
Introduction

Le 11 mars 2011, le Japon et le reste du monde ont été ébranlés par l'accident nucléaire de Fukushima, déclenché par un séisme de magnitude 9,0 suivi d'un tsunami, et aggravé par l'erreur humaine.

Peu après l'incident, j'ai été maintes fois invité, officiellement comme officieusement, à partager mes commentaires à propos des problèmes de sécurité propres à l'énergie nucléaire, sur lesquels le monde entier s'interroge depuis l'accident nucléaire de Fukushima : l'explosion d'hydrogène dans les bâtiments réacteurs, les eaux contaminées par l'irradiation, les fuites radioactives, l'impact de tels problèmes sur les pays voisins et sur leurs populations, et les futures politiques énergétiques, en particulier quant à l'énergie nucléaire.

Mes commentaires et mes analyses ont grandement attiré l'attention des médias dans mon pays comme à l'étranger. De nombreux retours ont été faits sur mes points de vue à Hong Kong, à Taïwan, en Chine continentale et dans la presse internationale ; ils ont même fait la une de Yahoo ! News.

Visite de Sendai

Le 21 avril 2011, plus d'un mois après l'incident, j'ai été invité par le président de l'Université de Tohoku au Japon à donner une conférence à Sendai sur la fiabilité et la sûreté nucléaires, en tant que premier scientifique étranger. Je me suis également rendu à Tokyo pour y rencontrer plusieurs experts d'autorités de sûreté nucléaire japonaises.

Le 20 juin 2011, à l'occasion de la cérémonie d'ouverture de la septième Conférence internationale sur les méthodes mathématiques en fiabilité à Pékin, j'ai

pris l'accident nucléaire de Fukushima comme exemple pour présenter le concept de conception en vue de la fiabilité.

Cette Conférence est un évènement international biannuel de haut niveau, destiné à partager des considérations théoriques, et c'était la première fois, en 2011, qu'une telle conférence avait lieu en Asie. Le simple fait d'y avoir été invité est par conséquent significatif.

Le 9 septembre 2011, j'ai été invité à participer à la Convention annuelle de l'Association européenne de sûreté et de fiabilité (ESREL) à Troyes, en France, pour y prononcer, au cours de la cérémonie d'ouverture, un discours liminaire concernant la conception de la sécurité nucléaire. D'ailleurs, trois jours plus tard, une chaudière explosait près d'un site de stockage des déchets radioactifs à Marcoule, dans le sud de la France, faisant un mort et quatre blessés.

Je me suis rendu à Marcoule, et j'y ai constaté que l'explosion relevait d'un accident industriel, et non relatif à la sûreté nucléaire. Pourtant, il a apparemment semblé judicieux aux médias d'utiliser le mot « nucléaire » dans leurs gros titres, ce qui n'a fait que répandre une anxiété générale.

Publication de l'édition chinoise

En avril 2011, afin de sensibiliser davantage le public face aux différentes sources d'énergie, et d'encourager un débat basé essentiellement sur les faits, j'ai écrit l'article *The View of Nuclear Power from the Angle of Reliabilit* (« L'énergie nucléaire du point de vue de la fiabilité ») qui analyse le développement de l'énergie nucléaire et son degré de sécurité. J'ai ensuite publié plusieurs articles dans divers journaux et magazines aux Etats-Unis, à Hong Kong et à Taïwan, qui ont été repris de nombreuses fois dans les médias internationaux en ligne.

En parallèle, j'ai été invité à donner plusieurs conférences ou discours au cours de l'année 2011 et au début de l'année 2012, dans près de 30 écoles et institutions ; j'ai alors partagé mes opinions professionnelles au sujet des sources d'énergie et de la protection de l'environnement. J'ai également traité d'autres sujets liés dans plusieurs universités en Chine continentale, à Taïwan et à Hong Kong. Ma conférence à l'Université chinoise de Hong Kong a attiré un public de 1 700 personnes.

En mars 2012, pour marquer le premier anniversaire de l'accident nucléaire de Fukushima qui avait attiré l'attention du monde entier, j'ai publié à Hong Kong un ouvrage en chinois traditionnel appelé un arc-en-ciel de sept énergies : réflexions sur l'énergie et la protection de l'environnement au lendemain de l'accident nucléaire de Fukushima.

Le but de ce livre était de sensibiliser le public aux relations qui existent entre la protection de l'environnement et les sources d'énergie. Depuis avril 2012, j'ai reçu près de 40 invitations supplémentaires, ce qui prouve l'attention considérable que le public prête à cet enjeu si important de notre siècle. J'ai toujours profité, et je continue à profiter de ces opportunités si précieuses de partager mon savoir professionnel dans l'espoir d'améliorer le niveau de vie et le bien-être des populations. Toutefois, lorsque le souvenir de l'accident s'efface, les gens semblent oublier leurs inquiétudes concernant la sécurité et la fiabilité de l'énergie nucléaire, aussi facilement qu'ils oublieraient des documents mis dans la corbeille de leurs ordinateurs.

Les énergies durables du point de vue du « cycle de vie »

L'énergie et la protection de l'environnement constituent des enjeux modernes qu'il est nécessaire d'étudier de manière interdisciplinaire, en mobilisant notamment des disciplines telles que les sciences et les technologies, l'économie, les statistiques, la politique et la psychologie. En général, l'individu moyen tient juste à obtenir une réponse concrète quant à la sûreté ou à la dangerosité d'une source d'énergie, vis-à-vis des personnes et de l'environnement. En fait, l'estimation de tels facteurs pour une source d'énergie donnée doit s'effectuer du point de vue de l'impact du « cycle de vie » de cette source d'énergie.

Prenons un exemple simple : dans les restaurants américains, il est habituel de servir aux clients un verre d'eau fraîche. Le lavage d'un verre sale requiert l'équivalent de quatre à cinq verres d'eau. Est-il donc plus économique et bénéfique pour l'environnement d'utiliser un verre, ou un gobelet jetable ?

La réponse dépend du lieu où l'on se trouve. Si vous vivez dans un pays où les ressources en eau sont rares, il est moins dangereux pour l'environnement d'utiliser un gobelet jetable ; si au contraire les ressources en eau sont abondantes, il vaut mieux utiliser un verre. D'ailleurs, en réalité, il n'est même pas nécessaire, dans la plupart des diners américains, de servir de l'eau fraîche. Dans une optique de protection de l'environnement, il conviendrait de ne servir de l'eau fraîche qu'aux personnes qui en demandent.

Considérons quelques autres exemples. L'utilisation du maïs pour produire des biocarburants, par exemple, peut menacer d'aggraver d'une pénurie de nourriture. L'énergie solaire est inépuisable, mais la production de panneaux solaires consomme de l'énergie et entraîne une augmentation de la pollution. En outre, si l'Etat lui accorde son soutien illimité, cette source d'énergie pourrait prendre le monopole du marché, provoquant à terme des litiges internationaux. L'énergie éolienne est instable et produit une pollution sonore. Outre le fait qu'ils affectent le paysage, les parcs éoliens menacent les oiseaux et polluent l'environnement.

L'énergie hydroélectrique est propre et moins polluante pour l'environnement, mais les variations météorologiques ne permettent pas de garantir une alimentation homogène en eau. Par ailleurs, si un barrage est construit sur un cours d'eau qui traverse plusieurs pays, par exemple la rivière Yalu Tsangpo au Tibet, il convient de tenir compte des intérêts des zones voisines situées en aval des rivières.

Les énergies fossiles génèrent 67 % de l'énergie consommée dans le monde, mais l'exploitation du charbon tue chaque année des milliers de mineurs en Chine seulement, sans parler des émissions de CO₂ qui causent le réchauffement de la planète. Les cendres de charbon ont également leur part de radioactivité, un problème non négligeable, mais dont personne ne semble se soucier.

L'énergie nucléaire est propre et peu coûteuse, mais les inquiétudes quant à son degré de sécurité entraînent une anxiété générale et prêtent sans cesse à la controverse. Pourtant, la recherche et le développement de nouvelles sources d'énergie progressent peu.

Fiabilité et sécurité

Considérons dans son ensemble l'histoire de l'humanité : on constate que de nombreux problèmes considérés en leur temps comme critiques finissent généralement dans l'oubli collectif.

Dans le domaine des sources d'énergie, si le public fait certes cas du danger potentiel que représente l'énergie nucléaire, il a souvent tendance à oublier à quel point la fiabilité est primordiale pour garantir la sécurité dans l'exploitation de cette énergie. De même, si l'importance des sources d'énergie est bien mise en avant, le rôle essentiel de l'énergie nucléaire dans les affaires humaines est souvent ignoré. Nous avons tendance à osciller entre la raison et la sensibilité.

Rares sont ceux qui peuvent accepter le fait qu'actuellement, nous ne disposons d'aucune source d'énergie suffisamment appropriée et fiable pour remplacer l'énergie nucléaire. Certains pensent même qu'une bonne économie d'énergie peut permettre de rendre le nucléaire obsolète. Ils sont incapables de reconnaître le fait que l'économie d'énergie est d'ores et déjà une condition nécessaire à la préservation de la vie humaine, quelle que soit l'énergie alternative adoptée.

Choisir la bonne source d'énergie reste toutefois une nécessité inévitable pour assurer une bonne économie d'énergie. L'économie d'énergie est une précondition essentielle de notre existence, mais ne suffit pas, par elle-même, à effacer le besoin de rechercher des sources d'énergie sûres et fiables.

En termes de sécurité et de fiabilité, les gens ont généralement tendance à être plus réactifs que proactifs. A chaque échec de lancement d'une navette spatiale, je suis systématiquement invité à prodiguer mes conseils quant à la capacité de la notion de fiabilité à remédier à ce problème. Tout comme pour l'accident de la centrale nucléaire, ces invitations arrivent trop tard. Année après année, nous nous plaignons du retour des bourgeons du printemps ou de la lune d'automne, mais à quand les mesures adéquates qui nous permettront de prévenir des tragédies telles que l'accident de Fukushima ?

La fiabilité est un facteur-clé dans le maintien de l'équilibre entre la consommation d'énergie et la protection de l'environnement. Je suis assurément opposé aux visions populistes irrationnelles qui pullulent depuis Fukushima ; mais je me refuse tout autant à laisser ce problème s'évaporer si facilement dans l'oubli général. Si notre apathie venait à causer une autre catastrophe de ce type, nous ne pourrions nous en prendre qu'à nous-mêmes.

Au cours de l'année dernière, nous avons été soumis à un dilemme particulièrement difficile concernant le développement de l'énergie nucléaire. De nombreux pays ont hésité sur la bonne marche à suivre, et ont modifié en conséquence leurs politiques énergétiques.

Le Japon et les Etats-Unis

Prenons l'exemple du Japon

Immédiatement après l'accident de Fukushima du 11 mars 2011, la société tout entière, encore sous le choc, restait dans l'incertitude quant à l'avenir de l'énergie nucléaire. Plusieurs mois plus tard, une fois un certain calme rétabli, et une fois avéré les faits que le gouvernement et l'entreprise en charge de la centrale avaient tous deux négligé leur devoir dans cette affaire, l'opposition à l'énergie nucléaire existait toujours, à tel point que les centrales nucléaires fermées pour examen de routine n'ont pas reçu permission par les gouvernements locaux de rouvrir.

Le Japon semblait en voie d'abandonner l'énergie nucléaire.

Au cours de l'été 2012, le gouvernement japonais a été surpris par les coupures de courant qui ont résulté de ces décisions. Dans la panique générale, plusieurs propositions ont émergé, réclamant un prompt retour à l'énergie nucléaire. Yoshito Sengoku, ancien leader du Parti démocratique libéral japonais, a même averti : « La fermeture de toutes les centrales nucléaires du pays relève presque, pour le Japon, du "suicide collectif" ». Il avait l'air de craindre cette éventualité plus encore que le séisme de magnitude 9,0. Vous imaginez bien la véhémence de l'opposition que ses paroles ont suscitée.

Une fois l'été venu, le nombre de personnes âgées succombant à la chaleur faute d'avoir accès à l'air conditionné a considérablement augmenté à Tokyo, et avec lui l'inquiétude générale, prouvant ainsi le prix à payer lorsque l'alimentation en électricité est limitée.

Le Parti démocratique libéral japonais a repris le pouvoir suite à une victoire historique aux élections à la Chambre des représentants, le 16 décembre 2012. Les actions de *Tokyo Electric Power Company* (TEPCO) se sont retrouvées en tête de liste en termes d'envolée des prix ; le nouveau gouvernement japonais devait rapidement rétablir le recours à l'énergie nucléaire.

Le 4 mars 2013, quelques jours avant le deuxième anniversaire de l'accident nucléaire de Fukushima, Barack Obama, président des Etats-Unis, a attribué à un membre du MIT, E.J. Moniz, le poste de Secrétaire de l'énergie. E.J. Moniz s'est montré fortement en faveur d'une politique visant à atteindre l'objectif de la protection de l'environnement et de la réduction des émissions de carbone grâce au développement de l'énergie nucléaire.

Tout cela prouve, une fois de plus, l'hypothèse principale de mon livre : il est nécessaire de conserver un équilibre entre les trois aspects que sont les sources d'énergie, le bien-être économique, et la sécurité et la fiabilité.

Technologies, économie d'énergie et protection de l'environnement

Il convient ici de mentionner qu'en juin 2012, j'ai été invité à prononcer plusieurs discours-clés à l'occasion de trois conférences.

La première a été la conférence annuelle de l'Académie chinoise d'ingénierie à Pékin, le 11 juin, où je me suis prononcé sur l'équilibre entre l'énergie et la protection de l'environnement face à un millier d'académiciens et de professionnels. Le 14 juin, j'ai expliqué et commenté les bases théoriques de la conception en vue de la sécurité énergétique et industrielle, au cours du Congrès international de la probabilité appliquée à Jérusalem. Le 23 juin, à l'issue de la cérémonie d'ouverture de la seconde Conférence internationale sur l'Interface entre les statistiques et l'ingénierie (ICISE) à l'Université nationale de Cheng Kung à Tainan (Taïwan), j'ai enfin prononcé une conférence plénière sur l'estimation et l'application de la sécurité nucléaire.

En outre, le 21 juillet et le 01 août, j'ai donné une conférence générale sur la théorie et la pratique de la fiabilité à l'occasion, respectivement, du Salon du livre de Hong Kong et du Dixième Congrès du réseau asiatique pour la qualité à l'Université des sciences et technologies de Hong Kong. Le 8 août, j'ai été invité à visiter le site

de la centrale nucléaire n° 4 à Lungment (Taïwan), qui n'était pas encore en fonctionnement ; j'y ai prononcé un discours sur la relation entre la pratique de la fiabilité et la sécurité nucléaire sous l'angle/dans la perspective de l'internationalisation.

Les concepts modernes de gestion de l'énergie et de protection de l'environnement constituent des sujets très complexes et professionnalisés. User de la langue de bois pour parler de l'économie d'énergie ou de la protection environnementale est inutile.

Nous devons formuler une politique exhaustive visant à l'économie d'énergie, la protection de l'environnement, l'innovation et la sécurité dans l'exploitation des énergies. En outre, nous devons constamment développer de nouvelles sources d'énergie et concevoir un plan optimal de distribution de l'énergie en tirant profit des technologies informatiques de type *cloud* ou réseau intelligent. Dans de nombreuses villes européennes, des progrès considérables ont été réalisés en termes de développement de villes écologies à faibles émissions de carbone, en particulier en Scandinavie, dont l'avancement dans ce domaine est particulièrement digne de respect et doit servir d'exemple aux autres pays.

Afin de respecter nos responsabilités de promotion du bien-être de la population mondiale et de contribution au monde, nous devons analyser les enjeux de l'énergie et de l'écologie d'un point de vue multifacettes. Par exemple, pour assurer un équilibre écologique et une exploitation durable de l'énergie, nous pouvons suivre l'exemple de l'Europe, dont chaque pays possède un réseau électrique intelligent connecté à celui des autres pays. Par ailleurs, de nombreux pays et de nombreuses régions doivent non seulement développer de nouvelles formes d'énergie, mais sont également encouragés à promouvoir activement la connexion de leur réseau intelligent. Grâce à cette démarche, il est possible de profiter d'un large spectre d'énergies efficaces, sûres, à faibles émissions de carbone et économiquement optimales.

L'arc-en-ciel des énergies : un spectre de sources d'énergie

La pénurie d'énergie est un problème de plus en plus pressant auquel, en ce XXI^e siècle, l'humanité tout entière doit faire face. Je considère qu'il existe un spectre de sept différentes catégories d'énergies (je l'appelle « arc-en-ciel des énergies ») : énergie hydraulique, énergie thermique (cette catégorie regroupe le charbon, le pétrole et les gaz naturels), énergie nucléaire, énergie éolienne, énergie solaire, biocarburants et autres (énergie géothermique et océanique, gaz des marais).

Chacune de ces catégories possède ses forces et ses faiblesses en termes d'efficacité, de sécurité, de fiabilité, de protection de l'environnement, de disponibilité et d'économie. Certaines de ses faiblesses font l'objet d'inquiétudes bien légitimes ; d'autres, en revanche, ne devraient pas inquiéter les populations, et sont parfois utilisées comme outil de manipulation politique.

Lorsque nous évaluons les différentes sources d'énergie et que nous établissons des politiques énergétiques, par principe strict, il nous faut prendre en considération tous les facteurs, tels que la protection environnementale, la pollution dans le cadre du « cycle de vie », la fiabilité et la durabilité des sources d'énergie et les risques financiers et non financiers auxquels nous faisons face.

En un mot, lorsque nous examinons le problème de l'énergie et de la protection de l'environnement, il nous faut rassembler les connaissances de différentes disciplines et coopérer entre différents domaines. Suivant le principe du développement durable, nous devons promouvoir le bien-être des populations, en restant toutefois maîtres, et non-esclaves, du monde matériel.

Gestion de crise

L'accident nucléaire de Fukushima nous rappelle, une fois de plus, que l'histoire de l'humanité est souvent écrite et mise en lumière au fil des différentes crises. Dans les domaines de l'économie d'énergie et de l'innovation énergétique, nous avons encore des progrès considérables à faire.

Toute crise est, par nature, symétrique : toute décision s'accompagne par une crise. Même le refus de prendre une décision conduit à sa propre forme de crise. Le fameux adage selon lequel « plus on en fait, plus on fait d'erreurs ; moins on en fait, moins on fait d'erreurs ; il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne font pas d'erreurs » ne tient donc pas debout. Si c'était le cas, pourquoi parlerions-nous d'innovation ?

Publication de *Fiabilité de l'énergie renouvelable et nucléaire*

La première édition chinoise de ce livre a été publiée par Hong Kong Cosmos Books Ltd, qui a également publié une autre édition chinoise mise à jour en juillet 2013. Une édition taïwanaise a été publiée en avril 2013 par le Taiwan Commonwealth Publishing Group ; l'édition en japonais a été publiée en avril 2014 et en chinois simplifié en octobre 2014 par Peking University Press.

La version chinoise mise à jour part de l'édition chinoise d'origine, et l'enrichit par divers éléments très complets, en particulier concernant les politiques liées à la science et aux technologies, aux sources d'énergie, à la protection de l'environnement et à la sécurité au travail.

Après des années d'observations, je suis convaincu de la nécessité d'approfondir la compréhension du grand public face au concept de fiabilité.

Addendum

Les retranscriptions de deux enregistrements ont été ajoutées en annexes. L'annexe 1 est la version transcrite et revue de l'un de mes discours sur la fiabilité et son développement historique. L'annexe 2 est tirée d'une conversation concernant l'accident nucléaire de Fukushima et la crise qui en a résulté, avec le renommé journaliste Chip Tsao, de Hong Kong, à l'occasion du Salon du livre de Hong Kong en 2012.

Ce livre inclut des extraits de deux rapports en anglais, publiés fin 2011. L'un concerne la tentative par Bill Gates de trouver un partenaire en Chine, dans le but de construire un « réacteur nucléaire à onde de combustion » nouvelle génération. L'autre est un rapport spécial publié aux Etats-Unis par l'Institut des ingénieurs en électricité et en électronique (IEEE), qui relate en détail les événements survenus dans les 24 heures qui ont suivi l'accident nucléaire de Fukushima, ainsi que les tristes leçons que cet accident implique.

En outre, la postface inclut quelques extraits d'un important rapport écrit début juillet 2012 par une équipe de 10 experts chargée d'enquête par le gouvernement japonais. Leur conclusion rejoint les points de vue que j'ai exprimés dans l'édition chinoise de mars 2012.

Plusieurs éléments présentés dans ce livre avaient été publiés auparavant dans *Ming Pao Monthly*, *Hong Kong Economic Journal*, *The South China Morning Post*, AM 730 (dialogue enregistré) à Hong Kong, le rapport *IEEE Transactions on Reliability*, la newsletter *IEEE Reliability Society*, ainsi que par *China Times* et le Conseil national pour la science (*National Science Council*) à Taiwan. Je tiens également à remercier Longgen Chen, de la City University of Hong Kong, pour sa précieuse contribution à la publication de ce livre.

Je tiens à remercier le Professeur Yves Bréchet, professeur des Universités à Grenoble-INP et membre de l'Académie des sciences, qui a contribué à la rédaction de l'avant-propos français. Je remercie également Agathe Esterle d'avoir effectué la traduction de ce livre de l'anglais vers le français. Enfin, je suis redevable au Professeur Jian Lu du City University of Hong Kong, membre de l'Académie des technologies, qui a assuré la relecture, la correction et le suivi de la traduction vers le français, et a apporté de précieux conseils pour la publication de cette version française.

Les redevances versées pour l'édition française seront reconverties en bourses d'études.