique, dans ces établissements, la technique est abordée comme découlant de la science. Dans cette perspective, la place centrale qui lui est attribuée dans l'innovation rend ses desseins marginalement critiquables. Par ailleurs, les recommandations de la Commission des Titres d'Ingénieurs qui accrédite ces établissements renforcent ces lacunes. Elles restent très générales et ne se réfèrent pas aux différentes disciplines que regroupent les sciences humaines et sociales : elles structurent les enseignements en sciences humaines et sociales autour de trois axes : 1) la formation professionnalisante : l'étudiant doit connaître l'entreprise sous ses formes juridiques, administratives, économiques, ressources : humaines, 2) l'aide à la définition du projet personnel professionnel du futur ingénieur et son développement personnel, centré sur le développement des spécificités individuelles. 3) la place et le rôle l'ingénieur dans la société en abordant les questions de développement durable, de responsabilité sociale des ingénieurs et des entreprises. Si le caractère général de ces recommandations laisse une marge de liberté importante aux enseignants et aux responsables de cursus, dans le choix des contenus et des dispositifs pédagogiques, elles n'explicitent pas pour autant la nécessité de développer des enseignements en sociologie des sciences, histoire et philosophie des sciences et des techniques. Toutefois, nous considérons que notre enseignement s'inscrit dans le troisième axe des recommandations de la CTI. En effet, il amène les élèves à réfléchir sur leur rôle dans leur organisation et dans la société et sur les dimensions sociales et politiques de leur travail. A ce titre, il permet aux futurs ingénieurs de réfléchir aux dimensions éthiques de leurs pratiques de travail, même si le mot éthique n'apparaît pas dans le titre du cours.

La deuxième interrogation concerne les apprentissages des élèves ingénieurs et les compétences qu'ils peuvent acquérir. Notre enseignement ne relève pas de la transmission d'un savoir-faire basé sur la reproduction d'un « savoir-faire du débat public » existant. De tels savoir-faire n'existent pas. De plus, les connaissances disponibles sur les questions de débat public ne donnent les clés du comment faire. En revanche, notre enjeu est d'inscrire cet enseignement dans les recherches sur les conditions et les dispositifs de débat public [12]. Il s'agit de montrer que la démocratie ne se limite pas à l'« information-communication » et que la « participation-communication » ne doit pas être une manipulation pour légitimer des choix technologiques et politiques faits en dehors de toute consultation du public [13]. Il s'agit également de questionner la place du « profane » [14] et de l'expert dans le débat public [15]. A partir de cette problématisation du débat public, nous faisons l'hypothèse que l'élève-ingénieur acquiert des méthodes de raisonnement, des stratégies cognitives qui lui permettent de développer d'autres modes d'appréhension de la réalité. Ainsi, il développe des capacités de réaction pour être en mesure de s'adapter davantage à ce type de situation. Cependant, cette transmission est difficile car deux risques principaux menacent la valeur pédagogique de l'exercice. Ils pèsent également sur le déroulement d'un débat réel. Le premier est que l'exercice se confine à un débat d'opinions entre les élèves, du niveau de la conversation de comptoir. Le deuxième est que le débat se ramène à un « dialogue de sourds » [16], réduit à l'échange d'arguments préparés. Cette situation se produit parfois dans les débats impliquant des non-spécialistes, avec une cristallisation des échanges autour d'une opposition irréductible entre les tenants d'une expertise scientifique et technique conçue comme « vérité objective » et les opposants mus par des convictions politiques ou personnelles parfois caricaturales. Certains élèves ont participé à un cours sur l'énergie nucléaire, dispensé par des industriels du domaine. Cet enseignement reste à un niveau très technique. La notion de sûreté nucléaire y est présentée comme objective et la question de l'acceptabilité des risques abordée sous l'angle des dispositifs et des processus d'information du public, des plans de prévention et de gestion des crises. Le caractère non stabilisé de la notion de sûreté, son caractère construit par des acteurs qui ne partagent pas les mêmes rapports aux risques, les

mêmes représentations [17], les débats et les appropriations dont elle fait l'objet, le contexte historique, politique, socio-économique ne sont pas abordés.

La troisième question est en lien avec les deux premières. Les ambitions pédagogiques présentées renvoient à notre position d'enseignante. La création de ce cours et notre intérêt pour les questions de démocratie technique tiennent à notre parcours universitaire et professionnel. Issue d'une formation scientifique puis d'une école d'ingénieurs dans laquelle les enseignements en sciences humaines et sociales abordaient la technique et la science, nous nous sommes dirigées vers la sociologie pour étudier les liens entre technique et organisation dans les organisations dites à « haut risque ». Nos travaux de recherche nous ont amené à questionner le rapport des ingénieurs aux objets techniques, la dimension anthropologique de ces objets et, plus généralement, les liens entre technique et science. Ensuite, nous avons travaillé pendant trois ans comme experte et chargée de recherche à l'IRSN dans le service des facteurs humains et organisationnels. Cette expérience nous a permis de nous familiariser avec l'histoire et les enjeux humains, techniques, économiques, sociaux et politiques du développement et de l'exploitation de la technologie nucléaire.

Ce cours fait appel à des connaissances issues de plusieurs disciplines des sciences humaines sociales et des sciences de l'ingénieur. Nous n'en maîtrisons pas l'ensemble. Toutefois, nous prenons le parti de l'accepter et d'en faire état auprès des élèves tout au long de cet enseignement. Si cette situation paraît inconfortable au premier abord, elle nous semble fructueuse à deux égards au moins. D'une part, elle nourrit le travail collectif de retour réflexif qui suit l'exercice de débat. Comme nous le verrons dans la troisième partie, elle nous permet de relier les questions que soulève le débat avec les problématiques de recherche sur le sujet ; par exemple les limites et les enjeux des savoirs scientifiques, la position des experts dans des situations de débats impliquant des acteurs de différents horizons et ayant des niveaux de connaissances inégaux. D'autre part, elle nous oblige à questionner notre dispositif pédagogique et les contenus du cours pour les améliorer.

2 Un cours pour construire le débat et déconstruire les représentations des élèves

L'ensemble du cours est orienté pour aider les élèves à construire ce débat. En fait, il s'agit de faire passer les élèves d'un jugement à l'interrogation puis, *in fine* à une problématisation de la question nucléaire et des conditions d'un débat démocratique sur ce sujet. Dans ce cheminement, la mise à l'épreuve du jugement, lors du débat public, joue un rôle fondamental. Il s'agit également de faire comprendre aux élèves que l'enjeu d'un tel débat est en lui-même problématique. Il s'agit de questionner l'importance de l'information des citoyens et la finalité du débat, cette dernière n'étant pas forcément de construire un consensus car les divergences entre les acteurs ne sont pas forcément conciliables [18].

Le cours est construit pour que les élèves acquièrent ce questionnement. Il s'agit d'accompagner les élèves dans ce déplacement de perspectives pour qu'il devienne progressivement un réflexe. Le cours est articulé autour de quatre temps de travail que nous présentons dans l'ordre chronologique.

2.1 La sociologie comme mode d'appréhension du réel

Nous commençons ce cours par une introduction à la sociologie, les questions qu'elle pose, ses méthodes, son « régime de scientificité » en le situant relativement aux mathématiques, à la physique et aux sciences expérimentales [19]. Pour le dire, simplement, nous présentons la sociologie comme une discipline cherchant à expliquer pourquoi les gens font ce qu'ils font en procédant d'une explication de et par le contexte. Dans cette partie introductive, l'accent est mis sur la définition des termes *social* et *société* et la place fondamentale que tiennent les interactions dans l'analyse des relations sociales (voir par exemple [20]). L'objectif ici est de montrer la légitimité d'une approche sociologique du développement des sciences et des techniques. Pour aider les élèves à comprendre comment s'est

construite leur relation à la science et à la technique, un sujet particulier est travaillé avec eux : la « reproduction sociale ». Il s'agit à travers la mise en perspective de différentes approches sociologiques de cette question de montrer aux élèves comme s'est construite leur relation à la connaissance, au savoir et à la réussite. A travers différentes approches de cette question, et des débats qu'elles ont suscités, [21–24], les élèves réalisent que leur réussite scolaire ne résulte pas uniquement d'un travail personnel acharné ou de « facilités » dans les mathématiques ou dans les matières scientifiques fortement valorisés dans les cursus scolaires français. Ils comprennent qu'elle relève d'un processus « d'incorporation de dispositions » [25] de relations aux savoirs scientifiques, dont les dimensions sont sociales, symboliques et économiques.

2.2 L'action organisée pour préparer l'argumentation

Les élèves sont ensuite introduits aux bases de la sociologie des organisations afin de les familiariser avec les notions de légitimité, d'action, de ressources, de contraintes, de marges d'action. Une attention particulière est portée au caractère contingent et situé de « l'action organisée » [26]. Cette partie du cours se centre sur l'approche crozérienne de la sociologie des organisations. Ce choix ne résulte pas d'un goût particulier pour elle mais davantage de sa pertinence au regard des objectifs du cours. L'analyse stratégique³, présentée dans le cadre de la problématique de *l'action organisée* est une démarche intéressante pour préparer le débat et les arguments qui peuvent y être convoqués. Elle permet aux élèves, après avoir bien décrit le contexte de ce débat de situer les rapports de force entre les différents acteurs et de préciser leur position dans le débat, d'identifier les leviers d'action et les contraintes sur lesquels ils pourront jouer. Si, dans la réalité, les acteurs d'un débat ne procèdent pas à une analyse de ce type, elle est nécessaire pour permettre aux élèves de préparer ce débat compte-tenu de l'organisation du cours et de l'absence de connaissances préalables. Les premiers exemples travaillés sont classiques (bureaucraties, usines). Nous abordons ensuite les organisations à haut risque (nucléaires, chimie, spatial) et les défaillances et accidents qui peuvent s'y produire. A partir de l'analyse de ce type d'événements, par exemple l'accident de la navette *Challenger* (1986), les élèves appréhendent les dynamiques qui les ont produites. Les modalités de prise de décisions [27], leur caractère historique et politique sont particulièrement travaillés [28, 29]. Il s'agit de montrer aux élèves l'intrication des différentes dimensions dans le processus qui a mené à l'accident et d'en identifier les différents mécanismes comme la « normalisation de la déviance » [29] ou les « effets de ruissellement » [30]. L'analyse minutieuse d'exemples articule différents plans : individuel, collectif, organisationnel, contextuel pour montrer comment se combinent les dimensions techniques, humaines, organisationnelles, économiques dans la conception ou l'exploitation de systèmes sociotechniques complexes.

2.3 Le nucléaire : des certitudes aux questions

Enfin, nous nous appuyons sur un film documentaire, « nucléaire en alerte » [31]. Ce film part d'un constat : le manque d'information des citoyens français pourtant tous concernés par le risque d'accident nucléaire. Sans militantisme partisan, en partant du principe que « le risque zéro n'existe pas », ce film pose la question de la gestion d'une crise nucléaire au niveau sanitaire, technologique, médiatique, économique et politique. Plus fondamentalement, il interroge le développement et l'utilisation de la technologie nucléaire. La démarche procède d'un travail d'enquête mené auprès des différents acteurs institutionnels et politiques, des industriels du nucléaire, des citoyens, en France et dans le monde. Les différents acteurs concernés explicitent leurs interrogations, leurs incertitudes, leurs représentations du

³ De manière plus anecdotique, il nous semblait important de travailler sur cette approche car elle est convoquée de manière très instrumentale dans d'autres enseignements de management.

risque pour mettre en évidence les différentes dimensions du risque nucléaire. Le film questionne les perspectives de développement de la technologie nucléaire à court et à moyen terme en montrant les liens étroits entre les usages militaire et civil et le poids du contexte géopolitique. Le film déconstruit ainsi progressivement des certitudes par exemple sur le caractère déterminé et objectif de la sûreté nucléaire. Enfin, il permet également de sensibiliser les étudiants à la temporalité des questionnements et des débats sur le nucléaire car il a été tourné avant l'accident de Fukushima (mars 2011) et dans un contexte géopolitique très différent du contexte actuel.

2.4 La préparation du débat : collecter et synthétiser des informations, préparer un argumentaire

En introduction de cette phase de préparation, les 20 élèves choisissent chacun un rôle. Au cours de ces trois années, nous avons constaté que beaucoup d'élèves – au moins la moitié – veulent incarner les riverains ou les représentants d'associations écologistes. Au-delà de la dimension ludique, ce choix traduit une certaine curiosité mais également une représentation un peu simplifiée des arguments que des détracteurs du nucléaire peuvent mobiliser. Les élèves sont également attirés par les rôles d'exploitants ou d'industriels parce qu'ils ont déjà côtoyé ces acteurs et peut-être parce qu'ils occupent des postes proches de ceux qu'ils occuperont. À l'inverse, les experts de l'IRSN et les représentant de l'ASN sont les derniers rôles choisis et souvent par défaut, par des élèves n'ayant pu obtenir les autres. L'une des raisons invoquée par les élèves est qu'il leur semble difficile de tenir un rôle d'expert de l'IRSN en ayant aussi peu de connaissances techniques. En ce qui concerne les représentants de l'ASN, les élèves sont rebutés par les dimensions réglementaire, législative et politique de ces rôles. Par ailleurs, ils n'ont pas de représentation claire de la position de l'ASN sur la question nucléaire. Les élèves sont persuadés que la position de principe est pro-nucléaire. Le rôle et la position de l'IRSN leur semblent également difficiles à saisir.

Ensuite, nous présentons rapidement le déroulement du débat. Nous avons choisi pour faciliter le démarrage du débat de nous assurer que l'ensemble des élèves dispose d'un socle commun pour débattre. Pour cela, nous demandons aux représentants des industriels de présenter le projet et leurs contributions respectives. Les représentants de l'ASN et de l'IRSN exposent respectivement la réglementation qui s'applique au projet et à l'exploitation du futur réacteur – de son démarrage jusqu'à son arrêt et son démantèlement –, les expertises menées dans l'ensemble de ces phases. La parole est ensuite donnée à la salle pour des questions. Cette façon de procéder n'est pas tout à fait conforme au déroulement d'un débat réel. Cependant, elle permet aux acteurs qui auront à faire une présentation de structurer le travail de collecte de données et de synthèse pendant la préparation du débat. Au début du débat, elle permet également aux participants de mieux identifier les positions respectives des différents acteurs.

La préparation du débat dure une demi-journée (4h). L'accompagnement pédagogique est actif, tourné vers l'autonomie des élèves. Il s'agit d'aider les élèves à opérer un tri entre les connaissances dont ils disposent dans des domaines divers (techniques et scientifiques, historiques, géographiques, politiques) et de les synthétiser. Il s'agit également de les aider dans la préparation du débat ; notamment à identifier leurs leviers et leurs limites d'action en fonction de la manière dont ils se représentent leur rôle et celui des autres acteurs, les stratégies⁴ qu'ils mettront en oeuvre et celles des autres acteurs. Les élèves disposent de ressources documentaires que nous apportons (ouvrages, articles et revues spécialisés, brochures et publications de l'ASN et de l'IRSN), de ressources électroniques (bases de données et moteurs de recherche de la bibliothèque de l'École Centrale et moteurs de recherche généraux ou spécifiques). Nous invitons également les élèves à nous solliciter pour répondre à leurs questions sur

⁴ Stratégie ne signifie pas que tous les acteurs arrivent avec une idée préconçue et précise de la manière dont se déroulera le débat et des arguments qu'ils souhaitent faire valoir. Décider d'arriver au débat pour découvrir l'ensemble des acteurs et s'informer du projet et de ses orientations est aussi considéré comme une stratégie.

le nucléaire, le déroulement du débat, les rôles des différents acteurs et les arguments qu'ils peuvent mobiliser.

Les observateurs préparent une grille pour situer les enjeux des différents acteurs, leurs ressources, leurs contraintes et les stratégies qu'ils pourront mettre en œuvre. Ils identifient également les points auxquels ils seront attentifs pendant le débat : qui prend la parole ? Qui se tait ? Qui relance le débat ? Quelles sont les questions posées ? Quels sont les thèmes récurrents ? Quels arguments sont développés par les différents acteurs ? Quels sont les modes d'intervention dans le débat (spontané ou en réponse à une question, une attaque, une affirmation) ? Quelles sont les questions résolues au cours du débat ? Celles qui ne trouvent pas de réponse ?

3 Le débat : du jeu de rôle à la problématisation

Le débat dure environ une heure. Il est suivi d'une phase de synthèse et de discussion au cours de laquelle les observateurs rendent compte de leurs observations en interaction avec les participants au débat et l'enseignante. Cette dernière phase nous permet d'amener les élèves problématiser les constats qu'ils retirent de cette expérience. Nous les relierons aux travaux de recherche sur le sujet. Dans ce chapitre, nous choisissons de nous arrêter sur trois constats principaux.

3.1 Déroulement du débat : généralités

Les élèves se prennent généralement au jeu, comme s'ils jouaient une pièce de théâtre en partie improvisée. Ni conversation de comptoir, ni « dialogue de sourds » [16] donc. Nous sommes très peu intervenue pour relancer le débat, uniquement lorsque les échanges s'enlisaient autour d'une question qui ne pouvait être résolue dans le contexte de la réunion ; par exemple la comparaison de la politique nucléaire française avec celle de pays qui ont choisi de sortir du nucléaire comme l'Allemagne. Au cours des trois années, nous avons constaté avec les observateurs la vivacité des échanges et l'adoption par les élèves, selon leur rôle, de comportements (attitudes, langage, références) pour renforcer leurs propos. De manière générale, les élèves ont préparé un argumentaire détaillé presque systématiquement appuyé par des exemples précis et des données chiffrées. Par exemple, les représentants des associations écologistes ont cité le coût économique de l'EPR finlandais, ses augmentations successives et les problèmes techniques rencontrés pour justifier une suspension au moins provisoire de ce deuxième projet français. Les futurs riverains du réacteur et les représentants des associations écologistes sont ceux qui sont le plus intervenus. Ils se sont adressés dans la majorité des cas aux représentants de l'ASN et de l'IRSN, un peu moins aux industriels. Les représentants des collectivités locales et territoriales ont peu pris la parole et ont été peu sollicités. Nous sommes intervenues à plusieurs reprises pour les inviter à répondre à des questions qui les concernaient directement.

3.2 Les risques ne sont pas une donnée objective

L'une des problématiques issue des discussions entre observateurs et participants au débat est le caractère non objectif des risques. Elle est ressortie d'une réflexion collective à partir de l'observation des difficultés des élèves qui incarnaient les représentants de l'ASN et les experts de l'IRSN. Avant le débat, ces élèves redoutaient leur manque de maîtrise des connaissances techniques et réglementaires. Or, ces lacunes n'ont pas été leurs principales difficultés. Ils ont été surpris par le caractère pratique des préoccupations exprimées par les citoyens. Ils s'y étaient peu préparés et ont été déroutés par les dimensions émotionnelles et personnelles des discussions. Ils ont alors constaté que malgré une présentation soignée de leur travail de suivi du projet puis du réacteur en fonctionnement, le recours à des données chiffrées, à des exemples précis et à des comparaisons, informer la population et les représentants des associations écologistes ne suffit pas à les convaincre. Les risques d'accident nucléaire

– et donc la sûreté – ne sont pas des données objectives. Elles ne reflètent pas le calcul du produit de la gravité des conséquences de l'accident par sa probabilité d'occurrence.

En tant qu'élèves ingénieurs, quel que soit leur rôle, les représentations du public leur semblaient *a priori* erronées voire « irrationnelles » parce que fondées sur une appréhension « non scientifique » des risques. Or, les questions posées, les objections qui leurs étaient adressés relevaient de discours cohérents. Ils ont reconnu que les raisons invoquées étaient pour la plupart « logiques et fondées ». Le problème devenait alors celui des « différences de perceptions⁵ » des risques. Nous avons alors invité les élèves à se questionner sur les différences de représentations des risques et sur leurs fondements. Ils ont invoqué des différences de formation, de parcours professionnels, de proximité avec les installations nucléaires. Autrement dit, ils ont été confrontés à des cadres cognitifs et normatifs qui ne sont pas les leur, en tant qu'experts ou industriels dans l'exercice du débat et en tant que futurs ingénieurs. Ce constat a permis aux élèves de réaliser que les dimensions sociales, psychologiques et historiques doivent être prises en compte si l'on veut pouvoir discuter des choix technologiques dans un cadre comme celui du débat public. Mais surtout, ils se sont rendu compte que le calcul probabiliste du niveau de risque n'offre qu'un point de vue parmi d'autres et qu'il ne résout pas les conflits de représentations entre experts et non-experts. Les élèves ont évoqué par ailleurs le rôle des médias qui peuvent amplifier ou minimiser la gravité des risques. Ainsi, ils ont constaté que l'accident de Fukushima amplifiait les risques d'accident nucléaire perçus par le public et les représentants d'associations écologistes. A cet égard, il est ici particulièrement intéressant de revenir sur la manière dont les différents acteurs du débat ont convoqué l'accident de Fukushima dans cet exercice entre 2010 et 2013. En 2010, les discussions concernaient la possibilité d'un accident nucléaire déclenché par un tsunami en France car le caractère spectaculaire et catastrophique de l'accident a choqué. La très faible probabilité d'un tel phénomène sismique en France a fait que dans le débat, l'accident de Fukushima n'était pas un argument de remise en cause de ce projet de deuxième EPR. D'ailleurs, l'une des questions très débattue était la possibilité d'actes de malveillance ou terroriste (chutes d'avion, attaques terroristes). En revanche, en 2012 et 2013, l'essentiel des discussions a porté sur le fait que les victimes ont été et sont exposées à des niveaux de radiations importants, à leur insu, du fait d'un manque de connaissances et de transparence des industriels et des autorités nippons. L'expertise et la capacité des autorités politiques publiques à gérer la crise et ses conséquences ont alors été questionnées et parfois vivement critiquées. Les élèves ont repris des descriptions des conséquences sanitaires de l'accident, des conditions de vie des japonais habitant des territoires contaminés et des éléments du film projeté pendant le cours. D'ailleurs, les représentants des industriels et les représentants de l'ASN et de l'IRSN ont su répondre aux questions concernant la préparation et la gestion d'un accident. Cependant, ils n'ont pas su répondre aux questions sur la vie quotidienne en territoires contaminés et sur les risques sanitaires liés à un séjour prolongé dans ces zones. Certains élèves ont fait une recherche rapide pendant la discussion et ont réalisé que cette question de l'exposition prolongée à des doses faibles divisait actuellement les spécialistes. Ce constat a alors appelé un questionnement de la part des élèves représentant les acteurs de l'ASN et les experts de l'IRSN : leur (in)capacité à tenir une position ferme et étayée face aux citoyens et aux exploitants parce qu'ils étaient tiraillés entre leur position de représentant d'une institution (ou du moins ce qu'ils pensaient qu'elle devait être) et leur position de citoyen beaucoup plus proche de celle de citoyens ou de représentants d'associations écologistes. Selon eux, cette difficulté montrait qu'une même personne peut se représenter différemment un même risque selon le contexte dans lequel elle se trouve, ici professionnel ou personnel. Nous en avons conclu ensemble que la représentation des risques

⁵ Nous avons expliqué aux élèves que nous préférons le terme *représentation* à celui de *perception* car « nous ne nous contentons pas de percevoir des risques, qui d'ailleurs échappent bien souvent à nos sens, nous les construisons, nous en élaborons des représentations... il y a autant de représentations d'un risque que de positions et de trajectoires sociales. » [18] p. 37. Nous pouvons faire l'hypothèse suivant : l'utilisation du terme perception par les élèves traduit leur difficulté à appréhender le caractère construit des risques.

est située historiquement, géographiquement et socialement. Mais surtout, nous sommes revenues avec les élèves sur le fait que l'information des citoyens, qu'elle concerne les risques ou la préparation et la gestion d'une crise, n'est pas l'enjeu du débat public. Ce point a été à nouveau abordé et développé au cours de la discussion.

3.3 Le kaléidoscope de la question nucléaire

Les observateurs et les élèves ont expérimenté dès la préparation du débat des problématiques concrètes liées au développement et l'exploitation de la technologie nucléaire qu'ils avaient peu abordées avant ce cours : le vieillissement et le démantèlement des installations nucléaires. Deux aspects de ces problématiques les ont interpellés : d'une part, elles ont été peu pensées au moment de la conception des réacteurs, d'autre part, elles nécessitent un travail d'innovation que l'on choisisse de développer ou de diminuer la part du nucléaire dans le bouquet énergétique français. Ce constat a amené les élèves à ne pas considérer la technologie nucléaire uniquement en termes d'efficacité et de rendement immédiat mais à l'inscrire dans l'ensemble de la filière et dans une temporalité qui dépasse la durée de vie des réacteurs. Nous les avons alors invités à approfondir cette question de la temporalité au regard des éléments apportés par le film sur l'histoire du nucléaire en France. Les élèves ont alors évoqué la dimension politique de ce choix, notamment après la seconde guerre mondiale. Nous avons introduit les travaux de G. Hecht sur l'histoire de la nucléarisation de la France [32] et présenté le concept de « régime techno politique » c'est-à-dire « l'ensemble des individus des pratiques d'ingénierie et des pratiques industrielles, d'objets technique et d'idéologies institutionnelles » pour montrer que l'histoire technique et politique sont intimement liées. Nous soulignons toutefois que ces liens entre technologie et politique ne concernent pas uniquement le nucléaire dans l'histoire industrielle (voir par exemple [33]).

Cette discussion sur la dimension politique du développement de la technologie nucléaire a fait écho à un autre constat des élèves : les liens du choix d'implantation d'un nouvel EPR avec des questions de valorisation économique du territoire, d'emploi et de cadre de vie. Au cours du débat, ces dimensions géographiques, sociales politiques et économiques ont émergé essentiellement à travers certaines interventions des représentants des citoyens et des représentants des collectivités locales et territoriales. Ces derniers sont restés très discrets, notamment parce qu'ils avaient l'impression de ne pouvoir influencer la décision finale et qu'ils pensaient que leur rôle était essentiellement de s'informer et d'informer le public. D'après l'ensemble des élèves, la décision finale, poursuivre ou suspendre le projet, reste très centralisée, à l'image de beaucoup de décisions politiques et économiques importantes. Mais surtout, il leur a semblé que l'intrication de ces différentes dimensions rendait difficile toute opposition au projet qui débouche sur sa remise en question. Les élèves ont alors critiqué les arguments développés au cours du débat sur la concurrence entre des sources d'énergies alternatives et la technologie nucléaire posée en termes d'efficacité et de rejet de CO₂. Certains ont fait le constat un peu désabusé que la question des choix énergétiques se pose dans des termes bien plus complexes que ceux qu'ils ont appréhendés jusque là dans leurs enseignements et dans les projets qu'ils ont menés. Par conséquent, il leur semblait très difficile voire impossible de discuter réellement de ces questions au cours du débat et d'en faire un argument sérieux de suspension du projet.

3.4 Débat public, démocratie et consensus : mission impossible ?

La dimension politique du développement du nucléaire a occupé une partie centrale des discussions. Les observateurs et les élèves ont convenu que la question fondamentale n'était pas de savoir si l'on allait construire un deuxième EPR mais plutôt les conditions d'un véritable débat sur des choix technologiques présentant des risques d'accident majeur et dont les conséquences concernent les générations futures.

L'un des éléments évoqué par les observateurs et repris plusieurs fois par les élèves dans la discussion est que l'expertise et la formation scientifique donnent les bases nécessaires à la compréhension

technique du problème. Ainsi, selon eux, cette expertise qu'elle soit professionnelle ou profane reste celle qui légitime la participation au débat. Certains élèves jouant des citoyens ont démontré la capacité d'acteurs profanes à construire un discours cohérent, à préparer une argumentation solide, en acquérant une compétence scientifique et technique permettant de discuter avec les experts. S'ils reconnaissaient la validité de l'ensemble des arguments mobilisés par les profanes, ils considéreraient qu'ils ne suffisaient pas à remettre en question les connaissances expertes. Nous avons relié ce constat aux travaux sur les frontières entre l'expert et le profane et plus fondamentalement aux conditions d'une coopération entre eux dans un cadre participatif. Nous nous sommes appuyée sur quelques exemples récents de controverse, notamment l'amiante ou la vache folle, pour expliquer comment des profanes vigilants sont devenus des lanceurs d'alerte, en se substituant à des experts déficients incapables ou peu désireux d'alerter l'opinion [34]. Nous avons ajouté que les médias les ont pris au sérieux parce qu'ils ont acquis une compétence technique et construit un argumentaire convaincant en réunissant des indices épars, en recoupant des témoignages pour interpréter et construire des données. Toutefois, nous invitons les élèves à réfléchir au caractère représentatif de ce profil de citoyen. Nous leur avons demandé ce que ce constat sur la difficulté des citoyens et des écologistes à remettre en question le projet d'implantation de l'EPR suggère. Si, pour les élèves, l'expertise rendait légitime la participation au débat, elle posait la question de l'inégalité de compétences et de ses contraintes sur la coopération entre les acteurs réunis. Ils voyaient là un risque de glissement vers une « consultation cosmétique » par des politiques plus soucieux de légitimer leur action que de la construction de véritables choix démocratiques. Pour certains élèves, la démocratie repose essentiellement sur la confiance entre citoyens et institutions pour ce type de décisions. Nous leur avons toutefois rappelé que certains exemples récents (grippe H1N1) et certaines recherches montrent que ce lien de confiance s'est érodé.

Selon les élèves, cette difficulté montrait que d'une certaine façon, le débat intervient trop tard dans le processus de décision politique pour que les acteurs coopèrent réellement et discutent de manière constructive. Pour conclure, nous les avons invités à proposer des solutions alternatives. D'après eux, pour une réelle démocratie des choix technologiques et scientifiques, les conditions de discussions et de décisions devaient être complètement revues y compris en amont de la phase de débat public. Nous avons remis cette conclusion en perspective avec les travaux de L. Blondiaux qui distinguent *la démocratie participative* – au-delà de la simple consultation des citoyens, elle pose la question de la délégation de cette participation à des citoyens qui y consacrerait du temps et acquerraient des compétences nécessaires – et *la démocratie délibérative* [35]. Cette dernière ne remet pas en cause l'inégalité entre les citoyens et entre les citoyens et les institutions. Elle se focalise sur l'ensemble du processus de délibération de sa préparation à son évaluation, en aval de la décision. Enfin, les questions soulevées par les élèves concernent la problématique des finalités du débat public tel qu'il est pratiqué en France : il n'est peut-être pas tant d'aider à décider de manière concertée que de prévenir les conflits le plus en amont possible [36]. Il s'agit ainsi d'éviter au maître d'ouvrage (dans le cas étudié, le futur exploitant nucléaire) comme aux élus locaux d'affronter des mobilisations sous différentes formes ; certaines pouvant être radicales et relayées et amplifiées par les médias. Le premier s'exposerait alors à des reproches sur son mode de fonctionnement technocratique. Les seconds verraient leur crédibilité politique diminuée et donc leurs chances électorales compromises.

4 Conclusion

Pour conclure, nous souhaitons dégager les limites de cet exercice et les perspectives qu'elles suggèrent en termes d'enseignement des controverses scientifiques et techniques.

Ces trois années ont montré l'intérêt d'introduire les élèves ingénieurs aux dimensions sociales, historiques et politiques de la technique et de la science par le biais de ce cours et du dispositif pédagogique de débat public.

Cependant, cet enseignement présente des limites. Tout d'abord, l'exercice de simulation d'une réunion de débat public s'inscrit dans un cours proposé sur un temps très court. Les élèves manquent de temps pour assimiler les concepts, méthodes et exemples travaillés dans les différentes parties. Nous faisons l'hypothèse d'une acquisition par les élèves de modes de raisonnement, des stratégies cognitives qui leur permettent de développer d'autres modes d'appréhension de la réalité. Cependant, nous avons constaté que cet objectif n'était que partiellement satisfait. Dans la note d'étonnement qu'ils rendent en fin de cours, les élèves écrivent percevoir la cohérence d'ensemble sans toutefois parvenir à établir des liens clairs entre les différentes parties, par manque de temps. Ils éprouvent des difficultés pour relier les concepts méthodes et connaissances de la sociologie avec ce qui est expérimenté et questionné dans le cadre du débat public.

Par ailleurs, il nous semble que l'homogénéité des élèves limite la portée de cet exercice notamment les surprises et l'improvisation dans le débat. Les élèves ont reçu des informations initiales équivalentes et plus généralement, la diversité sociale de l'effectif est réduite. Ils ne peuvent se départir de leurs relations aux savoirs scientifiques et techniques et des cadres cognitifs qui conditionnent leurs représentations des risques. L'introduction d'acteurs réels dans l'exercice ou la pratique de cet exercice avec des étudiants d'autres cursus (étudiants en sociologie ou en journalisme) pourrait enrichir l'exercice et la discussion qui suit.

Cet exercice interroge également la pratique de l'interdisciplinarité dans les enseignements de notre établissement. Une façon d'enrichir cet exercice serait de faire participer un ou des enseignants scientifiques à la préparation au débat et à la discussion. Cette coopération présente deux enjeux. Le premier est de faire travailler ensemble des enseignants qui ont été formés et forment les élèves dans une perspective encore très peu interdisciplinaire, notamment peu ouverte aux questionnements de la science et de la technique par les sciences humaines et sociales. Le second est celui de la position de ces enseignants. Seraient-ils prêts à accepter de reconnaître qu'ils travaillent sur des sujets qu'ils ne maîtrisent pas complètement ? Considèreraient-ils que ce questionnement sur les savoirs scientifiques et techniques fait partie de leur travail [37] ?

Il nous semble pourtant que cette perspective serait fructueuse. Elle demande un vrai travail de problématisation de la pédagogie, au delà d'une simple proposition de mise en situation pratique des élèves pour les faire « remonter à des savoirs » telle qu'elle est proposée dans le cadre d'apprentissages par problème ou par projet (APP) [38].

Enfin, notre expérience pédagogique montre la contribution spécifique des sciences humaines et sociales à la formation des ingénieurs. Elle nous incite à poursuivre notre travail d'« enseignant capable » [39] c'est-à-dire dont « la première tâche est d'apprendre à ses élèves à reconnaître des faits *désagréables*, des faits, (...) qui sont désagréables pour sa propre opinion partisane. » [34], p. 96.

Références

- [1] H. Arendt. *Qu'est-ce que la politique* (Paris, Seuil, 1995).
- [2] S. Boudia, Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle, **25**, 157–170 (2007).
- [3] S. Topçu, Natures Sciences Sociétés, **14**, 249–256, (2006).
- [4] S. Topçu, Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critiques, **102**, 89–108, (2007).
- [5] S. Topçu, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée* (Seuil, Paris, 2013).
- [6] M. Callon, Technologies, Idéologies et Pratiques, **13**(2), 89–108 (1999).
- [7] F. Chateauraynaud, *Argumenter dans un champ de forces : Essai de balistique sociologique* (Editions Pétra, Paris, 2011).
- [8] G. Hottois, *Le signe et la technique* (Aubier. Paris, 1984).
- [9] Y. Gingras, *Sociologie des sciences* (PUF, paris, 2013).
- [10] V. Albe, *Enseigner des controverses* (Presses Universitaires de Rennes, Collection PAIDEIA - Éducation, Savoir, Société, 2009).

- [11] D. Duclos, *L'homme face au risque technique* (L'Harmattan, Paris, 2000).
- [12] M. Callon, P. Lascoumes, Y., Barthe, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique* (Seuil, Paris, 2001).
- [13] P. Lascoumes, *L'information, arcane politique paradoxal*, actes de la huitième séance du séminaire CNRS du programme « *Risques collectifs et situations de crises* » (1997).
- [14] T. Fromentin, S. Wojcik, (Dir.), *Le profane en politique. Compétences et engagements citoyens* (L'Harmattan, Paris, 2008).
- [15] Y. Trepos, *La sociologie de l'expertise* (PUF, Paris, 1996).
- [16] M. Angenot, *Dialogue de sourds. Essai de rhétorique antilogique* (Mille et une nuits, Paris, 2008).
- [17] P. Peretti-Watel, P., 2000. *Sociologie du risque* (Armand Colin, Paris, 2000).
- [18] P. Peretti-Watel, *La société du risque* (Paris, La découverte, Paris, 2010)..
- [19] J.C. Passeron, *Le raisonnement sociologique : L'espace non-poppérien du raisonnement naturel* (Fernand Nathan, Paris, 1991).
- [20] P.L. Berger, *Invitation à la sociologie* (La découverte, Paris, 2006).
- [21] P. Bourdieu, J.C. Passeron, *Les Héritiers. Les étudiants et la culture* (Editions de Minuit, Paris, 1964).
- [22] P. Bourdieu, J.C. Passeron, *La Reproduction. Éléments pour une théorie du système d'enseignement* (Editions de Minuit, Paris, 1970).
- [23] R. Boudon, *L'inégalité des chances* (Armand Colin, Paris, 1973).
- [24] B. Lahire, B., *Tableaux de familles: Heurs et malheurs scolaires en milieux populaires* (Gallimard, Seuil, Paris, 1998).
- [25] P. Bourdieu, *Le Sens pratique*, (Editions de Minuit, Paris, 1980).
- [26] M. Crozier, E. Friedberg, *L'acteur et le système* (Paris, Seuil, Paris, 1977).
- [27] L. Heimann, *Acceptable Risks, Politics, Policy and Risky Technologies* (An Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1997).
- [28] C. Perrow, *Normal Accidents, Living with High-Risk Technologies* (NJ: Princeton University Press, Princeton, 1999, 2ème édition avec post-face).
- [29] D. Vaughan, *The Challenger Launch Decision. Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA* (Chicago, The University of Chicago Press, 1996).
- [30] D. Vaughan, *California Management Review* **39** (2), 80–102, (1997).
- [31] T. Johnson, *Nucléaire en alerte* (M Way Films, 2010).
- [32] G. Hecht, *Le rayonnement de la France. Energie nucléaire et identité nationale après la Seconde Guerre mondiale* (La Découverte, Paris, 2004).
- [33] J.-B. Fressoz, *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique* (Seuil, Paris, 2012).
- [34] F. Chateauraynaud, D. Torny, *Les sombres précurseurs : une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque* (Editions de l'EHESS, Paris, 2000).
- [35] L. Blondiaux, *Démocratie délibérative vs démocratie agonistique. Le statut du conflit dans les théories et les pratiques de participation contemporaines* », in M. Carrel, C. Neveu, J. Ion (Eds.), *Les intermittences de la démocratie. Formes d'action et visibilités citoyennes dans la ville* (L'harmattan, Paris, 2009).
- [36] P. Subra, *Hérodote*, **110**(3), 149–170, (2003).
- [37] V. Albe, L. Simonneaux, *Aster, sciences, techniques et pratiques professionnelles* **34**, (2002).
- [38] D. Lemaître, *Normalisation des pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur : le modèle des apprentissages par projets et par problèmes*, In, J. Vannereau, C. Colmellere, S. Jakubowski (Dir.). *Normalisation des pratiques professionnelles, pratiques professionnelles de normalisation* (À paraître, 2014).
- [39] M. Weber, *Le savant et le politique* (La découverte, Paris, 2003, première traduction française, 1959).