

La sécurité dans l'histoire des techniques : l'exemple de l'énergie nucléaire

Foasso, C. Security in technical history : nuclear energy as an example

Cyrille Foasso



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/dht/1142>

DOI : 10.4000/dht.1142

ISSN : 1775-4194

Éditeur :

Centre d'histoire des techniques et de l'environnement du Cnam (CDHTE-Cnam), Société des élèves du CDHTE-Cnam

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2007

Pagination : 5-13

ISBN : 978-2-9530779-0-2

ISSN : 0417-8726

Référence électronique

Cyrille Foasso, « La sécurité dans l'histoire des techniques : l'exemple de l'énergie nucléaire », *Documents pour l'histoire des techniques* [En ligne], 14 | 2^e semestre 2007, mis en ligne le 09 novembre 2010, consulté le 07 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/dht/1142> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dht.1142>

La sécurité dans l'histoire des techniques : l'exemple de l'énergie nucléaire

Cyrille Foasso
Musée des arts et métiers

RÉSUMÉ

Le risque technologique est aujourd'hui une préoccupation majeure de nos sociétés. L'histoire du risque et de sa maîtrise, l'histoire de la sécurité, ouvrent un champ nouveau pour permettre de comprendre comment les techniques s'insèrent dans nos sociétés. L'article suivant présente l'exemple de l'histoire de la sécurité dans le domaine électronucléaire. Étant donné le potentiel catastrophique du risque dans ce domaine, sa maîtrise fut au cœur du développement de cette forme d'énergie. Abandonnant la prétention à une sécurité absolue, les ingénieurs du nucléaire proposèrent des concepts novateurs d'évaluation du risque technologique. Relater leurs travaux – succès mais aussi problèmes, doutes ou échecs – dans leur contexte offre à l'historien la possibilité d'apporter sa contribution au nécessaire débat public sur la question de l'acceptabilité des technologies à risque.

Résumés et mots clés en anglais sont regroupés en fin de volume, accompagnés des mots clés français.

La question des risques technologiques est devenue une préoccupation majeure de notre société. Si la société bénéficie des avancées des sciences et des techniques, elle subit aussi parfois les défaillances et les nuisances des objets techniques conçus par les ingénieurs.

Pourtant, le thème de « sécurité et technique » a été très peu traité par les historiens des techniques. Or, la sécurité dans le domaine technique assure l'interface idéale entre, d'une part, les réalisations des scientifiques et des ingénieurs et, d'autre part, la société dans son ensemble : les objets techniques, et en particulier les grands systèmes techniques, doivent en effet s'insérer dans nos sociétés, qu'ils modèlent mais dont ils sont aussi le reflet.

C'est pourquoi l'histoire de l'évolution des conceptions de la sécurité dans le domaine technique semblait ouvrir d'intéressantes perspectives. Et si les historiens des techniques se sont peu penchés sur cet aspect, c'est sans doute aussi parce que la sécurité est également une préoccupation récente dans le monde des techniciens.

Un premier objet d'étude avait été le chemin de fer, domaine réputé pour sa sécurité, au cours de 150 ans d'histoire depuis l'essor industriel du XIX^e siècle¹. C'est plus particulièrement l'histoire de la signalisation qui avait attiré notre attention pour le mémoire de DEA² : une fois surmontés les problèmes spécifiques de résistance des rails, d'explosion des chaudières, la signalisation s'avérait être le cœur de la sécurité de ce moyen de transport. Au cours de cette longue histoire, on a pu montrer l'évolution de la doctrine et des pratiques des ingénieurs en matière de sécurité, leur résistance au changement aussi, face aux nouvelles techniques, d'abord mécanique, électrique, puis électronique. La sécurité s'avérait être un révélateur du changement tech-

1. Caron F., *Histoire des chemins de fer en France: 1740-1883*, t.I, Paris, Fayard, 1997 ; Caron F., *Histoire des chemins de fer en France : 1883-1937*, Paris, Fayard, 2005 ; Ribeill G., *La Révolution ferroviaire : la formation des compagnies de chemin de fer en France (1823-1870)*, Paris, Belin, 1993.

2. Foasso C., « Signalisation, électronique, contrôle : la sécurité à la SNCF », mémoire de DEA d'histoire, université Lumière Lyon-II, 1996.

nique, mais également un moteur de ce changement. Cependant, les conceptions des ingénieurs reposaient sur le même principe : la recherche d'une sécurité absolue, l'aspiration à l'infaillibilité technique.

Après le chemin de fer, le choix de l'électronucléaire s'imposait presque³. Tout d'abord, l'énergie nucléaire présentait un aspect exemplaire en matière de lien entre technique et société en tant qu'objet de controverses renouvelées entre promoteurs industriels, agences gouvernementales et certains pans de l'opinion publique quant à l'acceptabilité des risques : risque d'accident majeur, danger de la radioactivité aux faibles doses, risque de prolifération sur le plan militaire, gestion des déchets. Outre son potentiel de danger considérable qui permettait d'entrevoir l'enjeu majeur du point de vue technique que constitue la maîtrise du risque, l'essor de l'énergie atomique allait être extrêmement rapide : quelques années seulement s'écoulaient entre la découverte du principe de la fission en 1939, la première réaction en chaîne entretenue par Fermi en décembre 1942, les explosions des bombes d'Hiroshima et Nagasaki, et la réalisation industrielle à grande échelle d'installations qui produisent aujourd'hui en France près de 80 % de l'électricité.

Notons au passage que cette spécificité française a paradoxalement été peu étudiée par le milieu universitaire français, alors que le risque nucléaire est souvent qualifié d'exceptionnel. La plupart des travaux se sont intéressés aux aspects économiques et politiques de l'avènement de cette énergie⁴, ou encore aux mouvements d'opposition et aux réactions de l'opinion⁵. C'est outre-Atlantique qu'on a été le plus intrigué par cette singularité, et de nombreux ouvrages ont été consacrés aux modalités de décision des grands corps d'ingénieurs français dans l'équipement industriel de la France⁶.

3. C'est l'objet de la thèse soutenue le 28 octobre 2003 à l'université Lumière Lyon-II sous le titre « Histoire de la sûreté de l'énergie nucléaire civile en France ; technique d'ingénieur, processus d'expertise, question de société ».

4. Citons l'excellente recherche de Dominique Finon : Finon D., « Les États face à la grande technologie dans le domaine civil. Le cas des programmes surgénérateurs », thèse pour le doctorat d'État ès sciences économiques, présentée et soutenue publiquement le 18 mars 1988.

5. Fagnani F., Nicolon A. (dir.), *Nucleopolis. Matériaux pour l'analyse d'une société nucléaire*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, 1979.

6. De nombreux ouvrages, souvent à caractère sociologique, ont insisté sur le pouvoir des élites technocratiques françaises : Suleiman E., *Les Élités en France. Grands corps et grandes écoles*,

L'étude de la réflexion sur le risque nucléaire par les concepteurs de cette nouvelle industrie, l'histoire de la mise en place de l'expertise et des processus de décision quant à son acceptabilité restaient à faire⁷.

Une conscience aiguë des risques : l'exemple américain

Les scientifiques et ingénieurs qui assurèrent le développement de l'énergie atomique eurent l'ambition que leur apprentissage de cette technique, à la différence des développements industriels passés, s'affranchisse de la méthode par « essai-erreur ». La sécurité avait été une priorité affichée dès les débuts, et ils prirent de nombreuses mesures de sécurité pour que la maturité de cette technique soit atteinte en évitant incidents et accidents. Malgré ces précautions, l'énergie nucléaire ne fera pas l'économie des accidents. Dans ce domaine également, les défaillances seront un stimulant majeur qui permettra à cette technique d'atteindre le niveau de sécurité exceptionnel dont elle dispose aujourd'hui. Nous insisterons donc moins sur l'ensemble des mesures prises en matière de sécurité que sur ce qui constitue l'un des aspects novateurs de l'énergie nucléaire, à savoir les différentes tentatives d'évaluation du risque par les ingénieurs qui s'attelèrent au développement de cette énergie.

L'énergie nucléaire marque une rupture. Et tout d'abord dans la conscience du danger chez les techni-

Paris, Le Seuil, 1979 ; Nelkin D., Pollak M., *The atom besieged : extra-parliamentary dissent in France and Germany*, Cambridge, Mass., MIT Press, 1980. Jasper J., *Nuclear politics. Energy and the State in the United States, Sweden, and France*, Princeton, Princeton University Press, 1990 ; Hecht G., *The Radiance of France*, Cambridge, MIT Press, 1998.

7. Un ouvrage rédigé par les « pères » de l'expertise de la sûreté nucléaire en France donne les principaux jalons de son histoire tout en exposant la foi des auteurs dans le fait que « l'énergie nucléaire, bien gérée, est le procédé le plus sûr aujourd'hui pour produire de l'électricité » : Bourgeois J., Tanguy P., Cogné F., Petit J., *La Sûreté nucléaire en France et dans le monde*, Paris, Polytechnica, 1996. Mais cette histoire ne mentionne aucun des conflits qui ont émaillé les relations entre acteurs de la scène nucléaire française et ne donne qu'une vision lissée du processus d'expertise. L'institutionnalisation de la sûreté et la distinction des rôles au sein du sérail avait été analysée dans une brève mais très intéressante étude sociologique : Vallet B., « The nuclear safety institution in France : emergence and development », dissertation for the degree of doctor of Philosophy at New York University, 1986 (non publiée).

ciens, en premier lieu aux États-Unis. L'exemple américain mérite d'être longuement évoqué tant l'avance est grande et l'influence durable.

Après les travaux sur la bombe pendant la Seconde Guerre mondiale, une loi fédérale instaure l'*Atomic Energy Commission* des États-Unis (USAEC) le 1^{er} août 1946 afin de maintenir un contrôle strict de l'État sur la technologie atomique, qui restera monopole d'État jusqu'en 1954⁸.

Dès juin 1947, l'AEC crée un comité indépendant d'experts, le Reactor Safeguards Committee, pour la conseiller sur les aspects sûreté dans la conception et la construction de ses propres réacteurs. Son premier président est Edward Teller, l'un des pionniers de la physique nucléaire. Ayant une conscience aiguë du risque de cette nouvelle technologie, Edward Teller utilisait une image frappante : « Le danger [d'une pile atomique] est, en gros, analogue à celui que l'on courrait en produisant sous le même toit des explosifs et des poisons violents⁹ ». Le danger pour le voisinage n'est pas le pouvoir explosif d'une pile mais la possibilité qu'elle libère les produits radioactifs contenus en son sein. Et l'on pense même à l'époque que « les poisons radioactifs sont plus dangereux que les poisons chimiques ; l'augmentation du risque [pouvant] être figurée par un facteur de l'ordre de 10⁶ à 10⁹ »¹⁰.

À la suite de la levée par le président des États-Unis du secret sur les applications civiles de l'atome en 1953, avec le lancement du programme « Atoms for peace » d'Eisenhower, les questions atomiques deviennent internationales. Les conceptions très avancées du comité d'experts américains sont exposées lors de la

première conférence des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique à Genève en 1955. Les experts américains souhaitent que le progrès de cette nouvelle technologie soit rapide, et ils préconisent des mesures de sécurité pour qu'aucun « risque inutile ou téméraire » ne soit pris dans ce domaine. C'est même une condition de son progrès : une catastrophe pourrait retarder l'épanouissement de cette nouvelle industrie. Dans une communication magistrale, Teller et ses collègues donnent une définition de la sécurité des piles qui rompt avec la certitude de l'omnipotence technicienne : « La sécurité absolue n'est pas possible, et ce qu'on entend par sécurité de la pile, c'est le fait de réduire ces dangers à un risque calculé et acceptable aussi minime que possible¹¹. »

On reconnaît ainsi que les accidents sont possibles, et Edward Teller souligne l'importance de « retenir les matériaux radioactifs à l'intérieur de la pile, et de prévenir leur dispersion sur des zones très peuplées¹² ». Deux mesures seront ainsi préconisées très tôt dans l'histoire de cette forme d'énergie : la première sera l'éloignement des installations nucléaires des centres urbains. Une deuxième mesure sera la construction d'une enceinte étanche aux gaz et qui puisse tenir la pression afin d'éviter la dispersion des produits de fission en cas d'accident.

Au-delà de règles de conception déterministes traditionnelles en ingénierie, la réflexion sur le risque allait conduire les ingénieurs à de nombreuses conceptions innovantes d'évaluation du risque.

Dans la deuxième moitié des années cinquante, on tente d'évaluer les pires conséquences possibles d'un accident. Parmi ces études, la plus célèbre est le rapport dit de Brookhaven ou WASH 740¹³. Publié par la Commission atomique américaine en mars 1957, ce rapport a pour objectif l'évaluation théorique des conséquences pour l'environnement d'un accident de réacteur nucléaire qui mettrait en défaut tous les systèmes de sécurité.

8. Hewlett R. G., Anderson O. E., *A history of the United States atomic energy commission*, vol. 1, *The New World, 1939-1946*, University Park, The Pennsylvania State University Press, 1962 ; Hewlett R. G., Duncan F., *A history of the United States atomic energy commission*, vol. 2, *Atomic shield, 1957-1952*, University Park, The Pennsylvania State University Press, 1969 ; Hewlett R. G., Moll J. M., *Atoms for peace and war, 1953-1961*, Berkeley, University of California Press, 1989 ; Mazuzan G. T., and Walker S. J., *Controlling the atom : the beginnings of nuclear regulation, 1946-1962*, Berkeley, University of California Press, 1984 ; Walker S. J., *Containing the atom. Nuclear regulation in a changing environment, 1963-1971*, Berkeley, University of California Press, 1992.

9. Teller E., « Reactor hazards predictable », *Nucleonics*, 1953, 11, p. 80, cité dans McCullough R. C., Mills M. M., Teller E., « La sécurité des piles nucléaires », *Proceedings of the first international conference on peaceful uses of atomic energy*, Geneva, 1955, P/853, vol. XIII, United Nations, New York (1956), pp. 93-102.

10. *Ibid.*

11. *Ibid.*, p. 92.

12. *Ibid.*, p. 95.

13. Le titre exact du rapport publié par l'AEC en mars 1957 est le suivant : « Theoretical possibilities and consequences of major accidents in large nuclear power plants. » Dans le même ordre d'idée, deux ingénieurs de la General Electric Company avaient présenté un rapport lors de la première conférence de Genève en 1955 : Parker H.M., Healy J.W., « Environmental effects of a major reactor disaster », *Proceedings of the first international conference on peaceful uses of atomic energy*, Geneva 1955, P/482, vol. XIII, United Nations, New York (1956), pp. 106-109.

La sécurité dans l'histoire des techniques : l'exemple de l'énergie nucléaire

En prenant pour référence un réacteur de 500 MW thermiques (les installations actuelles ont une puissance dix fois supérieure) les chercheurs du laboratoire national de Brookhaven ont imaginé différents scénarios d'accidents supposés se produire au moment où la quantité de produits de fission est maximum¹⁴. Le réacteur est censé être situé à 30 miles d'une grande ville d'un million d'habitants. Les chercheurs aboutissent à la conclusion que si des produits de fission parvenaient à s'échapper de l'enceinte de confinement, un accident de fusion du cœur d'un réacteur pourrait conduire au décès de 3 400 personnes, à la contamination de 40 000 autres. Le coût d'un tel accident majeur pourrait atteindre 7 milliards de dollars.

Ce genre d'études allait susciter l'émoi de la communauté nucléaire, voire une certaine réprobation, d'autant qu'elles ne tiennent pas compte des mesures de prévention des accidents incorporées dans les projets. L'énergie nucléaire est en effet confrontée dans l'évaluation du risque à une indétermination classique en mathématiques du type « $0 \times \infty$ », si l'on considère le risque comme le produit de la probabilité de survenue d'un accident par l'étendue des dommages qu'il provoquerait. Si les conséquences des pires accidents peuvent « à la limite » être infinies, les mesures de sécurité sont telles que la probabilité de tels accidents est voisine de zéro, sans qu'il soit possible d'en mesurer l'ordre de grandeur. Les mathématiques sont ici inopérantes pour proposer une évaluation du risque. C'est pourquoi, à la fin des années cinquante, une tentative de limiter les hypothèses sur les accidents se fait jour, dont la plus célèbre est le concept de « Maximum credible accident ».

La notion d'accident maximum crédible est présentée pour la première fois par Clifford Beck de la division « réglementation et autorisation » de l'USAEC lors de la seconde conférence des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique qui se déroule à Genève en 1958. Clifford Beck livre sa philosophie de l'évaluation de la sûreté, ainsi qu'une définition de l'accident maximum crédible :

« [...] En cas d'accident, la radioactivité qui pourrait être rejetée, même dans le cas du pire accident dont la probabilité est considérée comme croyable, et dans les conditions de dispersion les plus pessimistes [souligné par nous], ne doit pas engendrer des doses

à l'extérieur du site qui soient supérieures aux doses critiques autorisées¹⁵. »

En d'autres termes, si les concepteurs peuvent démontrer qu'en cas d'accident leur installation n'émet pas de rejets dépassant la norme à la limite du site, l'autorisation peut être accordée. Mais tous les accidents imaginables ne sont pas pris en compte. Les accidents jugés trop improbables sont exclus. Dans une première phase donc, les analystes doivent être exhaustifs dans le recensement des scénarios possibles d'accident, même les pires, indépendamment de leur réalité physique ou de leur probabilité. Dans un deuxième temps, on évalue la crédibilité de ces scénarios pour rejeter ceux qui ne sont pas considérés comme plausibles.

Par exemple, on estime que dans telles et telles conditions de température et de pression, une cuve de tel diamètre d'un acier de telle nuance ne peut pas exploser. Comme par ailleurs on s'est assuré que le système ne peut pas se retrouver dans ces conditions dangereuses, le risque de rupture de la cuve est exclu.

L'analyse et l'évaluation technique est effectuée par un corps d'ingénieurs distinct des concepteurs. Ceux-ci s'appuient sur un document qui est une nouveauté dans l'industrie : le rapport de risques, ou rapport de sûreté. Ce rapport de sûreté doit être fourni aux autorités par l'industriel qui souhaite construire une installation atomique. Le rapport de sûreté comporte la description des données du site, du réacteur, des systèmes auxiliaires, un résumé de l'administration et de l'organisation de la centrale, les plans d'exploitation, les procédures, mais surtout il présente les différents scénarios d'accidents envisagés et l'étendue de leurs conséquences possibles ainsi que les mesures de protection proposées pour leur faire face.

Au vu des informations et des démonstrations fournies, les autorités accordent ou non l'autorisation de construction ou de mise en exploitation de l'installation.

Le concept d'accident maximum prévisible ou crédible jette les bases des premiers critères officiels qui sont publiés en avril 1962, au titre 10 du Code de Réglementation fédérale, article 100. Il instaure des zones d'exclusion dont les dimensions tiennent compte des mesures de protection prises au niveau de la conception. Ce sera un débat constant sous la pression des industriels : le

14. Un résumé de l'étude de Brookhaven est proposé par Mark M. Mills, « Reactor hazards », dans Mark M. Mills, *Modern nuclear technology*, New York, McGraw-Hill, 1960.

15. Beck C.K., Mann M.M., Morris M.A., « Reactor safety, hazards evaluation and inspection », *Proceedings of the second international conference on peaceful uses of atomic energy*, Geneva 1958, P/2407, New York, United Nations, (1959), pp. 17-20.

renforcement des mesures de sécurité intégrées au projet permet-il de rapprocher les installations nucléaires des zones peuplées afin de limiter le coût des lignes électriques, voire les implanter au cœur des villes ?

Conscience aiguë des risques, réflexion sur les accidents, études de sûreté, séparation des rôles entre experts, administration et industriels, les questions de sûreté de l'énergie atomique sont cernées de façon précoce aux États-Unis. L'avance américaine à la fin des années cinquante en la matière est considérable, en particulier au regard de la situation en France.

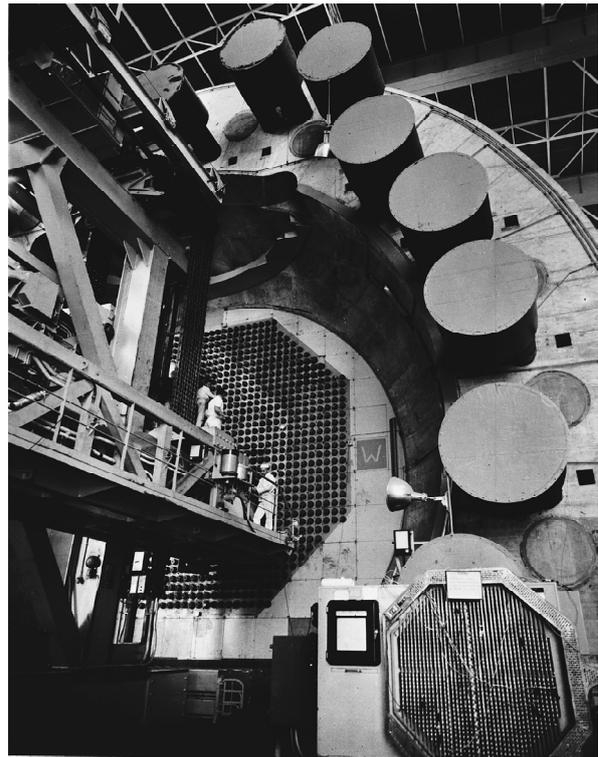
Le retard français en matière de réflexion sur le risque atomique : prise de conscience et institutionnalisation de la sûreté au CEA

Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), créé en octobre 1945, est parvenu à la première divergence de la pile Zoé en décembre 1948. Depuis le début des années cinquante, il est entré dans une phase industrielle avec la construction de piles de la filière UNGG (l'uranium naturel est utilisé comme combustible, le graphite comme modérateur des neutrons, le gaz comme fluide réfrigérant). Deux grandes piles G2 et G3 ont notamment été construites sur le site de Marcoule, non loin d'Avignon. Ces piles, qui produisent du plutonium utilisable pour les bombes, divergent pour la première fois en 1958 et 1959¹⁶.

Pour le développement de ces installations et pour faire face aux inconnues sur les données, les concepteurs s'appuient sur la vieille méthode d'ingénieurs consistant à inclure dans leurs projets de nombreuses marges de sécurité : ils surdimensionnent les installations.

Les années 1955-1959 constituent une phase charnière. Le contexte international change. Le domaine atomique resté jusque-là autarcique s'ouvre. Les réflexions menées à l'étranger sur la sûreté deviennent publiques et les Français les découvrent à l'occasion des premiers congrès internationaux. Des procédures ont été mises en place aux États-Unis pour l'autorisation des centrales atomiques : les rôles de promoteur, d'expert et de régulateur ont été distingués, et institutionnalisés.

16. Pour l'histoire des premières années de l'énergie atomique en France, on peut se référer aux ouvrages de l'un de ses pionniers au Commissariat à l'énergie atomique : Goldschmidt B., *Les Rivalités atomiques : 1939-1966*, Paris, Fayard, 1967 ; *Le Complexe atomique. Histoire politique de l'énergie nucléaire*, Paris, Fayard, 1980 ; *Pionniers de l'atome*, Paris, Stock, 1987.



Pile G2 de Marcoule. Ph. © CEA, Pierre Jahan. Archives CEA.

Les organisations internationales, Euratom, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), s'immiscent de façon croissante dans les politiques atomiques des États pour promouvoir telle ou telle filière. Les mesures de sécurité sont l'un des axes d'intervention de ces organismes. Il devient urgent pour les Français de disposer de leurs propres organismes d'expertise dans ces domaines afin de pouvoir défendre leurs intérêts dans ces institutions.

C'est également l'époque où se produisent les premiers accidents atomiques comme celui de Windscale, qui survient en 1957 en Grande-Bretagne sur une installation de la même filière que celle développée en France¹⁷. Un incendie de cartouches d'uranium

17. Les Britanniques ont mis en service en octobre 1950 et juin 1951 deux grandes piles productrices de plutonium, dans la filière à uranium naturel pour le combustible, modérées au graphite et refroidies par gaz sur le site de Windscale. Elles seront suivies dès 1956 de quatre piles de puissance destinées à la production d'électricité sur le site de Calder Hall. Pour l'histoire de l'énergie atomique en Grande-Bretagne, on pourra consulter : Gowing M., *Independence and deterrence – Britain and atomic energy, 1945-1952*, 2 vol., London, Macmillan, 1974 ; ou le récit d'un ingénieur anglais : Pocock R.F., *Nuclear power : its development in the United Kingdom*, London, Institute of nuclear engineers, 1977.

La sécurité dans l'histoire des techniques : l'exemple de l'énergie nucléaire

a relâché des milliers de curies d'iode radioactif dans l'atmosphère, contaminant des centaines de kilomètres carrés et conduisant à l'interdiction de la consommation du lait de la région voisine de la centrale pendant plusieurs jours.

Toutes ces raisons conduisent Francis Perrin, qui a succédé à Frédéric Joliot en 1951 au poste de Haut-Commissaire, à organiser la sûreté au sein du Commissariat. Il en confie la tâche en 1958 à Jean Bourgeois, chef du département qui conçoit les projets de piles, un polytechnicien (X 1934), ingénieur de l'École supérieure d'électricité (1947)¹⁸. Après quelques mois de réflexions tirées de voyages aux États-Unis et en Grande-Bretagne, une organisation centralisée voit le jour au CEA pour les questions de sûreté¹⁹ : la Commission de sûreté des installations atomiques (CSIA). Comme l'indique le premier paragraphe du projet de création, la sûreté est présentée comme l'intérêt général de toute la communauté nucléaire :

« 1) La sûreté des installations atomiques conditionne avec une telle ampleur la vie des personnes et l'intégrité des biens qu'elle doit être centralisée à l'échelon responsable le plus élevé du Commissariat à l'énergie atomique.

Mettant en jeu la compétence et les attributions de la plupart des directeurs du CEA, elle nécessite d'être considérée au sein d'un organisme interdirections, où chacun puisse faire valoir ses vues avant d'accepter de se plier aux règles d'intérêt général [souligné par nous] que ne peut manquer d'imposer la recherche de la sûreté²⁰. »

18. Jean Bourgeois est considéré comme le « père » de la sûreté nucléaire en France : c'est notamment lui qui a construit la logique des démonstrations de sûreté nucléaire. Il faut également mentionner deux de ses successeurs, les experts « historiques » de la sûreté issus du CEA que sont Pierre Tanguy et François Cogné, qui vont régner pendant plus de vingt-cinq ans sur le sujet en France, côté expertise.

19. Le mot « sûreté », choisi dans le domaine nucléaire, correspond aux activités techniques de prévention et de limitation des accidents. Il est l'exacte traduction du terme américain *safety*. Le domaine nucléaire a réservé l'usage du terme « sécurité » au champ plus vaste des mesures visant à prévenir l'ensemble des nuisances que sont la pollution radiologique, les effluents, les déchets, le réchauffement des eaux...

20. Projet d'organisation de la sûreté au sein du Commissariat à l'énergie atomique, daté du 24 septembre 1959, annexé à une note de la Direction de la physique et des piles atomiques n° 349/023 en date du 3 novembre 1959, archives CEA, fonds du Haut-Commissaire, F 5 26 55.

Instaurée au début de l'année 1960, la CSIA est l'archétype de l'organisation en charge de la gestion de la sûreté en France à partir de cette époque. Toutes les parties prenantes sont représentées dans la Commission : départements de production, de recherche et développement, de fabrication des matières nucléaires. Un dialogue technique à propos des questions de sûreté est institutionnalisé au sein de la Commission qui, sous l'autorité du Haut-Commissaire, détient le pouvoir de décision en matière de sûreté. Les centres de production et de recherche plaident leur cause devant ce tribunal.

Les archives de la CSIA montrent que l'examen de la sûreté des piles de production de plutonium est l'occasion d'intenses débats manifestant la séparation des rôles qui s'est effectuée entre producteurs et experts de sûreté et leur vision respective de ces questions²¹.

Au milieu de la décennie soixante, les spécialistes français de la sûreté s'émancipent : ils sont en mesure de s'exprimer indépendamment des producteurs, et sur la scène internationale. Dans l'analyse de la sûreté, ils mettent de plus en plus l'accent sur une méthode pragmatique consistant à vérifier la tenue des barrières physiques s'opposant à la libération des produits radioactifs. L'analyse de la sûreté passe toujours par l'étude des accidents, mais la notion d'accident maximal crédible est progressivement mise en cause. Cependant, faute d'une méthode alternative pour trancher sur la question de savoir jusqu'où prendre en compte les scénarios accidentels hypothétiques, les Français poursuivent avec l'outil américain.

C'est d'outre-Manche que va être sonné l'assaut contre le concept américain d'accident maximal crédible.

21. Les archives du CEA, conservées à Fontenay-aux-Roses, ont été les principales sources pour les années 1945-1980, en particulier le fonds du Haut-Commissaire (HC), qui contient les procès-verbaux des séances de la Commission entre 1960 et 1970, alors que Francis Perrin en est président. Pour les années postérieures à 1982, les archives du Conseil supérieur de la sûreté nucléaire (CSSN) détenues au ministère de l'Industrie ont fourni une riche source documentaire. Mais ce sont principalement les articles de revues à caractère scientifique et technique rédigés par les acteurs eux-mêmes, les rapports d'expertise ainsi que les communications lors des congrès internationaux qui ont constitué la base de notre travail, complétés par des entretiens avec les principaux protagonistes.

L'approche probabiliste de la sûreté en Angleterre et aux États-Unis

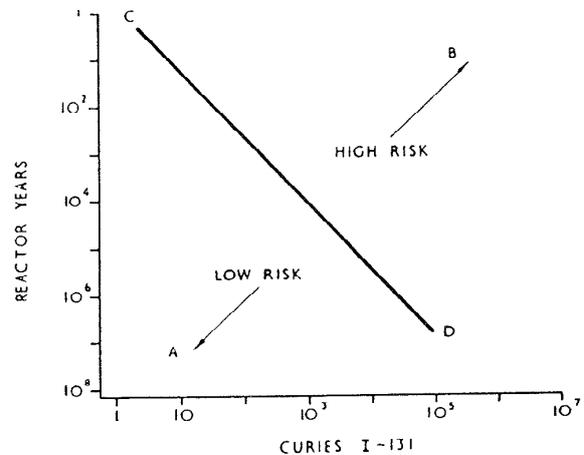
En 1967, une révolution dans l'approche du risque voit le jour en Grande-Bretagne. Elle est présentée par le chef du Comité de sûreté britannique, F. R. Farmer, lors du second colloque de l'AIEA consacré à la sûreté des réacteurs : il s'agit de l'approche probabiliste de la sûreté. Selon Farmer²², il faut étudier à la fois la probabilité et les conséquences de tout le spectre des accidents, et pas seulement certains accidents extrêmes, choisis de façon plus ou moins arbitraire. Certains accidents plus graves que le « Maximum Credible Accident » sont possibles (pourquoi exclure la possibilité d'une rupture de cuve ?), certains ont des conséquences moins dramatiques, certes, mais sont plus probables. Une protection adéquate doit être telle que plus les conséquences d'une défaillance sont importantes, plus sa probabilité doit être faible. Pour calculer ces probabilités, les Britanniques s'appuient sur la méthode des arbres de défaillances, une technique en usage dans l'industrie chimique.

L'approche probabiliste, qui constitue une avancée majeure dans la conceptualisation du risque technologique, répond à un besoin : au milieu des années soixante, les développeurs de l'énergie atomique sont confrontés à la question de la sélection des sites sur lesquels implanter les centrales. Or, des critères ont été émis aux États-Unis et en Grande-Bretagne sur la base de l'accident maximum crédible. Ceux-ci imposent des zones d'exclusion et des zones d'évacuation dont la taille dépend de la puissance du réacteur et de la densité de population autour des installations. Ces critères limitent de fait le nombre de sites susceptibles d'accueillir des installations atomiques, en particulier en Grande-Bretagne, où peu de sites disposent d'un environnement dont la densité de population soit faible. Sur la base d'un raisonnement probabiliste, les représentants britanniques prônent l'allègement des contraintes sur les sites. L'éloignement n'est qu'un facteur parmi d'autres d'atténuation du risque, pas nécessairement le plus pertinent.

Les travaux précurseurs de Farmer sont repris et amplifiés au début des années soixante-dix aux États-Unis, à un moment où règne une vive controverse sur les risques de l'énergie nucléaire et en particulier le risque d'accidents graves.

22. Farmer F.R., « Siting criteria – a new approach », *Proceedings of the IAEA symposium on nuclear siting*, IAEA, 1967, STI/PUB.154, SM-89, pp. 303-329.

Diagramme probabilité-conséquence de Farmer : illustration de l'approche probabiliste du risque.



Extrait de F.R. Farmer, *Siting Criteria - A New Approach*, *Proceedings of the IAEA symposium on nuclear siting*, IAEA, 1967, STI/PUB/154, SM-89, pp. 303-329, p. 305.

Pour chaque événement accidentel sont estimées à la fois les probabilités (sous la forme de l'intervalle de temps moyen entre deux événements exprimé en années de fonctionnement de réacteur), et les conséquences ultimes, en termes de rejet d'iode 131, l'isotope radioactif le plus dangereux pour la santé. À partir de ce graphique probabilités-conséquences, Farmer propose un critère de sûreté : plus les conséquences d'une défaillance sont importantes, plus sa probabilité doit être faible. Il définit ainsi une zone de risque élevé et une zone de faible risque.

Pour mettre un terme aux polémiques, l'AEC décide en août 1972 de lancer une nouvelle étude sur la sûreté des réacteurs afin de montrer que le risque nucléaire est acceptable. Cette étude se propose de calculer non seulement les conséquences mais également les probabilités d'une large palette d'accidents.

Après un travail équivalent à 70 ingénieurs-an, d'un budget de trois millions de dollars, l'équipe dirigée par le professeur Rasmussen remet en août 1974 un document de plus de 3000 pages connu sous le nom de RSS (« Reactor Safety Study »), ou « WASH 1400²³ ».

23. Atomic Energy Commission, « Reactor safety study. An assessment of accident risks in US commercial nuclear power plants », WASH-1400 Draft, Washington DC, The Commission, Aug. 1974. La version finale sera publiée par la NRC, qui succède à l'AEC en octobre 1975 : Nuclear regulatory commission, « Reactor safety study », WASH 1400, NUREG-75/014, October 1975.

Résumée grossièrement, l'étude de sûreté des réacteurs aboutit à une probabilité de fusion du cœur de 6.10^{-5} /réacteur-an, soit une chance d'accident tous les 170 ans pour un parc de 100 réacteurs identiques. De plus, la fusion du cœur ne conduirait que dans un cas sur dix à des conséquences pour la santé publique.

Les risques provoqués par des accidents de réacteurs apparaissent ainsi très inférieurs aux risques engendrés par les autres industries et même moindres que les risques naturels : l'étude affirme même que le seul risque comparable au fonctionnement de 100 réacteurs est celui d'une chute de météorites !

Cette présentation allait susciter de nombreuses critiques. Sur le plan technique, elles sont unanimes sur un point : il ne faut pas considérer les valeurs Rasmussen comme absolues étant donné la complexité des phénomènes physiques en jeu, souvent mal connus, les nombreuses hypothèses et incertitudes sur les données, les difficultés de traitement des défaillances de mode commun. Finalement, le rapport Rasmussen restera un grand document technique à usage des spécialistes de la sûreté et non l'outil de communication rêvé par ses initiateurs.

La gestion du risque nucléaire en France après 1973 : transfert de technologie et continuité d'un style réglementaire

Le débat autour de l'approche probabiliste a des répercussions en France, où la situation des différents acteurs sur la scène nucléaire s'est sensiblement modifiée. En effet, après une bataille des filières retentissante à la fin des années soixante, il a été décidé d'abandonner la filière UNGG au profit de la filière à eau légère et uranium enrichi développée aux États-Unis par Westinghouse. La technologie américaine et les modes de gestion de la sûreté vont devoir se mouler dans le contexte français.

Électricité de France (EDF) est chargé du vaste plan d'équipement nucléaire. Afin d'arbitrer entre les intérêts parfois divergents des industriels en matière de sûreté, un Service central de sûreté des installations nucléaires (SCSIN) est institué au sein du ministère de l'Industrie en mars 1973. Le service administratif se porte garant auprès des industriels que le CEA n'utilisera pas la sûreté pour privilégier ses propres projets : il n'est plus juge et partie en matière de sûreté. Cependant, seul organisme disposant des compétences techniques dans le domaine de la sûreté, le CEA conserve son rôle d'ex-

pertise, à travers le Département de sûreté nucléaire puis, à partir de 1976, à travers l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN).

À côté de l'expertise au jour le jour par les spécialistes du CEA, d'autres groupes dits « permanents » d'experts sont consultés par le service central. La composition des groupes permanents est révélatrice du style français de gestion du risque nucléaire : les spécialistes de l'autorité administrative, du CEA, d'EDF, et des industriels sont réunis pour confronter leurs points de vue. Le dialogue se poursuit entre parties prenantes, hors de portée du public. Le rôle de ces organismes d'experts est d'autant plus fondamental que l'arsenal législatif et réglementaire reste faible, car il s'agit pour l'administration des mines de réglementer la sûreté, sans entraver le développement de cette énergie²⁴.

Le mode de contrôle de la sûreté nucléaire en France accorde une place prédominante à l'expertise technique et les relations, les rapports de force entre administration et industriels sont difficilement mesurables, d'autant que le fonctionnement de ces expertises n'est pas public. L'analyse des seuls textes juridiques et réglementaires ne permet pas une juste représentation du pouvoir d'injonction de l'administration à l'encontre des industriels. Cette absence de visibilité sur le fonctionnement de l'expertise a conduit à légitimer l'expression « lobby nucléaire », souvent utilisée pour désigner les membres de la communauté nucléaire, mais qui masque plus qu'elle n'éclaire le fonctionnement de la gestion du risque nucléaire. Car si tous les protagonistes sont d'ardents défenseurs de cette forme d'énergie, les points de vue apparaissent diversifiés. C'est l'un des objets de la thèse d'entrouvrir le voile du huis clos des débats entre industriels, experts et autorité administrative.

Quelques rares textes officiels permettent en tout cas d'entrevoir de sérieuses divergences entre experts de la sûreté. Ainsi, à partir de 1975, le débat autour de l'approche probabiliste de la sûreté divise nettement les protagonistes de l'énergie nucléaire en

24. Dans la tradition du « libéralisme à la française » en matière de sécurité industrielle, les ingénieurs des mines étaient chargés d'élaborer des règlements qui garantissent la meilleure sécurité sans être un obstacle trop grand au développement industriel. Voir : Lascoumes P., « De l'atteinte à la prévention des risques industriels. Réglementation et développement d'une "magistrature technique" », dans Dourlens C. et al. éd., *Conquête de la sécurité, gestion des risques*, Paris, L'Harmattan, 1991, pp. 65-86 ; ou : Thépot A., *Les Ingénieurs des mines au XIX^e siècle*, Paris, Éditions Eska, 1998, pp. 180-184.

France²⁵. Les industriels sont hostiles à cette approche car ils craignent que de nouvelles règles viennent se superposer aux anciennes. De leur côté, les experts et l'administration voient dans cette méthode un moyen pour aborder la sûreté de façon plus cohérente. Ils s'appuient d'ailleurs sur les résultats des études américaines pour exiger qu'EDF et les industriels approfondissent la prise en compte de certains scénarios au-delà des accidents conventionnels prévus dans les rapports de sûreté américains, comme la perte totale des alimentations électriques.

Le contrôle en France de la sûreté par le Service central a été confié aux ingénieurs du corps des Mines, ce qui aura d'importantes conséquences. Les ingénieurs des Mines disposent en effet d'une longue tradition en matière de contrôle industriel, et l'une des « techniques en usage » au sein du Corps des Mines depuis le XIX^e siècle est la pratique des visites décennales des installations comportant un appareil sous pression : tous les dix ans, les installations sont réexaminées, testées en pression, et une décision est prise quant à la poursuite ou non de l'exploitation. Ce sera une des armes de l'administration face à l'exploitant pour imposer le renforcement de certaines mesures de sûreté. C'est d'ailleurs à l'occasion des premières visites décennales au début des années 90 que seront mis en évidence de nombreux défauts dans la qualité de construction, lesquels conduiront au remplacement à terme de ces énormes pièces fort coûteuses que sont les générateurs de vapeur et les couvercles de cuve dont les nuances d'acier présentaient une sensibilité à la fissuration.

Conclusion

L'approche des systèmes techniques par la gestion de leur sécurité est un outil dans le débat public sur l'acceptabilité des techniques à risque, où de nombreux champs restent à investir.

Les ingénieurs qui ont développé l'industrie nucléaire ont dû mettre un accent particulier sur la sûreté et ont élaboré des méthodes de gestion du risque qui font date dans l'histoire des techniques. Que ce soit

en matière de qualité, d'implantation d'installations à risque, de moyens humains et financiers consacrés à la sûreté, de modalité d'expertise et de contrôle, la sûreté de l'énergie nucléaire apparaît comme précurseur dans le rapport entre technique et société.

En ce sens, la sécurité est bien un angle d'attaque privilégié pour comprendre le fonctionnement de ces grands systèmes techniques, et ainsi mieux appréhender l'histoire de notre société. L'analyse des questions techniques montre la dynamique propre et les enjeux des discussions techniques, l'évaluation des problèmes posés, les solutions proposées, les programmes de recherche mis au point pour faire progresser les connaissances. La mise en perspective des bases scientifiques et techniques de la décision permet d'éclairer les domaines du possible, de l'inconnu, des controverses, et la part de « politique » des décisions prises, à savoir de quel côté se place l'autorité étant donné l'avis de ses experts.

En ce sens, l'histoire des techniques a un rôle à jouer dans le débat public autour des techniques à risque. Au technicien, une histoire qui montre les réussites, les échecs, en tout cas l'évolution des conceptions au fil du temps, rappelle qu'à chaque époque, des certitudes tombent, et qu'il ne peut se contenter d'affirmations péremptoires, d'arguments d'autorité à asséner à l'opinion. Pour le grand public, une telle histoire est un facteur de vulgarisation lui permettant de partager ce en quoi consiste le travail technique concret, où les jugements sont rarement immédiatement ou « tout noir » ou « tout blanc ». La présentation ouverte des zones de doute, des questionnements, des erreurs parfois des techniciens est la seule façon de gagner la confiance d'un large public et de lui rendre accessible le débat sur l'acceptabilité du risque technologique.

Une telle approche appliquée à d'autres domaines technologiques à risque – on pense immédiatement au complexe chimique, mais aussi à d'autres technologies controversées – permettrait sans doute de tirer d'autres éléments utiles à la compréhension de ces grands systèmes techniques et du fonctionnement de nos sociétés, tant il apparaît qu'à tous les développements techniques à venir sera associée la notion de risque²⁶.

25. Les lettres SIN n° 1076/77 du 11 juillet 1977 et SIN n° 576/78 du 16 mars 1978 relatives aux grandes options de sûreté des tranches comportant un réacteur nucléaire à eau pressurisée adressées par le ministre chargé de l'Industrie au directeur général d'EDF montrent l'évolution du débat sur la question probabiliste entre le service de sûreté et EDF, mélange d'injonctions, de définition d'objectifs, de terrain d'entente, voire de mises en garde.

26. Citons pour référence l'un des premiers en France à mettre l'accent sur le risque technologique majeur : Lagadec P., *La Civilisation du risque, catastrophes technologiques et responsabilité sociale*, Paris, Le Seuil, 1981 ; une version française au format de poche vient de paraître du célèbre livre du sociologue munichois : Beck U., *La Société du risque – Sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Flammarion, 2005.