

Interdisciplinary Institute for Innovation



**La sûreté nucléaire : analyse
économique des régulations
américaine, française et japonaise**
François Lévêque

Working Paper 13-ME-05

May 2013



CERNA, MINES ParisTech
60 boulevard Saint Michel
75006 Paris, France
Email: ferreira@mines-paristech.fr



La sûreté nucléaire : analyse économique des réglementations américaine, française et japonaise¹

François Lévêque²

L'accident de Fukushima Daiichi a jeté une lumière crue sur les défauts de la régulation de sûreté. Comment inspirer la confiance des citoyens pour l'énergie nucléaire si les normes de sûreté sont mal conçues ou inappliquées? Le drame japonais résulte d'une conjonction de facteurs naturels, mais il n'aurait vraisemblablement pas entraîné de tels dommages si la collusion n'avait pas régné entre les autorités de sûreté et ceux qu'elles devaient en principe contrôler. Comment réguler la sûreté de façon efficace ? En l'absence d'autorités nationales fortes, indépendantes et compétentes, l'énergie nucléaire ne pourra pas progresser dans le monde.

L'énergie nucléaire est régulée, ou supposée l'être, et ce avant même que la construction des centrales ne débute. Les investisseurs doivent en effet obtenir une licence du gouvernement ou de l'autorité de régulation en charge de la sûreté. La conception des réacteurs obéit à toute une série de normes et principes édictée par les autorités publiques. Ce « cahier des charges » doit être respecté pour que la construction du réacteur soit autorisée. Le régulateur doit aussi vérifier pendant le chantier que les normes sont bien appliquées. Il agit également tout au long de la vie de la centrale, de sa première connexion au réseau à son démantèlement. Il contrôle alors que les règles de sûreté qu'il a élaborées sont respectées par l'exploitant. Une défaillance de sûreté susceptible d'entraîner un accident n'est donc pas nécessairement uniquement le fait du constructeur ou de l'exploitant qui n'auraient pas respecté les exigences de sûreté imposées par la réglementation. Elle peut également provenir de ses insuffisances : réglementation lacunaire ou floue, contrôle inexistant, sanction défailante. Distinguer la bonne de la mauvaise régulation, sa bonne ou sa mauvaise mise en œuvre n'est cependant pas aisé dans le domaine nucléaire. Un réacteur atomique est un système technique complexe. Son niveau de sûreté est difficile à définir et à évaluer. Il dépend de la conception des réacteurs, de la façon dont ils sont exploités et de leur localisation. Il est impossible de le réduire à une variable unique. Admettons même qu'un critère probabiliste remplisse ce rôle, par exemple une fréquence de fusion de cœur inférieure à 0,0001 par année de fonctionnement, il ne pourrait pas être directement observé. Pas facile non plus de décliner des règles techniques précises garantissant qu'un niveau de sûreté ainsi défini n'est pas dépassé. La régulation de la sûreté nucléaire est forcément bâtie sur de nombreux critères et normes.

L'analyse économique de la régulation de sûreté est en revanche beaucoup plus simple à mener. Elle pointe les problèmes généraux à résoudre, prône des solutions réglementaires, juridiques et institutionnelles, analyse si celles qui sont en place sont satisfaisantes. Elle va ainsi bien au-delà de l'évaluation des effets de la sûreté sur les coûts, permet de comprendre ce qui justifie l'intervention publique et la forme de celle-ci. Pourquoi l'autorégulation et la responsabilité civile ne peuvent-elles pas garantir un niveau de sûreté suffisant ? Pourquoi l'autorité de régulation de la sûreté doit-elle être indépendante de l'industrie et du gouvernement ? Convient-il de fixer un objectif de sûreté chiffré, par

¹ Ce document de travail est destiné à être publié comme partie d'un ouvrage sur l'économie du nucléaire. Vos remarques et critiques permettront d'en améliorer sa version finale.

² François Lévêque est professeur d'économie à Mines-ParisTech (<http://www.cerna.ensmp.fr/leveque/>).

exemple un seuil de risque ? Mieux vaut-il établir des normes détaillées que les constructeurs et les opérateurs doivent appliquer ou des critères généraux de performance à atteindre ? L'analyse économique de la régulation montre que la sûreté ne se résume pas à la technique. Des solutions institutionnelles existent - souvent moins coûteuses que l'ajout de certains équipements redondants -, qui peuvent renforcer significativement le niveau de sûreté du nucléaire.

La nécessité de réguler la sûreté nucléaire

Quel sujet incongru ! La nécessité de réguler la sûreté nucléaire n'est-elle pas évidente aux yeux de tous ? Il n'y a que des économistes pour enfoncer une telle porte ouverte ! Il ne s'agit pas bien sûr de présenter comme une découverte que l'Etat doit, dans ce domaine, réguler. L'intérêt de la théorie économique réside dans la grille d'analyse qu'elle propose pour parvenir à une réponse. Son point de départ méthodologique est toujours que l'intervention publique ne va pas de soi. Il faut la questionner. La première interrogation de l'économiste porte sur la raison pour laquelle le marché n'est pas à lui seul capable d'apporter la solution au problème posé. L'économiste ne marque pas forcément là une préférence idéologique pour la main invisible et une détestation de l'intervention publique. Il sait simplement que la théorie économique a identifié des conditions précises dans lesquelles le marché ne se révèle pas efficace³ pour assurer l'intérêt économique général, c'est-à-dire maximiser la richesse de la société. La présence d'une externalité, comme la pollution, ou d'un bien public, comme la sécurité civile, sont les principaux obstacles à l'efficacité du marché. Pas de défaillance du marché, pas de justification à l'intervention publique au titre de la croissance du bien-être économique de tous. Mais l'économiste sait également que l'Etat, qu'il soit incarné par le planificateur, le régulateur, ou le législateur, n'est pas sans faiblesses et que l'intervention publique est imparfaite. La prescription de la théorie économique de la régulation est simple à formuler : le recours à la main visible de l'Etat est justifié si et seulement si les défauts de l'intervention publique sont moindres que ceux du marché qu'elle vise à corriger. En d'autres termes, l'intervention publique doit être plus bénéfique que coûteuse. Dans le cas contraire, le *laissez-faire* s'impose et il faut s'accommoder d'un marché défaillant. (A moins, bien sûr, de trouver des moyens de réduire dans le temps les coûts et les inefficacités de la main visible de l'Etat.)

En matière de sûreté nucléaire, le marché ne délivre pas d'incitations suffisantes aux opérateurs pour qu'ils réalisent le bon niveau d'efforts. Il envoie des signaux trop faibles. Du côté de la demande en électricité, les consommateurs présentent un degré d'exposition moyen au risque d'accident peu marqué. Ils ne sont pas spontanément prêts à rémunérer tous les efforts de sûreté nécessaires, en particulier pour la protection des populations locales, beaucoup plus exposées. Ils s'intéressent d'abord et avant tout au prix de l'électricité, perçu comme une commodité. Du côté de l'offre, les exploitants et les fabricants de réacteurs ont collectivement intérêt à investir dans la sûreté. Leur image et leurs débouchés à tous pâtiraient d'une nouvelle catastrophe. Mais, individuellement, chaque entreprise a intérêt à ne rien faire (ou presque, voir plus bas). Elle maximise en effet son gain si elle empêche le bénéfice collectif d'un risque moindre d'accident sans mettre la main au portefeuille. La logique veut que toutes les entreprises se comportent alors en passagers clandestins. Par conséquent, il n'y a plus de bateau pour les transporter ! Face à cette double défaillance, la régulation la moins coûteuse consiste à introduire des règles de responsabilité civile. Mais il faut encore que les accidents soient pleinement assurables. Or ce n'est pas le cas du nucléaire, nous le verrons.

³ Voir François Lévêque, Economie de la réglementation.

Des incitations privées insuffisantes

Le niveau économiquement optimal de sûreté nucléaire se détermine de manière que les efforts à réaliser en matière de dépollution. Il obéit aux mêmes principes que ceux qui ont été présentés dans la première partie de l'ouvrage à propos de la réduction des émissions de CO₂. Le niveau des efforts de sûreté est optimal lorsque le coût marginal social de la protection est égal au bénéfice marginal social du dommage évité. Au-delà de ce niveau, les actions supplémentaires d'amélioration de la sûreté sont plus coûteuses que le bénéfice additionnel qu'elles rapportent. En deçà, il reste des actions supplémentaires à mener car leur coût est inférieur au bénéfice qu'elles procurent.

Le marché livré à lui-même égalise coût privé et bénéfice privé. L'opérateur investira dans la sûreté tant que le bénéfice qu'il en retire est supérieur à son coût pour l'assurer. Ce dernier correspond à peu de choses près au coût social. Quelques services de sécurité civile dédiés au risque nucléaire mis à part, la totalité du coût lui échoit. En France, même les gendarmes affectés aux centrales nucléaires et au transport du combustible, sont facturés par l'Etat aux opérateurs⁴. En revanche, l'opérateur ne retire qu'une partie des bénéfices des mesures de sûreté qu'il entreprend, par exemple en termes d'image de l'industrie. Il calera ses efforts de sûreté en fonction de ses seuls bénéfices et n'en fournira donc pas assez.

Le niveau d'efforts sera insuffisant mais pas nul pour autant. Les incitations privées des opérateurs ne sont pas négligeables. L'amélioration de la sûreté diminue les pannes; la diminution des pannes augmente la production électrique, donc les recettes. Nous avons vu dans la première partie que le facteur de charge est un élément critique de la rentabilité d'une centrale nucléaire à cause de son coût fixe très élevé. Les baisses de régime et les arrêts temporaires des réacteurs sont extrêmement coûteux pour l'opérateur ; qui a intérêt à les réduire le plus possible. De plus, en cas de fusion de coeur, même sans pollution radioactive dans l'environnement, l'électricien perd son moyen de production et son actif toute valeur. S'il est propriétaire d'une seule centrale nucléaire, il fera faillite. S'il en exploite plusieurs vraisemblablement aussi, car il perdra la confiance des consommateurs, banquiers, actionnaires petits porteurs, employés, etc. Ce risque de disparaître constitue pour l'entreprise une puissante incitation à se préoccuper de la sûreté. Il ne faut donc surtout pas considérer l'exploitant nucléaire comme un ennemi juré de la prévention et un adversaire acharné du régulateur. Ce point est doublement important. La régulation serait beaucoup plus coûteuse et beaucoup moins efficace si les opérateurs nucléaires avaient intérêt à bloquer toute initiative et à contourner toute mesure émanant du régulateur. En outre, il arrive que l'Etat soit défaillant dans sa mission de protection des populations. Face à un régulateur fantôme, les opérateurs ne sont pas uniquement soumis à des incitations contraires à la sûreté. Attention, il ne faut pas en conclure que l'autorégulation serait, faute de mieux, une solution acceptable. Il s'agit seulement de souligner que force du marché et sûreté ne sont pas de purs antagonistes.

L'autorégulation peut être vertueuse pour réduire le phénomène de passager clandestin. Le cas de l'Institute of Nuclear Power Operations (INPO) en est une illustration. Après l'accident de Three Mile Island du 28 mars 1979, la réputation et la crédibilité de l'ensemble des exploitants nucléaires des Etats-Unis ont été sérieusement entamées. Les opérateurs ont alors pris conscience que l'image de l'industrie électrique nucléaire est un bien commun et que l'existence d'un seul mouton noir représente une menace économique planant sur tous. Forts de ce constat, ils ont décidé de créer une association professionnelle destinée à promouvoir le progrès et l'excellence en matière de sûreté. L'INPO naît ainsi sept mois après l'accident. Son originalité est de s'appuyer sur la pression des pairs

⁴ Voir Rapport Cour des comptes. p. 62 à 70.

pour forcer les exploitants, en particulier les mauvais élèves, à améliorer leurs performances de sûreté. La sûreté de chaque centrale est évaluée tous les deux ans par des équipes mixtes rassemblant des salariés de l'INPO (environ 400 personnes aujourd'hui) et des experts de la sûreté employés par d'autres opérateurs que celui de la centrale inspectée. Depuis la création de l'Institut, 13.000 pairs évaluateurs ont été mobilisés dans ces équipes. Les évaluations sont communiquées et discutées au cours d'une rencontre annuelle, consacrée à cet unique sujet, de tous les directeurs exécutifs des exploitants nucléaires. Les derniers de la classe sont pointés du doigt et doivent corriger les déficiences détectées. S'ils ne s'améliorent pas, ils risquent d'être mis au ban de la profession et renvoyés de l'Institut.

L'INPO est une réussite⁵. Il a contribué à l'amélioration de la sûreté du parc nucléaire américain de façon continue et significative et a réduit l'écart à la moyenne des exploitants les moins performants. Il ne s'agit pas d'une couverture masquant des objectifs de communication et de lobbying derrière des actions de sûreté qui seraient cosmétiques. Pour un économiste, un tel succès est a priori une anomalie. La théorie économique explique en effet que les coalitions d'entreprises sont instables. Le phénomène de passager clandestin jouant aussi dans le temps, l'INPO aurait dû périr une fois passée l'onde de choc de Three Mile Island. En restant mal classé, un opérateur évite des dépenses tout en profitant de la bonne image collective construite par les autres ainsi que de la diminution de la probabilité d'un nouvel accident sur le parc américain. Les coalitions ne peuvent se maintenir que s'il y a un mécanisme d'incitation et de sanction efficace contre les déviants. La pression des pairs, ressort sociologique, est une force qui semble bien faible. En fait, elle est étayée par des mécanismes économiques supplémentaires. D'abord, les exploitants nucléaires américains sont financièrement solidaires en cas d'accident chez l'un d'entre eux. O Tenus de contribuer à la compensation du préjudice causé par un confrère, ils ont intérêt à se surveiller mutuellement. En outre, les évaluations de l'INPO entrent dans le calcul des primes de l'assurance obligatoire en matière de responsabilité civile. Mieux un opérateur est noté, moins il contribue à la Nuclear Electric Insurance Limited, compagnie commune des électriciens nucléaires américains. Cette mutuelle exigeant de ses assurés qu'ils soient membres de l'INPO, le caractère dissuasif de la menace d'exclusion est renforcé : l'opérateur banni par ses pairs ne trouvera plus d'assureurs ou devra payer des primes considérablement plus élevées. Enfin, l'Institut s'appuie sur l'autorité de régulation, la Nuclear Regulatory Commission. Il lui transmet les rapports d'inspection et lui communique chaque année les notes d'évaluation et son classement des exploitants. Devant un refus répété des cancre à corriger leurs déficiences, il peut brandir la menace d'une intervention de la NRC. L'INPO n'est pas habilité à lever des amendes, ni à ordonner l'arrêt d'un réacteur, mais peut en revanche convaincre le régulateur de sanctionner les récalcitrants. Comme la plupart des mécanismes d'autorégulation, l'efficacité de l'INPO dépend de la présence dans l'ombre de la régulation publique.

Ainsi la question n'est donc pas de savoir si l'autorégulation peut se substituer à l'intervention de l'Etat, mais dans quelle mesure elle peut lui être complémentaire. Elle fluidifie les échanges d'informations et la diffusion des bonnes pratiques parmi les opérateurs qui ne se limitent plus au seul canal les reliant à l'autorité de sûreté. Cet avantage est d'autant plus grand que le nombre d'exploitants nucléaires est élevé : on en compte aujourd'hui plus de 25 aux Etats-Unis. Par ailleurs, l'autorégulation peut combler partiellement un vide. Les régulateurs nationaux sont en effet prisonniers de leurs frontières ; ils ne peuvent ni contrôler, ni stigmatiser des opérateurs en dehors de leur juridiction, ni agir contre les moutons noirs dont le comportement menace pourtant l'industrie mondiale dans son ensemble. Seule une association internationale d'exploitants jouant pour la planète le rôle de l'INPO

⁵ Voir Rees J.V., *Hostages of Each Other: The Transformation of the Nuclear Industry Since 1980*. University of Chicago Press, 1985; N Gunningham and J Rees, "Industry Self-regulation" (1997) 4 (19) *Law and Policy*.

aux Etats-Unis pourrait le faire. Il existe bien aujourd'hui une association mondiale des exploitants de centrales nucléaires dédiée à la sûreté, la WANO (sigle tiré de son appellation anglaise, World Association of Nuclear Operators). Cependant, ses règles de fonctionnement sont très éloignées de celles de l'Institut américain. Les examens qu'elle fait réaliser par les pairs ne sont ni systématiques, ni obligatoires; leurs résultats sont communiqués au seul l'exploitant inspecté ; il n'y a ni notation, ni classement, ni stigmatisation. Cette pâle copie de l'INPO a été créée à la suite de l'accident de Tchernobyl. La catastrophe de Fukushima Daiichi aurait pu conduire à un renforcement de ses pouvoirs. Mais l'occasion n'a pas été saisie. Partant, les opérateurs nucléaires intransigeants en matière de sûreté restent, aujourd'hui encore, sous la menace de moutons noirs dont les centrales peuvent être localisées à des dizaines de milliers de kilomètres.

Responsabilité civile

Pour un juriste, les règles de responsabilité civile visent à indemniser les victimes de préjudices. Motivées par des considérations de morale ou d'équité, elles interviennent après l'accident. Pour l'économiste en revanche, les règles de responsabilité civile sont un instrument incitatif. Elles encouragent les fautifs en puissance à réaliser des efforts de prévention. Elles sont mises en œuvre avant l'accident. En théorie, elles aboutissent même au niveau optimal d'efforts. L'auteur potentiel d'un dommage cherche en effet à minimiser la somme de sa dépense ex ante de prévention et de sa dépense ex post de compensation du préjudice. Il a donc intérêt à cesser son effort de prévention lorsqu'une mesure additionnelle coûte plus cher que la réduction du préjudice qu'elle entraîne. Le droit de la responsabilité civile apparaît alors comme un moyen alternatif de la régulation. Au lieu d'un régulateur directif fixant des normes de comportement et en surveillant le respect, l'agent économique est incité à adopter un comportement vertueux. L'intervention publique se limite alors à celle du juge qui calcule et ordonne le versement des dommages aux victimes. Les auteurs de préjudice pouvant être insolubles, la responsabilité civile est souvent assortie d'une obligation légale d'assurance. Toutefois, même ainsi lesté, le dispositif reste en général moins coûteux que la régulation publique. C'est pourquoi les économistes le préfèrent et le recommandent lorsqu'il est possible.

S'agissant des accidents nucléaires, un tel dispositif ne peut se substituer à la régulation : à l'instar de la régulation, il ne peut jouer qu'un rôle complémentaire. La limite financière des opérateurs dresse en effet un obstacle dirimant au rôle exclusif de la responsabilité civile. Pour inciter à l'effort optimal de prévention, la responsabilité doit être illimitée. Or, dans les faits, le montant des dommages d'un accident majeur peut être supérieur à la valeur des actifs des électriciens. La catastrophe conduit à la faillite en laissant les tiers partiellement indemnisés. L'opérateur est alors sous-incité dans ses efforts de prévention par rapport au niveau économiquement optimal. Ce problème de solvabilité peut être résolu par un mécanisme d'assurance obligatoire, mais on tombe alors sur un autre obstacle : l'assurabilité incomplète du risque d'accident nucléaire majeur⁶. La rareté des accidents majeurs empêche de connaître le risque moyen de façon suffisamment précise. Impossible aussi d'être à peu près sûr que le petit nombre d'accidents et les accidents de faible ampleur compenseront pour l'assureur les fois où les indemnités à verser seront très élevées. Face à un accident majeur, les assureurs et les réassureurs peuvent eux-mêmes devenir insolubles. La prime d'assurance annuelle, hors marge et hors frais administratifs, doit être égale à la probabilité d'un accident dans l'année multipliée par le montant des dommages. Comme l'accident a autant de chances de se produire l'année prochaine qu'à n'importe quelle autre année de vie d'un réacteur, l'assureur doit constituer

⁶ Sur cette question, voir les discussions et analyses détaillées de Karine Fiore, *Industrie nucléaire et gestion du risque d'accident en Europe*, Thèse de Doctorat, Sciences Economiques, Aix Marseille 3, 2007, p. 85-88.

précocement une réserve. Cependant, si l'accident advient l'année prochaine, l'assureur n'aura pas récolté assez de primes pour indemniser les victimes. Il faudrait donc que les primes initiales des premières années constituent un niveau de réserve égal au montant du dommage moyen, ce qui élèverait alors les primes pour l'assuré. Enfin, les primes deviennent inabordables pour les exploitants si le pire des dommages - et non plus le dommage moyen - sert de base au calcul de la réserve.

Face à ces différents obstacles, la responsabilité civile ne peut jouer qu'un rôle secondaire. Elle doit impérativement être associée à une régulation publique de sûreté qu'elle complète utilement en incitant l'exploitant à combler les vides et erreurs de la régulation. Le régulateur ne peut pas dicter tous les comportements et gestes de l'opérateur et de ses employés. Même s'il le pouvait, il serait de toute façon dans l'incapacité de vérifier si chacune de ses nombreuses exigences a été respectée. Cette impuissance du régulateur porte en économie le nom d'asymétrie d'information. Le régulateur ne détient pas toutes les informations dont il a besoin pour réguler l'entreprise, en particulier sur ses coûts et ses performances. Il n'est pas non plus capable de vérifier les efforts qu'elle fournit pour se conformer à ses ordres. L'entreprise est mieux informée, mais elle n'a pas intérêt à tout dire au régulateur en l'absence de contreparties. Tout révéler reviendrait en effet à se tirer une balle dans le pied, car une régulation plus coûteuse lui reviendrait en boomerang. La régulation est donc nécessairement imparfaite en comparaison de la situation idéale d'une autorité omnisciente. Inévitablement, le régulateur commet des erreurs. Concrètement, un régulateur de la sûreté peut omettre d'édicter une norme sur une dimension pourtant importante de la sûreté ; par exemple si cette dimension n'est pas observable ou vérifiable par lui. Le régulateur peut aussi parfois, faute de connaissances suffisantes, fixer une norme technique trop laxiste. Si l'opérateur est soumis au régime de responsabilité, il a intérêt à combler au moins en partie ces déficiences de régulation. Il introduira une règle interne sur la dimension de sûreté oubliée ou bien élèvera de lui-même le niveau de sévérité de la norme à laquelle sera soumis l'ensemble du personnel de la centrale. Ce rattrapage sera d'autant plus poussé que le niveau de responsabilité est illimité et que les actifs de l'entreprise ont une valeur élevée.

La responsabilité civile du nucléaire dans les faits

Dans les faits, la responsabilité civile des électriciens nucléaires est en général plafonnée. Les montants sont le plus souvent modestes en regard du coût d'un accident majeur. En France, par exemple, la responsabilité d'EDF est aujourd'hui engagée à hauteur de seulement 91,5 millions d'euros. Au Royaume-Uni, le plafond est de 140 millions de livres. La responsabilité illimitée reste une exception. En Europe, elle n'est en vigueur que dans quatre Etats membres. Mais trois d'entre eux, Autriche, Irlande, Luxembourg, n'hébergent pas de centrales nucléaires. Seuls les opérateurs allemands sont soumis à l'obligation légale de rembourser les victimes d'un accident quel que soit le niveau des dommages.

La responsabilité limitée à un faible montant est pour une large part un héritage du passé. Elle ne peut se comprendre qu'à la lumière des autres caractéristiques de ce régime, très particulier en comparaison d'autres secteurs. En cas d'accident, la responsabilité de l'opérateur de la centrale nucléaire est engagée quel qu'ait été son comportement. Il est responsable même s'il n'a commis aucune négligence, même s'il a respecté toutes les exigences réglementaires. Dans ce régime de responsabilité dit strict, la preuve d'une faute n'a pas à être apportée. De plus, la responsabilité des opérateurs est exclusive : le dommage causé par la négligence d'un fournisseur présent sur le site ou par une erreur de conception d'un équipementier devra être compensé par l'électricien. La responsabilité de l'accident peut-être partagée dans les faits, mais seul l'opérateur est juridiquement

responsable. Ces deux caractéristiques, peu courantes dans l'industrie, renforcent les incitations des exploitants à assurer la sûreté et augmentent leurs dépenses. Elles ont également pour conséquence de compenser plus rapidement et pleinement les victimes⁷. C'était d'ailleurs là l'objectif poursuivi des premiers législateurs du droit nucléaire, lorsque ces conditions ont été imposées aux exploitants dans les années 1960. Mais, en guise de contrepartie, les opérateurs ont obtenu que leur responsabilité soit limitée. Ils ont aussi fait valoir que l'obligation d'assurance associée à la responsabilité était de toute façon plafonnée par l'incapacité des assureurs de l'époque à offrir une large couverture. En termes économiques, le dispositif historique ainsi négocié augmente les incitations d'un côté - avec la responsabilité stricte et exclusive -, et les diminue de l'autre à cause du plafond de responsabilité.

Le souhait des gouvernements d'aider au développement de l'industrie nucléaire n'est évidemment pas non plus étranger à l'instauration d'une limite de responsabilité. Les premières réflexions sur la législation nucléaire américaine⁸ à la fin des années 1950 insistent sur l'intérêt national vital du développement de l'énergie nucléaire ainsi que sur la nécessité de protéger l'industrie contre des demandes d'indemnisation inconnues. En Europe, la Convention de Paris de 1960 qui fixe les premières règles internationales de responsabilité civile nucléaire souligne dans son exposé des motifs que : «La responsabilité illimitée pourrait facilement entraîner la ruine de l'exploitant».

Aujourd'hui, l'industrie nucléaire n'est plus dans son enfance. L'assurance du risque nucléaire non plus. Il est temps de relever les plafonds de responsabilité civile, voire d'imposer la responsabilité illimitée. Le mouvement est d'ailleurs enclenché. Le gouvernement du Royaume-Uni propose en effet de relever la limite de responsabilité de l'opérateur à 1,2 milliard de livres sterling, soit plus de huit fois le montant d'aujourd'hui. La France, de son côté, devrait dans les prochaines années fixer un nouveau plafond à 700 millions d'euros, soit plus de sept fois, le niveau actuel. Le plus élevé des plafonds est imposé à l'ensemble des électriciens américains. La loi Price-Anderson de 1957, régulièrement amendée, l'a fixé à 12,6 milliards de dollars. Ce montant comprend la responsabilité financière de l'opérateur pour ses propres centrales (375 millions de dollars par site), qui doit être couverte auprès d'un pool d'assurances privé. Trait unique au monde, si le dommage dépasse cette somme, les autres opérateurs doivent mettre la main à la poche. Comme nous l'avons déjà mentionné, chaque opérateur américain est en effet solidairement responsable en cas d'accident sur n'importe quel réacteur du parc. Cette responsabilité prend la forme d'un versement postérieur à l'accident qui peut aller jusqu'à 117,5 millions de dollars par réacteur en propriété. Comme 104 centrales nucléaires sont exploitées, ce mécanisme collectif permet de dédommager les tiers à hauteur de 12,2 milliards de dollars.

Une subvention déguisée ?

Que se passe-t-il si un accident majeur se produit aux Etats-Unis et entraîne des dommages dont le montant excède 12,6 milliards de dollars? Il sera alors fait appel au contribuable américain. Le Congrès, assureur en dernier ressort, puisera dans le budget fédéral pour compléter le remboursement du préjudice. S'agit-il d'une subvention ? Quelle est son ampleur ?

⁷ Pour une analyse complète des avantages et inconvénients de la responsabilité stricte et exclusive du régime nucléaire de la responsabilité civile, voir Winter et Trebilcock, *The Economics of Nuclear Accident Law*, *International Review of Law and Economics*, 17: 225-243, 1997.

⁸ Voir Tom Vanden Borre, *Shifts in Governance in Compensation for Nuclear Damage, 20 years after Chernobyl*, in *Shifts in Compensation for Environmental Damage*, M. Faure and A. Verheij, editors, *Tort and Insurance Law*, Vol. 21, Springer, 2007

Pour les opposants à l'énergie nucléaire, il ne fait pas de doute que le plafonnement de la responsabilité est une subvention⁹ : les frais d'assurance des électriciens seraient plus élevés en cas de responsabilité illimitée. C'est exact. Pour les défenseurs de l'atome en revanche, il n'y a pas de subvention tant qu'un accident accompagné de dommages d'un montant supérieur au plafond n'a pas eu lieu. Avant, le contribuable n'est pas mis à contribution. C'est juste. Plutôt que de batailler sur la définition d'une subvention, revenons aux principes économiques de base exposés dans la première partie de l'ouvrage. La théorie prescrit que le décideur paye la totalité du coût de son action et en empêche la totalité du bénéfice. Lorsqu'un écart existe entre les valeurs privée et sociale de ces deux dimensions, il doit être comblé par un jeu de taxes ou de subventions qui internalise les effets externes. La question est donc de savoir si l'internalisation du coût externe de l'accident est partielle ou complète. Pour l'économiste, elle doit être complète afin que les quantités produites et consommées des biens soient optimales. Par exemple, si le prix de l'électricité produite à partir de charbon ne reflète pas le coût des émissions de CO₂, trop d'électricité sera consommée et trop d'investissements seront réalisés dans cette technologie. De même, si le prix de l'électricité d'origine nucléaire ne tient pas ou insuffisamment compte du coût des accidents, les incitations à consommer et à investir en faveur du nucléaire seront trop fortes.

Quelle est l'ampleur de l'externalité résiduelle, c'est-à-dire celle qui n'est pas payée par l'opérateur et le consommateur d'électricité nucléaire à cause du plafond de responsabilité ? Ou, pour employer un terme plus simple mais connoté, quelle est l'ampleur de la subvention cachée ? Celle-ci dépend bien entendu du plafond lui-même. S'il est très élevé, par exemple au-dessus du pire des dommages imaginables, la responsabilité limitée n'est pas différente de la responsabilité illimitée. Attention, il ne s'agit pas de comparer le montant du plafond et le coût d'un accident. Même la limite américaine est loin du montant des dommages de Tchernobyl ou de Fukushima Daiichi. Un accident ayant engendré 100 milliards de dollars de dommages aux Etats-Unis coûtera 87,5 milliards de dollars aux contribuables américains. Mais cette somme ne mesure pas l'externalité résiduelle. Il faut tenir compte de la probabilité d'accident. La subvention se mesure par l'écart entre le coût de l'assurance nécessaire à la couverture complète du risque et le coût de l'assurance couvrant seulement jusqu'au montant du plafond. Le calcul nécessite donc de formuler des hypothèses sur la fonction de distribution des dommages. Or très peu d'estimations complètes ont été réalisées : deux aux Etats-Unis, une en France. Pour les Etats-Unis, l'écart mesuré est de 2,3 millions de dollars par an.réacteur selon des études anciennes d'économistes académiques¹⁰, et de 600.000 dollars par an.réacteur, selon le bureau du budget du Congrès dans son rapport sur le nucléaire de 2008¹¹. En tenant compte de la taille du parc américain, ces montants correspondent à une subvention annuelle pour l'ensemble de l'industrie environ 100 fois supérieure. Dans le cas de la France¹², l'écart de coût annuel d'assurance entre la responsabilité limitée d'EDF à 91 millions et une responsabilité non plafonnée est compris entre 0,14

⁹ Voir Doug Koplou, *Nuclear Power: Still not viable without subsidies*, Union of Concerned Scientists, 2011. Voir Robert Bell, *The Biggest Nuclear Subsidy: Pathetically Inadequate Insurance for a Colossal Liability*, <http://www.planetworkshops.org/en/post/777/the-biggest-nuclear-subsidy:-pathetically-inadequate-insurance-for-a-colossal-liability-by-robert-bell-ph.d..html>.

¹⁰ Une première étude a été réalisée en 1990 par Jeffrey A. Dubin et Geoffrey S. Rothwell (*Subsidy to Nuclear Power through the Price-Anderson Liability Limit*, *Contemporary Policy Issues*, July 1990, 73-78). Elle a abouti à une estimation de 21,7 millions par an.réacteur en référence au plafond de l'époque de 7 milliards de dollars. Cette étude comportait une erreur manifeste qui a été corrigée par Anthony G. Heyes et Catherine Liston-Heyes (*Subsidy to Nuclear Power through the Price-Anderson Liability Limit: Comment*, *Contemporary Economic Policy*, Vol. XVI, January 1998, 122-124). L'estimation tombe alors à 2,32 millions de dollars par an.réacteur.

¹¹ *Nuclear Power's Role in Generating Electricity*, Congressional Budget Office, Mai 2008, Encadré 3.1 pp 28 et 29. L'écart est mesuré par rapport au plafond de 10 milliards de dollars.

¹² Michael G. Faure et Karine Fiore, *An Economic Analysis Of The Nuclear Liability Subsidy*, *Pace Environmental Law Review*, Vol. 26, n°2, été 2009, 419-447.

et 3,3 millions d'euros par an réacteur selon différentes hypothèses sur les probabilités d'accident et sur les coûts (soit une fourchette haute d'un demi-milliard de subvention annuelle pour l'ensemble du parc). Rapportés au prix du MWh d'origine nucléaire, ces montants sont très faibles, de l'ordre 0,07 \$/MWh, soit 0,1% du coût moyen actualisé¹³, pour l'estimation du Congrès et de 0,45 €/MWh, soit 0,75% du coût moyen actualisé, pour l'estimation française la plus haute¹⁴.

Le niveau modeste des chiffres précédents ne doit pas surprendre. Dans la partie précédente, nous avons retenu l'ordre de grandeur d'1 €/MWh dans notre estimation haute du coût externe pour un accident majeur. Cette valeur est forcément une borne supérieure de la subvention apportée par le plafond de responsabilité. Elle revient en effet à considérer que les opérateurs ne remboursent aucune victime et que le plafond de leur responsabilité est égal à zéro. L'écart entre l'internalisation complète et l'internalisation partielle du coût des accidents est toujours inférieur au premier terme de cette différence.

Naturellement, l'externalité résiduelle peut être gonflée si l'on adopte des hypothèses extrêmes sur la probabilité d'accident et le montant des dommages. Nous avons déjà mentionné une étude commandée par la Fédération allemande des énergies renouvelables qui chiffrait le risque à des niveaux extrêmement élevés. Elle considère par exemple la probabilité d'une attaque terroriste à 1/1000 par an réacteur et une valeur haute de dommage de plusieurs milliers de milliards d'euros. Dans ces conditions, la subvention atteint des sommets. Elle dépasse même le coût total de production d'électricité. En Allemagne, la responsabilité est illimitée, mais l'obligation de garantie financière apportée par une assurance privée ou des moyens analogues est limitée à 2,5 milliards d'euros par centrale. Les auteurs de l'étude avancent que, si la garantie financière était sans limite, elle représenterait selon les scénarios et hypothèses étudiées un coût de 139 €/MWh à 6.730 €/MWh, soit de l'ordre de 2 à 100 fois le prix de l'électricité !¹⁵

En fixant un plafond à la responsabilité civile de l'opérateur, le législateur est à peu près sûr de se tromper car il ne connaît pas précisément la probabilité qu'arrive le pire accident, ni le montant des dommages causés. Pourquoi, alors, ne pas sortir de cet embarras en fixant une responsabilité illimitée aux exploitants nucléaires ? Plus de calculs à faire ! Cette solution semble de plus la meilleure d'un point de vue économique. N'est-elle pas défendue par les académiques spécialistes de l'assurance et du droit nucléaire ? Montrons rapidement qu'une telle réforme serait pertinente, mais très coûteuse dans sa mise en oeuvre. Pour ce faire, il convient de revenir aux deux plans d'analyse de la responsabilité mentionnés en introduction : celui, économique, des incitations des exploitants à l'effort de sûreté et celui, juridique, de l'indemnisation des victimes en cas d'accident. Sur le plan des incitations, la responsabilité illimitée doit être recommandée, car elle est toujours bénéfique. En l'absence d'autorité de sûreté ou si cette-ci est trop laxiste, la suppression du plafond de responsabilité conduira l'opérateur à fournir plus d'efforts de sûreté. Ses efforts resteront inférieurs au niveau optimal en raison de la valeur finie de ses actifs, mais ils s'en seront rapprochés. Lorsque la régulation est trop sévère, le régulateur impose des mesures de sûreté à l'exploitant dont le coût marginal est supérieur

¹³ Le rapport du Congressional Budget Office retient un coût moyen actualisé dans son scénario de référence pour le nucléaire avancé de 72 \$/MWh.

¹⁴ Faure et Fiore retiennent la valeur de 0,457 €/MWh pour le risque le plus élevé. Ils rapportent ce montant à un coût moyen actualisé du nucléaire de 30 €/MWh, valeur qui n'est pas très réaliste. Nous avons considéré un coût moyen actualisé du double, soit 60 €/MWh.

¹⁵ On pourrait également citer l'étude du cabinet de conseil CE Delft, réalisée pour la Direction Générale de l'Environnement de la Commission européenne sur les subventions dans l'énergie dommageables à l'environnement. Dans la partie consacrée au nucléaire, la subvention via la responsabilité limitée est évaluée dans sa borne haute à 50 euros du MWh, soit sur la base retenue d'un coût de production du MWh électronucléaire de 25 €, un triplement du coût. Environmentally harmful support measures in EU Member States, January 2003.

au bénéfice marginal. En apparence, la responsabilité illimitée ne change rien. Le niveau d'efforts de sûreté réalisés, au delà du niveau optimal, est dicté uniquement par la régulation. En fait, la réforme peut être ici aussi bénéfique, si l'on se rappelle que le régulateur - qui ne voit et ne sait pas tout - peut passer à côté de certaines dimensions de la sûreté. La responsabilité corrige cette imperfection et si elle est illimitée, le niveau d'efforts sera là encore plus proche du niveau optimal que dans le cas où elle est limitée.

Sur le plan de l'indemnisation des victimes, la suppression du plafond de responsabilité n'a d'effet que si le législateur oblige conjointement les exploitants, à travers l'assurance ou un dispositif analogue, à une garantie financière qui est elle-même illimitée. Si ce n'est pas le cas, les victimes ne seront compensées en cas d'accident qu'à hauteur de la valeur des actifs de l'exploitant. En Allemagne, comme nous l'avons vu, la responsabilité est bien illimitée mais la garantie financière est plafonnée à 2,5 milliards d'euros. Au-delà de cette somme, les victimes sont indemnisées par les actifs détenus par l'opérateur en faillite. Si cela ne suffit pas, le contribuable allemand paye de sa poche. La mise en oeuvre d'une garantie financière illimitée se heurte aux contraintes de l'assurabilité du risque nucléaire que nous avons décrites plus haut. Sur le marché de l'assurance, les exploitants devraient en effet trouver des offreurs en taille et en nombre suffisants. Les sociétés d'assurances couvrant les accidents nucléaires sont spécialisées et peu nombreuses. En outre, elles sont en général organisées sur des bases strictement nationales, ce qui limite la mutualisation et la concurrence, donc, *in fine*, l'offre. La mise en oeuvre d'une garantie illimitée achopperait sur un problème de capacité ou de prix. Elle révélerait l'insuffisante capacité du marché de l'assurance et de ses dérivés ; ou, à défaut, la créativité des financiers aidant¹⁶, elle aboutirait à des montants de primes non soutenables par les assurés (e.g., à des montants proches de ceux estimés dans l'étude allemande précédemment mentionnée). Sans surprise, la responsabilité illimitée assortie d'une garantie illimitée est par cet échec annoncé défendue par les opposants antinucléaires. Une telle réforme juridique conduit *de facto* à l'abandon du nucléaire.

En conclusion, une réforme de la responsabilité civile nucléaire est nécessaire. Elle devrait s'appuyer sur les trois piliers suivants : responsabilité illimitée, obligation financière plafonnée, mutualisation européenne. Le premier s'impose en raison de son bénéfice en termes d'incitations. Elle est indispensable pour que celles-ci parviennent au plafond de verre de la responsabilité, la hauteur que fixe la valeur des actifs de l'auteur du préjudice. La limite de l'obligation financière se justifie par le caractère catastrophique de l'accident nucléaire majeur et l'étroitesse du marché de l'assurance qui lui est lié. Ces deux piliers correspondent au modèle allemand. La mutualisation au niveau européen s'inspire de l'exemple américain. Sa justification et sa mise en oeuvre sont discutées dans la dernière partie de l'ouvrage.

¹⁶ On peut par exemple penser à des couvertures de risque offertes par des fonds de pension ou des fonds de couverture, prenant la forme d'obligations. Voir Radetzki et Radetzki 2000.

Comment réguler ? Les fondamentaux

La régulation de sûreté vue par l'ingénieur

La sûreté nucléaire est d'abord une affaire d'ingénieurs, et c'est bien ainsi. Un réacteur se situe au carrefour de nombreuses disciplines : chimie, mécanique, physique, automatique, informatique, neutronique, thermique, etc. La conception et l'exploitation sûres de ces monstres chauds de techniques exigent des connaissances théoriques et pratiques que les ingénieurs maîtrisent incomparablement mieux que les managers ou les fonctionnaires. Un accident pouvant provenir du non-contrôle de la réaction en chaîne ou d'un défaut de refroidissement, les paramètres à surveiller sont des coefficients de température du combustible et du modérateur, des excédents de radioactivité, des durées de vie des neutrons, des sections de capture du fluide de refroidissement, des capacités calorifiques et de conductibilité thermique, des tenues de gaines à l'irradiation; bref, des valeurs peu familières aux comptables ou aux financiers.

Ouvrez un livre sur l'énergie nucléaire écrit par un ingénieur. Vous y trouverez tous les détails et principes de fonctionnement d'un réacteur ainsi qu'un développement consacré à la sûreté. Celui-ci décrira deux approches : l'approche déterministe fondée sur l'idée de défense en profondeur et l'approche probabiliste reposant sur le calcul de risque. La première date des années 1950, la seconde de la fin des années 1960¹⁷. Elles ont longtemps été présentées comme rivales, mais cette querelle des anciens et des modernes est aujourd'hui largement résolue. L'approche probabiliste est fondée sur l'identification de cascades de défaillances susceptibles d'aboutir à un accident majeur. Elle a été présentée dans la deuxième partie de l'ouvrage. L'approche déterministe quant à elle envisage toute une liste d'incidents et d'accidents considérés comme plausibles, mais sans leur associer de probabilités d'occurrence. Elle élabore des règles, soit pour les éviter purement et simplement, soit pour les réduire - mais sans chercher alors à calculer avec quelle ampleur. Une règle de base veut par exemple que la défaillance d'un unique équipement ne doit pas pouvoir causer à elle seule un accident. La défense en profondeur est étroitement associée à l'approche déterministe, car elle implique l'établissement de barrières successives qui empêcheront *in fine* la diffusion d'éléments radioactifs dans l'environnement. En outre, les dimensions de chaque barrière comprennent une marge de sécurité.

Trois principales lignes de défense sont prévues et dimensionnées : la gaine des barres de combustible, l'enveloppe du circuit primaire dont la cuve, et l'enceinte de confinement en béton qui entoure le tout. Jusqu'au milieu des années 1960, cette ultime barrière est jugée infranchissable, sauf si elle est visée par des missiles¹⁸. L'accident majeur avec largage massif d'éléments radioactifs n'est pas plausible. Il devient vraisemblable avec les premiers calculs théoriques qui montrent que la fusion de cœur d'un réacteur à la suite d'une fuite dans le circuit de refroidissement aurait pour conséquence de rompre la cuve, mais également de passer la troisième barrière de l'enceinte de confinement. C'est le fameux syndrome chinois popularisé par le cinéma mais bien mal nommé - d'une part, la Chine ne se situe pas à l'antipode des Etats-Unis, d'autre part, la matière en fusion, si elle s'enfonçait dans les profondeurs, s'arrêterait à mi-chemin au centre de la terre. L'objectif de la première analyse probabiliste américaine d'envergure consistait justement à calculer l'occurrence de ce type d'événements. Son coordinateur, était Norman Rasmussen, chef du département d'ingénierie nucléaire à l'Institut Technologique du Massachusetts. Son commanditaire, l'Atomic Energy Commission,

¹⁷ Voir Keller et Modarres, 2004.

¹⁸ Pour une histoire détaillée de l'évolution des conceptions de la sûreté aux Etats-Unis et en France, voir **l'excellente thèse de**

souhaitait rassurer le public en montrant que le risque, s'il existe, est finalement infime. A cette fin, elle a d'ailleurs diffusé largement un résumé infidèle et simplificateur de l'étude. Pour frapper les esprits, ce document établissait des comparaisons hasardeuses - et absentes du rapport principal - avec d'autres risques; il assénait, par exemple, qu'une personne a à peu près autant de chances de mourir d'un accident de réacteur que d'être heurtée par une météorite. Cette caricature du rapport ainsi que certaines erreurs qu'il contient ont donné lieu à d'intenses controverses¹⁹. La Nuclear Regulatory Commission, créée afin de séparer les missions de sûreté du nucléaire des autres missions de l'Atomic Energy Commission, rejeta le contenu du rapport résumé en 1979. L'étude de Rasmussen doit finalement sa postérité à la mise au point détaillée d'une méthode plutôt qu'aux valeurs calculées des probabilités et des dommages. Depuis, l'analyse probabiliste de sûreté est devenue plus rigoureuse et les analyses probabilistes de sûreté se sont multipliées.

Les approches probabiliste et déterministe ont un temps été opposées car elles étaient perçues comme substituables. Dès lors que l'on est capable d'évaluer des probabilités, le dimensionnement des équipements sur la base de contraintes maximales de pression, de corrosion, de température ou encore de poussées sismiques à supporter est apparu comme une démarche obsolète. L'efficacité de l'approche déterministe est également critiquée, car elle opère à l'aveugle. Elle ne permet pas de savoir où porter en priorité les efforts; s'il vaut mieux, mettons, doubler l'épaisseur de l'enceinte de confinement ou le nombre de pompes de secours du circuit primaire. Toutefois, il est progressivement apparu que les études probabilistes de sûreté n'étaient pas la panacée. Celles-ci en effet ne peuvent pas appréhender tous les paramètres et causes de l'accident. Les erreurs humaines et les vices de construction sont notamment très difficiles à probabiliser convenablement. Rappelons-nous - voir la deuxième partie de l'ouvrage - que le calcul de probabilité ne peut pas s'appliquer en situation d'incomplétude, c'est-à-dire lorsque l'univers des possibles n'est pas connu. L'approche déterministe reste la seule parade face aux « inconnues inconnues » c'est-à-dire quand on ne sait pas ce que l'on ne connaît pas.

L'approche déterministe reste aussi centrale dans la défense en profondeur non préventive. Dès lors que les défaillances humaines et matérielles ne peuvent pas toutes être éliminées, la sûreté doit s'attacher à les détecter à temps pour les interrompre. Il faut éviter qu'elles aboutissent en cascade à une fusion de coeur. Enfin, le pire n'étant pas toujours évitable, la sûreté doit prévoir et organiser les actions permettant de contenir l'accident et d'en limiter les conséquences, par exemple à travers les forces d'action rapide ou les mesures de déplacement de la population. Ces trois volets de la défense en profondeur - prévention, surveillance et action - sont réfléchis, conçus et détaillés par les ingénieurs nucléaires depuis des dizaines d'années.

Que la sûreté soit d'abord une affaire d'ingénieurs ne signifie pas qu'elle doit être exclusivement confiée à ces derniers. Elle doit faire appel à de nombreux autres métiers : médecins, psychologues, experts de la sécurité civile, spécialistes de la gestion de crise, logisticiens, conducteurs de chantiers, etc. Dans la prévention au sein des centrales, les techniciens, chefs d'équipe et managers jouent un rôle-clef. L'importance cruciale de l'organisation et du facteur humain dans la gestion des risques fait aujourd'hui l'objet d'un large consensus. Les ingénieurs ne sont pas toujours les plus compétents en ces matières, les économistes non plus et nous ne nous aventurerons pas sur ces terres. En revanche, la sûreté a un coût et doit être régulée, deux domaines dont l'analyse économique se préoccupe depuis longtemps. Elle s'efforce d'éclairer les objectifs et les moyens de la régulation et de caractériser les mauvaises et les bonnes façons de réguler.

¹⁹ Voir notamment les critiques de L'Union of Concerned Scientists parues dans Henry Way Kendall, Richard B. Hubbard, Gregory C. Minor, *The Risks of nuclear power reactors : a review of Wash-1400*, 1977, 210 pages.

La régulation japonaise, l'exemple à ne pas suivre

Que mes amis japonais me pardonnent d'être si direct et abrupt, mais leur régulation de sûreté nucléaire révèle en creux par ses graves défauts quelques principes de base indispensables. Ils se résument en une phrase : le régulateur doit être indépendant, compétent, transparent et fort. Quatre caractéristiques qui ont toutes cruellement manqué dans le passé à l'agence japonaise de sûreté nucléaire et industrielle, plus connue sous le sigle anglais de NISA (Nuclear Industrial Safety Agency).

Les défauts de la régulation dans l'archipel nippon sont anciens, mais il a fallu l'accident de Fukushima Daiichi pour qu'ils soient portés à la connaissance du public. Dans le cercle des spécialistes de la sûreté nucléaire et de l'exploitation des réacteurs, les faiblesses japonaises étaient connues. Un journaliste scientifique rapporte²⁰ ainsi une ancienne conversation avec le président d'une autorité de sûreté étrangère : «Alors, le prochain accident nucléaire, c'est où ?». Réponse : «au Japon». «Pourquoi ?». Réponse : «Parce que leur système de contrôle et de surveillance de la sûreté nucléaire n'est pas correct, que leur autorité de sûreté n'est pas suffisamment indépendante et est au contraire beaucoup trop soumise à des impératifs politiques, industriels et financiers. Je n'ai pas confiance dans le système de sûreté nucléaire japonais».

En juin 2007, une mission d'une douzaine d'experts étrangers de la régulation de la sûreté nucléaire s'est rendue à la NISA pour porter un regard extérieur de pairs sur ses activités. De telles missions sont courantes. Elles sont organisées par l'Agence internationale de l'énergie atomique à la demande des gouvernements et des autorités nationales. Elles sont connues des spécialistes par le signe IRSS, pour *International Regulatory Review Service* et donnent lieu à un rapport public dont la lecture vous donnerait plutôt l'impression que la régulation japonaise ne marche pas mal du tout. De bons points sont distribués, de nombreux progrès sont soulignés. Les critiques sont présentes mais à peine discernables pour l'oeil de celui qui n'a pas déjà épluché les rapports IRSS pour d'autres pays. On peut y lire par exemple au détour d'une phrase que certains incidents de sûreté n'ont pas été suivis de mesures correctrices «des ressources limitées consacrées à évaluer l'expérience de sûreté des exploitants et l'absence d'inspection systématique et de vérification systématique de conformité de leurs activités par la NISA». Les auteurs de la mission se sont pliés aux règles de la courtoisie japonaise. Elles rendent la critique difficile à exprimer aussi bien en face à face que dans un rapport public.

La catastrophe de Fukushima Daiichi a permis d'exhumer du flot passé d'informations toute une série de tricheries graves et répétées de certains opérateurs. Ces renseignements révèlent des trous béants dans la régulation de sûreté en matière de contrôle. Sept des dix électriciens que compte l'Archipel ont admis avoir sciemment trompé l'autorité de sûreté. Ils ont falsifié des résultats de tests de sûreté ainsi que des rapports sur la maintenance et les réparations de leurs installations nucléaires²¹. Parmi eux, TEPCO, l'exploitant de la centrale de Fukushima Daiichi, a été le plus coutumier du fait²². En 2002, la NISA révèle que cet opérateur a omis de signaler toute une série de défauts observés sur les enceintes de confinement²³. TEPCO reconnaît initialement vingt-neuf falsifications, puis finalement d'en avoir commis deux-cents entre 1977 et 2002. En 2006, TEPCO admet avoir caviardé des enregistrements sur les températures du circuit de refroidissement. En 2007, lors de l'accident de la centrale de Kashiwazaki-Kariwa, TEPCO a nié tout rejet radioactif dans un premier temps, puis reconnu que

²⁰ Sylvestre Huet, in Nucléaire : quel scénario pour le futur ? p. 132

²¹ Jeff Kingston, Power Politics: Japan's Resilient Nuclear Village, The Asia-Pacific Journal

²² Voir A. Gundersen, The Echo Chamber: Regulatory Capture and the Fukushima Daiichi Disaster; SEction,

²³ Revelation of Endless N-damage Cover-ups, CNIC.

plusieurs milliers de litres d'eau contaminée avaient été rejetés en mer. La même année, l'entreprise avoue ne pas avoir signalé 6 arrêts d'urgence à la centrale de Fukushima Daiichi. Selon le *Japan Times*, 10 jours avant la catastrophe du 11 mars 2011, TEPCO envoyait un nouveau rapport falsifié au régulateur.

Fukushima Daiichi a aussi levé le voile sur l'ampleur des conflits d'intérêts dans le monde nucléaire japonais. Le renvoi d'ascenseur est une pratique courante. Pour les fonctionnaires qui rejoignent l'industrie, elle porte le nom d'*Amakudari*, ou descente du paradis. A l'image des Dieux du Shintoïsme rejoignant la terre, les hauts responsables du secteur public sont appelés au terme de leur carrière à occuper des postes honorifiques ou exécutifs dans les entreprises privées. Par le passé près de soixante-dix fonctionnaires de haut-rang du METI, le ministère de l'Economie, du commerce et de l'industrie, ont rejoint les entreprises électriques pour y occuper des positions dirigeantes²⁴. En 2011, treize d'entre eux étaient membres de conseils d'administration des opérateurs. Le *New York Times* rapporte qu'il y avait chez TEPCO un poste de vice-président réservé pour la retraite dorée d'un directeur général de l'administration. Le responsable de l'Agence des ressources naturelles et de l'énergie est le dernier qui devait l'occuper. Cette Agence est une branche du METI; l'autorité de sûreté japonaise lui est rattachée, son budget et ses employés en dépendent. Le directeur général de l'Agence, M. Toru Ishida, a rejoint TEPCO en janvier 2011 en tant que conseiller en attendant d'obtenir le siège réservé de vice-président. L'accident de Fukushima Daiichi a fait dérailler le plan et révélé le stratagème. M. Toru Ishida a dû démissionner le mois suivant²⁵. L'*Amakudari* permet aux entreprises électriques d'entretenir de bonnes relations avec les fonctionnaires en charge de l'énergie et d'obtenir des décisions favorables. La perspective d'un poste rémunéré et prestigieux est une carotte suffisamment appétissante qui amène certains à accepter de rendre certains services. Citons juste un exemple. Les falsifications de TEPCO ont été découvertes en 2000 par un ingénieur de General Electric qui a participé aux inspections internes de l'opérateur. Il a dénoncé les agissements de l'électricien auprès du ministère en charge de l'énergie et de la sûreté nucléaire. Pendant deux ans, aucune réponse ne lui a été faite et aucune suite n'a été donnée à son alerte. La seule réaction du ministère a été de communiquer son nom à TEPCO...

Enfin, Fukushima Daiichi a mis au jour les manques, les incohérences et les inexécutions en matière de réglementation de la sûreté. Ils sont détaillés dans deux rapports d'enquête très complets, publiés depuis l'accident, et dont la lecture est édifiante. L'un a été commandé par le gouvernement²⁶ et l'autre par le parlement²⁷. Leur analyse de l'événement pointe les erreurs, les négligences et l'impréparation de toutes les parties. Ni le gouvernement, ni l'administration, ni TEPCO ne sont épargnés. Les deux rapports montrent minutieusement comment leurs faiblesses ont conduit à la perte de contrôle de la centrale et à la gestion désastreuse de la crise qui a suivi. Chaque rapport s'intéressant également aux causes profondes, retrace l'historique des principales décisions réglementaires en matière de sûreté, en particulier les mesures de protection contre les séismes, contre les inondations et contre la rupture d'alimentation électrique. Modifications réglementaires avortées, amendées pour en réduire la portée, retardées dans leur adoption ou encore jamais mises en œuvre, tels sont les traits de la régulation de sûreté japonaise. Contentons-nous de trois courtes illustrations. Peu après sa création, la NISA devait élaborer un document de base sur les changements de long terme à introduire dans la régulation. Le

²⁴ Japan Times, 4 mai 2011.

²⁵ Asahi Shimbun, 3 mai 2011.

²⁶ Final report, Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, 23 juillet 2012.

²⁷ The official report of the Fukushima nuclear accident independent investigation commission 12 septembre, National Diet of Japan 2012

rapport n'est finalement rédigé et publié que dix années plus tard²⁸. Les directives en matière d'évaluation des sites pour la construction de nouvelles centrales ont été élaborées en 1964; elles sont restées inchangées depuis²⁹. Aux Etats-Unis et dans la plupart des autres pays, les centrales doivent être prêtes à faire face à une coupure de courant de huit heures. Ce seuil a été fixé à la suite de nombreux incidents dans le parc américain dans les années 1980. La norme historique imposée aux concepteurs et exploitants au Japon est de trente minutes. La question de la relever a été l'objet de groupes de travail et de rapports qui ont finalement conclu qu'il n'était pas nécessaire de la modifier³⁰.

Les anecdotes précédentes sont accablantes. Elles s'expliquent par l'organisation de la régulation de la sûreté japonaise. Sur le papier, le système institutionnel ne peut pas marcher. Pourquoi ? Parce que la NISA ne possède pas tous les attributs d'une autorité de sûreté nucléaire. Elle ne réalise qu'une partie des activités de régulation, ne dispose pas d'une véritable indépendance à l'égard du pouvoir politique, et s'occupe par ailleurs d'autres installations industrielles dangereuses. De ce point de vue, elle n'est pas comparable au modèle moderne qu'incarnent la US Nuclear Regulatory Commission ou l'Autorité de Sûreté Nationale. La régulation de la sûreté japonaise est éclatée dans plusieurs institutions. A côté de la NISA intervient ainsi une Nuclear Safety Commission³¹. Rattachée directement au Premier ministre, elle est censée superviser et contrôler la NISA. Elle n'a cependant aucun pouvoir pour enquêter ou sanctionner l'agence de sûreté nucléaire et industrielle. Elle est aussi supposée doubler une partie de ses tâches, en particulier l'examen antérieur à la délivrance des licences d'exploitation et l'élaboration de directives et d'orientations réglementaires. Elle ne peut toutefois pas mener d'investigations chez les opérateurs. Cette sorte de régulateur bis est dirigée par cinq commissaires épaulés par une administration de plusieurs centaines de fonctionnaires. Les activités d'inspection qui sont un élément-clé de la sûreté sont en partie réalisées par obligation légale par une troisième organisation, la Japan Nuclear Energy Safety Organization. La NISA fait appel à ce service technique d'appui, mais n'a pas autorité sur lui. Comme le souligne laconiquement le rapport de la mission IRSS au Japon, toutes les fonctions et responsabilités d'une autorité de sûreté sont présentes dans le cadre réglementaire japonais mais elles sont malheureusement, elles sont dispersées. Par contre-coup, les responsabilités sont diluées et les informations insuffisamment partagées.

La NISA n'est pas à proprement parler une autorité indépendante. Il s'agit d'une administration au sein de l'Agence des ressources naturelles et de l'énergie, branche du puissant ministère de l'Economie du commerce et de l'industrie (METI). La NISA ne dispose ni d'un budget, ni d'un personnel autonome. De fait, elle n'est pas isolée de l'administration en charge de l'énergie et de l'économie. La plupart de son personnel en provient. Les passages d'employés entre les bureaux de régulation et les départements d'affaires nucléaires du METI ainsi que du ministère de l'Education de la science et de la technologie sont nombreux. Sur le plan du personnel et de sa gestion, la situation est identique pour les employés administratifs de la NSC. Nous avons vu que cette dernière est rattachée au pouvoir exécutif qui, lui-même, conduit la politique énergétique et commerciale. L'étanchéité entre la régulation de la sûreté et la promotion du nucléaire n'est pas assurée par le découpage institutionnel. L'absence de loi obligeant les trois organisations de la sûreté, NSC, NISA et JNES à rendre transparentes leurs activités renforce cet état de fait. L'essentiel des délibérations, des décisions, des rapports, des comptes-rendus de travail, des inspections, des projets n'est pas porté à la connaissance

²⁸ Final report, Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company, 23 juillet 2012. p. 414-415

²⁹ The official report of the Fukushima nuclear accident independent investigation commission 12 septembre, National Diet of Japan 2012, Executive Summary, p. 73, synthèse de la 4 réunion de la commission.

³⁰ The official report of the Fukushima nuclear accident independent investigation commission 12 septembre, National Diet of Japan 2012, chapitre 5, p. 12

³¹ Pour ses missions, voir le rapport pour la Diète, Chapitre 5, page 52.

du public, de la presse et des autorités locales. Il est impossible de suivre de l'extérieur l'avancement ou les résultats des travaux de régulation, d'observer s'ils sont influencés par tel impératif politique ou groupe d'intérêts. Tout se passe derrière des portes closes.

Le poids de l'exécutif sur la régulation de la sûreté n'est contrebalancé ni par le pouvoir juridique, ni par le pouvoir législatif. Au Japon, le gouvernement nomme les juges de la Cour suprême. Celle-ci supervise directement le bureau en charge du personnel qui évalue, promeut, et sanctionne les juges. Toutes les affectations de poste passent par ce bureau, lui-même constitué de juges. Selon J. Mark Ramseyer, professeur de la faculté de droit d'Harvard et spécialiste des institutions nippones, le système de nomination japonais garantit que les cas sensibles seront tranchés, même dans les tribunaux de première instance, selon les orientations politiques du pouvoir en place. Comme le dit un ancien juge de district interrogé par le New York Times³² «Les juges prêtent moins le flanc à la critique lorsqu'ils se placent du côté du gouvernement que lorsqu'ils tranchent en faveur d'un petit groupe d'experts». Une quinzaine de plaintes pour défaut de sûreté, à cause notamment de la proximité de centrales nucléaires avec des lignes de faille et de non-conformité aux normes, a été instruite par les tribunaux de district. Des opposants locaux à la construction de réacteur ou à leur remise en route en sont à l'origine. Dans deux cas seulement, les juges ont donné raison aux plaignants. Mais leur décision a été renversée en appel. Le poids du gouvernement sur la régulation n'est pas non plus contrebalancé par la Diète. Le Japon est un régime parlementaire et le Premier ministre est désigné par la chambre basse, dont il est issu. Dans les faits, c'est le président du parti majoritaire qui est élu Premier ministre, et un parti majoritaire, le parti libéral démocrate, a exercé le pouvoir de 1955 à 2009 presque sans interruption. Il a dominé les assemblées et les coalitions gouvernementales. Les pouvoirs exécutif et législatif sont séparés, mais sur le plan politique ils ont marché ensemble depuis des décennies. Dans les régimes démocratiques, les autorités de régulation économique ou sanitaire sont contrôlées par le parlement. C'est un point essentiel pour les agences de sûreté nucléaire, car leur action porte sur le temps long, traditionnellement plus compatible avec celui du pouvoir législatif que du pouvoir exécutif. Le Japon fait figure d'exception, les activités de la NISA ne sont pas contrôlées par la Diète, mais par la NSC, qui est elle-même rattachée au Premier ministre.

La capture du régulateur japonais par l'industrie

L'indépendance de l'autorité de sûreté présente deux faces. Nous venons d'examiner l'indépendance à l'égard du pouvoir exécutif. Il s'agit de mettre la régulation à l'abri d'objectifs multiples et changeants qui peuvent interférer avec la sûreté nucléaire, à l'exemple du maintien du pouvoir d'achat des consommateurs à travers les prix de l'électricité ou la préservation de l'équilibre de la balance commerciale grâce à des exportations de matériels et technologies nucléaires. L'autre face, plus cruciale encore, est l'indépendance vis-à-vis de l'industrie, c'est-à-dire des constructeurs et des exploitants eux-mêmes. Le régulateur ne doit pas agir conformément à l'intérêt des entreprises qu'il régule. Cette situation reviendrait à un niveau de sûreté autorégulé, et donc insuffisant, même sous un régime de responsabilité illimitée.

Depuis les travaux de George Stigler réalisés dans les années 1960, la théorie économique s'intéresse au risque de voir le régulateur agir dans l'intérêt des régulés.. Cet économiste de l'Université de Chicago a mis en évidence un phénomène étonnant. Le prix de l'électricité dans les Etats américains où il est fixé par le régulateur n'est pas inférieur à celui observé dans les Etats où les entreprises peuvent le fixer à leur guise. Stigler se pose alors deux questions jusque là ignorées par les économistes,

³² New York Times, Japanese Officials Ignored or Concealed Dangers, 16 mai 2011.

aveuglés par une vision irénique de la régulation au service de l'intérêt général : à qui bénéficie la régulation et pourquoi ? Il répond que «la régulation est appropriée par l'industrie et est conçue et fonctionne pour son bénéfice»³³. Il explique ce biais par la domination de l'industrie sur les autres groupes d'intérêt. Les contribuables, les consommateurs, ou encore les victimes de dommages sont plus nombreux que les entreprises et disposent de moins de ressources. Il leur est plus difficile de s'organiser en collectif. La théorie de la capture de la régulation est née de ces premières idées. Elle a depuis progressé. En attendant de voir comment, cette version fruste suffit pour rendre compte des relations entre le régulateur japonais de la sûreté et les exploitants des centrales nucléaires, relations qualifiées à juste titre d'incestueuses par les auteurs du rapport d'enquête pour la Diète³⁴.

Interrogé par les parlementaires, le président de la NSC, Haruki Maradame, décrit ainsi ces relations : « Les réglementations de sûreté nucléaire ont été basées jusqu'à aujourd'hui sur un système de convoyage. Les exploitants proposaient les normes de sûreté les moins coûteuses qui étaient alors approuvées par les autorités. Cela a conduit à un cercle vicieux : les exploitants ne faisant rien et justifiaient leur inaction en avançant que le gouvernement a approuvé les normes de sûreté ». Il reconnaît qu'en conséquence les orientations de sûreté présentaient de nombreux défauts et que « nous sommes même allés jusqu'à dire qu'il n'était pas nécessaire de considérer les risques de grands tsunamis et de longues coupures d'alimentation électrique du réacteur³⁵ ».

Le régulateur japonais a calqué son comportement sur les préoccupations des exploitants. Les délibérations entre la NISA et l'industrie sur les actions à mener contre les accidents majeurs en témoignent de façon accablante. Elles démarrent en 2007 à la suite de la mission de l'IRRS. Leur objet est de réfléchir à une régulation spécifiant les mesures de prévention nécessaires et conformes aux standards internationaux. La position de la Fédération industrielle des électriciens est on ne peut plus claire. Elle tient en trois points : éviter des travaux de mise à niveau qui entraîneraient des interruptions dans le fonctionnement des centrales; empêcher un relèvement des exigences qui se traduirait par la fermeture de réacteurs ; s'assurer que la régulation n'aurait pas de conséquences négatives sur les litiges en cours ou qui pourraient naître. Le régulateur acquiesce et estime que le niveau de sûreté est suffisant. Le directeur général de la NISA conclura les délibérations en disant qu'il partage les mêmes inquiétudes concernant le risque de contentieux et d'impact sur la production. Il ajoute qu'il « faudra peut-être réunir un comité formel, mais que j'aimerais avant cela ficeler l'affaire entre nous ». Finalement, rien ne sortira des réunions avant Fukushima Daiichi, et, sans l'enquête sur l'accident, rien de tout cela ne serait connu à l'heure actuelle.

La capture du régulateur par l'industrie n'est évidemment pas une fatalité. Ses mécanismes étant mieux compris qu'au temps de Stigler ; on dispose aujourd'hui de solutions plus efficaces pour la contrecarrer. L'influence prédominante de l'industrie sur les autres groupes d'intérêt est due à un accès inégal à la régulation. On pense bien sûr aux ressources financières dont elle dispose. Mais, au-delà des moyens, la théorie économique montre ³⁶ que la représentation des intérêts est systématiquement déformée en faveur de groupes homogènes, de petite taille et des perdants potentiels. L'homogénéité facilite la formation et la cohésion du groupe; le petit nombre de membres incite plus fortement chacun à agir et permet plus aisément de repérer les tire-au-flanc ; les perdants sont plus combatifs que les gagnants en raison de l'effet de dotation. Rappelez-vous l'exemple des mugs distribués aléatoirement à la moitié d'une classe d'étudiants; ceux qui les ont reçus demandent

³³ G. J. Stigler, *The Theory of Economic Regulation*, 3 *Bell Journal of Economic and Management Science*, 1971.

³⁴ Les relations incestueuses qui ont existé entre les régulateurs et les entreprises ne doivent plus être admises. p. 44 Executive summary.

³⁵ Audition du 15 février 2012, [The Denki Shimbun](#)

³⁶ F. Lévêque p. 14.

une plus forte somme pour les céder que ceux qui ont été écartés de la dotation pour les acheter. Face à ce déséquilibre des forces entre groupes d'intérêt, la puissance publique n'est pas démunie : elle peut diffuser largement l'information, appeler à manifester son intérêt, inviter les parties à se manifester officialiser certains groupes, rendre légalement obligatoires les procédures de consultation, favoriser les expertises indépendantes, etc. En France, une loi rend obligatoire la création et fixe la composition d'une commission locale d'information auprès de chaque centrale nucléaire. Elle rassemble des élus et des représentants de diverses organisations : associations de protection de l'environnement, syndicats professionnels, chambres économiques, institutions sanitaire et médicale, etc. L'administration et l'exploitant participent aux réunions et travaux de ces commissions locales, mais leurs voix sont seulement consultatives. L'ASN apporte un soutien financier à ces commissions et veille à ce que l'information soit la plus complète possible. Elle incite aussi les représentants à participer aux inspections et cherche à promouvoir une expertise d'appui auprès des commissions qui soit indépendante de la sienne ainsi que de celle de l'exploitant.³⁷

La force de l'industrie vis-à-vis du régulateur réside dans l'avantage d'information dont elle dispose, résumé par le concept d'asymétrie d'information que nous avons présenté dans la section sur la responsabilité civile. Lorsqu'il s'agit de régulation économique, à l'instar de la fixation du tarif d'usage d'un réseau de transport ou de télécommunication, la parade consiste à payer l'entreprise pour qu'elle révèle ses vrais coûts. Dans le cas des dirigeants dont il faut s'assurer qu'ils œuvrent bien dans l'intérêt des actionnaires, il est nécessaire d'accorder un bonus aux entreprises régulées les plus performantes. Ce principe - dont la mise en œuvre est par ailleurs compliquée et imparfaite comme en témoigne la comparaison précédente - vise à éviter qu'elles gonflent leur coût et stagnent en productivité. Le régulateur perd d'un côté en abandonnant une rente à l'entreprise, contrepartie de l'information révélée, mais engrange de l'autre le bénéfice d'un tarif plus bas. Globalement, le gain net pour la collectivité est positif. Dans le cadre de la régulation nucléaire, l'autorité cherche aussi à éviter des coûts de sûreté trop élevés. Mais cet aspect reste secondaire. Le régulateur cherche en effet avant tout à éviter que les entreprises lui mentent sur leurs défaillances. L'autorité de sûreté nucléaire doit savoir si des incidents ont lieu, si leur cause est identifiée, si des mesures de correction sont mises en œuvre. Elle doit pouvoir diagnostiquer les performances de sûreté des installations et vérifier que ses exigences sont respectées. Il ne s'agit pas de récompenser les entreprises régulées, mais de les contrôler et de les pénaliser en cas de manquements. Connaître, inspecter et sanctionner, tel est le triptyque de la régulation de sûreté. D'où la nécessité de doter l'autorité de sûreté d'un personnel compétent et de mécanismes de sanction dissuasifs. Un régulateur de la sûreté nucléaire qui ne disposerait ni d'une expertise de haut niveau sur les plans techniques et scientifiques ni d'un pouvoir fort ne peut parvenir à un niveau de sûreté des installations s'écartant significativement de celui de l'autorégulation.

Les compétences et les pouvoirs d'inspection et de sanction sont nécessaires mais non suffisants pour une régulation de sûreté efficace. Il faut encore que l'autorité veuille les exercer. Dans la théorie économique moderne, le régulateur est un agent économique comme un autre : il est mû par son intérêt personnel et poursuit un objectif individuel - non pas spontanément l'intérêt général comme le modélisait l'économie publique classique. Il agira dans l'intérêt général - plus concrètement, il cherchera à accomplir les missions qui lui sont confiées par la loi - s'il a intérêt à le faire. Par exemple, pour faciliter sa carrière, par crainte d'une sanction, pour bénéficier de collaborateurs plus nombreux ou de meilleure qualité, pour occuper de meilleurs locaux, etc. Bref, le régulateur doit lui-même être contrôlé et incité. Il faut faire coïncider son intérêt personnel avec celui du législateur et le faire

³⁷ Commissions locales d'information, voir sur le site de l'ASN, <http://www.asn.fr/index.php/Bas-de-page/Autres-acteurs-du-contrôle/CLI>

diverger de celui des régulés. A cette fin, toute une panoplie d'instruments de lutte contre la corruption et les conflits d'intérêts (interdiction de pantouflage dans les entreprises régulées, fonctionnement collégial, déclaration obligatoire de toute rencontre avec les entreprises et leurs dirigeants, etc.) peut être utilisée.

En conclusion, l'échec de la régulation japonaise s'explique par sa prise en tenaille par l'industrie. Elle s'est classiquement laissée capturer par les électriciens qu'elle était censée réguler. De façon plus originale, son manque d'indépendance vis-à-vis du pouvoir politique l'a également soumise à l'influence de l'industrie, car le pouvoir politique japonais est lui-même très proche des intérêts des compagnies électriques, des fabricants d'équipements nucléaires (e.g., Toshiba et Mitsubishi) et des grands consommateurs industriels d'électricité. Ne pas ralentir la production électrique d'un côté et ne pas faire obstacle à la promotion du nucléaire de l'autre, tel a été le rôle en creux de la NISA. La sûreté n'a jamais pu être au premier plan de ses préoccupations et de ses actions. Elle s'est comportée comme un membre à part entière du *genshiryoku mura*. Cette expression japonaise qui se traduit par « village nucléaire » a été forgée pour désigner le club fermé composé par l'ensemble des parties prenantes du développement nucléaire nippon : les entreprises, mais aussi les administrations concernées, les scientifiques impliqués, les élus. La notion de village se rapporte ici à l'idée de loyauté que doivent les membres à la cause commune. La NISA a été construite dans le village et non située en dehors.

Quel objectif de sûreté fixer et comment l'atteindre ?

La régulation japonaise de la sûreté nous a permis d'illustrer les recommandations de l'analyse économique en matière d'organisation de l'autorité d'une part et de leurs justifications d'autre part. La réflexion économique étudie aussi les instruments et les objectifs de la régulation. Les régulations américaine et française vont cette fois nous servir d'appui. Elles présentent des défauts et sont très dissemblables, mais peuvent pourtant être toutes deux considérées comme de bons modèles.

Rappelons les principes économiques de la détermination de l'objectif et du choix des moyens. L'économie est utile pour sortir des slogans creux de type «la sûreté nucléaire est notre priorité absolue³⁸» ou «la sûreté nucléaire n'a pas de prix³⁹». Ces formules laissent entendre qu'il n'y a pas, ou ne devrait pas y avoir, de limites aux efforts de sûreté.

Une première limite posée par la théorie économique est donnée par la fixation du niveau optimal à partir des coûts marginaux. Cette réponse de l'économie à la question «*When safe is safe enough?*» voit cependant sa portée pratique réduite par le caractère incomplet des informations. Les coûts marginaux des efforts de sûreté sont à peine connus et l'incertitude sur les coûts marginaux des dommages évités est plus grande encore. Notez que cette situation n'est pas propre aux accidents nucléaires. La détermination du niveau optimal d'émissions de CO₂ ou du niveau de sûreté des plateformes pétrolières se heurte aux mêmes limites de l'évaluation économique concernant le choix du

³⁸ Titre par exemple du dossier du groupe EDF en réponse à des critères de responsabilité sociale pour permettre aux investisseurs d'apprécier les performances de sociétés en matière de développement durable de respect des droits de l'Homme, etc. , http://activites.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/En_Direct_Centrales/Nucleaire/General/Publications/surete_nucleaire_notre_priorite_absolue.pdf

³⁹ Titre d'une section du Rapport de la mission parlementaire sur la sécurité nucléaire, la place de la filière et son avenir, juin 2011.

taux d'actualisation et la mesure de la perte des vies humaines ou de la dégradation des milieux naturels. Dans les faits, les objectifs sanitaires et de sécurité sont très rarement fixés par le calcul économique. Ils sont le plus souvent déterminés à l'issue de délibérations scientifiques et techniques et de processus politiques.

La seconde limite est donnée par le montant maximal des efforts de sûreté, qui résulte du mécanisme de la substitution. D'un point de vue économique, la valeur d'une technologie ne se mesure pas dans l'absolu, mais par rapport aux technologies concurrentes. Dans le cas par exemple de deux technologies rivales, la valeur de la meilleure des deux est égale au gain qu'elle procure pour la société par rapport à l'usage de la technologie moins performante. Le marché opère dans le long terme une sélection darwinienne : il écrème les technologies. La limite économique naturelle des efforts de sûreté est celle qui déclenche la sortie de la technologie nucléaire du marché car elle devient trop coûteuse par rapport aux technologies alternatives. Cette limite se rencontre par exemple dans l'allongement de la durée de vie des réacteurs âgés. Si les travaux supplémentaires de sûreté exigés par l'autorité pour obtenir l'autorisation de prolongation sont considérables, les opérateurs ont intérêt à investir dans de nouveaux moyens de production.

L'objectif de la régulation étant fixé, l'analyse économique s'intéresse à la façon de l'atteindre au moindre coût. L'intérêt de la démarche est évident : en minimisant les dépenses pour atteindre un objectif de dépollution ou de sûreté, on réalise des économies. L'argent ainsi gagné peut être utilisé pour apporter une quantité encore plus grande de dépollution ou de sûreté - faire plus avec autant - ou pour toute autre chose.

Pour minimiser les coûts l'analyse économique recommande de recourir aux normes de performance plutôt qu'aux normes technologiques. Ces dernières portent sur des caractéristiques matérielles, par exemple l'épaisseur et la granulométrie du béton, ou bien le nombre, le débit et la vitesse de rotation des pompes de secours. Le régulateur prescrit ces standards et vérifie qu'ils sont appliqués. Dans le cas des normes de performance, le régulateur fixe seulement des critères et des niveaux, par exemple la résistance de l'enceinte en béton à la percussive d'un avion de chasse, ou la durée maximale admissible de panne de circulation du circuit secondaire. Il laisse au régulé le choix des mesures pour atteindre les performances requises. L'opérateur nucléaire est alors incité à sélectionner et à mettre au point la mesure efficace qui sera la moins coûteuse. Cela lui permet de réduire ses coûts, donc d'augmenter sa marge. Du point de vue de l'intérêt général, les normes de performance présentent le double avantage d'économiser les coûts d'information et de préserver l'innovation. En déléguant à l'entreprise le choix de la pièce ou de l'équipement *ad hoc*, le régulateur s'épargne des efforts de collecte d'information et d'expertise. Attention, il ne s'agit pas d'un simple transfert de charge vers l'exploitant. Ce dernier fait face à des coûts moindres puisque qu'il détient déjà les informations. Par ailleurs, s'il entrevoit des possibilités d'atteindre les exigences de performances en mettant au point des nouveaux procédés, il investira dans des travaux de R&D dont les retombées pourront profiter à la collectivité.

L'histoire de la régulation de sûreté nucléaire a débuté sans objectif explicite. Elle s'écrit sur le tas, au fur et à mesure de la conception des réacteurs et de leur mise en chantier. Les moyens précédant les buts, nous commencerons donc, suivant en cela l'ordre chronologique, par étudier la question des normes avant celle du choix des objectifs.

Normes technologiques versus normes de performance aux Etats-Unis

La régulation de la sûreté aux Etats-Unis accorde aujourd'hui une place centrale aux normes de performance guidées par les études probabilistes ; l'objectif visé à travers elles étant de maîtriser et de contenir les coûts. C'est un retour du balancier, car la sûreté nucléaire américaine a longtemps été noyée sous une montagne de règlements prescriptifs. De 1967 à 1977, les règlements, guides de mise en œuvre et autres documents de position réglementaire sont passés d'un rythme de publication annuelle de 1 à 25. La régulation américaine en comptait moins de dix en tout au début des années 1970 ; à la fin de la décennie, le catalogue complet en comprend près de cent-cinquante (Paik et Schriver, 1980). L'inflation réglementaire et son orientation strictement prescriptive en termes de choix et de détails techniques sont à l'origine du ralentissement des chantiers de construction (voir partie 1).

La lenteur est le propre de la régulation par les normes technologiques. Les déboires rencontrés dans l'application des normes anti-incendie imposées par la NRC depuis 1980 en offre une illustration symptomatique. En 2010, près de cinquante réacteurs ne sont toujours pas conformes à la réglementation. Les normes anti-incendie ont été élaborées à la suite d'un départ de feu non maîtrisé à la centrale de Browns Ferry, qui a conduit à la mise hors service du réacteur numéro 1 pendant un an. Si l'on excepte Three Mile Island, cette défaillance est sans doute la plus sévère qui se soit jamais produite aux Etats-Unis. Elle est bien connue car son origine ressemble à un gag que seul un dessinateur comique de presse aurait pu imaginer : une flamme de bougie met le feu à de la mousse de polyuréthane qui se propage aux câbles électriques avoisinants. La scène se passe dans le local technique de la centrale, en dessous de la salle de contrôle, d'où partent les câbles allant jusqu'aux bâtiments des réacteurs. Deux électriciens s'affairent avec de la mousse inflammable pour boucher des fuites d'air provenant de la salle voisine et passant autour des gaines. Pour vérifier que le colmatage est bien assuré, un des employés allume une bougie et l'approche des zones obturées. Trop sans doute, car la mousse prend feu, puis les câbles qu'elle entoure, le feu se propageant ensuite dans tout le circuit. Les erreurs vont ensuite s'enchaîner. De nombreux systèmes de sécurité sont endommagés, y compris le système de refroidissement. La fusion de coeur sera évitée de justesse.

Pour remédier à des accidents similaires, la NRC s'attache à fixer de nouvelles normes. L'une impose aux opérateurs de séparer de six mètres le circuit électrique de câble primaire et le circuit de secours - les deux étaient quasi-collés l'un à l'autre à Browns Ferry. A défaut, les opérateurs doivent installer des systèmes d'extinction automatique d'incendie, des barrières anti-feu ou des enrobages ignifuges capable de protéger les câbles des flammes pendant trois heures. Les opérateurs jugent ces mesures excessives et extrêmement coûteuses. Débute alors une série d'actions juridiques et de guerre de tranchée entre entreprises et autorité de sûreté. La Connecticut Light and Power Company lance l'offensive en 1982 en attaquant la NRC pour ne pas avoir justifié suffisamment sa régulation anti-incendie sur le plan technique. La cour d'appel du district de Columbia donnera raison à l'autorité de sûreté. D'autres opérateurs se contentent de n'appliquer qu'à moitié, voire pour certains pas du tout, la nouvelle réglementation. Devant ces manques de mise en conformité, la NRC finit, au début du nouveau millénaire, par déclarer qu'elle n'acceptera plus aucune violation de ses normes. L'industrie obtient cependant un délai de grâce dans l'attente d'une nouvelle réglementation qui interviendra en 2004. A ce jour, celle-ci n'a toutefois pas encore été appliquée. Les délais d'exécution ont été repoussés à plusieurs reprises. La dernière en date exige la conformité pour 2016. Si ce délai est respecté par tous, il aura fallu près de quarante ans pour que la régulation anti-incendie soit mise en œuvre sur l'ensemble du parc américain.

Mes faibles connaissances techniques de sûreté nucléaire ne me permettent pas de porter un jugement sur le bien-fondé des normes anti-incendie de 1980. S'agissait-il de mesures impraticables, au moins dans certains cas ? Leur coût était-il excessif au regard du risque évité ? La faute ne reposerait-elle pas sur certains opérateurs qui ont voulu faire des économies et se faire reculer le régulateur ? Toujours est-il que cet exemple témoigne de l'impasse à laquelle aboutit une régulation de la sûreté nucléaire exclusivement fondée sur des prescriptions techniques détaillées. La complexité et la diversité des réacteurs conduisent à élaborer des catalogues de normes sans fin. Au coût qu'engendre leur définition s'ajoute celui de leur contrôle ex post. Le coût unitaire de vérification est modeste, mais leur empilement finit par chiffrer. A l'exemple des myriades de normes dans le secteur du bâtiment, entreprises et régulateurs finissent par s'y perdre, et toutes les prescriptions ne sont plus toutes appliquées et contrôlées. Même si elles l'étaient, un problème subsisterait : les normes technologiques rendent les entreprises passives dans la recherche de sûreté et les déresponsabilisent. Autrement dit, la conformité à la réglementation ne garantit pas que la sûreté soit assurée. C'est une des grandes leçons que les américains ont tirées de Three Mile Island : une conformité parfaite aux règlements techniques détaillés n'aurait rien changé à la survenue de l'accident.

La prise de conscience des nombreuses faiblesses des normes technologiques facilite une nouvelle approche : la régulation par les normes de performance. Son développement a été facilité par l'essor des méthodes probabilistes de sûreté et l'adoption en 1986 des premiers objectifs quantitatifs de sûreté (voir plus loin). Cette approche est aujourd'hui dominante, au point qu'elle bénéficie d'un acronyme, RIPBR, pour *risk-informed and performance-based regulation* (Golay, 2000; G. Saji, 2002, Apostolakis, 2012).

Un guide réglementaire adopté en 2002 illustre parfaitement la nouvelle approche. Il décrit comment la NRC évalue les modifications de sûreté demandées par les opérateurs par rapport au cahier des charges réglementaire de leur licence d'exploitation. Le guide rappelle tout d'abord les convictions de l'autorité américaine sur l'utilité des études probabilistes. Elles lui permettent d'améliorer la sûreté, mais aussi de mieux cibler ses efforts et de réduire les contraintes réglementaires inutiles qui pèsent sur les opérateurs. Comme le souligne Richard A. Meserve - président en exercice de l'autorité de sûreté lors de la publication du guide - le but des analyses de risque est «de disséquer et de réformer notre système de régulation de telle sorte que la NRC se focalise sur les activités significatives en termes de risque pour à la fois améliorer la sûreté et alléger la réglementation». Le guide clarifie ensuite l'attitude de l'autorité face à des demandes de modifications des opérateurs selon le niveau de performance générale de sûreté du réacteur et l'effet des modifications sur ce niveau. Les seuils des fréquences de fusion de cœur et de largage massif et immédiat d'éléments radioactifs dans l'environnement sont utilisés pour définir les risques. De façon plus originale, ils sont aussi employés pour caractériser différentes situations lorsque la modification demandée par l'opérateur est susceptible de dégrader la sûreté. Oui, vous avez bien lu, « dégrader la sûreté ». L'idée générale est qu'une modification se traduisant par un faible risque additionnel peut être acceptée par la NRC si la performance globale de sûreté du réacteur est élevée, mais refusée si cette dernière est médiocre. Par exemple, si la modification accroît la fréquence de fusion de cœur de moins de 10^{-6} par an et que la fréquence globale est inférieure à 10^{-5} par an la demande de modification est acceptable. Elle ne l'est plus en revanche si la fréquence globale de fusion de cœur du réacteur se situe autour ou est inférieure à 10^{-4} par an. Plusieurs zones d'acceptation et de rejet des demandes des opérateurs sont ainsi définies selon la façon dont se positionnent les résultats des études probabilistes de sûreté par rapport à différents seuils. Pour George E. Apostolakis, commissaire à la NRC depuis 2010 et jusqu'en juin 2014, professeur d'ingénierie nucléaire au MIT et grand partisan de l'analyse quantitative de l'évaluation des risques, ce guide marque une rupture. Les études probabilistes de sûreté ne sont plus utilisées uniquement pour identifier des points négatifs, ceux qui révèlent des défaillances non identifiées. Elles

contribuent à des recommandations «positives, c'est-à-dire à mettre en évidence que des exigences réglementaires pourraient être relâchées, soit parce qu'elles ne contribuent pas à la sûreté, soit qu'elles y contribuent si marginalement qu'elles ne peuvent pas être justifiées en comparaison de leurs coûts»⁴⁰.

La régulation de la sûreté nucléaire par les performances n'est cependant pas la panacée. La performance n'est le plus souvent observable qu'indirectement et de façon probabiliste. Il n'est pas dit qu'elle soit atteinte, et l'incertitude qui l'entache n'est pas toujours précisément et rigoureusement mesurable. Bien sûr, avec le temps, la vérification devient plus facile. Certaines performances de sûreté mesurées sur plan à la conception du réacteur vont pouvoir être confirmées ou infirmées à l'exploitation. A l'image de la médecine légale, le démantèlement des réacteurs et la visite de leurs entrailles apporteront également de nouveaux éléments sur la faiblesse ou la robustesse de certaines de leurs pièces. Mais même cette ultime phase ne permettra jamais de reconstituer l'ensemble du tableau.

Les défauts de vérifiabilité conduisent à exclure une régulation qui serait fondée sur les seules performances. Ainsi, même aux Etats-Unis, Etat qui est pourtant allé le plus loin dans cette voie, la régulation reste duale. Reprenons le feuilleton des normes anti-incendie au dernier épisode, lorsqu'une nouvelle régulation est adoptée en 2004. Au lieu de réviser les normes techniques, la NRC propose de suivre une approche informée par les risques et fondée sur les performances. Les exploitants des quarante-sept réacteurs qui ne sont toujours pas en règle peuvent décider soit de les appliquer enfin, soit de prendre des mesures *ad hoc* sur la base de modèles de simulation de propagation d'incendie et d'études probabilistes de sûreté. Cette possibilité leur permet de focaliser leurs efforts sur les zones de la centrale présentant les plus grands risques. La très grande majorité des opérateurs ont opté dans ce menu pour la nouvelle approche. En conséquence, certaines centrales du parc américain suivent aujourd'hui telles règles anti-incendie que ne suivent pas certaines autres. Cette observation vaut pour d'autres problèmes de sûreté. Certains exploitants sont très engagés dans la régulation informée par les risques, tandis que d'autres suivent plus passivement le mouvement⁴¹. Aujourd'hui, aux Etats-Unis, normes technologiques et normes de performance cohabitent et parfois s'entremêlent. Le modèle hybride prévaut. Nous allons voir qu'il en est de même s'agissant des buts à atteindre : la régulation de la sûreté américaine poursuit à la fois des objectifs qualitatifs et des objectifs quantitatifs.

Le choix d'un objectif global de sûreté : des mots et des chiffres

Le 11 juillet 1977, le ministre de l'Industrie, en charge de la sûreté nucléaire, adresse une lettre à EDF mentionnant pour la première fois un objectif quantitatif de sûreté : la probabilité globale qu'un réacteur puisse être à l'origine de conséquences inacceptables ne devrait pas dépasser 10^{-6} par an⁴². Le 21 août 1986, après plus de cinq ans de discussion, la *US Nuclear Regulatory Commission* publie une déclaration dans laquelle elle fixe un niveau de risque sanitaire additionnel encouru par les populations voisines des centrales nucléaires qui ne dépasse pas 1 pour mille du risque de mortalité lié aux autres causes. Le rapprochement de ces deux dates suggère que la France s'est très tôt dirigée

⁴⁰ George E. Apostolakis, How Useful is Quantitative Risk Assessment?, *Risk Analysis*, Vol. 24, n°3, 2004, pp 515-520.

⁴¹ Voir Andrew C. Kadak et Toshihiro Matsuo The nuclear industry's transition to risk-informed regulation and operation in the United States, *Reliability Engineering and System Safety*, n° 92, pp. 609–618, 2007.

⁴² Lettre d'orientation SIN 1076/77 du 11 juillet 1977 relative aux grandes options de sûreté des tranches comportant un réacteur nucléaire à eau pressurisée du ministre chargé de l'Industrie au directeur général d'EDF.

vers des objectifs de sûreté chiffrés. En fait, le courrier de l'administration française est resté jusqu'à aujourd'hui lettre morte, tandis que les Etats-Unis n'ont cessé de renforcer le recours aux objectifs quantitatifs dans le domaine de la régulation de la sûreté.

La déclaration de la NRC de 1986 fait suite aux recommandations de la Commission d'enquête sur l'accident de Three Mile Island. Elle comporte précisément deux objectifs qualitatifs et deux objectifs quantitatifs. Nous les citons tous car ils illustrent de grands principes :

1. Les citoyens doivent être protégés des conséquences de l'exploitation des centrales nucléaires de sorte qu'ils ne supportent pas un risque additionnel significatif pour leur vie et leur santé.
2. Les risques sanitaires pour la société liés à l'exploitation des centrales nucléaires doivent être comparables ou inférieurs aux risques associés à la production électrique à partir de technologies compétitives et ne doivent pas ajouter un poids significatif aux autres risques que supporte la société.
3. A la suite d'un accident nucléaire, le risque de mortalité immédiate pour un individu moyen résidant au voisinage de la centrale ne doit pas dépasser un dixième de pour cent de la somme des risques de mortalité de l'ensemble des accidents auxquels la population est exposée.
4. Le risque additionnel de mortalité par cancer pour la population voisine de la centrale ne doit pas dépasser un dixième de pour cent de la somme des risques de mortalité par cancer lié à toutes les autres causes.

Ces objectifs affirment des principes frappés au coin du bon sens. En quelques mots, le risque nucléaire ne doit pas s'écarter de la normale. Celle-ci se jauge au regard des autres dangers sanitaires en général, et ceux que génèrent les moyens alternatifs de production électrique, en particulier. Le niveau de sûreté imposé au nucléaire ne doit pas favoriser la technologie nucléaire. Pour la population résidant près des centrales, naturellement plus exposée, le risque admis est, avec le ratio de un pour mille -i.e., un dixième de un pour cent -, à peine au-dessus de la normale.

Lorsqu'on y réfléchit, cette liste d'objectifs soulève de nombreuses questions : pourquoi les coûts et les risques ne concernant pas le domaine de la santé ne sont-ils pas mentionnés ? Pourquoi mélanger objectifs qualitatifs et objectifs quantitatifs ? Les objectifs sont-ils des obligations légales ? Pourquoi émanent-ils du régulateur et non du législateur ? Dans un premier temps, nous apportons à ces questions des réponses précises et des éléments de contexte, reflets des particularismes de la régulation de la sûreté américaine. Puis nous formulons des réponses analytiques plus générales.

Les quatre objectifs introduits en 1986 occupent aujourd'hui encore le plus haut rang dans la régulation de sûreté américaine. Qualifiés de fondamentaux, ils répondent à la question «*How safe is safe enough?*». Pourtant, ils ne portent que sur les dangers nucléaires pesant sur la santé publique et ne traduisent qu'imparfaitement la mission confiée à la NRC par le Congrès : «Autoriser les installations et réguler l'usage national civil [nucléaire] pour assurer une protection adéquate de la santé publique et [...] *protéger l'environnement* »⁴³. Dans une conférence de presse de mars 2012⁴⁴, le président de la NRC, Gregory Jaczko, a regretté que les objectifs de sûreté ne mentionnent pas les risques de contamination des terres à grande échelle et de déplacement massif de populations. Il a appelé de ses vœux à les modifier afin qu'un accident comme celui de Fukushima Daiichi qui n'a, insistait-il, ni tué, ni blessé personne par radiation ne soit pas considéré comme acceptable aux Etats-Unis sur le plan réglementaire. Or, aujourd'hui, il l'est d'une certaine façon, puisque les quatre objectifs

⁴³ Energy Reorganization Act 1974, souligné par nous.

⁴⁴ Regulatory Information Conference, March 13, 2012, Rockville, Maryland.

adoptés par la NRC sont focalisés sur les seuls risques sanitaires. A propos des manques, remarquons en outre que la notion de coût ou d'économie est complètement absente dans la réponse ainsi donnée à *how safe is safe enough?* Le choix du ratio de 1 pour mille est arbitraire. Il ne résulte d'aucune évaluation des coûts et *a fortiori* d'aucune analyse coût-bénéfice. Ce ratio est d'ailleurs le même pour toutes les centrales. Il est identique pour le site de Palo Verde perdu en Arizona et pour les réacteurs de Zion située près de Chicago. La densité de population autour des réacteurs n'est pas prise en compte, alors que le bénéfice économique des efforts de sûreté augmente forcément avec la taille de la population protégée.

Est-ce que la liste d'objectifs fondamentaux aurait pu se limiter aux deux premiers ? Les résidents près des centrales nucléaires sont un sous-ensemble de la population américaine. Leur santé est donc à ce titre également protégée. Remarquons qu'il ne s'agit pas non plus de les protéger moins que les autres américains. Il ne faut pas comprendre les seuils spécifiques de mortalité qui les concernent comme allant au-delà de l'épaisseur du trait. Ces seuils sont en fait une traduction chiffrée de la notion de risque additionnel *non significatif* à laquelle se réfèrent les objectifs qualitatifs. L'appréciation de l'ampleur, significative ou non, d'un phénomène quel qu'il soit, est impossible ou subjective quand on ne dispose pas d'éléments d'appréciation. Ceux-ci sont en l'espèce apportés par des chiffres. Connaissant pour l'ensemble des Etats-Unis le taux annuel de mortalité accidentelle et le taux annuel de mortalité consécutive au cancer, les limites fixées à la mortalité additionnelle nucléaire pour les populations locales sont respectivement de $5 \cdot 10^{-7}$ et $2 \cdot 10^{-6}$, soit de 5 et de 20 personnes pour 10 millions de résidents⁴⁵. Selon la NRC, des chiffres supérieurs feraient peser un risque additionnel *significatif* sur les populations locales, et à ce titre il ne serait pas acceptable.

L'introduction d'objectifs quantitatifs correspond aussi au souci, consécutif à l'accident de Three Mile Island, de rendre plus explicites les objectifs poursuivis par la régulation. La déclaration de 1986 a été précédée de nombreux rapports et ateliers de travail sur les objectifs de sûreté, en particulier sur le choix de critères quantitatifs pour les spécifier. Ces derniers sont apparus comme nécessaires pour préciser les qualifications du risque telles que « non raisonnable », « indu », « non tolérable » ou encore « non acceptable »⁴⁶. Ils sont alors vus comme des compléments aux objectifs qualitatifs et non comme leurs remplaçants, car tous les aspects de la sûreté ne sont pas quantifiables. Lorsqu'ils le sont, c'est avec une grande incertitude. La NRC prend soin de préciser que les autorisations de licence et les règlements ne peuvent être fondés ni uniquement ni même principalement sur les objectifs quantitatifs retenus. Il est d'ailleurs vite apparu qu'ils devaient eux-mêmes être complétés par des objectifs subsidiaires. Les seuils de mortalité additionnelle se sont en effet révélés difficiles à utiliser pour dériver des normes et des règles pratiques devant être mises en œuvre par les exploitants. La NRC précise ainsi dans un mémorandum⁴⁷ de 1990 deux nouvelles limites : une probabilité de fusion de coeur inférieure à 10^{-4} par an réacteur et de 10^{-6} pour le largage massif d'éléments radioactifs dans l'environnement.

Comme les objectifs fondamentaux, les objectifs subsidiaires ont été fixés par la NRC. Ils ont été adoptés par le collège des cinq commissaires qui la composent. Ce ne sont pas les membres du Congrès qui les ont prescrits. Les objectifs fondamentaux de 1986, en particulier le respect des seuils de mortalité additionnelle, ne relèvent donc pas d'obligations légales imposées par le Congrès. Notons que la NRC a également choisi de ne pas imposer un caractère exécutoire aux objectifs fondamentaux et subsidiaires qu'elle a formulés. Elle ne peut pas sanctionner les exploitants qui ne les respecteraient

⁴⁵ Italicité introduit par nous. NEA OECD January 2011

⁴⁶ Workshops on Frameworks for Developing a Safety Goal, Avril 1-3, 1981, Palo Alto. NUREG/CP-0018

⁴⁷ U.S. NRC, Staff Requirements Memorandum on SECY-89-102, "Implementation of the Safety Goals," June 15, 1990.

pas. Pour elle, il s'agit d'orientations lui permettant d'élaborer des normes plus précises, qui peuvent quant à elles être exécutoires.

Le lecteur est peut-être surpris par cet usage d'objectifs quantitatifs. Pourquoi, en effet, avancer des seuils précis si leur respect n'est pas obligatoire ? Fixer un objectif quantitatif requiert une expertise technique que le régulateur n'a pas. Il devrait dédier d'importantes ressources à la recherche des bons seuils à fixer. Comme ceux-ci sont appelés à varier dans le temps pour tenir compte de l'évolution des connaissances sur les risques d'accident, cet effort devrait être répété à chaque révision. Les objectifs qualitatifs tel un risque « tolérable » ou « raisonnable » présentent évidemment un caractère plus permanent. Le législateur peut également préciser au régulateur comment fixer des objectifs quantitatifs, selon quelle procédure, en arbitrando de telle manière entre facteurs contraires, etc. Il peut également s'assurer ex post que les objectifs du régulateur correspondent bien à ses intentions. Autre exemple d'économie de coûts d'information, le régulateur peut demander à ses services administratifs de formuler des propositions de choix d'objectifs quantitatifs et retenir celles qui reflètent le mieux ses préoccupations et les souhaits du législateur ; demander ensuite à ses services de décliner les objectifs en règles opérationnelles ; enfin s'assurer que leur mise en œuvre est effective.

La combinaison d'objectifs quantitatifs et qualitatifs s'explique par les faiblesses et avantages de chacun. En l'absence d'objectifs quantitatifs, le régulateur ne peut évaluer séparément l'efficacité de l'exploitant à atteindre le but et son efficacité à minimiser le coût pour l'atteindre. Si telle dépense de sûreté est avancée par l'électricien est-ce pour parvenir à l'objectif ou pour masquer son incompétence à choisir les moyens les moins coûteux ? Le régulateur a besoin de savoir si c'est l'objectif qui est très cher à atteindre ou si c'est l'électricien qui le rend très cher en gaspillant les ressources ! Impossible si l'objectif formulé est un niveau de sûreté « tolérable » ou « raisonnable ». En l'absence d'objectifs quantitatifs, le régulateur dispose d'un pouvoir discrétionnaire plus grand. L'obliger à fixer un seuil de risque revient à lui lier les mains. Il pourra moins agir à sa guise en exigeant des efforts de sûreté trop ambitieux pour céder à la pression d'associations écologiques, ou au contraire trop faibles pour plaire à l'industrie. Le risque de capture par les groupes d'intérêt est réduit. Enfin, en l'absence d'objectifs quantitatifs, il est difficile de placer les technologies sur un pied d'égalité. Les seuils chiffrés de risque permettent de comparer les performances de sûreté de l'énergie nucléaire avec d'autres activités dangereuses, en particulier avec le gaz et le charbon.

La fixation d'un objectif quantitatif ne résout pas tout. L'objectif qualitatif le complète par nécessité. La formulation d'un seuil de risque conduit à un phénomène de focalisation. Préoccupés par le chiffre, les services administratifs du régulateur et l'exploitant peuvent délaisser d'autres buts, pourtant importants pour la sûreté, comme la formation du personnel ou la production de connaissances nouvelles. De nombreux déterminants du risque nucléaire et de nombreuses mesures pour le réduire ne sont pas quantifiables. Leur insuffisante prise en compte est à craindre. Par ailleurs, et surtout, le respect d'objectifs en termes de mortalité additionnelle, de probabilité de contamination massive ou de fusion de cœur se heurte à un problème de vérifiabilité. Ce n'est pas une simple affaire de contrôle de vitesse des véhicules sur une route. Pour le risque nucléaire, il n'y a pas de radar mesurant avec une faible marge d'erreur si la limite a été dépassée. La limite est une probabilité et n'est pas observable. De plus, elle n'est pas toujours facilement interprétable. Par exemple, un seuil de probabilité de fusion de cœur inférieur, disons, à une (mal) chance sur 10.000 an. réacteur semble *a priori* nettement définie. Mais que signifie une fusion de cœur ? Une légère attaque de la gaine à base de zirconium qui entoure le combustible ? Une fusion partielle ? La formation d'un corium issu de la transformation quasi totale du combustible et des éléments d'assemblage ? L'interprétation du seuil lui-même n'est pas évidente. Correspond-il à l'espérance mathématique ? S'agit-il plutôt d'un intervalle, de type : la probabilité de fusion de cœur doit être, avec neuf chances sur dix, inférieure à la limite d'un accident sur 10.000

an.réacteur ? Le problème de vérifiabilité de l'objectif perdu après la survenance de l'accident. Le calcul de fréquence de fusion de cœur ne permet pas d'anticiper la date de la défaillance dans l'intervalle considéré. Son occurrence aux premières années de fonctionnement du parc ne permet pas de conclure que la limite est dépassée, pas plus que si l'accident avait été plus tardif.

L'insuffisante vérifiabilité de l'objectif quantitatif à l'instar des normes de performances explique pourquoi il n'est pas revêtu d'un caractère juridiquement contraignant. Le régulateur n'impose pas à l'exploitant de prouver que l'objectif est atteint et il n'est pas en mesure de sanctionner si tel n'est pas le cas. Les objectifs chiffrés, en particulier les fréquences de fusion de cœur qui sont les objectifs quantitatifs les plus répandus, sont utilisés comme des instruments d'orientation plutôt que de contrôle. Le régulateur s'en sert pour diriger l'action des services administratifs, qui eux-mêmes les utilisent pour aiguiller les efforts de sûreté des exploitants.

Les seuls objectifs chiffrés exécutoires concernent l'exposition des salariés aux radiations ionisantes en fonctionnement normal de la centrale. Cette exception confirme la règle précédente. La dose des rayonnements subis par des personnes, sur le site ou à sa proximité, est relativement facile à vérifier grâce aux dosimètres. Ainsi, au Royaume-Uni, le personnel dit très exposé en raison de son accès à certaines parties de la centrale ne doit pas recevoir une dose annuelle supérieure à 20 micro Sievert par an. Selon l'autorité de sûreté⁴⁸, cette limite légale correspond à un risque annuel de décès de $8 \cdot 10^{-4}$.

L'approche française aux antipodes du modèle américain

La France est connue pour sa longue et riche tradition de codification des règles et son administration tatillonne. Tout, ou presque, doit être écrit dans la loi, le Conseil d'Etat veille à l'application d'un droit public très développé les fonctionnaires élaborent et mettent en œuvre de multiples règlements. Ce cliché ne vaut pas pour la sûreté nucléaire. La première grande loi remonte au milieu des années 2010⁴⁹. Les décrets et arrêtés ministériels sont en nombre raisonnable. De fait, la régulation française de la sûreté nucléaire est très avare à la fois d'objectifs explicites et de normes techniques. Etonnant, non ?

L'autorité française de sûreté nucléaire, l'ASN, en tant qu'entité administrative détachée du ministère de l'Energie et de l'environnement, a été créée en 2006. Sa mission est précisée par la loi⁵⁰ : Il est chargée de définir les prescriptions relatives à la conception, la construction et l'exploitation qui sont nécessaires à la protection en matière de sécurité, santé et protection de la nature et de l'environnement. Avant de délivrer une autorisation d'exploitation, elle vérifie que l'exploitant a pris les dispositions «de nature à prévenir ou à limiter *de manière suffisante* les risques ou inconvénients que l'installation présente⁵¹». Ce niveau suffisant n'a pas été précisé par la suite par le régulateur. La seule formulation que l'ASN donne de son objectif est qu'elle «veille à l'amélioration continue de la sûreté des installations nucléaires»⁵². Cette amélioration concerne tant la sûreté des réacteurs

⁴⁸ Numerical Targets and Legal Limits in Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities. An explanatory note, Decemer 2006. Health and Safety Execitive, Office of Nuclear regulation.

⁴⁹ Alors que la plupart des nations nucléaires ont rapidement fait voter une loi régissant les modalités de contrôle des installations nucléaires, la France promulgue un simple et mince décret en 1963. Auparavant, les installations étaient soumises à une loi générale de 1917 sur les établissements dangereux, incommodes et insalubres. Voir Thèse de Anne-Sophie Vallet, citée par Rolina p. 37.

⁵⁰ Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, dite "loi TSN"

⁵¹ Article 29, souligné par nous en italique.

⁵² Rapport annuel de l'ASN, décembre 2011.

existants que celle des générations successives. L'ASN justifie cette orientation par le fait que la sûreté n'est jamais définitivement acquise et que les connaissances scientifiques et techniques évoluent. Les incidents et accidents dans les parcs français et mondial soulignent également de nouvelles faiblesses. Analysées en détail, elles sont l'objet d'un retour d'expérience précieux et font progresser la sûreté des installations existantes et nouvelles.

Pour le réacteur EPR, né de la coopération franco-allemande, les directives techniques⁵³ adoptées en 2000 ne mentionnent pas d'objectifs beaucoup plus explicites. Elles précisent seulement que la fréquence de fusion de cœur doit être plus faible que pour les réacteurs existants et que les accidents qui conduiraient à des rejets doivent être « pratiquement éliminés ». La formulation prête évidemment à interprétation. S'agit-il d'éliminer presque tous les accidents ? Mais quelle ambition se cache alors derrière ce « presque » ? S'agit-il de les rendre impossibles en pratique en se reposant sur les multiples barrières physiques qui empêcheront les éléments radioactifs de s'échapper dans l'environnement ?

Le seul objectif chiffré de sûreté officiellement formulé se trouve dans un document administratif, déjà mentionné, de 1977. Le ministre de l'Industrie, en charge de la sûreté nucléaire, adresse le 11 juillet une lettre à EDF qui mentionne que la probabilité globale pour qu'un réacteur puisse être à l'origine de conséquences inacceptables ne devrait pas dépasser 10^{-6} par an⁵⁴. Cette lettre n'a eu et n'a *a fortiori* aujourd'hui aucune incidence, puisqu'elle a été suivie peu après d'une sorte de rectificatif. Dans un second courrier, en effet, le ministre précise que le seuil n'avait pas de portée réglementaire et qu'EDF n'avait pas à démontrer par des études probabilistes qu'il était atteint⁵⁵. Il s'agissait d'un ordre de grandeur indicatif, issu d'ailleurs d'un calcul de coin de table⁵⁶. Le raisonnement des fonctionnaires du service central des installations nucléaires ayant rédigé ces courriers est le suivant : la France prévoit de s'équiper de cinquante réacteurs appelés à fonctionner quarante ans ; si la probabilité d'accident grave est de $5 \cdot 10^{-4}$ par an et par réacteur, il faut s'attendre à un accident au cours de la durée de vie du parc, ce qui n'est pas envisageable. L'espérance d'accident acceptable doit être de l'ordre d'un sur cent ou d'un sur mille, soit, en visant au milieu, une probabilité de 10^{-6} par an réacteur. A l'instar du cas américain, la lettre de 1977 formulait une orientation. Cependant, contrairement à la NRC, la régulation française ne l'a pas retenue. L'administration de la sûreté n'a pas du tout à l'esprit, aujourd'hui comme hier, de définir la borne indicative d'un niveau de sûreté devenu assez sûr. « *How safe is safe enough?* » est une question étrangère à la conception française de la sûreté. Le seul objectif explicite que se donne l'ASN est celui de progrès continu.

L'idée de progrès continu ne fait pas bon ménage avec l'établissement de normes technologiques précises et détaillées. De fait, on recense moins de trent-cinq guides et règles édictés de 1980 à nos jours⁵⁷, la plupart ne comportant que quelques pages. En revanche, le progrès continu se décline en une norme générale de performance à travers la notion de référentiel de sûreté. Il s'agit d'un concept-clef de la régulation française. Concrètement, il se traduit par une compilation des exigences de sûreté de toutes formes (normes techniques, règles de conduite, bonnes pratiques) et origines (décret ministériel édictant des règles de sûreté, guides de l'Autorité, pratiques de l'exploitant) pour chaque

⁵³ Directives techniques pour la conception et la construction de la nouvelle génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression, Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, octobre 2000.

⁵⁴ Lettre d'orientation SIN 1076/77 du 11 juillet 1977 relative aux grandes options de sûreté des tranches comportant un réacteur nucléaire à eau pressurisée du ministre chargé de l'Industrie au directeur général d'EDF.

⁵⁵ Lettre Sin n°576/78. .

⁵⁶ Thèse Fouasso p. 379

⁵⁷ La liste des règles fondamentales et guides de sûreté est consultable sur <http://www.asn.fr/index.php/Les-actions-de-l-ASN/La-reglementation/Regles-fondamentales-de-surete-et-guides-de-l-ASN>.

famille de réacteurs. Il en existe un pour les paliers de 900, 1300 et 1450 MW. Le référentiel évolue en fonction des rares nouveaux règlements ministériels, des nombreux retours d'expériences et des multiples études scientifiques et techniques. Il est utilisé lors des inspections des centrales par l'autorité, à la fois pour détecter des écarts de conformité et pour identifier les progrès à réaliser même lorsque la conformité est avérée. La fin d'une inspection se traduit ainsi dans tous les cas par des performances à améliorer. L'inspection suivante mesurera les progrès en fonction des ancien et nouveau référentiels. Ce système est bien évidemment facilité par la faible hétérogénéité du parc et l'existence d'un opérateur unique EDF centralise les informations sur la sûreté de chaque réacteur et peut mener des comparaisons de performances de sûreté entre tranches, entre centrales et entre paliers. L'entreprise peut ainsi orchestrer le mouvement général d'amélioration entre les différentes familles de réacteurs et entre les différentes centrales, pour faire en sorte que la sûreté progresse harmonieusement sur l'ensemble du parc.

L'établissement de normes nombreuses et détaillées n'est pas non plus adéquat avec un dialogue technique de qualité entre l'exploitant et le régulateur. Ce dernier agit à la fois comme un contrôleur et un expert. Dans ce second rôle, le régulateur s'adresse en égal à l'exploitant. Le dialogue technique ressemble aux discussions et confrontations du monde académique. L'expert recherche la justesse de ses conclusions et à parvenir à convaincre de leur bien-fondé. Il souhaite apporter une solution originale à laquelle d'autres n'avaient pas pensé ou, plus modestement, améliorer la solution à laquelle d'autres avaient songé. L'échange entre les experts de sûreté - qu'ils travaillent pour l'Autorité, EDF ou d'autres organismes - prend la forme d'un débat entre pairs. Cette autre caractéristique de la régulation française étant ancienne, un détour historique est nécessaire si l'on veut l'expliquer et la juger.

Jusqu'à la construction en série des premiers réacteurs, la régulation de la sûreté nucléaire a fait figure en France de cinquième roue du carrosse. Il a fallu attendre 1973, date de lancement du programme d'envergure qui a façonné le parc actuel, pour que soit créé le premier service administratif central de sûreté nucléaire. Rattaché au ministère de l'Industrie, il est alors composé de cinq ingénieurs et s'appuie sur l'expertise du Commissariat à l'Energie Atomique. Cet organisme de recherches scientifiques et techniques, créé en 1945 par le Général de Gaulle, a conçu les premiers réacteurs prototypes ; il dispose d'un département d'une centaine de personnes spécialisé dans sûreté. Le service administratif du ministère fait appel à ce département pour examiner les rapports de sûreté qu'EDF remet pour obtenir l'autorisation de construction de chacune de ses nouvelles centrales. Les rapports sont ensuite étudiés par une commission qui porte le nom de groupe permanent réacteurs. Celle-ci rassemble une douzaine de spécialistes de haut niveau d'EDF, du CEA et du ministère de l'Industrie. Même en comptant ce double appui extérieur, cela ne fait tout de même pas beaucoup de monde pour réguler la sûreté des projets et les autoriser. D'autant que le rythme de notification est alors élevé : deux à six nouvelles demandes de construction de réacteurs sont déposées par an, chacune décrite dans un rapport de sûreté de la hauteur d'un bureau.

Mais le souci de cet archéo-régulateur de la sûreté est de ne pas ralentir le programme nucléaire⁵⁸. Il est conscient qu'une réglementation détaillée serait hors d'atteinte et contre-productive. L'élaboration de normes présuppose un minimum de connaissances pratiques de construction et d'exploitation. Le service central de sûreté ne va les acquérir qu'au fur et à mesure de l'examen technique des installations. Traduction de la rareté des moyens mis à sa disposition ou reflet de convictions profondes, ce premier régulateur adopte une position critique à l'égard d'une régulation par les normes écrites et la vérification de la conformité. Il épouse la vision doctrinale du britannique F. Reg

⁵⁸ Foasso, p. 655.

Farmer. Ce fonctionnaire de l'Autorité de l'énergie atomique du Royaume-Uni appelle en 1967 à la «vigilance pour éviter d'être conduit par des pressions de commodité administrative ou réglementaire à produire des formules ou des règles à l'aune desquelles la sûreté serait testée». Il craint que les concepteurs et les exploitants se préoccupent de la seule conformité et négligent toute réflexion plus profonde sur l'effet de leurs efforts sur la sûreté fondamentale.

A ses débuts, la régulation française de la sûreté retire un double bénéfice de l'expérience américaine. Les réacteurs qui sont construits par EDF ont été mis au point par Westinghouse. La technologie est déjà testée à l'échelle industrielle. Plusieurs exemplaires ont été construits aux Etats-Unis et leur sûreté a été examinée, évaluée et normée par la Nuclear Regulatory Commission. Les experts français peuvent donc se reposer sur des acquis et une masse d'information existante. La régulation française tire également la leçon des difficultés rencontrées par le régulateur américain. L'instabilité du cadre et des normes réglementaires et ses effets négatifs sur le rallongement des délais de construction servent de repoussoir. La régulation américaine montre aux Français ce qu'il ne faut pas faire. Grâce aux Etats-Unis, la France n'essuiera pas les plâtres en matière de sûreté. Mais il s'en est fallu de peu. La France s'était initialement engagée dans la mise au point de réacteurs utilisant le graphite comme modérateur et le gaz calorporteur. L'abandon de cette technologie nationale au profit d'une technologie sous licence étrangère a été une décision difficile et longue à prendre⁵⁹, qui explique le lancement tardif du programme nucléaire à grande échelle français. La poursuite de la recherche dans les réacteurs graphite-gaz et l'absence de retard de la France auraient conduit à une équation tout à fait différente sur le plan de la sûreté.

Sur le plan de l'organisation des échanges techniques et de l'expertise, les années 1970 préfigurent la situation d'aujourd'hui. Le département du CEA spécialisé dans la sûreté en a été détaché et est devenu, après plusieurs changements de nom, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). Il compte aujourd'hui près de 2000 personnes. L'IRSN est un institut de recherches, mais il opère également dans l'organisation l'appui technique à l'ASN ; et réalise notamment les évaluations de sûreté des installations qui guident les décisions du régulateur. L'ASN est elle-même le descendant lointain du service central de la sûreté créé en 1973. Elle continue de s'appuyer sur des commissions permanentes d'experts auxquelles participent également les exploitants. Le groupe permanent réacteur existe toujours. Il est très actif et fréquemment sollicité par le régulateur. La grande compétence de ses membres et la qualité des débats techniques qui s'y déroulent est une de ses anciennes caractéristiques, qui perdure⁶⁰.

Le bouleversement est ailleurs. Le dialogue technique dans sa version moderne ne se déroule plus en vase clos. Les rapports d'expertise de l'IRSN sont disponibles et consultables par tous. Les saisines par l'ASN des commissions permanentes d'experts sont rendues publiques. Les rapports des commissions également. La composition des groupes permanents d'experts a été élargie au-delà du cercle des spécialistes travaillant pour l'industrie nucléaire. L'expertise est ouverte aux scientifiques étrangers et aux chercheurs universitaires. Cette transparence et cette diversité sont à l'opposé de l'expertise, à l'abri des regards et entre gens du même monde- ou, dit plus crûment, en secret entre nucléocrates -, qui a caractérisé le développement du programme nucléaire français. Un mot sur le néologisme « nucléocrate », car il nous permet de tordre le cou à deux idées reçues. Forgé par un journaliste du quotidien Le Monde, Philippe Simmonot, pour intituler un de ses essais paru en 1978⁶¹, ce mot-valise désigne un petit nombre de bureaucrates et de barons industriels de l'atome agissant en commun pour

⁵⁹ Et l'occasion d'âpres batailles, en particulier entre le CEA et EDF, voir . ????????

⁶⁰ Pierre Messulam, Le Groupe Permanent, une institution française originale, www.mines-energie.org/Dossiers/Nucl2003_19.pdf

⁶¹ Ph. Simmonot, Les nucléocrates, Presses Universitaires de Grenoble, Coll. Capitalisme et survie, 1978.

faire de la France une grande puissance nucléaire. Ils appartiennent au même monde, car «pour la plupart, [Ils] sont d'anciens élèves de l'école Polytechnique, et appartiennent même à l'élite : le Corps des Mines, le Corps des Ponts et Chaussées, c'est-à-dire deux filières que choisissent les meilleurs élèves de l'X [...] Le CEA est trusté par les Mines et l'EDF par les Ponts». La première idée fautive n'est pas que les ingénieurs de ces corps aient joué un rôle décisif. Ils ont été au cœur de l'expertise nucléaire sur le plan technique et économique, ainsi que d'ardents défenseurs et promoteurs du développement de l'énergie nucléaire auprès du pouvoir politique. L'idée fautive est que ce dernier n'aurait décidé ni ce développement ni ses principales orientations. Les nucléocrates se seraient substitués aux hommes politiques, simples marionnettes entre leurs mains. En fait, tout au long de la seconde moitié du vingtième siècle, l'Élysée et le gouvernement ont bien endossé la responsabilité première du programme nucléaire⁶². La deuxième idée fautive est que le lobby nucléaire et le pouvoir central n'auraient pas rencontré de vive opposition. Dans les années 1970, le mouvement antinucléaire français était l'un des plus forts d'Europe⁶³. Le livre de Simonnot en témoigne, comme toute la littérature engagée contre l'atome. La contestation a pris des allures multiples : elle fut syndicale, politicienne, écologique, révolutionnaire. Elle a pu se traduire par des actes extrêmes comme en 1977 avec l'attentat contre le domicile de Marcel Boiteux, président d'EDF, ou le décès, au cours d'une manifestation à Creys-Malville repoussée violemment, du militant anti-nucléaire Vital Michalon.

Le régulateur et le régulé : ennemis ou pairs ?

Le dialogue technique entre EDF et l'ASN, qui s'est perpétué jusqu'à aujourd'hui, ne doit pas être interprété comme un signe de collusion ou de connivence entre le régulateur et le régulé. Il faut se défaire d'une vision primaire de la théorie de la capture. Le monde n'est ni tout blanc - absence de capture - ni tout noir - l'industrie a pris le régulateur dans ses filets. La théorie économique moderne des groupes d'intérêt⁶⁴ conçoit la collusion entre l'autorité de régulation et une des parties prenantes comme un risque. Elle établit, par exemple, qu'il est plus élevé pour les autorités spécialisées et contrôlant un petit nombre d'entreprises. Une autorité de régulation sectorielle - comme celles des télécommunications ou du transport aérien - est en relation avec les mêmes entreprises, et l'expertise acquise par les fonctionnaires qui souhaitent rejoindre le secteur privé est difficile à valoriser en dehors des entreprises régulées. Le phénomène est encore accentué lorsque celles-ci sont peu nombreuses. Le régulateur voit en outre ses sources d'information se réduire. A l'inverse, les autorités en charge de la concurrence interviennent dans tous les marchés et en général une seule fois. Elles contrôlent une fusion ou punissent un abus de position dominante, aujourd'hui dans l'industrie de la chimie fine, demain dans le secteur du mobilier de bureau. Elles peuvent aussi facilement s'appuyer sur des informations fournies par les concurrents. Le risque de capture est donc potentiellement plus élevé pour une autorité de sûreté nucléaire et plus encore lorsque qu'il y a un seul opérateur à contrôler, comme en France. Mais ce n'est pas parce qu'il est potentiellement plus élevé que l'on peut en déduire qu'il est effectivement plus élevé. La conclusion à en tirer est qu'il convient d'être plus vigilant et de placer des garde-fous plus solides. La théorie économique moderne des groupes d'intérêt conçoit également un arbitrage entre le risque de capture et celui de manque de connaissances du régulateur. Une mesure pour limiter le premier consiste à mettre le régulateur à distance des

⁶² Voir les nombreux travaux d'Alain Beltran sur l'histoire de l'électricité en France, en particulier Pierre Guillaumat, la passion des grands projets industriels, (Dir) avec Georges-Henri Soutou, Paris, Editions Rive Droite, 1995, 230 pages.

⁶³ Sezin Topçu, L'agir contestataire à l'épreuve de l'atome. Critique et gouvernement de la critique dans l'histoire de l'énergie en France (1968-2008). Thèse de doctorat de l'EHESS, 2010.

⁶⁴ Voir par exemple l'ouvrage de référence de Gebne M. Grossman et Elhanan Helpman, Special interest politics, MIT Press, 2001.

entreprises. Mais la limitation des contacts et des liens de proximité entre le régulateur et le régulé a aussi pour effet de réduire l'apport d'informations dont le premier a pourtant besoin. Le régulateur peut s'enfermer dans une tour d'ivoire, mais il sera frappé d'ignorance. Les connaissances communiquées dans les livres ou dans les rapports ne suffisent pas pour élaborer des normes de sûreté. De même, des inspections furtives ne suffiraient pas à vérifier la conformité. Aux Etats-Unis, au moins deux inspecteurs de la NRC sont présents en permanence dans chaque centrale. Ils habitent sur place et disposent d'un bureau sur le site. Ces inspecteurs résidents sont capables de fournir des informations de première main sur les conditions et performances de sûreté des réacteurs. Cependant, leur fréquentation quotidienne du personnel et d'autres familles habitant près de la centrale augmente le risque de perte de leur indépendance à l'égard de l'opérateur. L'un ne va pas sans l'autre. Contrairement à sa consœur américaine, l'Autorité de sûreté nucléaire française, craignant que la perte d'indépendance ne l'emporte sur l'avantage informationnel, a décidé de ne pas poster d'inspecteurs résidents dans les centrales d'EDF.

Ensuite, il convient de ne pas simplifier l'objectif et le comportement de l'entreprise régulée. La tricherie et la résistance à l'application des normes sont communément pointées. L'objectif de l'entreprise n'est-il pas de maximiser son profit ? Réduire les dépenses de sûreté imposées par le régulateur en repoussant ou en falsifiant la mise en conformité est un moyen de réduire les coûts et donc d'augmenter la marge. Nul doute qu'à court terme une telle stratégie peut être payante. Dans le Connecticut, l'histoire de la centrale nucléaire de Millstone, appartenant à Northeast Utilities, en fournit un exemple caricatural. Il a été minutieusement étudié par un chercheur et par un professeur de l'Ecole de Management de l'Université de Yale⁶⁵ qui ont montré que les dirigeants avaient délibérément opté au milieu des années 1980 pour une stratégie à bas coût et faible niveau de sûreté. Comme les autres, les dépenses de sûreté ont été comprimées. Les performances de sûreté se sont progressivement dégradées, mais pendant un temps durant lequel les réacteurs ont tourné à plein régime, le régulateur a été trompé. En 1996, après plusieurs incidents et coups de semonce, la NRC oblige Northeast Utilities à arrêter ses trois tranches. Le cours de bourse de l'opérateur chute de 80 %. Le plus ancien réacteur ne redémarrera jamais, les deux autres seront remis en marche plus de deux ans après. La compagnie fera faillite et sera vendue à la découpe. Les actionnaires ont perdu beaucoup d'argent, mais les dirigeants en ont gagné. Pendant les quelques années d'excellente performance financière obtenue par la compression des coûts, les managers ont empoché plusieurs millions de dollars de bonus. Contrairement aux actionnaires, ils n'ont pas subi de pertes à cause de la fermeture des réacteurs et de la faillite de la compagnie; Tout au plus certains ont-ils dû prendre une retraite anticipée. Cet exemple illustre la notion d'aléa moral que la crise financière de la fin des années 2010 a largement popularisée. Le dirigeant augmente sa prise de risque contrairement à l'intérêt de l'actionnaire qu'il est pourtant censé poursuivre, car il n'en supporte pas toutes les conséquences. Dans la modélisation économique moderne, la grande entreprise ne maximise pas son profit de long terme, elle *tend à maximiser son profit de long terme*. D'un côté se trouvent des actionnaires qui par construction sont soucieux de long terme - hypothèse réaliste dans le cas des actifs industriels et d'infrastructures - de l'autre se situent des dirigeants dont l'objectif et les préférences sont différents de ceux de l'actionnaire : enrichissement personnel en quelques années ou tout au long de la carrière, aversion au risque plus ou moins prononcée, recherche de respectabilité et d'utilité sociale. Entre les deux, un contrat vise à aligner l'intérêt du dirigeant sur celui de l'actionnaire, par exemple à travers des primes de performance, mais il n'y réussit qu'imparfaitement.

⁶⁵ Paul W. MacAvoy et Jean W. Rosenthal, *Corporate Profit and Nuclear Safety, Strategy at Northeast Utilities in the 1990s* Princeton University Press, 2005.

On peut ainsi, à l'inverse du cas de Northeast Utilities, rencontrer des dirigeants d'entreprises électriques autant, sinon plus, soucieux de sûreté que les actionnaires. Il en est ainsi de la centrale d'Onigawa, gérée par la compagnie d'électricité de la région de Tohoku. Un de ses anciens vice-présidents, Yanosuke Hirai, est en train de devenir une légende au Japon. Onigawa se situe à une centaine de kilomètres de Fukushima-Daiichi. Plus proche de l'épicentre du séisme du 11 mars 2011, elle a subi une secousse encore plus forte et l'assaut d'une vague de même hauteur. Les réacteurs ont été normalement stoppés et aucun dommage n'a été enregistré. La centrale a tenu bon alors que les deux villes proches étaient complètement dévastées. Elle a même servi de refuge à quelques centaines d'habitants privés de leur logement. Question de chance ? Non : la conviction et la ténacité d'un homme, Hirai-San, décédé en 1986, sont la clef. L'histoire, relatée par d'anciens collaborateurs dans la presse japonaise, veut qu'il soit à l'origine de la construction d'une digue de 14,8 mètres de haut destinée à protéger la centrale contre un tsunami. Cette digue s'est révélée efficace contre le raz-de-marée de Sendai. Yanosuke Hirai avait aussi imposé à son conseil d'administration la mise en place d'un système de pompage pour le refroidissement pouvant résister à l'abaissement du niveau de la mer qui précède les tsunamis. Aucune réglementation ne contraignait pourtant la compagnie de Tohoku à prendre de telles mesures. Selon ses collaborateurs, Yanosuke Hirai était animé d'un grand sens du devoir. Il estimait qu'il était impératif de se montrer responsable des conséquences de ses actions. «[Il] n'était pas de ceux qui croient que tout va bien aussi longtemps que les normes sont respectées. [...] La simple conformité n'était pas son but. Il faisait partie des dirigeants et ingénieurs qui allaient au-delà des réglementations et procédaient aux vérifications nécessaires pour aller au cœur du problème»⁶⁶.

L'étude du comportement des entreprises accomplissant plus et mieux que ce que la loi exige a donné lieu à une abondante littérature économique, en particulier dans le domaine de l'environnement. Les raisons invoquées sont multiples. Comme dans le cas d'Onigawa, il peut s'agir d'entreprises dont les dirigeants font preuve d'un fort souci de responsabilité sociale ou éthique. Plus couramment, et hors de considérations psychologiques sur les dirigeants, les entreprises peuvent aller au-delà du simple respect des normes et règlements car elles y ont intérêt : la menace d'une loi à venir plus stricte, une réputation à améliorer pour recruter de jeunes cadres plus performants, ou pour lever plus facilement des financements, délivrent des incitations dans ce sens. Pour le nucléaire, la responsabilité de l'opérateur à l'égard des employés et de la communauté voisine du site est sans doute le ressort le plus puissant. Le directeur opérationnel d'une centrale rend des comptes à ses supérieurs au siège, mais il est aussi redevable aux personnes qui travaillent avec lui et dont les familles vivent aux alentours. A la question «Pourquoi dépensez-vous tant d'argent alors que la réglementation ne vous y oblige pas ?», le responsable d'une centrale nucléaire suisse avait l'habitude de répondre : «mais nous vivons là !».

Les mêmes mécanismes et facteurs expliquent pourquoi le régulateur et l'entreprise régulée peuvent dialoguer et coopérer sans tomber dans la collusion. Le comportement de l'entreprise ne se réduit pas à acheter ou embobiner l'autorité, repousser ses demandes, ou assurer une conformité minimale. Dans le cas du dialogue technique s'ajoute une raison supplémentaire : le partage des coûts de production, de l'information et des connaissances. Un dirigeant de la centrale de Diablo Canyon, interrogé par des chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley⁶⁷ au début des années 1990, affirmait qu'il recevait ainsi les inspecteurs de la NRC : «Ils semblent penser que l'on cherche invariablement à les enfumer. Ils viennent avec cette idée. Quand ils arrivent, voilà ce que je fais : je leur montre la liste de nos quatre ou cinq problèmes les plus sérieux et leur demande si nous avons raison. Et pour les solutions

⁶⁶ The Mainichi Shinbun 7 mars 2012.

⁶⁷ Todd R. La Porte et Craig W. Thomas, Regulatory Compliance and the Ethos of Quality Enhancement: Surprises in Nuclear Power Plant Operations, *Journal of Public and Administration Research and Theory*, Vol? 5, n° 1, Janvier 1995, pp. 109-137.

auxquelles nous avons réfléchi, je leur demande si elles marcheront». Il ajoute «Nous essayons d'être meilleurs qu'eux pour trouver et résoudre les problèmes».

L'approche de ce responsable va à l'encontre de la tradition américaine de la régulation. Par le passé, et dans une moindre mesure aujourd'hui, qu'il s'agisse de politique de sûreté, d'environnement ou de télécommunication, le régulateur et le régulé se voient comme des ennemis et non des pairs. Ils ne se font pas confiance mutuellement. Cette méfiance tient notamment au poids et à la nature du système judiciaire américain. Les décisions et mesures des régulateurs sont souvent contestées par l'industrie. Un tiers de la réglementation de l'autorité de protection de l'environnement américaine était jusqu'aux années 2000 attaqué en justice. Devant le juge et le jury, les deux parties, assistées par une armée d'avocats et une flopée d'experts, devaient défendre leur point de vue de façon acharnée et se battre l'une contre l'autre à coup de contre-interrogatoires. Tout ce qui avait été dit et écrit avant la plainte pouvait être utilisé par la partie adverse. Mieux valait donc être prudent et s'en méfier avant. De telles conditions ne sont évidemment pas favorables à l'instauration d'un dialogue technique entre le personnel administratif de la NRC et les responsables et experts de la sûreté des opérateurs. A un niveau plus général, l'antagonisme de la relation entre régulateur et régulé observé aux Etats-Unis est rattaché par les spécialistes en sciences politiques à une défiance historique à l'égard de l'Etat : il est nécessaire de protéger les citoyens contre son pouvoir de coercition par le droit. A l'inverse, les politistes rattachent la régulation consensuelle en France et en Europe continentale au modèle des élites éclairées et d'un Etat bienveillant. L'étude des systèmes nationaux et des styles de régulation a donné lieu à une abondante littérature dans les vingt dernières années du vingtième siècle. Le courant semble s'être tari aujourd'hui, car les différences se sont estompées. Les modèles américain et européen se sont rapprochés⁶⁸. La coopération entre l'industrie et les autorités dans l'élaboration et l'application de nouvelles réglementations s'est développée aux Etats-Unis, tandis qu'en Europe la judiciarisation de la régulation a gagné du terrain.

Mérites et défauts des réglementations américaine et française

Récapitulons les similitudes et différences qui sont apparues au fil des développements précédents entre la régulation de la sûreté en France et aux Etats-Unis.

Des deux côtés de l'Atlantique, les principes fondamentaux sont appliqués : les autorités de sûreté nucléaire sont fortes, compétentes, indépendantes et transparentes. Elles le sont malgré un environnement institutionnel très différent : le régulateur américain agit sous le contrôle étroit du parlement et du juge, tandis que le régulateur français a les coudées plus franches à leur égard. L'ASN présente chaque année à la Chambre des députés son rapport annuel d'activité. Les discussions sont toujours courtoises et l'audience restreinte. Seul un très petit nombre de députés s'intéresse à la question et maîtrise le sujet. Quant au juge français, il est quasiment absent du paysage. Du côté du pouvoir exécutif en revanche, la loi offre toujours une large possibilité d'intervention au gouvernement, même si elle est peu mise en œuvre dans les faits. Les forces et les travers des équilibres institutionnels nationaux s'appliquent à la régulation de la sûreté nucléaire, aux Etats-Unis comme en France. On a vu aussi que les industries et installations contrôlées sont également très différentes. La NRC doit surveiller une grande variété de réacteurs et un grand nombre d'opérateurs. L'autorégulation collective à travers l'INPO contribue à desserrer cette contrainte. Une flotte plus homogène et un opérateur unique facilitent en France les contrôles de sûreté et les évaluations de

⁶⁸ Ragnar E. Löfstedt et David Vogel, *The Changing of REgulations: A Comparison of Europe and the United States*, Risk Analysis, Vol. 21, n°3, 2001, pp 399-405.

performances. Mais le régulateur doit être plus attentif au risque de capture. La régulation sait s'accommoder aux traits particuliers de l'industrie qu'elle doit contrôler.

Le grand écart entre la régulation américaine et la régulation française de sûreté porte sur la prise en compte des coûts et la place du calcul économique. Objectifs chiffrés, utilisation courante des études probabilistes, souci de maîtrise des coûts et d'efficacité dans l'allocation des efforts ; objectifs peu explicites, prescriptions réglementaires peu nombreuses, prééminence du dialogue technique, absence de références à l'analyse coût-bénéfice, de l'autre. On a affaire à une approche de la régulation fondée sur deux principes majeurs différents : à Washington, caler le niveau d'une sûreté assez sûre ; à Paris, faire continûment progresser la sûreté.

Malgré leurs grandes différences, les régulations de sûreté américaine et française sont toutes deux montrées en exemple. Elles servent de références au spécialiste. Tant les paroles du président de la NRC que celles de l'ASN sont écoutées avec attention par la communauté des régulateurs. Elles pèsent lors des discussions dans les différents forums internationaux consacrés à la sûreté nucléaire (voir partie 4). Cette reconnaissance des pairs ne doit toutefois pas masquer certains défauts intrinsèques devenus manifestes au cours des dernières années.

Commençons par ceux de la régulation américaine. Elle est exemplaire dans la maîtrise des coûts de sûreté, tant par les limites qu'elle pose au niveau d'ambition de l'objectif que par la recherche de mesures efficaces pour l'atteindre. En revanche, les coûts d'élaboration de la régulation sont très élevés, ce qui freine son évolution, retarde sa mise en œuvre et réduit sa capacité à réagir rapidement⁶⁹. La régulation des mesures préventives contre l'incendie que nous avons décrite plus haut est un cas extrême, mais elle illustre bien le phénomène général *regulate-litigate-regulate*. Dans un premier temps, de nouvelles exigences sont détaillées par la NRC. Dans un second temps, la nouvelle réglementation est attaquée par une partie prenante, opérateur ou association. Dans un troisième temps, plusieurs années plus tard, un juge fédéral prononce son jugement. La NRC doit alors remettre son ouvrage sur le métier. Ce syndrome est particulièrement aigu lorsqu'il s'agit des mesures de remise à niveau des installations existantes afin de tenir compte des retours d'expériences d'incidents et d'accidents. Depuis une décision de 1987 émanant de la Cour d'appel du District de Columbia, la régulation américaine comporte deux tiroirs. Le premier correspond au standard de « protection adéquate » de la santé et de la sécurité publiques, que la loi nucléaire impose⁷⁰. Les exigences de sûreté requises dans les autorisations initiales de construction et d'exploitation des centrales, par exemple, sont rangées dans ce compartiment. Ce premier jeu d'obligations s'impose à toutes les installations, et la NRC dispose de tout son pouvoir discrétionnaire pour les prescrire. Le second tiroir contient toutes les mesures que l'autorité estime raisonnables pour limiter les dommages. Elle doit les justifier par une analyse coût-bénéfice montrant que le gain de sûreté est substantiel. De fait, ce tiroir contient toutes les mesures réglementaires allant au-delà du niveau de protection adéquate. Elles sont obligatoires, mais offrent des possibilités de négociation et d'adaptation aux opérateurs dans leur mise en œuvre. A chaque nouvelle exigence qu'elle édicte, la NRC doit choisir le tiroir approprié. Cette décision donne lieu à des batailles constantes. Les opérateurs accusent la NRC de choisir arbitrairement le premier tiroir lorsque les coûts sont élevés, et les opposants et critiques du nucléaire dénoncent quant à eux le choix du second tiroir, car la prise en compte des coûts revient à limiter le niveau de sûreté qui s'impose à tous.

⁶⁹ Le rapport de mission IRRS sur la régulation de sûreté américaine note par exemple que la modernisation des systèmes, structures et composantes par des technologies améliorées est souvent moins avancée pour les réacteurs américains que celle qui est observée dans beaucoup d'autres pays.

⁷⁰ Article 182 de la loi relative à l'énergie atomique de 1954.

La dispute sur le bon tiroir touche même parfois les services administratifs et le collège des commissaires, et les commissaires eux-mêmes. Le renforcement de la réglementation de sûreté à la suite à Fukushima Daiichi en témoigne. Après l'accident, la NRC a créé un groupe de réflexion sur les enseignements à tirer de l'évènement concernant la sûreté du parc américain. Il recommande toute une série d'actions à mettre en œuvre, en particulier trois nouvelles mesures urgentes : le renforcement des trappes des enceintes pour éviter les explosions d'hydrogène ; la mise en place d'instruments de contrôle de l'état des piscines de combustible usé ; un ensemble d'actions stratégiques permettant de faire face à des événements extrêmes (e.g., diesel de secours mobile, équipe d'intervention d'urgence). L'administration considère que ces trois obligations sont nécessaires pour assurer une protection adéquate de la santé et de la sécurité publiques. Le président de la NRC, Gregory B. Jaczko, est du même avis, et l'exprime dans son vote lorsque le collège doit se prononcer sur le projet. Une commissaire connue pour ses prises de position pro-industrie, Kristine Svinicki, a voté inversement pour ranger toutes les mesures dans le second tiroir. Les trois autres membres de la Commission ont panaché leurs préférences selon les mesures. Au final, c'est-à-dire à la majorité, le contrôle des piscines est rangé dans le second tiroir ; sa mise en place attendra l'évaluation de ses coûts et bénéfices. A plusieurs reprises, Gregory Jaczko s'est retrouvé en minorité, seul contre les quatre autres commissaires. Partisan d'une ligne dure imposant des travaux supplémentaires de sûreté sans délai, il s'est heurté à une certaine inertie des autres membres de la Commission, par ailleurs souvent excédés par son style de management. Gregory Jaczko a fini par démissionner en mai 2012.

En comparaison du régulateur américain, le régulateur français est un cheveu-léger. Il se déplace vite quand c'est nécessaire et n'est ni engoncé dans une lourde armure de contraintes juridiques et procédurales, ni encerclé par de multiples objectifs et normes. Le principe de progrès continu régit ses actions sans être articulé à un objectif de sûreté précis, en particulier chiffré, et à l'analyse coût-bénéfice. Le grand pouvoir discrétionnaire dont dispose ainsi le régulateur français n'emporte cependant pas que des avantages. Il soulève une série de problèmes pour les années à venir.

En premier lieu, ce modèle de régulation réclame un régulateur éclairé. Jusque là, l'Autorité de Sûreté Nucléaire a été incarnée par un homme doté d'une grande personnalité : André-Claude Lacoste. Ce polytechnicien et ingénieur des mines a accompli la plus grande partie de sa carrière dans la sécurité industrielle. Il a pris la direction des affaires de sûreté nucléaire dès 1993 et les a conduites pendant vingt ans au sein du ministère de l'Industrie, puis à la tête de l'ASN. Cette autorité est d'ailleurs un peu son enfant. Il a réussi à convaincre le pouvoir politique français de la nécessité de sa création et a inlassablement oeuvré pour conquérir son indépendance et rendre ses actions transparentes. Le successeur d'André-Claude Lacoste, choisi par le Président de la République, est l'un de ses anciens adjoints, également ancien élève de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des mines de Paris. Il a déclaré lors de sa nomination, fin 2012, qu'il compte inscrire son action dans la continuité de celle de son prédécesseur. Tout y concourt, en effet. On ne peut cependant pas compter éternellement sur le choix présidentiel, tous les six ans, d'un régulateur éclairé.

En second lieu, la pression sur les coûts de sûreté va aller croissante. Deux tiers des réacteurs installés en France atteindront l'âge de trente ans en 2015. Le montant des travaux de sûreté à réaliser va augmenter, car la poursuite de l'exploitation nécessite le changement de pièces dont certaines de grande taille, donc chères, à l'instar des générateurs de vapeur. D'un autre côté, le personnel politique français s'arcboute contre l'augmentation des tarifs administrés aux noms du pouvoir d'achat des ménages et de la compétitivité de l'industrie. A de nombreuses reprises, au cours des dix dernières années, le gouvernement a refusé que les tarifs prennent en compte la totalité des augmentations de coût, qu'elles soient induites par le prix du gaz, les dépenses pour l'amélioration du réseau ou les

subventions aux énergies renouvelables. Le principe est que la tarification reflète le coût complet ; il n'est pas appliqué dans les faits. EDF ne peut pas être certain que l'intégralité des dépenses de sûreté sera comme par le passé transférée au consommateur. Le régulateur devra tenir compte de cette nouvelle dimension et s'interroger méthodiquement sur les conséquences économiques de ses prescriptions.

En troisième lieu, l'absence d'objectif chiffré ajoute une inconnue supplémentaire à l'équation de la fin de vie des centrales. La date de fermeture des réacteurs doit être anticipée le mieux possible afin de faire en sorte que des capacités nouvelles, nucléaires ou non, prennent le relai pour satisfaire la demande sans trop d'à-coups. De nombreuses incertitudes pèsent déjà sur sa détermination. Doit-on parier sur quarante, cinquante ou soixante ans ? Un brusque changement de pied du pouvoir politique sur les avantages et les inconvénients du nucléaire, la découverte de défauts graves lors des inspections de sûreté, des ruptures technologiques baissant le coût des substituts peuvent, par exemple, changer la donne. En l'absence d'objectifs de sûreté précis, le niveau d'amélioration que l'ASN exigera ajoute une inconnue de taille. On sait seulement qu'il se situe quelque part entre deux cas extrêmes. L'autorité peut se satisfaire d'un progrès continu à peine sensible - par exemple le réacteur doit être légèrement plus sûr dans sa vie de trentenaire ou de quadragénaire qu'il ne l'était à la fin de sa vingt-neuvième année ; ou bien l'autorité impose une amélioration de la sûreté des vieux réacteurs jusqu'à ce que le niveau de performance de l'EPR soit atteint. Dans ce dernier cas, les investissements obligatoires pourraient être considérables. Imaginons par exemple, que les réacteurs de 900 MW doivent être entourés d'une double paroi en béton et non d'une simple paroi comme aujourd'hui. Le coût des travaux pourrait même dépasser le gain que le prolongement apporterait par les nouvelles ventes d'électricité. L'opérateur n'aurait alors d'autres choix que de fermer la centrale. L'élévation du niveau de sûreté s'arrête forcément lorsque tout le gain des recettes électriques attendu est absorbé. Ni le consommateur, ni l'actionnaire d'EDF n'empochent alors de bénéfices. Le progrès continu non borné par un objectif précis et l'analyse coût bénéfique laissent complètement ouvert le partage du surplus économique entre les consommateurs, le producteur et les bénéficiaires potentiels d'une réduction de la probabilité d'accident. Le placement du curseur est entièrement à la discrétion du régulateur. Une telle décision de répartition de la richesse ne devrait pourtant pas être de sa responsabilité mais de celle du pouvoir politique.

Le principe de progrès continu non borné peut finalement faire apparaître la sûreté comme n'étant jamais suffisante. La surenchère est inévitable. Plaider avec conviction comme opérateur que la sûreté est la priorité absolue ou comme régulateur que «never [safety is] safe enough⁷¹» fait oublier que les ressources qui peuvent être consacrées à la sûreté sont nécessairement limitées. L'opinion et les décideurs publics peuvent finir par perdre de vue qu'à un certain moment l'élévation du niveau de sûreté passe par la fermeture des installations existantes en état de marche. Les militants antinucléaires l'ont d'ailleurs bien compris qui avancent que la sûreté n'est jamais suffisante. Faute d'objectifs de sûreté précis, la porte est ouverte à des décisions publiques hasardeuses dictées par des impératifs d'alliances politiques momentanées et soumises à des tractations locales ou nationales entre partis. La décision politique de fermeture de Fessenheim - que nous analyserons dans la quatrième partie de cet ouvrage - fournit une parfaite illustration de ce risque.

Sur le papier, les défauts des régulations américaine et française pourraient être corrigés par emprunts réciproques de leurs avantages. La régulation américaine est trop corsetée et la régulation française pas assez, le progrès continu est ici freiné et là non balisé. Le meilleur équilibre de chacune ne peut cependant se résoudre de façon instantanée par l'importation de recettes. L'étude des cas

⁷¹ Richard Meserve, ancien président de la NRC; IAEA Bulletin 49/1, September 2007.

français et américain a fait apparaître le grand poids de l'histoire et des institutions nationales, qui s'exerce tant sur la forme que sur le contenu de la régulation de sûreté nucléaire. Les changements ne peuvent être que lents et progressifs.

En conclusion, la régulation de la sûreté nucléaire est un métier de l'incertain. Il faut comprendre et accepter l'idée qu'elle est nécessairement imparfaite pour chercher à en réduire inlassablement les défauts.

L'identification des prescriptions à imposer aux opérateurs ne va pas de soi, leurs effets sont hypothétiques et leur mise en œuvre loin d'être toujours vérifiable. Un monde de certitude complète sur les mesures à prendre, leurs conséquences sur le niveau de sûreté et la mise en conformité serait préférable, mais il est hors de portée. A l'exemple de n'importe quelle intervention publique, la régulation de la sûreté nucléaire est et restera imparfaite. Comme le risque zéro, le régulateur parfait n'existe pas. Ce constat n'appelle pas à baisser les bras, mais au contraire à renforcer la vigilance et la recherche de solutions d'amélioration. L'analyse économique aide à comprendre pourquoi il y a des régulations moins imparfaites que d'autres ; elle met en lumière des zones originales sur lesquelles porter l'attention pour repérer des dangers potentiels et concevoir des remèdes.

Doter le régulateur de pouvoirs étendus d'inspection et de sanction, assurer et conforter sa compétence par des ressources suffisantes, garantir son indépendance vis-à-vis du gouvernement et de l'industrie, imposer la transparence de ses actions forment quatre piliers indispensables et universels pour contenir le risque de capture. L'exemple japonais nous rappelle à quel point celle-ci peut conduire à d'effroyables désastres. L'amélioration de la sûreté peut ainsi beaucoup progresser avec la modification du cadre juridique et de l'équilibre des pouvoirs. Au-delà de ces éléments généraux, l'actionnariat, le contrôle des dirigeants, leurs incitations sont des données à prendre en compte par les autorités de sûreté ; elles doivent les conduire à exercer une plus ou moins grande surveillance. Les parties prenantes de l'entreprise offrent un point d'appui précieux au régulateur. Elles font contrepoids à des actionnaires et dirigeants qui seraient trop soucieux du court terme. Les employés jouent un rôle d'alarme et les communautés locales exercent des pressions en cas de baisse des efforts de sûreté de l'opérateur, dès lors que le régulateur facilite leur accès à l'information. Bref, à travers le design de la régulation et son réglage fin, l'économie offre des voies complémentaires essentielles aux prescriptions techniques et scientifiques des ingénieurs. En outre, sur le plan financier, elles ne coûtent rien ou presque. Elles créent des perdants : ceux qui ont intérêt à de mauvaises règles de gouvernance. Circonscrire leur résistance demande des efforts politiques parfois démesurés, mais ne nécessite pas d'argent, contrairement par exemple à une enceinte en béton plus épaisse.

Notre certitude sur les meilleures façons de réguler repose sur l'analyse économique appliquée aux cas américain, français et japonais. Mais qu'en est-il dans le reste du monde ? Sortis de la majorité des pays de l'OCDE, on entre en territoire inconnu. Comment marche la sûreté nucléaire en Chine, en Inde, en Corée, en Russie, ou encore au Pakistan ? Sans doute assez mal. Quel est le degré d'imperfection de la régulation et l'ampleur du phénomène de capture dans ces Etats ?

Sans doute élevé. Faute d'études publiques, il est difficile d'être plus précis. L'on peut craindre qu'il existe beaucoup d'autres cas japonais.