

# Points de vue sur les risques dans l'industrie nucléaire



**Cécile LAUGIER (CM91)**

Directrice du SEPTEN (Ingénierie de conception et sûreté nucléaire) à EDF

Quatre personnages imaginaires se posent des questions, s'interpellent et proposent leurs points de vue sur le risque nucléaire. Voici le dialogue qui met aux prises Véronique l'ingénieur, Hugo le blogueur, Antoine le sage et Virginie la candide, en 2013, deux ans après Fukushima...

## Véronique l'ingénieur :

La sûreté nucléaire est la préoccupation de premier rang de l'industrie nucléaire. À tous les stades et notamment dès la conception des centrales, les risques sont appréhendés de façon exhaustive et systématique. La technologie choisie en France par EDF, les réacteurs à eau sous pression, est un modèle standardisé, largement répandu sur le plan international qui possède une robustesse intrinsèque de conception. Toutes les sciences de l'ingénieur sont appelées pour inventorier les risques et prévoir les parades (la thermodynamique, la mécanique, le génie civil, l'électromagnétisme, le contrôle commande, les automatismes, etc.). Les structures sont calculées et vérifiées, la redondance et la diversification sont recherchées pour les composants et les systèmes nécessaires à la sûreté ; le fonctionnement est modélisé, dans toutes les situations envisageables, même les plus hautement improbables. La démarche est d'abord déterministe. De plus, à l'aide d'étude probabiliste de sûreté, le risque est quantifié globalement, et surtout, les contributeurs prépondérants aux risques sont identifiés, ce qui permet en retour d'agir sur les séquences sensibles et les points les plus importants.

## Cécile LAUGIER (CM91)

Ancienne élève de l'École Normale Supérieure de la rue d'Ulm et diplômée de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris - ParisTech, Cécile Laugier a débuté sa carrière dans l'administration, puis rejoint EDF en 1999. Elle a dirigé le CEIDRE (centre d'expertise des matériaux), puis a été nommée directrice du SEPTEN (ingénierie de conception et sûreté nucléaire) en septembre 2012.

## Antoine le sage :

Les techniques et les méthodes que vous décrivez, chère Véronique, me semblent très proches de celles qui sont en usage dans de nombreuses autres industries : calculer des structures, modéliser le fonctionnement des process, conduire des études de fiabilité, mettre les opérations sous assurance de la qualité, etc. N'est-ce pas la même chose ? Et ces méthodes ne sont pas infaillibles, on connaît malheureusement des exemples d'erreur.

*«Bien que les mesures prises pour prévenir les erreurs, les incidents et les accidents soient, en principe, de nature à les éviter, on postule qu'il s'en produit et on étudie et met en place les moyens d'y faire face, pour ramener leurs conséquences à des niveaux jugés acceptables. Cela ne dispense pas d'étudier des situations plus graves, dont les causes ne sont pas toujours identifiées, et d'être prêt à les affronter dans les meilleures conditions».*

J. Libmann, IRSN, expert en sûreté nucléaire

## Véronique l'ingénieur :

En effet, l'industrie nucléaire utilise des méthodes éprouvées dans le domaine de la maîtrise des risques, et c'est un gage de sécurité qu'aient lieu des comparaisons, des échanges de pratiques et de retour d'expérience. Pour le nucléaire toutefois, les exigences, comme par exemple la redondance des systèmes, les justifications et les contrôles sont plus poussées, plus nombreuses, et plus documentées. Et la prise de conscience qu'une méthode, même de très bon niveau n'est pas infaillible, fait partie de notre formation. Une bonne illustration en est l'application très rigoureuse de la «défense en profondeur» qui je peux résumer ainsi : notre règle en conception c'est la prévention d'abord, puis la mitigation : on cherche en premier lieu à prévenir tous les risques spécifiques pour les éliminer, ou les réduire à un niveau résiduel. Pour autant on envisage aussi des moyens de mitigations, car l'accident ne peut pas être exclu par les ingénieurs : même très improbable, il doit être envisagé ; au titre de la «défense en profondeur» il nous faut prévoir des moyens pour gérer les défaillances des niveaux de protection, si perfectionnés et bien pensés soient-ils, et prévoir d'autres dispositions pour limiter les conséquences d'un endommagement sérieux du combustible nucléaire, ce que l'on appelle communément la «fusion du cœur». Au titre de la sûreté nucléaire, ce sont cinq niveaux de défense en profondeur qui sont considérés.

### Antoine le sage :

Certes, cher ingénieur, mais la sûreté ne repose pas que sur la technique, elle repose surtout sur l'homme. Après la conception, vient le temps de la fabrication et de la construction, puis celui de l'exploitation et de son quotidien. Plus encore que précédemment, le facteur humain est au cœur de la sûreté. Ce facteur a d'abord été étudié de façon théorique ; les ingénieurs se sont intéressés notamment à l'interface homme-machine avec le développement du contrôle commande informatisé – et pas que dans le nucléaire ! Mais c'est la culture de sûreté qui est le fondement de la sagesse dans l'industrie nucléaire : attitude interrogative, démarche rigoureuse et prudente, et communication. Ce ne sont pas que des mots. Le portage managérial est essentiel et il donne lieu à une mobilisation sincère et profonde de chaque manager. Je m'y intéresse de près, et je lis avec attention l'avis de l'inspecteur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection d'EDF, qui chaque année publie librement son appréciation<sup>1</sup>. C'est l'avis d'un sage qui donne une vision lucide.

### Hugo le Blogueur :

Tout cela est bel et bon, mais les accidents nucléaires existent ! Le retour d'expérience de l'accident de Three Miles Island aux États-Unis en 1979 avait bien conduit à une ré-interrogation sur le facteur humain, celui de Tchernobyl en 1986 à une ré-interrogation sur les risques d'accident de criticité à la conception. Que penser de l'accident de Fukushima en 2011 ? Que peut-on trouver sur les réseaux Internet ? L'accident survenu à la centrale de Fukushima-Daïchi le 11 mars 2011 a été causé par un violent séisme (magnitude 9) au nord-est du Japon, suivi d'un tsunami de très forte amplitude. Les trois centrales se sont arrêtées automatiquement lors du séisme, qui a également conduit à la perte totale des alimentations électriques externes. Les systèmes d'évacuation de la puissance résiduelle ont démarré (il s'agit d'évacuer la chaleur qui continue d'être produite par le combustible «nucléaire»). L'alimentation électrique de ces systèmes est alors assurée normalement par les groupes électrogènes de secours, qui ont bien démarré, mais qui ont été perdus peu de temps après, à cause du tsunami ; le tsunami a également causé la destruction des stations de pompage, privant ainsi les réacteurs et leurs piscines de désactivation (situées dans le même bâtiment), de source de refroidissement. Cet accident, par ses causes et ses conséquences a donc largement dépassé les hypothèses de dimensionnement des réacteurs affectés, tant en ce qui concerne leurs moyens de protection contre les aléas que de gestion des situations accidentelles qui en ont résulté. Pourquoi ? Le débat n'est pas encore éclairci, mais ce qui émerge, c'est un manque flagrant de robustesse des hypothèses prises en base pour le dimensionnement : ni à l'origine, ni à l'occasion des modifications faites par l'exploitant n'ont été pris en compte, comme ils auraient dû l'être, certains événements historiques avérés et proches (séisme et tsunamis<sup>2</sup>).

Et en France ? Mes recherches me conduisent sur de nombreux sites : des sites antinucléaires bien sûr, mais également sur des sources d'information détaillées telles que les Rapports d'Évaluation Complémentaire de Sûreté, conduits par les exploitants français à la demande des autorités de

sûreté. Démarche originale par bien des aspects, et particulièrement ambitieuse, chaque installation nucléaire de base a fait l'objet d'un réexamen de son dimensionnement (les hypothèses prises à la conception pour prévenir les accidents), et surtout de sa «robustesse» par rapport aux connaissances actuelles. Un état des lieux du dimensionnement, une évaluation des marges et la recherche des éventuels effets «falaise» ont été entrepris vis-à-vis de trois risques directement liés aux agressions externes : le séisme, l'inondation ainsi que la perte des alimentations électriques et des systèmes de refroidissement (cumulées et sans a priori sur les raisons conduisant à cette double perte). Un effet falaise, c'est une forte discontinuité entraînant une aggravation notable et irréversible dans le déroulement d'un scénario. Si de telles discontinuités sont mises en évidence (par exemple la submersion d'un site pour une hauteur de vague légèrement supérieure à sa digue de protection, l'évènement restant toutefois plausible), des dispositions complémentaires doivent être envisagées. De plus, afin d'améliorer significativement la gestion des situations d'accidents graves dont Fukushima a montré qu'elles pouvaient concerner plusieurs tranches d'un même site simultanément, EDF a décidé de créer une Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) : avec ce dispositif, n'importe lequel des 19 sites français pourra être secouru par des équipes et des matériels dédiés capables d'installer des appoints en eau supplémentaires, en électricité et en moyens de mesure. Cette force est d'ores et déjà opérationnelle et comprend 300 personnes.

### Véronique, l'ingénieur :

Je souhaite à ce stade revenir sur un élément très important pour bien comprendre la prise en compte des risques dans l'industrie nucléaire en France : l'amélioration continue et les



réexamens de sûreté des installations. Les réexamens de sûreté sont conduits à l'occasion des visites décennales des réacteurs. Ils comportent deux volets, l'un est un «examen de conformité» par rapport au référentiel standard, une démarche classique et pratiquée aussi à l'international. L'autre volet est moins répandu à l'international, c'est la «réévaluation de sûreté» : le référentiel est lui-même réinterrogé, des évolutions à la hausse lui sont apportées lorsque le retour d'expérience (REX) en démontre l'intérêt ; s'il y a lieu, des études de vérifications sont reprises. Ce réexamen

«À l'issue des évaluations complémentaires de sûreté des installations nucléaires prioritaires, l'ASN considère que les installations examinées présentent un niveau de sûreté suffisant pour qu'elle ne demande l'arrêt immédiat d'aucune d'entre elles».

Rapport ASN du 3 janvier 2012

débouche alors sur un lot de modifications. Ce principe est en vigueur depuis les premières visites décennales des tranches nucléaires et il est désormais codifié par la loi du 13 juin 2006 relative à la Transparence et à la sécurité en matière nucléaire (TSN). C'est ainsi que les centrales françaises ont fait l'objet d'améliorations significatives bien avant Fukushima : l'installation de moyens de décompression filtrés de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur et de recombineurs passifs pour éviter les explosions dues à l'hydrogène<sup>3</sup>, le rehaussement de certaines digues suite à la tempête de 1999 et un plan «Grands Chauds» suite à la canicule de 2003 en France.

Cette dynamique d'amélioration va bien sûr se poursuivre sur la base du REX et du progrès des connaissances scientifiques et techniques en général. Elle requiert une grande maîtrise par l'exploitant ; celle-ci est renforcée par l'intégration au sein d'EDF des composants Recherche et Développement, Ingénierie et Exploitation.

#### Antoine le sage :

Ce que je veux savoir, c'est qui est responsable et qui contrôle. Sans clarté sur les responsabilités et sans indépendance des lignes de contrôle, il n'y a pas de système vertueux ni de confiance. J'ai approfondi ces deux questions et les réponses me paraissent particulièrement claires et bien énoncées : le premier responsable de la sûreté, c'est l'exploitant nucléaire. Il est responsable de ses choix industriels et de leur mise en œuvre. Il est responsable également de la démonstration de sûreté, des réponses aux autorités et de la bonne intégration du retour d'expérience.

Quant à l'autorité de sûreté, elle jouit en France d'une indépendance qui a été considérablement renforcée au fil du temps, notamment depuis son statut d'Autorité Administrative Indépendante établi par la loi de 2006. Nul ne la conteste sérieusement. Sa responsabilité c'est de fixer les objectifs de sûreté, d'évaluer si les propositions des exploitants y répondent avec l'expertise de ses appuis techniques, de fixer des prescriptions et d'en contrôler la mise en œuvre effective grâce à ses équipes d'inspection.

#### Hugo le blogueur :

Et moi je veux savoir où est l'information, comment je peux la trouver, si elle est de qualité et «plurielle» ? J'ai bien vu que la loi de 2006 est aussi une loi pour la «Transparence» et qu'un très large accès est rendu possible - par la loi - à toutes les informations concernant la sûreté nucléaire. Celui qui se donne aujourd'hui la peine de chercher trouve en abondance des informations crédibles, sur les événements dans les centrales, sur l'intégralité des inspections et des courriers de l'autorité de sûreté, sur les évaluations de sûreté, sur les débats dans les Commissions Locales d'Information, etc. Reste bien sûr les informations «classifiées», celles qui

concernent la protection des installations nucléaires contre les actes de malveillance (chutes d'avion intentionnelles comme les attentats de 2001, ou toutes autres menaces). L'accès en est strictement limité, et chacun comprend pourquoi ! Pour autant, si le débat l'exige, des solutions peuvent être trouvées : ainsi, lors du débat public EPR en 2005, un groupe de travail restreint a été mandaté et a pu avoir accès à des informations protégées.

#### Virginie la candide :

Je vois bien qu'on peut trouver beaucoup de réponses aux questions concernant les risques nucléaires, mais ce qui me préoccupe, c'est l'avenir, les risques pour les générations futures que constituent les déchets radioactifs. J'apprends déjà que le démantèlement des centrales est soumis aux mêmes règles de sûreté que l'exploitation. Quant aux déchets, ils sont connus et répertoriés<sup>4</sup>. 90% de ces déchets (les déchets «à vie courte» provenant de l'exploitation des centrales et de leur déconstruction) ont aujourd'hui une solution de gestion industrielle complète : ils sont triés, conditionnés puis stockés définitivement dans l'un des deux centres de stockage exploités par l'ANDRA dans le département de l'Aube. Les 10% de déchets restant (les déchets «à vie longue» principalement contenus dans les combustibles usés retirés des centrales) concentrent cependant plus de 99% de la radioactivité des déchets dans un très faible volume. Ils sont actuellement conditionnés, entreposés et rigoureusement contrôlés. Pour la suite, le choix de gestion a été fait en France : la loi de 2006 recommande le stockage en couches géologiques profondes. Après 15 ans de recherche, c'est l'axe privilégié car la solution industrielle est crédible pour des objectifs de sûreté de haut niveau : le confinement offert par une roche imperméable, stable, épaisse et profonde pourra protéger l'homme et l'environnement pour les très longues durées compatibles avec une décroissance suffisante de la radioactivité, une échelle de temps sur laquelle aucune barrière technologique ne peut suffire (qu'il s'agisse de conteneurs métalliques ou d'ouvrages de génie civil). La preuve ? Des analogues naturels trouvés par hasard dans des mines d'uranium, notamment au Gabon, sorte de mini-réacteurs où la concentration d'uranium a permis, il y a des millions d'années, le déclenchement spontané de réactions nucléaires et la production de produits de fission, ont montré la capacité de certaines roches à retenir et limiter efficacement la diffusion des radionucléides. Confinement poussé sur le très long terme et maîtrise des volumes garantissent la non dispersion et la mise sous contrôle des effets négatifs à long terme : le contraire des gaz à effet de serre, une pollution diffuse, de grande ampleur, non maîtrisée par l'homme et irréversible conclut la jeune candide ! ■

<sup>1</sup> Rapport de l'IGSNR :

[http://rapport-dd-2011.edf.com/fr/cooperations\\_internes\\_et\\_externes](http://rapport-dd-2011.edf.com/fr/cooperations_internes_et_externes)

<sup>2</sup> Wikipedia article sur l'Accident nucléaire de Fukushima et références citées, notamment Why Fukushima was preventable The Carnegie papers <http://carnegieendowment.org/files/fukushima.pdf>

<sup>3</sup> Enseignements des accidents de TMI en 1979 et de Tchernobyl en 1986, ces modifications ont été décidées et mises en place en France et dans de nombreux pays ; au Japon, les centrales de Fukushima n'en ont pas été équipées.

<sup>4</sup> L'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) établit et publie tous les trois ans un inventaire national des matières et déchets radioactifs.