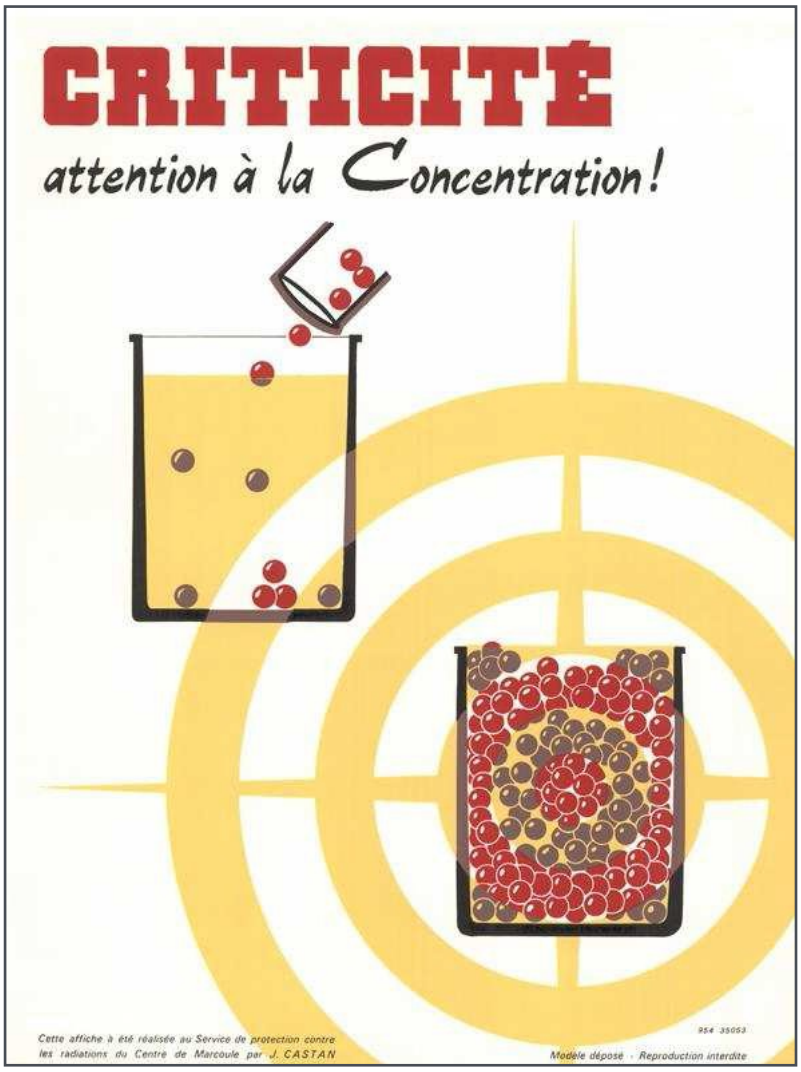
FICHE N°9

MODE DE CONTRÔLE DE LA CRITICITÉ PAR LA CONCENTRATION



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.

FICHE-GUIDE DE CRITICITÉ N°9

MODE DE CONTRÔLE DE LA CRITICITÉ PAR LA CONCENTRATION

Domaine d'application

⇨ 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) et **homogènes**.

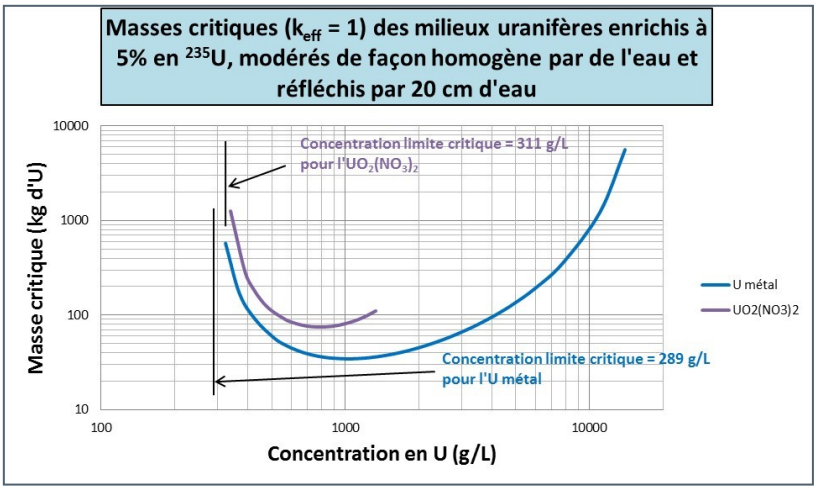
⇨ Il existe un mode de contrôle analogue : le **mode de contrôle par la garantie d'un rapport de modération (H/X) élevé**. Ce mode de contrôle est par exemple utilisé pour les cuves d'entreposage des fines de dissolution (résidus solides issus de la dissolution de combustibles irradiés dans l'acide nitrique) pour lesquelles il est garanti un rapport H/Pu supérieur au rapport maximal critique en milieu infini pour du ^{239}Pu métal, soit environ 3600.

Paramètres

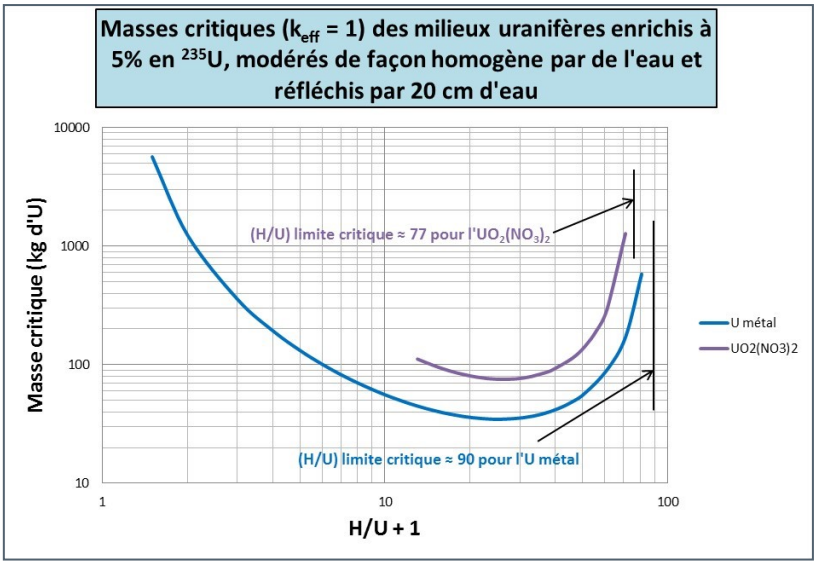
⇨ Le mode de contrôle de la criticité par la limitation de la concentration en matière fissile en milieu infini est basé sur le respect d'une concentration inférieure à la **concentration limite critique en milieu infini (C_{lc})**, quelles que soient la masse de matière fissile, la géométrie du système et les conditions de réflexion :

- Cette valeur correspond à un « **milieu infini** », c'est-à-dire un milieu en dehors duquel la possibilité de fuite des neutrons est exclue ;
- La valeur C_{lc} est la valeur de concentration en dessous de laquelle il est impossible d'atteindre les conditions critiques, ceci en raison de la prépondérance du phénomène d'absorption des neutrons par l'hydrogène. Cette valeur ne dépend que du **milieu fissile de référence** considéré (voir fiche n°4).

⇨ De même, le mode de contrôle de la criticité par le contrôle du rapport de modération est basé sur le respect d'un rapport H/X supérieur au **rapport H/X maximal critique en milieu infini ($[H/X]_{lc\ maximal}$)**, quelles que soient la masse de matière fissile, la géométrie du système et les conditions de réflexion.



Sur la courbe de variation de la masse critique en fonction de la concentration, la C_{lc} correspond à la valeur asymptotique verticale de la masse critique (masse critique « infinie »).



C_{lc} et $[H/X]_{lc\ max}$ ne dépendent que du milieu fissile de référence pris en considération.

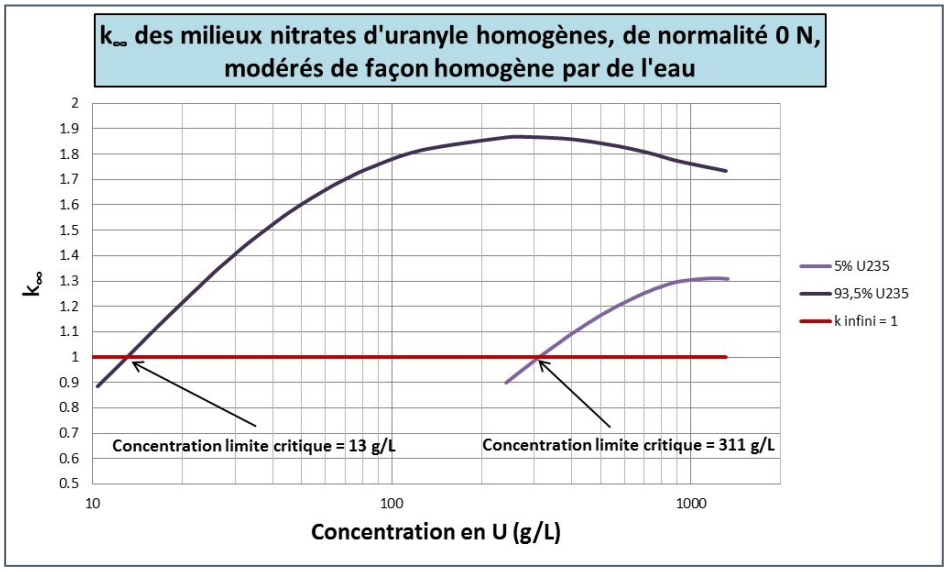
Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Détermination des limites

⇨ Les limites de concentration en milieu infini peuvent être déterminées :

- En se reportant aux **normes** existantes, qui présentent les valeurs suivantes :
  - La **concentration limite critique** ($k_\infty = 1$),
  - La **concentration maximale admissible** : valeur de concentration qui conduit à une valeur de k_∞ donnée (critère d'admissibilité), inférieure à 1 : par exemple, 0,95,
  - La **concentration sûre** : valeur de concentration en dessous de laquelle le milieu est garanti sous-critique avec une marge de sécurité appropriée, quelles que soient la masse de matière fissile, la géométrie du système et les conditions de réflexion. Elle est obtenue par la formule :

    $C_{sûre} = C_{lc} \times 0{,}80$
- En traçant la courbe de variation de k_∞, déterminé par les codes de calcul neutronique, en fonction de la concentration en matière fissile (voir courbe ci-après).



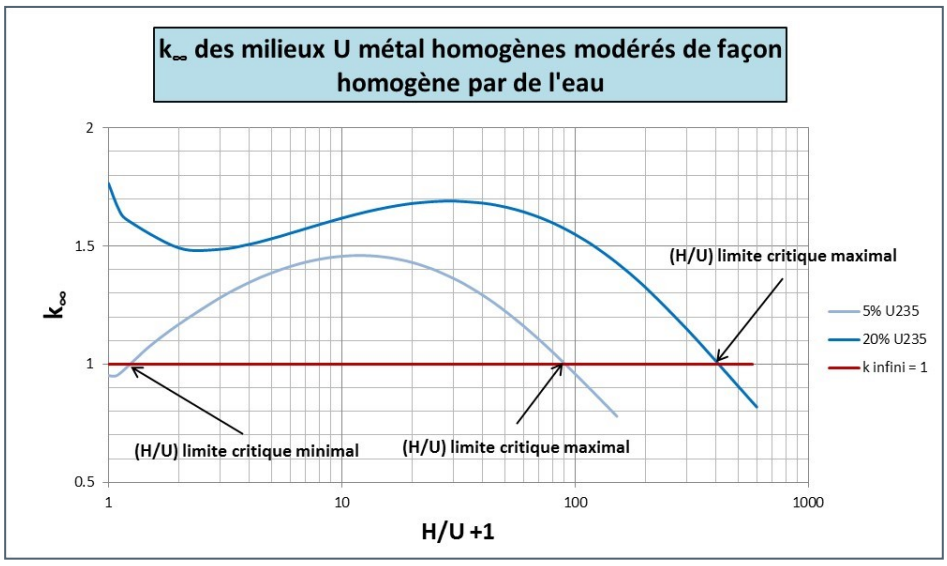
Exemple : pour du nitrate d'U :

Sur la courbe $k_\infty = f(C)$, la **concentration limite critique** est déterminée pour $k_\infty = 1$:
93,5% ^{235}U : $C_{lc} \approx 13$ g/L
5% ^{235}U : $C_{lc} \approx 311$ g/L

La **concentration sûre** en milieu infini est obtenue en appliquant à la concentration limite critique le **coefficient de sécurité (0,80)** :
93,5% ^{235}U : $C_{sûre} \approx 10{,}4$ g/L
5% ^{235}U : $C_{sûre} \approx 249$ g/L

⇨ La valeur du **rapport de modération maximal critique en milieu infini, $[H/X]_{lc\ maximal}$**, peut être déterminée :

- En se reportant aux **normes** existantes (valeurs indiquées en annexe des notes CP2C) ;
- En traçant la courbe de variation de k_∞, déterminé par les codes de calcul neutronique, en fonction du rapport de modération (voir courbe ci-après).



Nota : le rapport de modération minimal critique en milieu infini, $[H/X]_{lc\ min}$, de certains milieux fissiles est obtenu de la même manière. Il est également indiqué dans les standards de criticité (pour plus d'informations, voir fiche n°10).

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 garantissant le respect du mode de contrôle de la criticité

⇨ Le mode de contrôle de la criticité par la limitation de la concentration implique :

- Que le milieu fissile de référence soit **homogène** ;
- De vérifier la **stabilité chimique de la solution** ;
- Une **estimation de la concentration par 2 méthodes différentes** (double contrôle) ; à cet égard, pour ce qui concerne les prises d'échantillons régulièrement prélevées sur les solutions, leur validité et leur représentativité doivent être garanties (brassage correct, plusieurs prises d'échantillons à différents endroits de la cuve…) ;
- Un contrôle de l'**absence d'accumulation** de matières fissiles (ex : mise en place de dispositifs de détection sous les cuves, de rinçages périodiques...).

⇨ Le mode de contrôle par la limitation de la concentration peut aussi être associé à d'autres modes de contrôle (voir fiche n°11) : la masse, la géométrie et/ou l'empoisonnement. Dans ce cas, il convient également de respecter les dispositions relatives à ces modes de contrôles.

☞ *Pour plus d'informations sur le mode de contrôle par la masse : voir fiche n°7*
☞ *Pour plus d'informations sur le mode de contrôle par la géométrie : voir fiche n°8*
☞ *Pour plus d'informations sur le mode de contrôle par l'empoisonnement : voir fiche n°13*

Conception des équipements — étude des situations normales et anormales

⇨ En vue de prévenir ou limiter les conséquences d'une remise en cause du caractère homogène du milieu fissile de référence, *« les dispositions appropriées seront prises pour éviter la précipitation, la polymérisation, la cristallisation, l'extraction dans un autre fluide (solvant par exemple) ainsi que l'élévation de la concentration de la matière fissile par évaporation* ***(*)****.*

⇨ Ces principaux risques et des exemples de dispositions afférentes sont explicités ci-après :

- **Précipitation :** interdiction de transfert de réactifs susceptibles de faire précipiter la matière fissile :
  - déconnexion des circuits de décontamination (soude) en dehors des campagnes de décontamination ;
  - contrôle de l'absence d'ions oxaliques issus du procédé ;
  - ...

- **Polymérisation :** la diminution de l'acidité des solutions de Pu peut entrainer une polymérisation et une précipitation. Les dispositions à prendre peuvent être :
  - contrôle, voire déconnection des circuits d'arrivée d'eau hors procédure exceptionnelle ;
  - surveillance des boucles de fluide caloporteur éventuelles ;
  - ...

- **Extraction** par un autre fluide, comme les solvants susceptibles de concentrer la matière fissile. La rétention de solvant doit être minimisée par un lavage efficace des solutions aqueuses avec du diluant ou par la conception de l'appareillage ;

- **Élévation de la concentration** de matières fissiles par évaporation :
  - refroidissement des solutions ;
  - limitation de la puissance de chauffe ;
  - ...

- **Cristallisation** (ex : nitrate d'uranium) : maîtrise de la température par refroidissement.

(*) Texte issu de la RFS I.3.c, pouvant être sujet à évolution après parution du futur guide de criticité de l'ASN.

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.