

Foire Aux Questions

14 mars 2011

Qu'est-ce qu'un réacteur à eau bouillante (BWR)?

Dans les centrales nucléaires, les noyaux d'uranium remplacent le combustible fossile utilisé dans les centrales thermiques (charbon, pétrole). En se cassant (fission nucléaire), ces gros noyaux libèrent de l'énergie sous forme de chaleur, qui sera utilisée pour produire de la vapeur d'eau laquelle, de la même manière que dans les centrales thermiques, entraîne une turbine et son alternateur. Le combustible nucléaire est placé dans des gaines en alliage de zirconium qui constituent la première barrière de confinement ; l'ensemble qui constitue le cœur du réacteur est placé dans une cuve qui constitue la deuxième barrière de confinement. Cette cuve est même contenue dans une enceinte comportant une peau d'étanchéité métallique qui constitue la troisième barrière de confinement.

La conception d'un réacteur à eau bouillante présente les principales spécificités suivantes :

- l'eau chauffée par le cœur est transformée dans la cuve en vapeur directement envoyée à la turbine ;
- les barres de contrôle sont introduites par le bas de la cuve ;
- l'enceinte de confinement est incluse dans le bâtiment du réacteur.

A titre de comparaison, les réacteurs construits en France à ce jour sont de type réacteurs à eau pressurisée, pour lesquels :

- l'eau chauffée par le cœur (circuit primaire) n'est pas portée à ébullition ; cette eau échange sa chaleur dans un générateur de vapeur avec un circuit secondaire dont l'eau vaporisée alimente la turbine ;
- les barres de contrôle sont insérées par le haut de la cuve (couvercle de cuve) ;
- le bâtiment du réacteur constitue l'enceinte qui abrite la cuve.

Que signifient les termes : perte de refroidissement du cœur, dénoyage du combustible, fusion du cœur, dégagement d'hydrogène ?

Un accident de perte de refroidissement du cœur se produit lorsque les dispositifs qui permettent normalement de refroidir le cœur sont défaillants : défaillances de pompes, rupture de tuyauteries, bouchage des alimentations en eau froide... Dans ce cas-ci, le combustible n'est plus refroidi pendant plusieurs heures ; il faut redouter un dénoyage du cœur, voire une fusion du cœur. C'est ce que doivent gérer actuellement les exploitants des centrales japonaises accidentées.

Dénoyage du combustible : le dénoyage de combustibles intervient quand le niveau d'eau dans la cuve du réacteur diminue rapidement par vaporisation. Dans le cas d'un BWR, ceci est accompagné d'une augmentation de pression.

Fusion du cœur : si tout ou partie du combustible ne peut plus être refroidi, sa température va fortement augmenter et conduire à une dégradation des gaines, puis à la fusion du cœur. Les matériaux de structure qui soutiennent le combustible dans la cuve du réacteur vont également fondre à terme et se mélanger avec le combustible fondu : il se forme alors un magma appelé « corium ».

Dégagement d'hydrogène : Les tubes qui contiennent le combustible sont en alliage de zirconium. Quand celui-ci est chauffé à haute température dans de la vapeur d'eau, le métal s'oxyde en dégageant de l'hydrogène ($Zr + H_2O \rightarrow ZrO_2 + H_2$). La chaleur produite par cette réaction contribue également à l'échauffement du combustible. Mélangé avec l'air, cet hydrogène peut exploser.

Pourquoi les bâtiments du réacteur des tranches 1 et 3 à Fukushima ont-ils été partiellement détruits ?

Le confinement du cœur des réacteurs japonais de Fukushima est assuré par une cuve où se trouve le cœur, puis par une enceinte en béton armé avec une peau métallique. Cette enceinte est située dans un bâtiment en béton ayant une partie haute en charpente métallique (constituée de poteaux ou poutres métalliques recouvertes de panneaux métalliques). Ce bâtiment n'assure pas de fonction de confinement vis-à-vis du cœur du réacteur.

La partie haute en charpente métallique a été soufflée lors de l'explosion ; les panneaux métalliques ont été arrachés et la charpente apparaît sur les photos. L'intégrité de l'enceinte de confinement ne serait pas mise en cause, selon les autorités japonaises.

Qu'est-ce qui a explosé exactement ?

Dans la centrale de Fukushima, la cuve du réacteur se trouve dans une enceinte de confinement métallique, elle-même placée dans un bâtiment. En cas de montée de la pression dans l'enceinte et en cas d'indisponibilité du système de refroidissement, il est procédé à un éventage contrôlé (au sens où les vannes de décharge de l'enceinte sont ouvertes puis refermées volontairement) et filtré afin que l'augmentation de la pression dans l'enceinte de confinement ne conduise pas à sa dégradation.

L'absence d'ouverture de ces vannes de décharge entraînerait en effet une augmentation inexorable de la pression dans l'enceinte conduisant à une dégradation irréversible de celle-ci et à des rejets non filtrés.

Pour les tranches 1 et 3, les conditions (pression, température, pourcentages d'hydrogène et de vapeur d'eau dans l'enceinte) et le préinertage à l'azote ont fait qu'il ne s'est pas produit de combustion d'hydrogène dans les enceintes de confinement de ces réacteurs. Néanmoins, la dépressurisation de l'enceinte a entraîné le rejet de bouffées contenant de l'hydrogène et des produits radioactifs dans le haut du bâtiment des réacteurs ; les conditions ont alors été favorables à une explosion d'hydrogène (lors du second éventage pour la tranche 1 et plus tardivement pour la tranche 3).

Cette explosion a été particulièrement forte dans le cas du réacteur 3. Si l'enceinte de confinement semble avoir tenu, il n'en est peut-être pas de même pour la piscine d'entreposage du combustible irradié, qui se trouve également dans cette partie haute du bâtiment.

Pendant combien de temps faudra-t-il refroidir le cœur ?

Même après l'arrêt de la réaction en chaîne, la désintégration des éléments radioactifs continuent à dégager de l'énergie (appelée puissance résiduelle). Même si cette énergie est de plus en plus faible au cours du temps, elle doit toujours être extraite pendant des mois avant qu'il n'y ait plus de risque de fusion du cœur. Il est donc aujourd'hui nécessaire de maintenir le refroidissement du cœur des réacteurs de Fukushima.

Cet accident est-il comparable à celui de Tchernobyl ?

Dans l'accident de Tchernobyl, c'est une réaction en chaîne non maîtrisée qui a conduit à l'explosion. Cette explosion a détruit le cœur du réacteur. Elle a libéré des produits de fission, propulsés jusqu'à plus de 3000 m dans l'atmosphère et les débris du cœur du réacteur dans tout le périmètre de la centrale avec l'énergie contenue par le réacteur qui était en fonctionnement. Les éléments de graphite que contenait le réacteur ont brûlé continuant de libérer les produits de fission.

Dans l'accident du Japon, les réacteurs étaient initialement à l'arrêt et la puissance avec laquelle les produits de fission sont libérés est beaucoup plus faible.

Quels sont les éléments qui composent un nuage radioactif ? D'où viennent - ils ? Retrouve-t-on les mêmes éléments en fonction des différents types de réacteurs ?

Dans toutes les centrales nucléaires et quel que soit le réacteur, la production d'électricité provient de la fission de noyaux d'uranium ou de plutonium, le combustible. Lorsqu'un noyau d'uranium ou de plutonium fissile est bombardé par un neutron, il se casse. C'est la fission nucléaire, qui

engendre toujours 3 phénomènes. Tout d'abord elle libère de la chaleur. Elle produit également des neutrons (2 ou 3 par fission) qui, dans un réacteur de production d'électricité, entretiennent la réaction en chaîne ; le niveau de puissance est régulé par des dispositifs capturant les neutrons (barres de contrôle). Enfin, elle crée deux nouveaux atomes qu'on appelle produits de fissions.

Les produits de fission tels que le xénon, le krypton, l'iode, le strontium, le césium, le tellure ont une durée de vie très variable selon l'élément (de quelques secondes à plusieurs dizaines d'années). La désintégration de ces atomes radioactifs dégageant de l'énergie (appelée puissance résiduelle), il faut continuer à refroidir le combustible. S'il n'est pas refroidi, le combustible peut fondre relâchant des éléments radioactifs dans le circuit primaire, puis dans le confinement.

Les rejets radioactifs des centrales de Fukushima peuvent-ils affecter la France ?

Plusieurs rejets radioactifs ont eu lieu ces derniers jours issus des réacteurs de la centrale de Fukushima Daichii. Tous les services météorologiques du monde sont en état d'alerte et s'informent mutuellement. Le déplacement des masses d'air du Japon vers les autres pays est suivi avec beaucoup d'attention. Ces masses d'air circuleront principalement dans l'hémisphère nord, puisqu'il y a peu d'échange de masses d'air entre les hémisphères nord et sud. En conséquence, il est peu probable que les territoires de la Polynésie Française et la Nouvelle Calédonie soient affectés par les rejets. Compte tenu des conditions météorologiques actuelles, le premier territoire Français touché devrait être Saint-Pierre-et-Miquelon 5 à 6 jours après les premiers rejets. En raison de la distance qui sépare le Japon et la France, les radionucléides seront dilués au cours de leur transport et se retrouveront à des concentrations beaucoup plus faibles que lors de leur émission. Les rejets actuels ne devraient donc pas entraîner de concentrations conséquentes sur la France.

La France dispose d'un réseau de surveillance de l'environnement qui permet de détecter instantanément l'augmentation de la radioactivité dans l'air, et de mesurer avec un certain délai la composition des radionucléides qui composent le nuage. Le système de surveillance de l'environnement est géré par l'IRSN qui met à disposition du public ses mesures sur son site internet www.irsn.fr. Une élévation significative des concentrations serait détectée par ce réseau, notamment par la balise située à Saint-Pierre-et-Miquelon.

Focus

L'IRSN dispose de réseaux permanents de surveillance de la radioactivité de l'air, implanté sur le territoire français, comportant :

- un réseau d'alerte, Téléray, dédié à la surveillance en continu du rayonnement gamma ambiant de l'air (19 millions de mesures par an), avec une fonction d'alerte en cas d'élévation inhabituelle du débit de dose ambiant. Il s'agit d'un réseau de télésurveillance, constitué de 163 balises en France : 38 autour des sites nucléaires, 120 réparties sur le territoire métropolitain (dont plus d'une

douzaine en région parisienne) et 6 dans les DOM-TOM. En cas d'élévation anormale de la radioactivité, une astreinte de l'IRSN est immédiatement chargée de rechercher l'origine de cette élévation et prévenir les autorités si nécessaire ;

- un réseau de prélèvements des poussières radioactives dans l'air au niveau du sol, principalement constitué de stations de prélèvement à relevé hebdomadaire, dit « AS » (44 stations) et de 7 préleveurs à très grand débit qui permettent de quantifier le bruit de fond ambiant pour des radionucléides présents en très faible quantité dans l'air (par exemple le césium 137).

Dans le contexte de l'accident en cours à la centrale de Fukushima, l'IRSN va renforcer la vigilance sur ces deux réseaux de surveillance, notamment pour déceler d'éventuelles traces de radionucléides artificielles dans les poussières atmosphériques dans les jours à venir. Ainsi, les prélèvements de poussières atmosphériques seront analysés quotidiennement par spectrométrie gamma, pour plusieurs stations de prélèvement AS choisies pour être représentatives du territoire, y compris la Polynésie Française. Les résultats de ces mesures seront publiés sur le site internet de l'IRSN. En particulier, l'IRSN donnera un accès direct aux mesures en temps réel de son réseau Téléray.

