

SÛRETÉ ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

RÉSUMÉ



Système de détection d'accident de criticité

À toute activité humaine est associé un danger potentiel.

Les dommages générés par ce dernier peuvent être très importants si les mesures nécessaires pour éviter qu'il ne survienne ne sont pas prises.

De ce fait, toute action préventive effectuée avant d'entreprendre une activité diminue la probabilité de voir le danger se matérialiser.

La sécurité et la sûreté sont l'élaboration, la mise en œuvre et le suivi de toutes les actions préventives ainsi que toutes les mesures à prendre pour limiter les dommages au minimum en cas d'accident.

Dans le domaine du nucléaire des dangers spécifiques existent mais ils sont bien identifiés et les moyens efficaces pour s'en protéger sont connus.

La sécurité nucléaire est un ensemble qui comprend :

- la sûreté
- la radioprotection
- la prévention et la lutte contre les actes de malveillance
- et les dispositifs de la sécurité civile à mettre en place en cas d'accident

La sûreté nucléaire concerne les installations depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement ainsi que toutes les mesures relatives à leur fonctionnement.

La sécurité et la sûreté concernent aussi les transports de matières radioactives et les installation de traitement et de stockage de déchets radioactifs, qui font l'objet, respectivement, des [fiches argumentaires GAENA "Le transport des matières radioactives"](#) et ["Les déchets radioactifs"](#).

L'identification des **Dangers**, l'évaluation des **Risques**, la mise en place des moyens de **Sûreté**, la spécification des actions de la **Sécurité Nucléaire** constituent, en France, les éléments incontournables des programmes



Exemple d'appareils de radioprotection Source : IRSN/CTHIR [Réf 1]

1. PRÉSENTATION DU DANGER ET DU RISQUE : DEUX NOTIONS DISTINCTES

Le **danger** est tout phénomène qui peut menacer des individus, des populations, des écosystèmes (ensembles en équilibre de populations humaines, végétales, animales), des systèmes matériels (bâtiments, maisons, structures industrielles) ou symboliques (connaissances).

On appelle ces quatre ensembles les **cibles** possibles du danger.

Le risque est une mesure du danger qui se définit par sa **fréquence** (ou sa probabilité) et sa **gravité** (liée aux dommages qu'il peut causer à une ou plusieurs des quatre cibles qu'il atteint).

L'évaluation du risque qui prend en compte ces deux paramètres est une expression mathématique quantifiable. Si le danger n'atteint pas la cible, il n'y a pas de risque.

Des compléments sur les notions de danger et de risques sont détaillées dans [fiche argumentaire GAENA "Le principe de précaution"](#).

2. LES DANGERS LIÉS À LA MISE EN ŒUVRE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Chaque fois que l'on met en œuvre de l'énergie provenant des atomes, appelée énergie nucléaire, on peut générer, suivant le type de mise en œuvre, quatre phénomènes pouvant menacer une ou plusieurs des cibles décrites ci-dessus, donc quatre dangers :

- **le danger d'irradiation**, lié aux **rayonnements ionisants** émis notamment par les matières dites radioactives
- **le danger de contamination** lié à la dispersion de cette matière radioactive sous forme de poussières ou de gaz
- **le danger de criticité** lié au rassemblement d'une masse de matière radioactive suffisante pour générer une réaction nucléaire en chaîne (fission pour les éléments très lourds comme : Plutonium, Thorium)
- **le danger lié à l'énergie libérée en permanence par toute matière radioactive** sous forme de chaleur. Cette chaleur doit être évacuée car, dans le cas de grandes quantités de matières radioactives, l'échauffement peut engendrer la fusion de la matière et sa dispersion ou favoriser un **accident de criticité**

3. LA RÉDUCTION DES RISQUES NUCLÉAIRES

On peut donc écrire que les principaux risques d'une installation dite "nucléaire" sont les suivants :

- **risque d'irradiation**, c'est-à-dire d'exposition à des rayonnements ionisants
- **risque de contamination**, c'est-à-dire de dispersion de matière radioactive
- **risque de criticité**, c'est-à-dire de rassemblement d'une masse de matière radioactive suffisante pour créer une réaction nucléaire en chaîne avec émission brutale de rayonnements ionisants et d'énergie
- **risque lié à la non évacuation de l'énergie** émise par toute matière radioactive et notamment de l'énergie thermique

Pour réduire ces risques, la sûreté nucléaire définit **quatre fonctions de sûreté** :

- réduire l'irradiation au minimum
- éviter la contamination
- éviter la criticité non contrôlée
- évacuer l'énergie résiduelle.

Ces quatre fonctions de sûreté doivent être assurées **en permanence** à tous les stades de vie de l'installation, de sa conception à son démantèlement.

Pour ce faire, la sûreté nucléaire définit une stratégie : **la défense en profondeur**.

L'étude de risque permet de définir **des barrières** pour assurer ces fonctions de sûreté.

Ces barrières sont tous les moyens de prévention, protection, prévision, intervention, qu'ils soient de nature **technique** (par exemple des barrières de confinement) ou liés à une **intervention humaine** (par exemple des procédures comme les procédures qualité ou les procédures ultimes pour l'intervention en cas d'accident.)

La *défense en profondeur* est une **stratégie de gestion** de ces barrières qui va les organiser sous forme de **trois lignes de défense** successives :

- la **prévention générale** : éviter que les événements se produisent
- la surveillance ou la détection : anticiper les événements par des contrôles, des tests, des redondances, la gestion par la qualité, détecter les événements s'ils surviennent
- les **moyens d'action et de traitement** : limiter les conséquences des événements et faire en sorte qu'ils ne puissent pas se reproduire

Cette défense en profondeur se fait par le **management**, les **règles** qui en découlent et **l'organisation** permettant notamment le **suivi des barrières** et l'établissement du **plan d'intervention**, qui sera défini plus loin.

À titre d'exemple, si l'on applique la **défense en profondeur** à la fonction de sûreté "éviter la contamination", on définit les barrières de confinement qui sont des barrières techniques.

Dans un réacteur nucléaire à eau pressurisée (dit "PWR"), trois barrières successives de confinement isolent le combustible nucléaire radioactif de l'environnement :

- 1^{ère} barrière : la gaine métallique étanche qui contient le combustible nucléaire
- 2^{ème} barrière : le circuit primaire étanche du réacteur et notamment la cuve qui contient le cœur du réacteur (assemblage des gaines métalliques et de leur combustible nucléaire)
- 3^{ème} barrière : l'enceinte étanche du réacteur qui contient le circuit primaire et qui est en béton précontraint très résistant

4. SÉCURITÉ NUCLÉAIRE ET SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Considérations générales : **Sécurité** et **sûreté** sont des mots qui, étymologiquement parlant, signifient la même chose : en absence de danger, on se sent en sécurité ou en sûreté : c'est un **état**.

La pratique leur a donné des sens différents qui varient avec les cultures d'entreprise.

4.1. LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La sûreté nucléaire est l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base (INB), ainsi qu'au transport de substances radioactives prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets (Loi 2006-686 du 13/6/2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire).

4.2. LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

La sécurité nucléaire comprend : la sûreté nucléaire (voir ci dessus), la radioprotection, la prévention et la lutte contre les actes de malveillance ainsi que les actions de la sécurité civile en cas d'accident (voir annexe 1).

Pour plus de détails concernant la gestion de crise en cas d'accident nucléaire consulter la [fiche argumentaire GAENA "La gestion de crise dans le domaine nucléaire"](#).

5. LES OBJECTIFS DE LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

C'est l'ensemble des actions destinées à assurer la protection des personnes et des biens contre les dangers, nuisances ou gênes susceptibles d'être provoqués par les installations et lors des transports de matières nucléaires.

La sécurité nucléaire est donc plus large que la sûreté nucléaire et englobe cette dernière. Elle se traduit par **cinq missions**.

5.1. PREMIER OBJECTIF: LA PROTECTION RADIOLOGIQUE

La protection radiologique ou radioprotection est la mise en pratique à travers la réglementation française des principes des recommandations fondamentales de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

Elle a pour objectif de limiter, avec des usages de sécurité importants, les expositions aux rayonnements jusqu'à des niveaux pour lesquels le risque sanitaire est sans signification.

La protection radiologique est appliquée en France via :

- une surveillance permanente de l'exposition des travailleurs
- une protection rigoureuse du public et de l'environnement. La protection du public contre les risques d'exposition aux rayonnements ionisants créés par les installations nucléaires est assurée par la limitation et un contrôle sévère des rejets dans l'environnement ainsi qu'une surveillance permanente de la radioactivité ambiante (dans l'air et dans les eaux). Des bilans d'activités rejetées sont faits régulièrement
- une adaptation continue de la réglementation par :
 - l'application des normes de base de la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique
 - des conditions d'utilisation et de surveillance des appareils de radiographie industrielle utilisant le rayonnement gamma
 - des conditions d'utilisation des radioéléments
 - l'harmonisation des mesures de la radioactivité de l'environnement et des denrées destinées à la consommation.

5.2. DEUXIÈME OBJECTIF : LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Le risque potentiel dû à l'utilisation de l'énergie nucléaire doit être évalué « a priori ». L'acceptation de ce risque est un « choix de société » et, comme tel, est de la responsabilité des pouvoirs publics pour établir le « **risque acceptable** ».

Pour diminuer le risque, il faut accroître le niveau de sûreté des installations. C'est ce qui est fait en particulier en France.

Les deux volets de la sûreté nucléaire sont, comme nous l'avons vu :

- la sûreté technologique : les mesures de sûreté technologique couvrent les phases de conception, de fabrication, de modification des infrastructures et du choix de matériel ainsi que la définition d'un ensemble de règles générales d'utilisation
- la sûreté d'exploitation : les mesures de sûreté d'exploitation couvrent la définition et la tenue à jour des autres règles d'utilisation de façon à respecter la réglementation établie, pour les mesures technologiques ; ainsi les règles à prendre en compte au niveau de chaque installation sont relatives :
 - à l'organisation des services et des tâches
 - au personnel exploitant
 - au maintien du milieu adapté

Elles sont de la responsabilité des organismes chargés de l'exploitation des installations. La sûreté nucléaire conduit à **l'analyse de sûreté**.

5.3. TROISIÈME OBJECTIF : LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les installations sont classées en fonction de leurs « potentiels » de dangers ou d'inconvénients. L'examen de ces potentiels est effectué via des « **Études d'environnement** ».

Le but des études d'environnement est de participer aux choix des sites et de s'assurer que les impacts de l'installation sont acceptables pour le milieu environnant.

Leur conclusion entraînera notamment la fixation, par les autorités de l'état, **d'autorisations de niveaux de rejets** d'effluents gazeux, liquides et solides, ne devant pas être dépassés, dans les limites que les études d'environnement auront démontrées comme étant non dangereuses.

Une distinction sera faite entre :

- les études de sites
- les études d'impact

5.3.1. Les études de site

D'une façon générale les critères à prendre en compte pour la création d'INB (Installation Nucléaire de Base, exemple: une centrale électronucléaire) ou d'INBS (Installation nucléaire de Base Secrète, exemple : un arsenal nucléaire) peuvent être classés en :

- critères d'utilité (publique ou militaire)
- critères de faisabilité
- critères de sûreté
- critères d'impact

Objectifs : déterminer les risques pour l'environnement qui pourraient être dus à l'installation nucléaire.

5.3.2. Les études d'impact

Elles sont principalement destinées à étudier les impacts de l'installation sur l'environnement :

- lors d'un fonctionnement normal
- lors d'un fonctionnement accidentel

5.3.3. Les transports

De nos jours environ 200 000 transports annuels de colis de matières radioactives transitent sur le territoire français. À peine un cinquième du flux annuel est relatif à l'industrie nucléaire, le restant étant dû à l'utilisation de sources radioactives pour des applications médicales.

Les risques potentiels de ces transports sont différents et pour chacun d'entre eux il est nécessaire de prendre en compte (voir [fiche argumentaire GAENA "Le transport des matières radioactives"](#)).

- les agressions pouvant intervenir durant le transport
- les agressions du transport dans l'environnement.

5.4. QUATRIÈME OBJECTIF : PROTECTION ET CONTRÔLE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Principe de base : Les dispositions visant à assurer la protection et le contrôle des matières nucléaires s'inspirent des principes suivants :

- nécessité d'une autorisation de l'Etat pour détenir ou transporter des matières nucléaires
- responsabilité du détenteur et du transporteur qui doivent assurer le contrôle des matières nucléaires ou des mesures appropriées de suivi, de comptabilité, de confinement, de surveillance et de protection physique
- contrôle de l'Etat sur l'ensemble des mesures

5.5. CINQUIÈME OBJECTIF : CONDUITE À TENIR EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

La conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident est définie dans des plans de prévention des risques et des plans d'interventions notamment en ce qui concerne les installations classées de type SEVESO et les transports de matières radioactives. Ce sujet important est traité dans l'annexe 1.

6. CONCLUSION

En conclusion, la Sécurité Nucléaire est un ensemble d'actions émergeant de domaines très différents et regroupant techniques, procédures et réglementations, organisées sous forme d'une stratégie. Toutes ces actions ont comme point commun dans l'esprit la protection des personnes (public et travailleurs), des biens et de l'environnement.

C'est de cette stratégie qui a montré son efficacité, que cherche à s'inspirer aujourd'hui le monde industriel, non concerné par le nucléaire, pour éviter les accidents et en limiter leurs effets.

5. FICHES GAÉNA LIÉES

Fiche argumentaire GAENA : ["Le transport de matières radioactives"](#). Index de classement : ACF 01

Fiche argumentaire GAENA : ["Les déchets radioactifs"](#). Index de classement : ACE 01

Fiche argumentaire GAENA : ["Le principe de précaution"](#). Index de classement : BA 01

Fiche argumentaire GAENA : ["La gestion de crise dans le domaine nucléaire"](#). Index de classement : BA 04

6. AUTRES RÉFÉRENCES

[Réf. 1] : IRSN/CTHIR. Vérifier la conformité, caractériser ou contrôler les instruments de radioprotection

[Réf. 2] : Ministère de l'Europe et des affaires étrangères. Présentation de la sûreté et de la sécurité nucléaire. <https://onu-vienne.delegfrance.org>

[Réf. 3] : AIEA. La culture de la sûreté et de la sécurité dans le nucléaire. <https://www.iaea.org>

[Réf. 4] : Organisation et acteurs de la gestion d'une crise nucléaire. 7 février 2024. <https://www.irsn.fr>

ANNEXE 1

CONDUITE EN CAS D'INCIDENT ET D'ACCIDENT NUCLÉAIRE

Cette annexe complète la présente [fiche argumentaire GAENA](#) « Sûreté et sécurité nucléaire », elle développe le 5^{ème} objectif de la sécurité nucléaire.

1. CLASSEMENT DES INCIDENTS ET ACCIDENTS

Comme pour les séismes, une échelle internationale de gravité des incidents et accidents nucléaires et radiologiques a été définie. C'est l'échelle INES (International Nuclear Event Scale).

Graduée de 0 à 7 par ordre croissant de gravité, elle est destinée à faciliter la perception par le public et les médias de l'importance des événements.

Les événements ayant un impact sur la sûreté des installations nucléaires et des transports de matières radioactives, ainsi que sur la radioprotection du public relèvent de cette échelle. Ils sont classés selon 8 niveaux (de 0 à 7) suivant leur importance :

- Les événements des niveaux 1 à 3 sont qualifiés d'incidents,
- Ceux des niveaux supérieurs (4 à 7) sont qualifiés d'accidents.
- Les événements sans importance du point de vue de la sûreté sont classés au niveau 0 et qualifiés d'«écarts».



2. EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

La conduite à tenir est définie comme l'ensemble des mesures à prendre en prévision et en cas d'accident ou d'incident pour ramener la situation à un état stable et maîtrisé avec pour objectif de revenir à une situation normale.

Les moyens mis en œuvre dans le cadre des différents plans d'intervention sont :

2.1. PLAN D'URGENCE INTERNE (PUI)

Chaque installation nucléaire telle que définie au décret du 11/12/1963, ou site nucléaire regroupant plusieurs installations nucléaires, fait l'objet d'un PUI précisant l'organisation et les moyens à mettre en œuvre sur le site en cas de situation accidentelle. L'élaboration de ce PUI est une obligation de l'exploitant de l'installation ou du site concerné, et relève ainsi de sa responsabilité. Le PUI est généralement construit suivant un schéma-type :

- une première partie présente le site, son organisation et ses moyens d'intervention,
- une seconde partie traite de la conduite de l'intervention en cas de situation d'urgence. Le PUI prévoit les mesures immédiates (ou réflexes) de sauvegarde, de mise en place des premiers secours, d'alerte et d'élaboration d'un premier diagnostic. Il s'agit de la réponse de l'exploitant face à une situation d'urgence nécessitant la mobilisation de toute ou partie de son organisation de crise, ainsi que les interfaces avec les instances nationales.

NB : Au sein de cette seconde partie figurent les études de danger établies pour chaque installation qui permettent de dimensionner l'organisation, les mesures et les moyens devant être mis en œuvre selon des scénarios majeurs ("enveloppes") mais néanmoins réalistes.

2.2. PLAN PARTICULIER D'INTERVENTION (PPI)

Le PPI est établi en vue de la protection des populations, des biens et de l'environnement pour faire face aux risques de certaines installations. Il constitue un volet des dispositions spécifiques du plan ORSEC départemental et est donc sous la responsabilité du Préfet.

Le PPI a un caractère opérationnel et détaille les mécanismes d'intervention des divers services qui peuvent être appelés à participer aux opérations de protection et de secours (information et protection des populations, diffusion de l'alerte, acteurs mobilisés, ...).

En cas de déclenchement du PPI (décidé par le Préfet, en concertation avec l'exploitant du site concerné) suite à l'occurrence d'un incident ou un accident, un certain nombre d'acteurs de l'organisation nationale de crise (voir la [fiche argumentaire GASN](#) sur la gestion de crise) vont être mobilisés, parmi lesquels :

- Le Poste de Commandement Décisionnel (PCD) du centre ou de l'établissement impliqué, représentant l'autorité décisionnelle concerné par l'évènement,
- le Poste de Commandement Opérationnel (PCO) de l'exploitant impliqué,
- L'Equipe Technique de Crise locale (ETC-L) et National du centre ou de l'établissement concerné, constituée de cellules d'expertise pour le diagnostic de l'installation sinistrée et le pronostic des conséquences pour la population et l'environnement,
- L'Autorité de Sûreté Nucléaire et l'Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense,
- L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, et en particulier son Centre Technique de Crise (CTC),
- La Direction de la Sécurité Civile du Ministère de l'Intérieur,
- Le Centre Opérationnel Départemental du Préfet, en charge de la protection des personnes et des biens dans le domaine public, qui est le responsable de l'organisation de l'intervention et des secours hors du site accidenté lors d'urgences nucléaires,
- Le Ministère de l'Intérieur a la responsabilité générale de l'organisation de l'urgence sur terrain civil. Il s'appuie sur le Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle de Crise qui coordonne l'emploi opérationnel des moyens nationaux d'intervention,
- La Direction de la Sécurité Civile du Ministère de l'Intérieur,
- Le Comité Interministériel aux Crises Nucléaires et Radiologiques veille quant à lui à la cohérence de l'action gouvernementale des Ministères concernés (Intérieur, Santé, Défense, Industrie...). Il est piloté par le Premier Ministre.
- Si besoin, le Poste de Coordination Intervention Nucléaire du centre CEA/Le Ripault, chargé de la mobilisation et du suivi technique des équipes d'intervention déployées sur le terrain (voir ci-après).

2.3. MISSION D'ASSISTANCE DES POUVOIRS PUBLICS

Tous les exploitants nucléaires (CEA, EDF, ORANO...) ce sont dotés d'une structure leur permettant de porter rapidement assistance en cas d'urgence suite à un évènement à caractère radiologique ou potentiellement radiologique, à la demande des pouvoirs publics (réquisition du Préfet territorialement compétent), sur saisine écrite du Directeur Général de l'Autorité de Sûreté Nucléaire ou encore sur saisine écrite du Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité du Ministère en charge de la prévention des risques et de la protection de l'environnement.

Cette capacité d'intervention d'urgence repose sur des ZIPE (Zone d'Intervention de Premier Échelon) et des ESI (Équipements Spécialisés d'Intervention) constitués par des moyens humains et matériels de l'Etablissement public CEA, ainsi que ceux d'AREVA/La Hague, prévus par le protocole CEA et AREVA du 11 décembre 2002. Cette assistance peut se traduire, après accord de l'autorité responsable des secours, par l'intervention du CEA sur les lieux de l'évènement.

2.3.1. ZIPE

Les équipes ZIPE, renforcées si nécessaire par les moyens complémentaires des ESI, sont au nombre de 7 depuis le 1er juin 2010. Leur maillage géographique leur permet d'intervenir dans les meilleurs délais sur le territoire national selon un découpage départemental indiqué sur la figure ci-après.

Chaque équipe de Zone d'Intervention de Premier Échelon est constituée de personnels en astreinte mobilisables 24h/24. Elles comprennent au minimum un ingénieur (ou assimilé) et un technicien en radioprotection.

Ces équipes sont disponibles (départ du centre CEA ou AREVA concerné) dans un délai maximum de 2 heures après notification par le Poste de Coordination d'Intervention Nucléaire du CEA-Le Ripault.

