



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

DÉMARCHES  
DE SÛRETÉ

# La démarche d'« élimination pratique » de situations accidentelles pour les réacteurs à eau de puissance

2020

Révision 1

MEMBRE DE

**ETSON**



---

---

## RESUME

D'une manière générale, la mise en œuvre du principe de défense en profondeur et de la réglementation en vigueur conduit les concepteurs de réacteurs de puissance à définir des dispositions visant, en complément des dispositions de prévention, à limiter les conséquences des accidents pouvant entraîner une dégradation du combustible de ces réacteurs.

Toutefois, lors des orientations de conception d'un nouveau réacteur de puissance à eau, le concepteur doit recourir à une démarche d'« élimination pratique » pour les situations d'accident grave (cœur du réacteur ou piscine d'entreposage de combustibles usés) pouvant entraîner des rejets radiologiques précoces importants, qui apparaîtraient, dans l'état des connaissances et des techniques disponibles lors du choix des orientations de conception, ne pas pouvoir faire l'objet de dispositions raisonnables et démontrables de limitation des conséquences.

L'utilisation d'une telle démarche devrait être soumise par le concepteur ou l'exploitant à l'autorité de sûreté lors de l'examen des orientations de conception ; l'autorité précise au cas par cas les conditions de son approbation.

Afin d'« éliminer pratiquement » une situation, le concepteur doit d'abord examiner les possibilités de la rendre physiquement impossible. Lorsque cela n'est pas possible, des dispositions concrètes permettant de justifier que la situation est extrêmement improbable, avec un haut degré de confiance, doivent être prises.

Les situations pouvant faire l'objet d'une démarche d'« élimination pratique » sont diverses (accidents d'insertion rapide et massive de réactivité, explosions, bipses du confinement, etc.) ; leur caractère « pratiquement éliminé » ne peut être apprécié qu'au cas par cas, sur la base de considérations déterministes, complétées par un éclairage probabiliste. Cette appréciation repose sur les caractéristiques physiques du réacteur ainsi que sur la robustesse et la fiabilité des lignes de défense mises en œuvre pour prévenir la situation à « éliminer pratiquement ». A ce titre, les dispositions retenues doivent faire l'objet d'exigences de conception, de réalisation et d'exploitation ; la prise en compte des aspects liés aux facteurs humains et des agressions dans la définition et la conception de ces dispositions est importante.

Ce document est un texte d'orientation qui définit l'approche de l'IRSN concernant la démarche d'« élimination pratique » et son positionnement dans la démonstration de sûreté.

---

---

## ABSTRACT

The implementation of the defence in depth principle and current regulations have lead applicants to define provisions to prevent accidents, including severe accidents, and to limit their consequences should they occur.

However, while defining the design orientations for a new water-cooled power reactor, applicants shall use the "practical elimination" approach for severe accident situations (in the reactor core or the spent fuel pool) potentially leading to large early radiological releases, where it appears impossible to define realistic and demonstrable provisions to limit their consequences according to current knowledge and the techniques available at the time.

The use of this approach should be discussed between the applicant and the safety authority at the design orientations stage; the authority will specify on a case-by-case basis the conditions for its approval.

In order to “practically eliminate” a situation, the designer shall first examine the possibility for making it physically impossible. Where physical impossibility cannot be achieved, provisions shall be implemented to justify with a high degree of confidence that the situation is extremely unlikely.

Situations likely to be “practically eliminated” are diverse (massive and rapid reactivity insertion accidents, explosions, containment bypasses, etc.); the justification of “practical elimination” can only be assessed on a case-by-case basis, using deterministic considerations complemented by a probabilistic analysis. The assessment relies on the reactor physical characteristics as well as on the robustness and reliability of the lines of defence implemented to prevent the situation to be “practically eliminated”. The implemented provisions shall be subject to strong design, manufacturing and operation requirements; considerations related to human factors and hazards shall also be taken into account.

This document is an orientation text which defines IRSN approach to “practical elimination” and its place in safety demonstration.

---

#### **MOTS-CLES**

« élimination pratique », démonstration de sûreté, accident grave, rejets radioactifs

# TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION .....	5
2 DEMARCHE D'« ELIMINATION PRATIQUE » : GENERALITES .....	7
3 SITUATIONS POUVANT FAIRE L'OBJET D'UNE DEMARCHE D'« ELIMINATION PRATIQUE » .....	9
4 JUSTIFICATION DU CARACTERE « PRATIQUEMENT ELIMINE » D'UNE SITUATION ACCIDENTELLE .....	10
4.1 Situations physiquement impossibles.....	10
4.2 Situations dont on démontre qu'elles sont extrêmement improbables avec un haut degré de confiance .....	11
5 CONCLUSION .....	12

## REFERENCES

- [1] Objectifs généraux de sûreté retenus pour la prochaine génération de réacteurs à eau sous pression - 1993
- [2] Defence in depth in nuclear safety - INSAG-10 - 1996
- [3] Basic safety principles for nuclear power plants 75 - INSAG-3 Rev.1 INSAG-12 - 1999
- [4] Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression, adoptées par le GPR et des experts allemands en 2000
- [5] WENRA - RHWG safety of new NPP designs - Mars 2013, incluant le document “WENRA statement on safety objectives for new nuclear power plants” - Novembre 2010.
- [6] RHWG report for the attention of WENRA -Practical Elimination Applied to New NPP Designs - Key Elements and Expectations - 17 Septembre 2019 (publié en novembre 2019 sur le site internet de WENRA)
- [7] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [8] IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design - Specific Safety Requirements - 2016
- [9] Directive 2009/71/EURATOM du conseil du 25 juin 2009 établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires modifiée par la Directive 2014/87/Euratom du Conseil du 8 juillet 2014
- [10] Guide ASN n° 22 élaboré conjointement avec l’IRSN - Conception des réacteurs à eau sous pression - 18 juillet 2017

# 1 INTRODUCTION

Les discussions nationales et internationales sur la conception et la sûreté de nouveaux réacteurs de production d'électricité dont la construction devait intervenir au début du XXIème siècle, postérieures aux accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl, ont conduit les différentes parties à considérer que des améliorations notables en termes de sûreté étaient nécessaires par rapport aux centrales nucléaires en exploitation ou en cours de construction et que de telles améliorations apparaissaient réalisables pour des réacteurs à eau au vu notamment des progrès des connaissances sur les accidents avec fusion du cœur.

C'est dans ce contexte qu'a été développé le 4ème niveau de la défense en profondeur, impliquant désormais la mise en place de dispositions de conception visant à limiter les conséquences d'éventuels accidents avec fusion du cœur du réacteur. Toutefois, pour certaines situations avec fusion du cœur, au moins théoriquement envisageables, il n'apparaissait pas possible de mettre en place des dispositions réalistes réduisant les conséquences de façon significative et démontrable. C'est pourquoi la notion d'« élimination pratique » a été introduite dans les années 90.

Pour les réacteurs à eau, ces situations étaient caractérisées par des phénomènes physiques rapides et fortement énergétiques pouvant entraîner la défaillance à court terme du confinement et conduire à des « rejets précoces importants ». Pour ces situations, l'objectif retenu a été de chercher à les éliminer ; une telle élimination n'étant démontrable rigoureusement qu'en cas d'impossibilité physique, les termes « élimination pratique » ont été retenus, ce qui veut dire que le concepteur doit prendre « toutes dispositions » raisonnablement envisageables pour que la situation accidentelle puisse être, d'un commun accord avec l'autorité de sûreté concernée, considérée comme extrêmement improbable avec un haut degré de confiance.

Ainsi, les termes « élimination pratique » apparaissent pour la première fois en 1993 dans la définition des objectifs généraux de sûreté retenus pour les futurs réacteurs à eau sous pression [1]. Ces objectifs seront ensuite repris et déclinés dans les « directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression » [4] :

*« d) [...] un objectif important est d'obtenir une réduction significative des rejets radioactifs pouvant résulter de toutes les situations d'accident concevables, y compris les accidents avec fusion du cœur. [...]*

*Les accidents avec fusion du cœur qui conduiraient à des rejets précoces importants doivent être "pratiquement éliminés" : s'ils ne peuvent pas être considérés comme physiquement impossibles, des dispositions de conception doivent être prises pour les exclure. Cet objectif concerne en particulier les accidents avec fusion du cœur en pression.*

*Les séquences avec fusion du cœur à basse pression doivent être traitées de telle sorte que les rejets maximaux concevables associés ne nécessitent que des mesures de protection des populations très limitées en termes d'étendue et de durée.»*

Sans faire explicitement référence à la notion d'« élimination pratique », l'article 3.9 de l'arrêté du 7 février 2012 [7] reprend cet objectif : « La démonstration de sûreté nucléaire doit justifier que les accidents susceptibles de conduire à des rejets importants de matières dangereuses ou à des effets dangereux hors du site avec une cinétique qui ne permettrait pas la mise en œuvre à temps des mesures nécessaires de protection des populations sont impossibles physiquement ou, si cette impossibilité physique ne peut être démontrée, que les dispositions mises en œuvre sur ou

*pour l'installation permettent de rendre ces accidents extrêmement improbables avec un haut degré de confiance* ». En application de cet article, le guide ASN n° 22 relatif à la conception des réacteurs de puissance à eau sous pression [10] précise : « *les accidents avec fusion de combustible susceptibles de conduire à des rejets radioactifs importants avec une cinétique qui ne permettrait pas la mise en œuvre à temps des mesures nécessaires de protection des populations sont rendus physiquement impossibles ou, à défaut, des dispositions sont mises en œuvre afin de les rendre extrêmement improbables avec un haut degré de confiance* ».

Au niveau international, l'INSAG 10 [2] spécifie, en 1996, que : « *For advanced designs, it would be demonstrated, by deterministic and probabilistic means, that hypothetical severe accident sequences that could lead to large radioactive releases due to early containment failure are essentially eliminated with a high degree of confidence* ».

Puis, en 1999, l'INSAG 12 [3] indique : « *27 - the target for existing nuclear power plants consistent with the technical safety objective is a frequency of occurrence of severe core damage that is below about 10<sup>-4</sup> events per plant operating year. Severe accident management and mitigation measures could reduce by a factor of at least 10 the probability of large off-site releases requiring short-term off-site response. Application of all safety principles and the objectives of para.25<sup>1</sup> to future plants could lead to the achievement of an improved goal of not more than 10<sup>-5</sup> severe core damage events per plant operating year. Another objective for these future plants is the practical elimination of accident sequences that could lead to large early radioactive releases, whereas severe accidents that could imply late containment failure would be considered in the design process with realistic assumptions and best estimate analyses so that their consequences would necessitate only protective measures limited in area and in time* ».

Différents textes internationaux, diffusés par l'AIEA ou l'association WENRA, ont préconisé l'application d'une démarche d'« *élimination pratique* » aux situations susceptibles d'entraîner des rejets radioactifs précoces ou importants [5] [8].

Ces textes peuvent être mis en relation avec la directive européenne [9] qui prescrit, en cohérence avec les objectifs de sûreté retenus par l'association WENRA pour les nouveaux réacteurs :

« *Les États membres veillent à ce que le cadre national en matière de sûreté nucléaire exige que les installations nucléaires soient conçues, situées, construites, mises en service, exploitées et déclassées avec l'objectif de prévenir les accidents et, en cas de survenance d'un accident, d'en atténuer les conséquences et d'éviter :*

- a) les rejets radioactifs précoces qui imposeraient des mesures d'urgence hors site mais sans qu'il y ait assez de temps pour les mettre en œuvre ;*
- b) les rejets radioactifs de grande ampleur qui imposeraient des mesures de protection qui ne pourraient pas être limitées dans l'espace ou dans le temps. »*

Dans ce contexte, l'IRSN tient à bien distinguer la démarche d'« *élimination pratique* » de la démarche d'approfondissement de la défense en profondeur, comme cela est explicité dans la suite du document.

<sup>1</sup> « 25. For future nuclear power plants, consideration of multiple failures and severe accidents will be achieved in a more systematic and complete way from the design stage... »

Pour sa part, le rapport du RHWG à l'attention de WENRA note que les pratiques dans les différents pays membres de WENRA peuvent rester cohérentes avec l'objectif préconisé par la directive européenne tout en variant dans l'utilisation de la notion d' « élimination pratique » [6].

Le présent rapport constitue une révision du rapport publié en 2017 pour prendre en compte la diffusion du rapport RHWG cité ci-dessus [6].

## **2 DEMARCHE D'« ELIMINATION PRATIQUE » : GENERALITES**

Les installations nucléaires sont conçues selon le principe de défense en profondeur : un ensemble de dispositions sont définies, d'une part pour éviter la survenue d'accidents, d'autre part pour limiter les conséquences des accidents qui se produiraient malgré les dispositions prises pour les prévenir. On distingue aujourd'hui cinq niveaux de défense en profondeur pour les réacteurs nucléaires, chaque niveau visant à limiter les conséquences de la défaillance du niveau précédent et à éviter de solliciter le niveau suivant, dans le respect des objectifs généraux de sûreté retenus pour ces réacteurs :

- les quatre premiers niveaux reposent sur des dispositions matérielles, humaines et organisationnelles définies par l'exploitant ;
- le cinquième niveau, de nature différente<sup>2</sup>, est essentiellement constitué de dispositions organisationnelles mises en place par l'exploitant et les pouvoirs publics en cas de situation d'urgence susceptible d'entraîner des rejets à l'extérieur de l'installation. Des actions de protection des populations prévues dans le cadre des plans de secours des pouvoirs publics peuvent alors être mises en œuvre, si nécessaire.

La conception est principalement concernée par les quatre premiers niveaux de défense en profondeur, en visant à limiter autant que possible les risques de rejets de substances radioactives à l'extérieur de l'installation. L'approche de sûreté retenue pour la conception des nouvelles installations vise un approfondissement de la défense en profondeur (amélioration de la robustesse des niveaux de défense en profondeur, définition de dispositions autant que possible indépendantes pour les différents niveaux, amélioration de la prise en compte des agressions...). Il importe cependant de souligner que la mise en œuvre de la défense en profondeur présente, en tout état de cause, des limitations et qu'il n'est pas envisageable, pour des installations où coexistent une quantité notable de substances radioactives et une énergie capable de la disperser, de limiter, dans tous les cas, les conséquences à un niveau acceptable.

Ainsi, les situations susceptibles d'entraîner des rejets radiologiques importants, du fait de la perte simultanée ou successive de l'intégrité de l'ensemble des barrières de confinement ou du fait de leur contournement (situations de bipasse du confinement) :

- soit conduisent à définir des dispositions permettant de limiter significativement leurs conséquences,

<sup>2</sup> Alors que, pour les quatre premiers niveaux de la défense en profondeur, l'exploitant a une obligation de « résultat », c'est-à-dire qu'il doit démontrer que les dispositions prises à la conception puis en exploitation permettent de respecter les objectifs de sûreté de l'installation, le cinquième niveau de défense en profondeur correspond essentiellement à une obligation de moyens.

- soit font l'objet d'une démarche d'« élimination pratique » lorsque la définition de telles dispositions ou la démonstration de leur caractère suffisant n'apparaît pas possible dans l'état des connaissances et des techniques disponibles lors des orientations de conception.

Pour les réacteurs à eau français par exemple, les situations susceptibles de faire l'objet d'une démarche d'« élimination pratique » sont les situations de :

- ▶ fusion du cœur avec perte de l'intégrité de l'enceinte de confinement - cas 1 ;
- ▶ fusion du cœur avec bipasse de l'enceinte de confinement - cas 2 ;
- ▶ fusion du cœur survenant alors que l'enceinte de confinement est ouverte (états d'arrêt) - cas 3 ;
- ▶ fusion d'assemblages combustibles usés manutentionnés ou entreposés dans la piscine de désactivation - cas 4.

Cas 1 et 2 : l'intégrité de l'enceinte de confinement ou plus globalement de la troisième barrière de confinement ou de son extension<sup>3</sup> peut être affectée de façon soudaine, du fait de l'occurrence d'un phénomène énergétique (par exemple une insertion massive et rapide de réactivité, une détonation d'hydrogène...) ou d'une défaillance d'un ou de plusieurs équipements contribuant à la fonction de confinement<sup>4</sup>, ou de façon plus « progressive », du fait d'une dégradation de la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte (montée lente de l'enceinte en pression et en température, érosion du radier par le corium, etc.). Dans ce dernier cas, les incertitudes associées à l'évolution possible de l'installation sont plus faibles et l'exploitant peut disposer d'un certain temps pour agir avant la survenue de rejets importants. La définition de dispositions de limitation des conséquences de ces situations et la justification de leur caractère suffisant sont réalisables. C'est pourquoi, du point de vue de l'IRSN, seules les situations de fusion du combustible pouvant conduire à des rejets précoces importants sont susceptibles de faire l'objet d'une démarche d'« élimination pratique », telle que préconisée dans ce rapport ; pour les autres situations, des dispositions suffisantes de limitation des rejets dans l'environnement doivent être proposées par l'exploitant.

Cas 3 : ce cas résulte de l'impossibilité de maintenir l'enceinte de confinement fermée en permanence du fait d'impératifs d'exploitation. L'exploitant doit prendre des dispositions visant à « éliminer pratiquement » les situations de dégradation importante des deux premières barrières de confinement dans cet état, qui pourraient également conduire à des rejets précoces importants ;

Cas 4 : pour ce cas, la mise en œuvre de dispositions de limitation des rejets dus à la fusion des assemblages combustibles entreposés pourrait en théorie être techniquement envisagée : toutefois, en France, l'option d'installer la piscine de désactivation dans un bâtiment différent de l'enceinte de confinement a été, jusqu'à présent, retenue et jugée acceptable, compte tenu de la cinétique

<sup>3</sup> L'extension de la troisième barrière désigne l'enveloppe des circuits appartenant aux systèmes dont le fonctionnement est requis lors d'un incident ou d'un accident pour la réalisation d'une fonction de sûreté et véhiculant du fluide radioactif (fluide primaire ou atmosphère de l'enceinte) hors de l'enceinte de confinement.

<sup>4</sup> Sont visées en particulier les situations de fusion du cœur avec rupture de(s) tube(s) de générateur de vapeur ainsi que les bipses conduisant à la fusion du cœur.

relativement lente des accidents susceptibles de conduire à une dégradation importante de ces assemblages et des possibilités d'intervention dans le bâtiment correspondant. Dès lors, compte tenu de l'ampleur des rejets qui pourraient résulter d'une situation de fusion du combustible dans la piscine, la mise en œuvre d'une démarche d'« élimination pratique » s'impose également pour ces situations.

**Il convient donc de retenir que, lors des orientations de conception d'un nouveau réacteur de puissance à eau, le concepteur doit recourir à une démarche d'« élimination pratique » pour les situations d'accident grave<sup>5</sup> (cœur du réacteur ou piscine d'entreposage de combustibles usés) pouvant entraîner des rejets radiologiques précoces importants et ne pouvant pas faire l'objet de dispositions raisonnables et démontrables de limitation des conséquences dans l'état des connaissances et des techniques disponibles lors du choix des orientations de conception.**

L'IRSN souligne qu'il n'est a priori pas favorable à l'utilisation de la notion d'« élimination pratique » pour d'autres situations accidentelles que celles qui ont été retenues ci-dessus. En particulier, cette notion ne saurait s'appliquer sans discussion à des situations d'accident pour lesquelles aucune disposition de limitation des conséquences n'aurait été définie ; cela souligne l'importance des discussions entre concepteurs et autorités de sûreté dès les premiers stades d'une nouvelle conception, d'abord fondée sur l'approfondissement de la démarche de défense en profondeur.

### **3 SITUATIONS POUVANT FAIRE L'OBJET D'UNE DEMARCHE D'« ELIMINATION PRATIQUE »**

La démarche générale de conception prévoit que le concepteur identifie des situations de fonctionnement, classées en catégories auxquelles sont associés des objectifs en termes de limitation des conséquences à l'extérieur du site en fonction des fréquences estimées d'occurrence de ces situations. A ce stade, un certain nombre d'événements initiateurs uniques et de situations avec défaillances multiples sont « exclues » car considérés comme non plausibles ; leurs conséquences ne sont alors pas étudiées de façon déterministe dans la démonstration de sûreté et des dispositions de limitation de ces dernières ne sont pas définies.

Afin de pouvoir considérer les situations susceptibles d'entraîner des rejets précoces importants comme « exclues », le concepteur doit mettre en œuvre une démarche d'« élimination pratique » des situations notamment identifiées sur la base d'un examen des modes possibles de défaillance de la troisième barrière de confinement ou de son extension.

A cet égard, l'IRSN souligne que l'acceptation, à un moment donné, d'une nouvelle conception relève de considérations à la fois sur les probabilités des situations accidentelles et sur les conséquences possibles de telles situations, dans l'état des connaissances et des possibilités techniques. C'est pourquoi il importe que le dialogue technique entre concepteurs et autorités de sûreté commence dès les premières réflexions sur une nouvelle conception, charge à l'autorité concernée de fixer des objectifs et aux concepteurs de proposer des options de sûreté de nature à

<sup>5</sup> La notion d'« accident grave » couvre ici à la fois les situations de fusion du cœur résultant d'une perte de refroidissement et les situations conduisant à une dégradation du combustible par l'effet d'un dégagement d'énergie mécanique (par exemple, une insertion rapide et massive de réactivité).

respecter ces objectifs - c'est ce qui a été fait dès 1993 lors des orientations de conception relatives aux réacteurs à eau sous pression qui pourraient être exploités en France et en Allemagne au début du XXI<sup>ème</sup> siècle. La conception d'une installation nucléaire résultant d'une démarche itérative, les échanges doivent se poursuivre tout au long du processus d'autorisation et leurs conclusions être formalisées à certaines étapes de ce processus.

Les situations que le concepteur propose d'« éliminer pratiquement » doivent être caractérisées en tenant compte des incertitudes dues aux connaissances limitées de certains phénomènes physiques, en s'appuyant autant que nécessaire sur des études dédiées ou des travaux de recherche et de développement (identification des séquences pertinentes et détermination, si besoin, des paramètres caractéristiques de ces séquences présentant une valeur limite au-delà de laquelle des dispositions raisonnables et démontrables de limitation des conséquences ne pourront pas être mises en place (valeur seuil d'une insertion de réactivité en pcm/s par exemple)).

Il est important que, dès les premières étapes de la conception, le concepteur précise le type de dispositions qu'il envisage de mettre en œuvre pour prévenir les situations à « éliminer pratiquement » et comment il compte justifier le caractère « pratiquement éliminé » de ces situations.

## 4 JUSTIFICATION DU CARACTERE « PRATIQUEMENT ELIMINE » D'UNE SITUATION ACCIDENTELLE

Les Directives techniques (A.1.4) [4] précisent que :

*« « L'élimination pratique » des situations accidentelles conduisant à des rejets précoces importants est une question de jugement et chaque type de séquences doit être examiné séparément. Leur « élimination pratique » peut être démontrée par des considérations déterministes ou probabilistes, en tenant compte des incertitudes dues aux connaissances limitées de certains phénomènes physiques. Il est souligné que « l'élimination pratique » ne peut pas être démontrée par le respect d'une « valeur de coupure » probabiliste générique ».*

Les situations pouvant faire l'objet d'une « élimination pratique » sont en effet très diverses et la vérification qu'elles sont impossibles physiquement ou à défaut extrêmement improbables avec un haut degré de confiance ne peut résulter que d'une analyse au cas par cas de ces situations.

Il convient en priorité de chercher à rendre ces situations physiquement impossibles (voir le paragraphe 4.1 ci-après). Dans le cas où cela n'est pas possible, l'exploitant doit justifier le caractère extrêmement improbable de la situation, avec un haut degré de confiance (voir le paragraphe 4.2 ci-après).

### 4.1 Situations physiquement impossibles

La démonstration de l'impossibilité physique d'une situation peut reposer sur diverses considérations, par exemple :

- ▶ **des caractéristiques intrinsèques de l'installation qui garantissent l'absence de survenue de certains phénomènes redoutés** (les contre-réactions neutroniques par exemple) ;
- ▶ **des choix de conception limitant les quantités de substances susceptibles de conduire à de fortes réactions énergétiques** (limitation de la capacité des réservoirs d'eau « claire »

dans un réacteur à eau pour les circuits connectés au circuit primaire dans le but de prévenir les dilutions hétérogènes qui conduiraient à un accident de réactivité par exemple) ;

- ▶ **des dispositifs statiques passifs qui ne peuvent pas être mis en défaut** (tels que des dispositions de construction permettant d'éviter, pour la piscine d'entreposage des assemblages combustibles usés des réacteurs à eau, qu'une chute de charge lourde puisse affecter gravement la tenue structurelle de cette piscine et conduire à un dénoyage des assemblages entreposés ou d'un assemblage en cours de manutention).

Il convient de noter que la démonstration d'une impossibilité physique ne peut en aucun cas reposer sur des dispositions nécessitant des composants actifs, chaque composant actif ayant une probabilité non nulle de défaillance.

## 4.2 Situations dont on démontre qu'elles sont extrêmement improbables avec un haut degré de confiance

Si l'impossibilité physique ne peut pas être démontrée, l'exploitant doit justifier de façon convaincante que la situation peut être considérée comme extrêmement improbable avec un haut degré de confiance. Pour ce faire, il s'appuie sur une approche déterministe, généralement complétée par des éclairages probabilistes.

La justification du caractère extrêmement improbable d'une situation s'évalue au cas par cas, sur la base des principes suivants :

- ▶ la justification déterministe du caractère « pratiquement éliminé » d'une situation doit reposer à la fois sur l'existence d'un nombre suffisant de lignes de défense constituées de dispositions matérielles et organisationnelles et sur la robustesse et l'indépendance de ces différentes lignes de défense ;
- ▶ les dispositions matérielles retenues dans le cadre de la démarche d'« élimination pratique » d'une situation accidentelle doivent faire l'objet d'exigences<sup>6</sup> de conception (redondance, diversification, séparation géographique, secours électrique, qualification, fiabilité...), de réalisation (contrôle de la qualité de réalisation) et d'exploitation (suivi en exploitation, conduite à tenir en cas d'indisponibilité). C'est également le cas des instrumentations qui permettent de contrôler les fonctions assurées par ces dispositions. Les exigences sont d'autant plus fortes qu'un équipement ou un ensemble d'équipements contribue fortement à limiter la probabilité de survenue d'une situation ;
- ▶ les dispositions retenues dans le cadre de la démarche d'« élimination pratique » d'une situation accidentelle doivent être peu sensibles aux actions et aux erreurs humaines :
  - l'exploitant doit montrer que ces dispositions ne peuvent pas être mises en défaut par des erreurs humaines pré-accidentelles (maintenance par exemple) ou qu'il

<sup>6</sup> Il est souligné que des fonctions et équipements faisant déjà l'objet d'exigences au titre des études d'accident peuvent contribuer à la justification de l'« élimination pratique » d'une situation accidentelle.

prend les mesures nécessaires pour limiter la probabilité d'occurrence de telles erreurs ;

- si la justification de l'« élimination pratique » repose en partie sur des actions humaines (exemple des vannes de dépressurisation du circuit primaire du réacteur EPR Flamanville 3 qui doivent être ouvertes manuellement par les opérateurs pour éviter les situations de fusion en pression), les opérateurs doivent disposer des informations nécessaires à l'accomplissement sans ambiguïté de ces actions et au contrôle de leur efficacité ; les dispositifs d'alerte doivent être fiables, manifestes et explicites, et les délais dans lesquels ces actions doivent être réalisées à partir de cette alerte doivent être suffisamment importants, notamment au regard des conditions d'intervention, de telle sorte que ces actions puissent être considérées comme ayant une très faible probabilité d'échec ;
- ▶ les dispositions retenues dans le cadre de la démarche d'« élimination pratique » d'une situation accidentelle doivent être peu sensibles aux agressions internes et externes ; en particulier, la survenue d'une agression externe extrême ne doit pas remettre en cause une justification d' « élimination pratique ». La mise en œuvre de dispositions peu sensibles aux pertes des fonctions de support doit être privilégiée ;
- ▶ si les études probabilistes de sûreté (EPS) permettent d'apprécier l'exhaustivité des dispositions prises en vue d'éviter certaines situations accidentelles - elles permettent en particulier de mettre en évidence, de par leur méthode d'investigation, des situations résultant de défaillances multiples, non identifiées de façon déterministe (défaillances des systèmes supports, défaillances de cause commune, erreurs humaines...) -, l'utilisation des EPS pour apprécier le caractère fortement improbable de situations dont l'« élimination pratique » est recherchée doit en revanche être faite avec discernement compte tenu de l'impact sur les résultats des modèles utilisés et des hypothèses prises en compte ;
- ▶ lorsque la situation considérée résulte d'un événement unique, si cet événement correspond à la défaillance d'un composant mécanique de l'installation, la justification de l' « élimination pratique » repose alors sur la justification du caractère « non ruptible » de ce composant (cas de la cuve du réacteur ou de l'enveloppe des générateurs de vapeur pour les réacteurs à eau sous pression).

## 5 CONCLUSION

Une démarche d' « élimination pratique » peut être aujourd'hui appliquée, en cohérence avec les recommandations du guide ASN n° 22 relatif à la conception des réacteurs de puissance à eau sous pression [10], pour des situations d'accident grave pouvant entraîner des rejets radioactifs précoces importants, pour lesquelles il n'apparaît pas possible de définir des dispositions de limitation des conséquences raisonnables et démontrables.

Les situations pouvant faire l'objet d'une telle démarche doivent faire l'objet, en tout état de cause, d'un dialogue technique entre concepteurs et autorités de sûreté dès les premiers stades d'une nouvelle conception, d'abord fondée sur l'application du principe de défense en profondeur ; les échanges doivent se poursuivre tout au long du processus d'autorisation et leurs conclusions être formalisées à certaines étapes du processus.

Les accords qui résultent de ces discussions ont toutefois une validité limitée dans le temps dès lors qu'ils tiennent compte de l'état des connaissances et des possibilités techniques. Si l'utilisation de la notion d'« élimination pratique » implique que les conséquences des situations accidentelles concernées ne soient pas étudiées en détail et ne figurent pas dans la démonstration de sûreté formelle, il va de soi que ceci ne doit pas être un frein au progrès continu de la sûreté et que des réflexions complémentaires conduisant à des possibilités d'améliorations de la sûreté pourront être menées ultérieurement à la conception initiale, par exemple à l'occasion de réexamens périodiques de sûreté.

Afin d'éliminer pratiquement une situation accidentelle, le concepteur doit d'abord examiner les possibilités de la rendre « physiquement impossible » ; si cela n'est pas possible, des dispositions concrètes permettant de considérer que la situation est extrêmement improbable, avec un haut degré de confiance, doivent être mises en œuvre. Ces dispositions doivent faire l'objet d'exigences en termes de conception, de réalisation et d'exploitation ; elles doivent être peu sensibles aux actions et erreurs humaines ainsi qu'aux agressions. Le caractère « pratiquement éliminé » d'une situation doit être examiné au cas par cas, sur la base de considérations déterministes complétées par un éclairage probabiliste.





