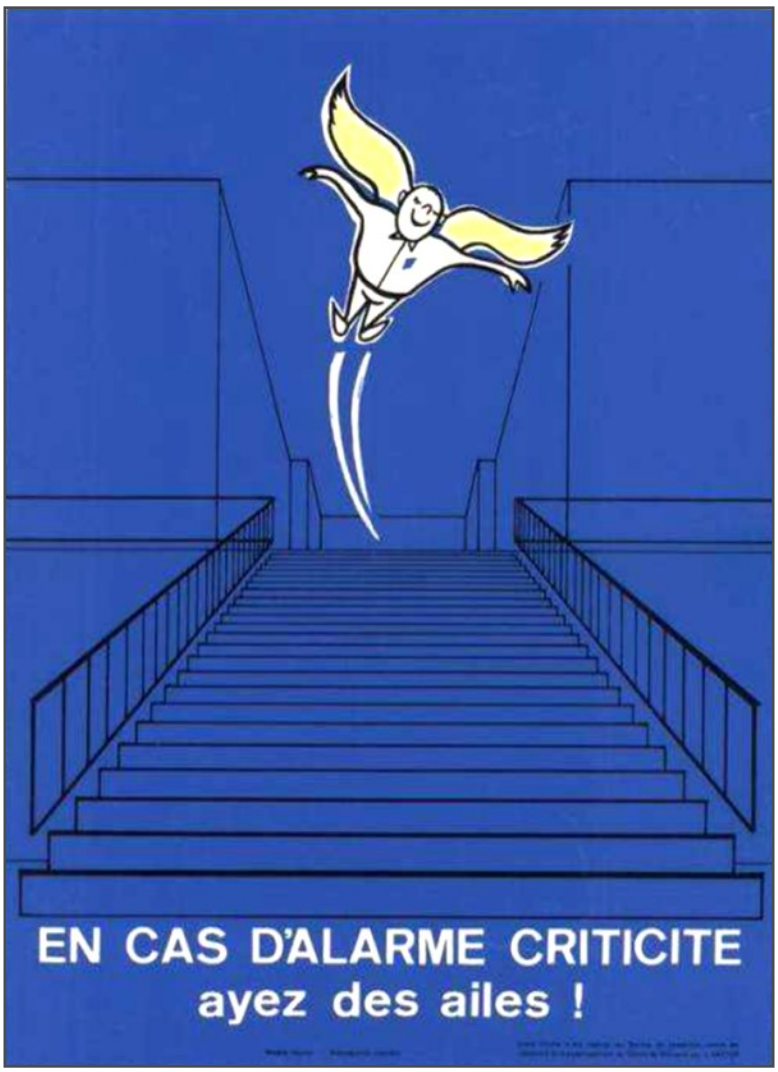
FICHE N°22

L'ACCIDENT DE CRITICITÉ : DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES



Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Détection d'un accident de criticité

⇨ Un accident de criticité peut entraîner des **irradiations importantes** pour le personnel travaillant à proximité de l'équipement concerné par l'accident (voir fiche n°21). La détection d'une telle situation permet d'**alerter le personnel** et de donner l'ordre d'**évacuation** vers un lieu sûr, et ainsi **limiter les conséquences** pour le personnel.

⇨ Un Système de Détection des Accidents de Criticité (SyDAC) doit assurer la fonction primordiale de détection avec comme spécificités :

- Détecter immédiatement toute excursion critique, dans sa zone de surveillance, quelles que soit sa grandeur et sa forme, et donner immédiatement l'alarme ;
- Présenter un haut degré de sécurité de fonctionnement avec une probabilité de fausse alarme la plus faible possible ;
- Si possible, permettre le suivi de la phase post-accidentelle pour pouvoir planifier d'éventuelles interventions.

⇨ L'évacuation du personnel doit être prompte, mais la zone d'évacuation doit être définie avec soin, pour couvrir les zones où les conséquences dosimétriques seraient inacceptables sans toutefois être trop étendue : une évacuation trop importante et non nécessaire complique la prise en charge du personnel et entraîne un risque de sur-accident.

⇨ Il n'existe pas de critères absolus permettant d'évaluer le besoin d'implantation d'un SyDAC (voir p. 2). Néanmoins :

- Pour les installations nouvelles, une justification doit être apportée en cas de non implantation d'un SyDAC ;
- Pour les installations en démantèlement, la suppression d'un SyDAC nécessite une étude préalable.

Normes internationales (ISO 7753:1987 et ANSI/ANS-8.3:1997)

⇨ L'utilisation d'un système d'alarme dédié est recommandée dès lors que l'on estime que sa mise en place a pour effet une réduction globale des conséquences ; les conséquences de fausses alarmes sont à étudier.

⇨ Il convient d'étudier la nécessité de disposer de systèmes d'alarme de criticité dès lors qu'un risque d'accident de criticité conduisant à des doses inacceptables ne peut être écarté, par exemple :

- Pour chaque opération faisant intervenir des matériaux fissiles dont la quantité dépasse, dans chaque zone séparée, 700 g pour l'^{235}U, 520 g pour l'^{233}U, 450 g pour les isotopes fissiles du plutonium ou 450 g pour une combinaison quelconque de ces isotopes. Le cas particulier des actinides mineurs est également à considérer.
- Une attention particulière doit être accordée à tous les processus dans lesquels sont présents des réflecteurs et des modérateurs de neutrons dont l'efficacité est supérieure à celle de l'eau.

⇨ Règles :

- Un système de détection n'est pas exigé si l'accident maximum envisageable conduit à une dose dans l'air inférieure à 0,12 Gy (12 rads) ;
- Le signal d'alarme doit être conçu pour être perçu par tout le personnel présent dans les zones à évacuer. Il est de type sonore mais on peut y adjoindre des dispositifs visuels ;
- Le système de détection doit être capable de déclencher une alarme pour un accident minimal délivrant une dose totale (neutrons + γ) absorbée dans l'air de 0,2 Gy (20 rads), en moins de 60 secondes, à une distance de 2 m de la source de l'accident.

Particularités du système français par rapport à la norme ISO

⇨ Le modèle d'EDAC le plus répandu (EDAC 21) peut comporter de 1 à 6 unités de surveillance. Une unité de surveillance se compose de 3 ou 4 sondes de criticité et **la logique de détection est en 2/N** (N = 3 ou 4) : l'alarme de criticité se déclenche quand deux sondes, au moins, envoient un signal d'alerte à l'unité de surveillance.



⇨ Une sonde donne un signal d'alerte si, à la fois :

- Le **seuil de détection en dose** est dépassé (25 µGy) ;
- Le **débit de dose** est dépassé (10 mGy/h).

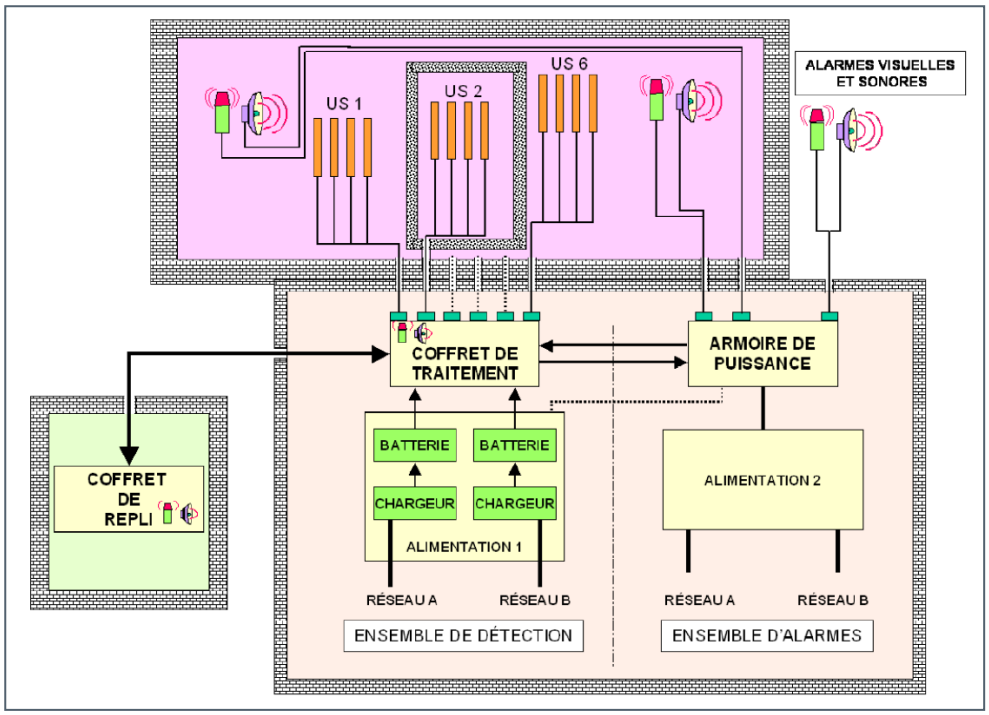
⇨ Les sondes étant sensibles aux neutrons et γ, leur réponse est proportionnelle à la **dose totale**.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Synoptique d'un EDAC (cas de l'EDAC 21)

⇨ L'EDAC 21 est notamment composé :

- D'**1 à 6 unités de surveillance** (US) **composées de 3 à 4 sondes chacune** (voir ci-avant) ;
- D'**alarmes visuelles et sonores**, dont le déclenchement vaut ordre d'**évacuation immédiate** vers les points de rassemblement ;
- D'un **coffret de traitement** des informations recueillies par les unités de surveillance ;
- D'un **coffret de repli déporté** qui permet, en cas d'accident, de recueillir les informations recueillies par les sondes (diagnostic de l'accident) et de suivre à distance son déroulement, en vue d'organiser l'intervention ;
- D'une **alimentation secourue** (batteries), permettant à l'alarme de continuer à fonctionner même en cas de perte de l'alimentation électrique.



Critères de choix pour l'installation d'un EDAC

⇨ L'EDAC est recommandé dans :

- Les ateliers et usines mettant en œuvre de la matière fissile en solutions aqueuses (ex : LPC, ATUE, URE) ;
- Les ateliers et usines mettant en œuvre des produits secs et divisés (ex : poudres), dont la masse critique à sec n'est pas infinie (ATPu, MELOX).

⇨ L'EDAC n'est pas jugé nécessaire lorsque :

- La masse totale dans le bâtiment est inférieure à 375 g pour du plutonium et de l'uranium très enrichi (une valeur plus élevée peut être considérée pour de l'uranium faiblement enrichi) ;
- Les protections biologiques sont suffisantes pour protéger le personnel (ex : ateliers HA d'une usine).

⇨ L'EDAC est discutable dans les autres cas. Sa nécessité doit être examinée en fonction des matières et des procédés mis en jeu, ainsi que de la probabilité d'accident (nombre de défaillances concomitantes, robustesse des lignes de défense…) : en effet, son installation induit des contraintes d'exploitation (disponibilité, maintenance…).

⇨ L'analyse de sûreté concernant la mise en place d'un EDAC doit étudier :

- Le(s) endroit(s) le(s) plus probable(s) de l'installation susceptible(s) d'être le siège d'un accident de criticité ;
- L'emplacement des sondes ;
- Le plan d'intervention en cas d'accident de criticité et les fiches réflexes associées qui permettront d'orienter et de faciliter l'intervention (voir ci-après).

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Détection par des moyens autres que l'EDAC

⇨ Dans le cas d'un accident à cinétique lente ou d'un accident survenant à distance des sondes de l'EDAC, le seuil de débit de dose de l'EDAC peut ne pas être atteint et ne pas conduire au déclenchement de l'alarme. Or de tels accidents peuvent conduire, dans la durée, à des conséquences dosimétriques inacceptables.

⇨ Les **appareils de radioprotection classiques** peuvent permettre de détecter de tels débits de dose et ainsi, assurer la continuité dans la détection d'un accident de criticité.

⇨ Ces appareils peuvent également être utilisés pour détecter un accident de criticité qui se produirait à distance, en l'absence d'EDAC.

⇨ Si les balises de radioprotection sont utilisées pour détecter un accident de criticité, des **procédures** doivent définir la façon de discriminer un cas d'alarme classique d'un cas d'accident de criticité (par exemple, postuler qu'il s'agit d'un accident si plusieurs salles mitoyennes ont des balises en alarme) et la conduite à tenir pour procéder à l'évacuation du personnel. Des fiches réflexes doivent être réalisées.

Gestion de l'accident

Évacuation du personnel



⇨ L'envoi du signal d'alarme par un EDAC déclenche :
- À l'intérieur de la zone d'évacuation immédiate : les **signaux sonores** et les **feux lumineux rouges** tournants ;
- Sur les voies d'accès à l'installation : le **balisage réglementaire**.

⇨ **La première conséquence de l'alarme de criticité est l'évacuation immédiate des travailleurs.**

⇨ Afin de minimiser la dose reçue, **l'évacuation doit être prompte à l'intérieur de la zone la plus proche et la plus touchée par l'accident**, pour permettre la mise à l'abri des personnels concernés. Les autres travailleurs de l'installation (et au-delà) peuvent ensuite être évacués selon des modalités moins strictes, dans une urgence relative.

⇨ Dans le cas des centres CEA/DEN, deux zones d'évacuation sont ainsi définies :

- La **ZERAC** (Zone d'Évacuation Réflexe « Alarme de Criticité ») : les personnes situées à l'intérieur de cette zone doivent procéder à une **évacuation réflexe** dès retentissement de l'alarme (abandon immédiat des postes de travail, **sans mise en sûreté**, et évacuation rapide vers le point de regroupement en suivant le balisage). Compte tenu du risque de sur-accident lié au stress et à la confusion causés par l'accident, il faut veiller à :
  - Ne pas étendre inutilement la surface de la ZERAC,
  - Utiliser un **balisage clairement distinct** de celui lié aux autres risques,
  - **Former et entraîner les travailleurs** pour gérer au mieux la situation (**exercices réguliers**),
  - Adapter les postes de travail sensibles (procédé, soudure…).

  La ZERAC est généralement une **zone d'exclusion** dans laquelle le retour n'est possible que dans le cadre d'une intervention décidée par la gestion de crise (voir ci-après).

  Les limites de la ZERAC sont, en règle générale, définies à partir de la limite de dose maximale acceptable pour les travailleurs (par exemple, au CEA : 100 mSv). Pour des installations en conception, des valeurs inférieures peuvent être utilisées (par exemple, au CEA : 50 mSv, limite de dose pour l'évacuation des populations). De plus, il convient de limiter, autant que possible, la ZERAC à l'installation concernée.

- La **ZEC** (Zone d'Évacuation Concertée) : l'évacuation de cette zone peut être réalisée après **confirmation** par le SPR de l'accident (écarter les fausses alarmes) et **mise en état sûr** des procédés en cours. Au signal convenu (ex : signal RDO par le PC/FLS), les personnels se dirigent dans le calme vers un point de regroupement dédié.

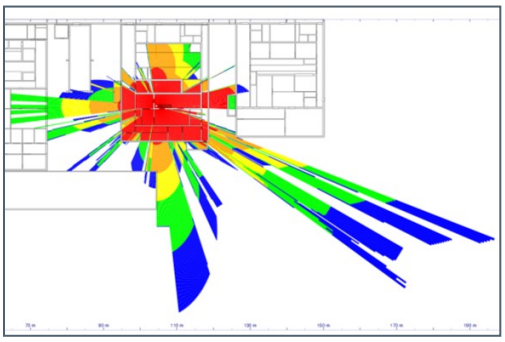
  Les limites de la ZEC sont usuellement de 20 mSv, voire 10 mSv (limite maximale pour les travailleurs du groupe 2, voir fiche n°21). Si des travailleurs non exposés sont susceptibles d'être exposés à une dose supérieure à 1 mSv (limite annuelle pour le public), ils peuvent également être inclus dans une mesure d'évacuation.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

⇨ La délimitation des zones d'évacuation est généralement réalisée à l'aide de **cartes d'isodoses**, qui présentent la variation de la dose en fonction de la distance, pour un ou plusieurs siège(s) potentiel(s) d'accident.

⇨ Au-delà de la délimitation des zones d'évacuation, ces cartes sont utiles pour :

- Définir l'implantation des **alarmes** visuelles et sonores et des **dosimètres de zone** (ex : SNAC) ;
- Définir les **chemins d'évacuation** (au plus direct mais sans accroître le risque d'exposition) ;
- Positionner les **points de regroupement** et de prise en charge.



Exemple de carte d'isodoses obtenue à l'aide du logiciel CIRCEE

Dosimétrie de criticité

⇨ Un accident de criticité peut entraîner des irradiations importantes pour le personnel travaillant à proximité de l'équipement concerné. La **dosimétrie de criticité** a pour objectif la protection de l'homme grâce à :

- L'**estimation rapide des doses** reçues par le personnel exposé, pour permettre le tri et l'orientation médicale éventuelle immédiatement après l'accident et dans les heures qui suivent ;
- À plus long terme, l'**évaluation précise des dégâts dus à l'irradiation**, en particulier aux organes les plus sensibles, afin d'identifier les options thérapeutiques les plus adaptées à chaque cas.
- Aussi, ces estimations serviront ultérieurement pour enregistrer les doses du point de vue réglementaire et enrichir les connaissances scientifiques sur les accidents.

⇨ Selon la configuration lors de l'accident, les conséquences de l'accident peuvent être extrêmement variables ; la prise en charge des personnels dépend donc beaucoup de la caractérisation d'éventuelles irradiations, et en particulier :

- De la dose totale ;
- Du rapport entre dose neutron et dose gamma ;
- Des spectres neutrons ;
- De l'orientation de la victime dans le champ de rayonnement.

⇨ Les moyens de dosimétrie de criticité sont :

- Dès la prise en charge au point d'évacuation, une **mesure d'activation** par des appareils de radioprotection permettant d'obtenir une indication sur la dose corps entier ;
- Des **observations cliniques** par les médecins et, si nécessaire, des mesures d'activation sur des prélèvements biologiques (sang, phanères…) et des mesures anthropogammamétriques.
- Un système de dosimétrie physique :
  - ♦ Le **dosimètre individuel**, qui permet de déterminer une valeur de dose globale reçue par l'individu ;
  - ♦ La **ceinture de criticité**, qui permet de connaître l'orientation du sujet dans le champ de rayonnement ;
  - ♦ Un dosimètre de zone appelé « **SNAC** » (Spectromètre Neutrons à Activation et Comptage), qui permet de reconstituer le spectre : les SNACs doivent être récupérés si possible durant l'évacuation.



Dosimètre individuel



Ceinture de criticité



SNAC

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Dispositions opérationnelles

La gestion de l'accident de criticité dans l'installation consiste à mettre en place un certain nombre de **dispositions opérationnelles**, au préalable, qui permettront de limiter les conséquences en cas de survenue d'un accident de criticité. Au-delà de la prévention et de la détection de l'accident, les dispositions suivantes doivent être prises :

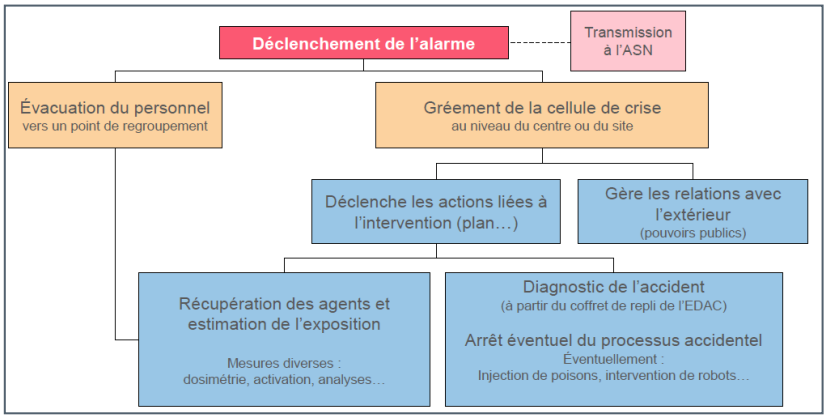
- Définition des zones d'évacuation et du programme d'évacuation : à partir de calculs de doses préalables, **des chemins d'évacuation sont définis et clairement balisés** dans l'installation ;
- Points de rassemblement : **des points de rassemblement** situés hors des zones présentant un risque d'irradiation **doivent être identifiés**. Ces zones doivent permettre le regroupement du personnel évacué avec un minimum de confort (ventilation, sanitaires...), dans l'attente de leur prise en charge et de leur évacuation du site ;
- Comptage du personnel : des moyens doivent être mis en œuvre pour s'assurer que tout le personnel est sorti de la zone concernée par l'accident de criticité ;
- Entraînement et exercice : le personnel doit être entraîné aux méthodes d'évacuation et informé des trajets et des points de rassemblement. L'instruction du nouveau personnel doit être faite dans les meilleurs délais. **Des exercices doivent être effectués régulièrement** pour familiariser les personnels avec le programme d'urgence. Ces exercices doivent être annoncés à l'avance ;
- Procédures d'urgence : **les procédures d'urgence doivent être préparées et approuvées**. Tous les opérateurs présents sur place et hors des lieux concernés par ces cas d'urgence doivent être tenus informés des conditions susceptibles d'être rencontrées et recevoir une assistance pour préparer les procédures d'urgence qui s'imposent ;
- Dosimétrie individuelle : la **dosimétrie** du personnel doit être prévue, ainsi que l'identification rapide des personnes exposées ;
- Dispositions d'ordre médical (tri, suivi, soins) : des dispositions humaines et matérielles sont prises pour dispenser soins et traitements aux personnes blessées et exposées. On devra également envisager la possibilité d'une contamination du personnel ;
- Surveillance du rayonnement : l'organisation des moyens de surveillance à distance de l'ambiance radiologique doit être prévue, par l'EDAC depuis une console déportée et/ou par le SPR (moyens portables). L'accident de criticité pouvant parfois redémarrer après un laps de temps plus ou moins long (voir fiche n°21), ces informations permettront de planifier une éventuelle intervention au voisinage de l'équipement concerné en cas d'extrême nécessité (secours à une personne blessée) ou bien pour arrêter l'accident ;
- Arrêt du processus accidentel : Dans certaines conditions, l'accident peut redémarrer de manière cyclique. Il est donc important d'avoir prévu les **moyens d'intervention** pour être en mesure d'arrêter le processus accidentel en rendant le système définitivement sous-critique (injection de poisons neutroniques, purge d'un circuit d'eau, dispersion de la matière… et ce, si possible, à distance).

Organisation de la gestion de crise

⇨ **L'alarme de criticité déclenche la mise en œuvre du Plan d'Urgence Interne (PUI)**, qui assure l'organisation et la mise en œuvre de moyens spécifiques, avec comme objectifs de :

- Limiter les conséquences de l'accident ;
- Permettre un retour à l'état sûr le plus rapide possible.

⇨ La gestion de crise fait l'objet d'**exercices réguliers** (exercices internes « exploitant » et exercices nationaux avec implication de toute l'organisation de crise : autorités de sûreté, IRSN, pouvoirs publics, exploitant).



Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.