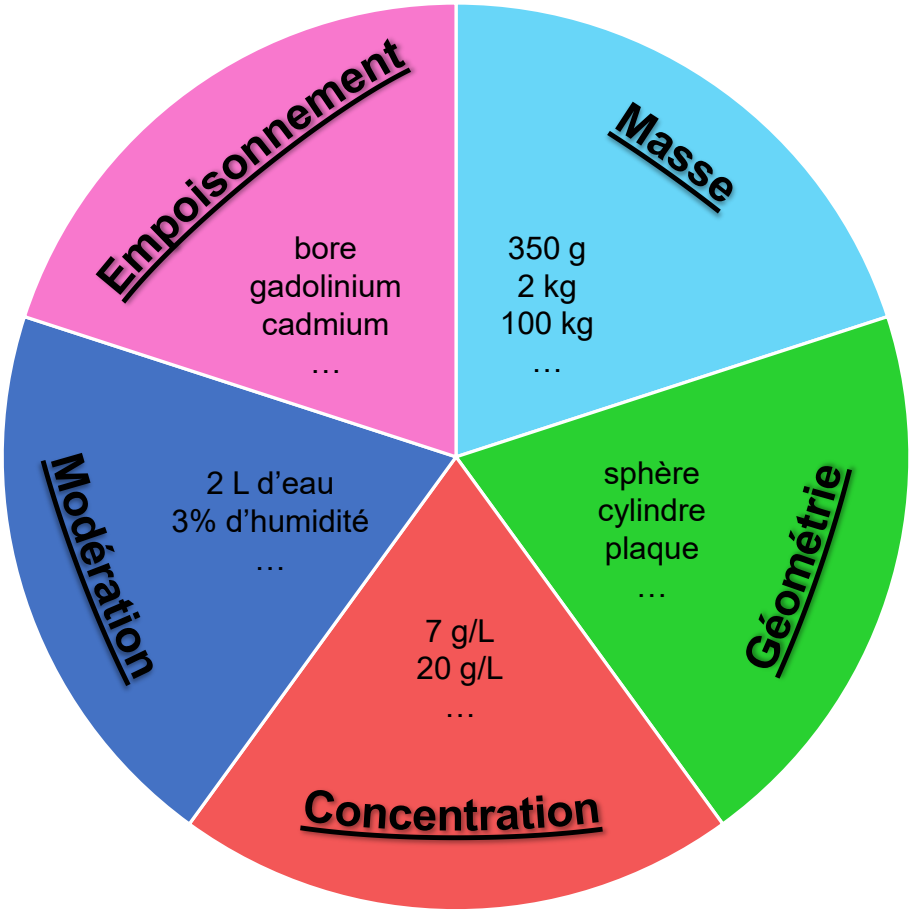
FICHE N°3

MODES DE CONTRÔLE DE LA CRITICITÉ



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.

Définitions et réglementation

⇨ La notion de **mode de contrôle de la criticité** est définie dans la **RFS I.3.c** et reprise dans la **décision ASN 2014-DC-0462**, dite « décision criticité », applicable aux INB.

⇨ ***« Pour chaque partie de l'INB, à l'exception des cœurs de réacteurs nucléaires, et pour chaque modèle de colis de transport, un ou des modes de contrôle de la criticité sont retenus à la suite de l'étude des configurations normales et anormales.***

Un mode de contrôle de la criticité est défini par une limite imposée à l'un ou plusieurs des paramètres suivants :

- ***Masse de matières fissiles*** [mode de contrôle usuellement dénommé « masse »] ;
- ***Dimensions géométriques*** [mode de contrôle usuellement dénommé « géométrie »] ;
- ***Concentration ou teneur en matières fissiles dans des milieux donnés considérés comme homogènes*** [mode de contrôle usuellement dénommé « concentration »] ;
- ***Quantité ou teneur en matières modératrices*** [mode de contrôle usuellement dénommé « modération »] ;
- ***Concentration ou teneur en poisons neutroniques dans le milieu fissile ou dans un matériau externe associée à la composition et aux dimensions de ce matériau*** [mode de contrôle usuellement dénommé « empoisonnement »].

Ces limites sont fixées pour un milieu fissile de référence, en tenant compte de l'environnement réflecteur et des interactions neutroniques. »

Nota : Au sens de la décision criticité, les modes de contrôle doivent être définis AVANT les milieux fissiles de référence. Attention néanmoins, le choix du mode de contrôle peut être influencé par les matières fissiles en présence (voir fiche n°4).

⇨ Un mode de contrôle est dit :

- **PRIMAIRE** lorsqu'il assure la prévention du risque de criticité dans des configurations normales ;
- **SECONDAIRE** lorsqu'il intervient vis-à-vis de configurations anormales.

Exemple : Pour une cuve d'effluents (solutions diluées) de grande capacité :
- Mode de contrôle primaire : concentration en matières fissiles ;
- Mode de contrôle secondaire : masse de matières fissiles (situation de précipitation accidentelle).



- **ASSOCIÉ À UN OU PLUSIEURS MODES DE CONTRÔLE** lorsque la prévention du risque de criticité est garantie par plusieurs modes de contrôle (voir fiche n°11).

Exemple : Pour une boîte à gants contenant des quantités élevées de plutonium : limitation de la masse de plutonium associée à une limitation de la modération.

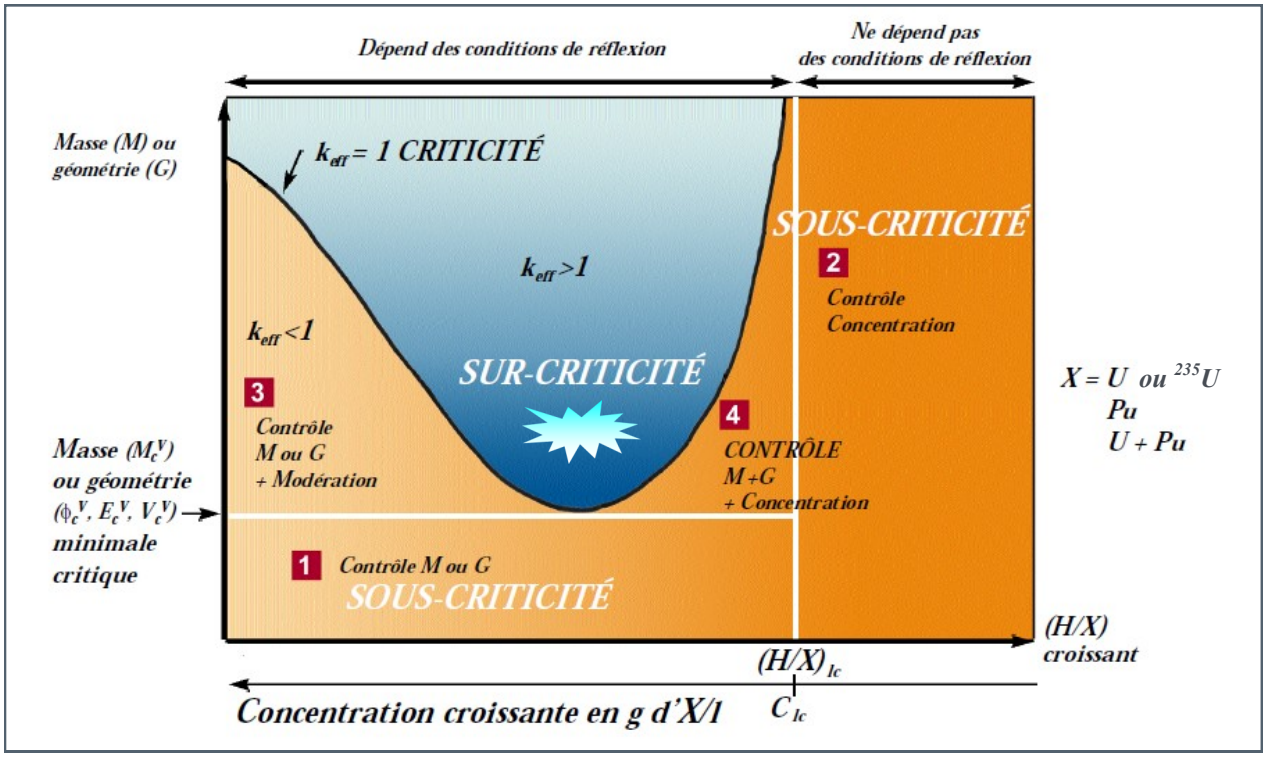


Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Domaines sous-critiques en fonction des modes de contrôle de la criticité

⇨ Le mode de contrôle le plus approprié est déterminé **suite à l'étude des configurations normales et anormales**.

⇨ Sur la courbe de variation des paramètres critiques (masse ou géométrie) en fonction du rapport de modération (nombre de noyaux de modérateur sur le nombre de noyaux fissiles H/X), pour des conditions de réflexion données, il convient de distinguer **quatre zones dans lesquelles le milieu reste sous-critique**.



⇨ **ZONE 1** : prévention du risque assurée par la maîtrise d'un seul paramètre de criticité :

- Respect d'une limite de **masse de matières fissiles** inférieure à la masse minimale critique, quelles que soient la modération et la géométrie, cette valeur étant calculée pour une géométrie sphérique

OU

- Respect d'une **dimension géométrique** inférieure à la dimension minimale critique (diamètre de cylindre de hauteur infinie, épaisseur de plaque de section infinie, volume sphérique), quelles que soient la modération et la masse

⇨ **ZONE 2** : prévention du risque assurée par la maîtrise d'un seul paramètre de criticité :

- Respect d'une limite de **concentration en matières fissiles** inférieure à la concentration limite critique en milieu infini, ou par le respect d'un **rapport H/X** supérieur au rapport H/X critique en milieu infini, quelles que soient la masse, la géométrie et les conditions de réflexion (en effet, ces valeurs correspondent à un « milieu infini » pour lequel la probabilité de fuite des neutrons hors du milieu est nulle)

⇨ **ZONE 3** : prévention du risque assurée par la maîtrise de deux paramètres de criticité :

- Respect d'une limite de **masse** associé au respect d'une limite de **modération**

OU

- Respect de **dimensions géométriques** associé au respect d'une limite de **modération**

⇨ **ZONE 4** : prévention du risque assurée par la maîtrise de deux paramètres de criticité :

- Respect d'une limite de **masse** associé au respect d'une limite de **concentration** en matières fissiles

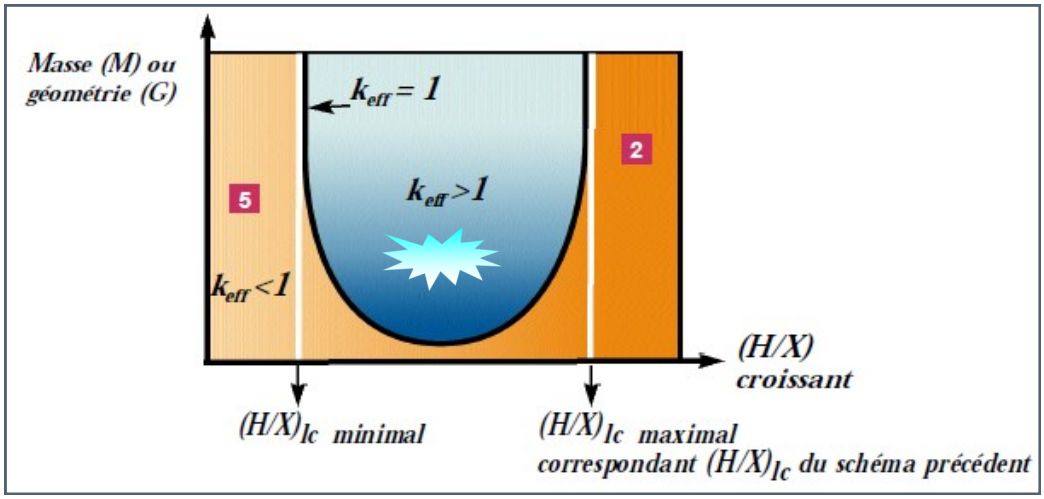
OU

- Respect de **dimensions géométriques** associé au respect d'une limite de **concentration** en matières fissiles

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.

CAS PARTICULIER :

⇨ **ZONE 5** : prévention du risque assurée par la maîtrise d'un seul paramètre de criticité :
Pour certains milieux fissiles, il existe également une zone aux faibles rapports de modération H/X, pour laquelle la courbe de variation du paramètre critique en fonction de la modération présente également une asymptote. Dans cette zone, la prévention du risque de criticité est garantie par le respect d'un **rapport de modération H/X** inférieur au rapport H/X minimal critique en milieu infini.



⇨ Il est également possible d'associer un mode de contrôle par la masse et par la géométrie.

⇨ L'empoisonnement neutronique est généralement utilisé en association avec un autre mode de contrôle (voir fiche n°13).

⇨ On parle de mode de contrôle de la criticité par la masse (ou concentration ou géométrie) associé à la présence de poison neutronique lorsque la prévention du risque de criticité est garantie par :

- Le respect d'une limite de masse (ou de concentration ou de dimensions géométriques) ;
- Associé au respect une teneur/concentration minimale en poison neutronique.

⇨ L'empoisonnement du milieu fissile peut être homogène (cas des solutions) ou hétérogène (cas des structures).

Contraintes

⇨ A chaque mode de contrôle de la criticité sont associées des contraintes d'exploitation et/ou de conception (voir fiche n°2). Lorsque l'association de plusieurs modes de contrôle de la criticité sont nécessaires pour garantir la prévention du risque de criticité, les contraintes d'exploitation et/ou de conception de chacun des modes de contrôle de la criticité doivent être impérativement respectées.

☞ *Pour plus d'informations sur les contraintes associées aux modes de contrôle : voir fiches n°7 à 14*

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.

Exemples d'applications dans le cycle du combustible

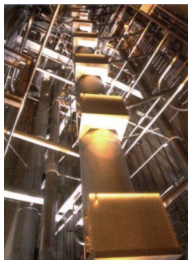
- Le mode de contrôle de la criticité par la **limitation de la masse** est adapté aux laboratoires et aux unités de recherche mettant en œuvre de faibles quantités de matières fissiles.

  Exemple : chaînes blindées d'ATALANTE (CEA Marcoule)



- Le mode de contrôle de la criticité par la **géométrie** est adapté aux installations de traitement de solutions concentrées en matières fissiles et aux entreposages de matières, lorsque les quantités de ces matières sont élevées. La sûreté des installations repose essentiellement sur la conception des appareils et l'examen de conformité lors de leur vieillissement.

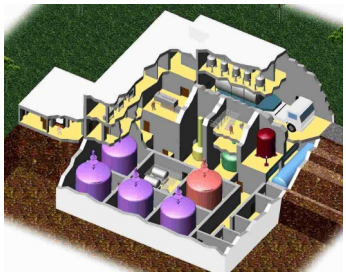
  Exemples : colonne d'extraction et précipitateurs de plutonium (ORANO La Hague, atelier T4)





- Le mode de contrôle de la criticité par la **limitation de la concentration** est adapté aux unités mettant en œuvre des solutions peu concentrées en matières fissiles (ex : entreposage d'effluents liquides), pour des solutions ne présentant pas de risque de précipitation, de cristallisation, de polymérisation, d'évaporation ou d'extraction par des solvants.

  Exemple : cuves d'AGATE (CEA Cadarache)



- Le mode de contrôle de la criticité par la **limitation de la modération** est souvent associé à la **limitation de la masse**. Il est adapté aux ateliers de fabrication d'éléments combustibles et aux usines d'enrichissement, mettant en œuvre des produits secs non hydrogénés ou de faibles quantités de produits hydrogénés.

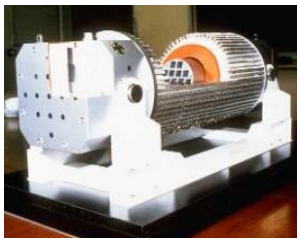
  Exemples : - jarre de plutonium (ORANO Melox, atelier Poudres)
  - entreposage de cylindres d'UF_6 (ORANO Pierrelatte)
  - boîtes à gants (CEA Valduc)





- L'**empoisonnement** est utilisé pour découpler neutroniquement des appareils entre eux (feuilles de cadmium tapissant les parois d'une cuve annulaire ou d'un emballage de transport, bore d'un panier contenant des assemblages combustibles...) ou lorsque le procédé nécessite des appareils de grand volume (présence de bore ou de gadolinium dans une solution de nitrate d'uranyle concentrée).

  Exemples : - emballage de transport (ORANO TN International)
  - entreposage de combustibles irradiés sous eau (ORANO La Hague, piscines C-D-E-NPH)





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.