

Questions à réviser

Empoisonnements par les produits de fission

1. Origine des poisons xénon et samarium, caractéristiques neutroniques.

La fission entraîne la formation de **deux produits de fission** pour un atome fissionné. Ces éléments présentent des propriétés neutroniques parfois exceptionnelles comme le **Xénon 135** (2,7 millions de barns) ou le **samarium 149** (40 000 barns) provoquant alors des variations progressives, mais très élevées de la réactivité.

2. Connaître les chaînes d'évolution du xénon 135 et du samarium 149.

Bien comprendre que **l'iode sert de réservoir au xénon**, et que les **différences de période** entraînent un pic xénon lors de l'arrêt. Pour le Samarium, bien noter la **durée de la période du Prométhéum** et la **stabilité** du samarium. L'empoisonnement par le xénon est temporaire ; celui par le samarium est définitif mais pas cumulatif.

3. Savoir établir les équations bilan à partir des chaînes d'évolution.

Il faut reprendre bilan et vitesses de formation (voir cours)

$$\frac{dI}{dt} = \gamma_I \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi - \lambda_I I$$

$$\frac{dX}{dt} = \gamma_{Xe} \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi + \lambda_I I - \lambda_{Xe} X - \sigma_{Xe}^{Xe} X \Phi$$

$$\frac{dP}{dt} = \gamma \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi - \lambda_p \cdot P$$

$$\frac{dS}{dt} = \lambda_p \cdot P - S \cdot \sigma_s \cdot \Phi$$

4. Etablir les concentrations "infinies" en xénon et samarium.

On les établies en écrivant qu'il n'y plus de variations.

Noter l'importance du flux pour les valeurs de Xénon et d'Iode.

$$I_\infty = \frac{\gamma_I \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi}{\lambda_I}$$

$$X_\infty = \frac{(\gamma_X + \gamma_I) \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi}{\lambda_X + \sigma_X \cdot \Phi}$$

$$S_\infty = \frac{\gamma \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi}{\sigma_s}$$

$$P_\infty = \frac{\gamma \cdot N_f \cdot \sigma_f \cdot \Phi}{\lambda_p}$$

5. Connaître les ordres de grandeur des empoisonnements, et les délais de formation selon le niveau de puissance.

L'empoisonnement limite (ou stabilisé) est obtenu au bout de **30 heures** (flux fort, à puissance élevée), voire plus tard (à puissance réduite).

L'opérateur, devant **maintenir la criticité, et la température de consigne** pour l'efficacité des processus d'extraction de puissance, devra donc **diminuer l'antiréactivité apportée par les grappes ou le bore**, la compensation se faisant alors moins nécessaire du fait de l'arrivée d'antiréactivité interne, par le xénon 135. **L'opérateur remonte donc les grappes (ou dilue le bore)** durant les 30 à 50 premières heures de fonctionnement.

Les ordres de grandeur des **effets d'antiréactivité** liés à la concentration du **xénon à l'équilibre** sont :

<i>Cœur oxyde UO₂ à bas flux</i>	<i>1500 pcm à 2800 pcm</i>
REP (type EDF)	2800 pcm

La très longue période de décroissance radioactive du prométhéum contribue à une **formation très lente du samarium 149**. La cinétique d'évolution s'échelonne en jours voire en semaines pour le samarium et en heures, comme nous l'avons vu, pour le xénon.

Mais contrairement au xénon, la concentration en **samarium ne dépend pas du flux**. L'effet de l'empoisonnement dû au samarium est de l'ordre de 500 pcm à 800 pcm d'antiréactivité, à comparer à celui du xénon, qui est en moyenne de 2500 pcm. En revanche, la concentration en **prométhéum** est fonction de **l'historique de puissance**.

6. Expliquer l'influence de l'historique de puissance sur les empoisonnements (marche et arrêt) et les délais d'apparition (xénon et samarium)

A l'arrêt du réacteur, du fait des **périodes différentes**, la production de xénon par décroissance radioactive de l'iode peut excéder sa disparition par décroissance radioactive. La concentration en xénon commence alors par croître, passe par un **maximum** lorsque la production équilibre la disparition, puis décroît. Ce phénomène est appelé le "**pic xénon**".

<i>Cœur UO₂ à bas flux</i>	<i>4000 pcm à 6000 pcm</i>
REP (type EDF)	5200 pcm

Puis le xénon, instable par radioactivité β^- , disparaît en une trentaine d'heures.

A l'arrêt du réacteur, la disparition du **samarium** devient nulle (élément stable), la capture neutronique s'est, elle aussi, arrêtée. Par contre, l'apparition

du samarium est entretenue par la décroissance radioactive du **prométhéum**. La concentration en samarium augmente jusqu'à l'épuisement du prométhéum. L'effet de l'empoisonnement dû à l'augmentation de la concentration en samarium après arrêt est **de l'ordre de 1500 pcm**. Il dépend de l'historique de puissance (réserve de prométhéum).

7. Expliquer les problèmes que rencontre l'opérateur du fait des variations de réactivité dans les heures qui suivent une divergence

L'apparition du xénon, ou sa stabilisation lors d'une variation d'extraction de puissance, entraîne des **variations fortes de réactivité**. Le système étant **autostable** du fait des effets de température (sous-modération), la compensation a tendance à se faire en **modifiant la température du caloporteur**. Le contrôle commande doit alors **réguler la température** en modifiant l'antiréactivité externe apportée par les **grappes de régulation** (à court terme pour des variations rapides) ou la **concentration en bore** (variations lentes).

8. Expliquer les problèmes liés à une redivergence au pic xénon

Le contrôle commande se trouve avec un cœur empoisonné de plusieurs milliers de pcm. Il doit donc **diluer fortement le bore pour pouvoir diverger**. Il doit même dans des configurations extrêmes, relever un maximum de grappes d'absorbants mobiles de régulation ou de compensation. **En cas d'indisponibilité ou en fin de vie d'un chargement, le cœur risque de ne pas être disponible durant quelques heures** (durée du pic xénon).

9. Commenter : L'opérateur, pour suivre l'évolution de la réactivité du chargement, doit relever la positions des moyens de contrôle mobiles (grappes d'absorbant) et la concentration en bore à des conditions précises de température et de pression du caloporteur. Cela doit également se faire à puissance stabilisée de référence.

Il faut assurer des **conditions reproductibles** de température et de pression du caloporteur (effets de température modérateur identiques), de **puissance extraite** (même effet Doppler). **La puissance doit être stabilisée** depuis plusieurs heures pour avoir un empoisonnement xénon comparable.

La différence des antiréactivités externes apportées par le Bore ou les absorbants mobiles, d'un jour sur l'autre, fournit une **information directe sur l'usure du chargement de combustible**.