Travaux dirigés sur ordinateur **Poisons neutroniques**



Sommaire

1	Introduction	. 3
2	Modélisation	. 3
3	Manuel utilisateur Fenêtre principale Les menus	. 5 . 5 . 5
4	Travail préliminaire	11
5	Manipulations	13

Objectifs pédagogiques :

- comprendre les lois d'évolution de la concentration en Samarium dans le cœur d'un réacteur nucléaire,
- savoir identifier les paramètres physiques influant sur les valeurs asymptotiques et les maximums de la concentration en Samarium
- comprendre les lois d'évolution de la concentration en Xénon dans le cœur d'un réacteur nucléaire,
- savoir identifier les paramètres physiques influant sur les valeurs asymptotiques et les maximums de la concentration en Xénon
- identifier certaines phases d'exploitation où la variation de réactivité due à l'évolution des poisons neutroniques peut être dangereuse,
- comprendre certaines contraintes d'exploitation liés à l'évolution du Xénon dans le cœur d'un réacteur.

1. Introduction

Les produits de fission générés dans le cœur d'un réacteur nucléaire ont des caractéristiques très diversifiées. Lorsqu'on s'intéresse à la physique du cœur des réacteurs nucléaires, certains produits de fission prennent une grande importance.

On peut rappeler que les précurseurs de neutrons retardés, sans lesquels il serait impossible de contrôler la réaction en chaîne, sont des produits de fission.

Une autre famille de produits de fission dont il est fondamental de prévoir l'évolution est celle des poisons neutroniques. Ces noyaux, qui n'existent pas lorsque le combustible est neuf, possèdent une très grande section efficace de capture des neutrons.

Les deux poisons neutroniques les plus importants sont le Samarium (Sm¹⁴⁹) et le Xénon (Xe¹³⁵). L'influence sur la réactivité du cœur de l'évolution de la concentration de ces produits est très importante, elle peut être du même ordre de grandeur que l'efficacité de l'ensemble des barres de contrôle du réacteur (jusqu'à quelques milliers de pcm).

L'objet de cette séance de travaux dirigés est de s'intéresser à l'évolution dans le temps de la concentration en Samarium et en Xénon, d'en comprendre les lois d'évolution et les paramètres physiques influant sur ces concentrations.

2. Modélisation

L'objectif de ce paragraphe est d'expliquer de façon sommaire les modèles physiques implémentés dans les logiciels SAMARIUM et XENON.

Les logiciels SAMARIUM et XENON résolvent les système de 2 équations différentielle du premier ordre couplées établis en cours de cinétique des réacteurs nucléaires. Il s'agit de modèles "point", sans prise en compte des effets géométriques.

Pour le Samarium, le schéma de formation du Samarium 149 est le suivant :



Le système d'équations différentielles liés à ce schéma est alors :

$$\begin{cases} \frac{\mathrm{dP}}{\mathrm{dt}} = \gamma_{\mathrm{P}} \sigma_{\mathrm{f}} N_{5} \Phi - \lambda_{\mathrm{P}} P \\ \\ \frac{\mathrm{dS}}{\mathrm{dt}} = \lambda_{\mathrm{P}} P - \sigma_{\mathrm{S}} S \Phi \end{cases}$$

Pour le Xénon, on dispose du schéma suivant :

$$FISSIONS \xrightarrow{\gamma_{T}}^{135}Te$$
simplification
on néglige l'étape du Te
$$fissionS \xrightarrow{\gamma_{X}}^{135} Xe \xrightarrow{(T = 2mn)}^{135} Xe$$

$$fissionS \xrightarrow{\gamma_{X}}^{135} Xe \xrightarrow{(n,\gamma)}^{136} Xe$$

$$fissionS \xrightarrow{\gamma_{X}}^{135} Se \xrightarrow{(n,\gamma)}^{136} Xe$$

$$fissionS \xrightarrow{\gamma_{X}}^{135} Gs$$

$$fissionS \xrightarrow{\beta}^{135} Cs$$

$$fissionS \xrightarrow{\beta}^{135} Ba$$

Le système d'équations différentielles lié à ce schéma est alors :

$$\begin{cases} \frac{dI}{dt} = \gamma_{I}\sigma_{f}N_{5}\Phi - \lambda_{I}I\\ \\ \frac{dX}{dt} = \gamma_{X}\sigma_{f}N_{5}\Phi + \lambda_{I}I - \sigma_{X}X\Phi - \lambda_{X}X \end{cases}$$

avec :

P: concentration en Prométhéum

 ${\bf S}$: concentration en Samarium

I : concentration en iode

X : concentration en Xénon

t : temps (seconde)

 γ_p : rendement de fission pour les noyaux de prométhéum 149

 γ_i : rendement de fission pour les noyaux d'iode 135

 γ_x : rendement de fission pour les noyaux de xénon 135

 σ_{f} : section efficace de fission des noyaux U^{235} pour les neutrons thermiques (m²)

 Φ : flux de neutrons dans le cœur du réacteur (n/cm²/s)

 λ_P : constante de décroissance radioactive du prométhéum (s-1)

 λ_I : constante de décroissance radioactive de l'iode (s-1)

 λ_X : constante de décroissance radioactive du xénon (s-1)

 σ_P : section efficace de capture des neutrons thermiques par le prométhéum

 σ_X : section efficace de capture des neutrons thermiques par le xénon

	$\gamma_{ m i}$	λ_{i}	σ_{i}
Prométhéum	0,0139	$4,1.10^{-6} \mathrm{s}^{-1}$	-
Samarium	-	-	$5,3.10^4 \mathrm{~b}$
Iode	0,056	$2,87.10^{-5} \mathrm{~s^{-1}}$	
Xénon	0,003	$2,1.10^{-5} \mathrm{s}^{-1}$	$2,85.10^{6}\mathrm{b}$

Les constantes utilisés pour la résolution sont les suivantes :

Le temps de vie réduit des neutrons prompts vaut : $\theta_c = 5.10^{-4}$ s En prenant en compte les variations de flux imposées par l'utilisateur, les logiciels XENON et SAMARIUM résolvent les systèmes d'équation et affichent les valeurs calculées de Pm, Sm, I et Xe. La résolution est effectuée en utilisant une méthode numérique de type RUNGE et KUTTA d'ordre 2.

3. <u>Manuel utilisateur</u>

Cette partie décrit l'interface utilisateur des applications SAMARIUM/XENON.

Fenêtre principale

A partir du bureau de l'ordinateur, en double-cliquant sur l'icône des logiciels SAMARIUM et XENON : La fenêtre principale apparaît, les zones de cette dernière sont décrites à la page suivante.

> <u>Zone d'affichage de la courbe</u>

Dans cette zone s'affichent les courbes sélectionnées dans la boite de dialogue "Visualiser/Tracer..." (voir chapitre correspondant) en fonction du temps. En cliquant, à l'aide de la souris, sur la zone "courbe" de la fenêtre principale, l'utilisateur déclenche l'ouverture de la fenêtre "Coordonnées".

Fenêtre coordonnées

Cette fenêtre apparaît lorsque l'utilisateur clique dans la zone courbe de la fenêtre principale.

🗖 Coordonnées 🛛 🔀		
Temps (jours) :	182.7	
Flux (n.cm ⁻² .s ⁻¹) :	1.5E+0013	
Sm:	6.0E-0005	
Pm :	6.0E-0005	

Lorsque la fenêtre "Coordonnées" est ouverte, le curseur change et prend

l'apparence d'une flèche : de la pointe du curseur, en fonction des échelles choisies dans la boite de dialogue "Echelles".

<u>*Remarque*</u> : pour l'application **SAMARIUM** le temps est indiqué en **jours**, pour l'application **XENON**, ce même temps est indiqué en **heures**.



Boutons fléchés

Les boutons fléchés permettent à l'utilisateur de définir un profil de flux de neutrons en fonction du temps. La fonctionnalité de ces boutons diffère si le logiciel est en mode de fonctionnement "continu" ou "pas à pas".

<mark>ेर</mark>	*
ŧ	-

en mode de fonctionnement "**continu**" : l'action sur les flèches change la direction de la courbe "flux", la simulation n'est pas interrompue.

l'utilisateur déclenche l'ouverture de la boite de dialogue "Rampe ..."

- case à option "+" : la valeur de la rampe est positive (vers le haut) •
- case à option "-" : la valeur de la rampe est négative (vers le bas) •
- zone d'édition "rampe" : Valeur de l'angle de la rampe en % par minute. ٠
- bouton "OK" : ferme la boite de dialogue en prenant en compte les modifications
- bouton "Cancel" : ferme la boite de dialogue sans prise en compte des modifications

En mode de fonctionnement "pas à pas" : selon la flèche choisie, l'action sur une flèche incrémente d'une unité le flux, la simulation reste interrompue.

- flèche jaune : augmentation instantanée du flux de neutrons
- flèche verte : diminution instantanée du flux de neutrons
- flèche bleue : flux constant au cours du temps
- flèche rouge : rampe de flux. La pente de la rampe est définie dans la boite de dialogue "rampe ..."

ATTENTION, dans tous les cas il est impossible de corriger une valeur de flux à l'aide des flèches (aucun retour en arrière). Si une valeur erronée est choisie, le seul moyen de la corriger est de réinitialiser la simulation (bouton RAZ) et de recommencer. Pour plus de précision, utiliser le mode "pas à pas" du logiciel ...

Bouton "Pause/Reprend"

Le bouton a une double fonction :

- > en mode "continu", stoppe la simulation en cours ou la reprend
- > en mode "pas à pas", repasse en mode "continu" et relance la simulation

Bouton "Pas à Pas"

Le bouton permet de passer du mode de fonctionnement "continu" au mode de fonctionnement "pas à pas". Le mode de fonctionnement de l'application est rappelé dans la partie droite de la bande d'information en bas de la fenêtre principale.

Boite de dialogue "Rampe ..."

Lorsque la souris passe au dessus de la zone d'indication de la rampe, le curseur prend l'aspect ₾ . En cliquant avec la souris, suivant ·





➢ <u>Les menus</u>

Les menus accessibles à l'utilisateur sont énumérés dans le tableau ci-dessous :

Fichier	Options	Résolution	Aides
Ouvrir	Echelles 👁	Résoudre à	Index
		nouveau	
Enregistrer	Graduation des		A propos de
	axes 👁		
Enregistrer sous	Visualiser / tracer		
	👁		
Imprimer 👁	Couleurs		
Configuration de	Flux Max 👁		
l'impression			
Quitter		-	

Les menus repérés du signe "•" seront utilisés durant la séance de travaux dirigés. Ces options de menus sont décrites dans la partie suivante.

Menu "Imprimer"

L'option "Imprimer" du menu "Fichier" permet d'ouvrir la boite de dialogue suivante :

A partir de cette boite de dialogue, l'utilisateur peut personnaliser l'impression des courbes affichées à l'écran puis lancer leur impression.

pression		
Impression sur : HP LaserJet 1100 LPT1:	YConfig	
✓ Imprimer les ☐ Imprimer tou Titre :	<u>l</u> égendes t en <u>n</u> oir	
Modèle (2 gr	roupes)	
Nom :		
V OK	XAnnuler	

- Bouton "Config ..." : permet d'ouvrir la boite de dialogue relative à la configuration de l'imprimante, non utilisé durant les TP
- Case à cocher "imprimer les légendes : cette case permet d'imprimer ou non les légendes et les échelles des courbes
- Case à cocher "Imprimer tout en noir et blanc" : non utilisé durant les TP
- zone d'édition "Titre : " peut contenir la description des courbes devant être imprimées ("Manipulation N° " par exemple)
- zone d'édition "Nom : " : peut indiquer le nom de l'utilisateur, ou tout autre information devant être reportée sur l'impression.

➢ <u>Menu "Echelles"</u>

L'option "Echelles..." du menu "Options" permet d'ouvrir la boite de dialogue suivante :

Echelles	
Flux max :	1.0E+0014 neutrons/cm2/s (max : 1E14)
Sm max :	4.0E-0004 (max : 4.0E-4)
Pm max :	4.0E-0004 (max : 4.0E-4)
t max :	200 jours (max : 200)
🖌 ок	Valeur par défaut

- zones d'éditions : l'utilisateur peut fixer la valeur et maximale pour le flux de neutrons, ainsi que les valeurs maximales pour les concentrations en Sm et Pm (resp. I et Xe). De même l'utilisateur peut modifier la durée de la plage de simulation. Attention, durée en "jours" pour SAMARIUM et en "heures" pour XENON.
- bouton "OK" : fermeture de la boite de dialogue avec prise en compte des modifications
- bouton "Cancel" : fermeture de la boite de dialogue sans prise en compte des modifications.

Menu "Graduation des axes ..."

L'option "Graduation des axes ..." du menu "options..." permet d'ouvrir la boite de dialogue suivante :



- zone d'édition "nombre de graduation abscisses" : permet de fixer le nombre de division de l'axe des abscisse de la zone "courbe" de la fenêtre principale
- zone d'édition "nombre de graduation ordonnées" : permet de fixer le nombre de division de l'axe des ordonnées de la zone "courbe" de la fenêtre principale

En début de TD, fixer cette valeur à 10

• case à cocher "afficher la grille" : permet l'affichage ou non d'une grille dans la zone "courbe" de la fenêtre principale, cette grille est liée aux nombres de graduation choisis des deux axes

Menu "Visualiser/tracer"

L'option "Visualiser/Tracer..." du menu "Options" permet d'ouvrir la boite de dialogue suivante :

Cette boite permet de sélectionner les courbes devant être affichées et de choisir la valeur des Flux 1 et 2.

zones d'édition "Flux 1" et "Flux 2" : permettent de fixer la hauteur des flux secondaires par rapport au Flux dessiné par l'utilisateur. Ces flux sont nécessairement inférieurs au flux utilisateur (valeur <= 100%).



En cochant ou décochant les cases à cocher de cette boite de dialogue, l'utilisateur peut afficher ou non les courbes correspondantes à l'écran **et** à l'impression.

SAMARIUM : en début de TD, décocher les cases "Samarium pour flux 1", "Samarium pour flux 2", "Prométhéum pour flux 1", "Prométhéum pour flux 2" . Les autres cases à cocher sont maintenues cochées.

XENON : En début de TD, décocher les cases "Iode pour flux 1", "Iode pour flux 2", "Xénon pour flux 1", "Xénon pour flux 2" . Les autres cases à cocher sont maintenues cochées.

<u>*Remarque*</u> : Lorsqu'une simulation est en cours, la boite de dialogue "choix des courbes" change et les valeurs de Flux1 et Flux 2 ne sont modifiables.





Menu "Flux Max"

L'option "Flux Max..." du menu "Options" permet d'ouvrir la boite de dialogue suivante : zone d'édition " Valeur du flux ... " : L'utilisateur peut y fixer le flux maximal du réacteur. Ce flux doit être au plus égal à 1.10¹⁴ n/cm²/s.

4. <u>Travail préliminaire</u>

L'objet de cette partie est de s'assurer de la bonne compréhension des bases, éventuellement de se poser certaines autres questions, qui pourront être évoqués durant la séance.

- 1. Suite aux réactions de fission, un certain nombre de produits de fission ainsi que leurs descendants par filiation radioactive sont formés dans le combustible. Pour un réacteur en fonctionnement, on s'intéresse plus particulièrement au Samarium 149. Cochez la ou les affirmations exactes :
 - \Box le Samarium 149 est fissile
 - □ le Samarium 149 capture le bore
 - □ le Samarium 149 possède une grande capacité à capturer les neutrons thermiques
 - □ le Samarium 149 se désintègre pour donner du prométhéum
 - □ le Samarium 149 est une source de photo-neutrons
- 2. Le Samarium 149 est formé par la désintégration du Prométhéum. De quel type de désintégration s'agit-il ?
 - \Box désintégration β^-
 - \Box désintégration β^+
 - □ capture électronique
 - □ fission spontanée
 - □ conversion interne
- 3. Nous voulons étudier l'évolution de la concentration en Prométhéum initialement négligeable, lors d'une variation importante de flux au temps t=0. Calculez le temps au bout duquel la concentration est à 99% de la concentration à saturation.
- 4. On s'intéresse à la concentration à saturation du Prométhéum et du Samarium. Cochez les affirmations exactes :
 - oui, la concentration en Pm est proportionnelle au flux
 - non, la concentration en Pm est indépendante du flux
 - oui, la concentration en Sm est proportionnelle au flux
 - non, la concentration en Sm est indépendante du flux
 - □ les concentrations en Pm et Sm dépendent du flux mais pas linéairement
- 5. Soit $T_{sat}P$ le temps nécessaire pour atteindre la saturation du Prométhéum. Soit $T_{sat}S$ le temps nécessaire pour la saturation du Samarium. Cochez les réponses exactes :
 - $\Box \qquad T_{sat}P \text{ dépend du flux}$
 - \Box T_{sat}P ne dépend pas du flux
 - \Box T_{sat}S dépend du flux
 - \Box T_{sat}S ne dépend pas du flux
 - □ T_{sat}S dépend linéairement du flux
- 6. Expliquer l'évolution de la concentration en prométhéum durant les 20 jours suivant l'arrêt d'urgence d'un réacteur :
 - \Box le Pm continue à se former par fission
 - \Box le Pm reste à concentration constante
 - \Box le Pm continue à se former par désintégration β .
 - \Box le Pm disparaît complètement par désintégration β .
 - 🗆 🛛 le Pm disparaît complètement pour donner du Samarium

7. Sur les courbes d'évolution du Samarium, on constate qu'après un arrêt d'urgence le nombre de noyaux de Sm subit, au bout d'une vingtaine de jours, une variation :

 $\Delta S = \alpha N_u \phi$ Calculer α , donnez son unité.

- 8. Un réacteur est stable à un flux très inférieur à 10^{13} . De quels paramètres dépend la concentration du Xénon 135 à saturation ?
 - \Box du flux
 - de la température du modérateur
 - de la période de désintégration
 - □ de l'enrichissement
 - \Box de la pression
- 9. Le réacteur a fonctionné un certain temps à puissance constante. Les concentrations en iode et en Xénon atteignent des valeurs asymptotiques notées I \mathfrak{i} et X \mathfrak{i} . Le flux de ce réacteur est supérieur à 10¹⁴ n/cm²/s.
 - □ I∋ dépend du flux
 - \Box I is est proportionnel au flux
 - \Box X3 est proportionnel au flux
 - □ X∋ est indépendant du flux
 - □ X∍ dépend de l'enrichissement
- 10. La concentration en iode 135 à saturation dépend linéairement du flux de fonctionnement.
 - 🛛 vrai
 - □ faux
 - \Box vrai dans certaines conditions
- 11. Un réacteur stable a un flux supérieur à 10^{14} n/cm²/s.de quels paramètres dépend la concentration du Xénon 135 à saturation ?
 - \Box du taux de combustion
 - \Box du flux
 - \Box de la pression
 - de la période de désintégration
 - \Box de l'enrichissement
- 12. La présence d'une concentration de Xénon dans le combustible se traduit par un effet direct sur le facteur de multiplication, donc sur la réactivité du cœur. Le facteur de multiplication est le produit des 5 facteurs : keff = $\epsilon \eta f p P$

Cochez les paramètres affectés par la concentration en poisons neutroniques :

$$\Box$$
 ϵ : facteur de fission rapide

$$\Box \qquad \eta = \frac{\Sigma_{\rm f}}{\Sigma_{\rm a}} \frac{-}{\nu}$$

- $\hfill\square$ f : probabilité qu'un neutron absorbé dans le réacteur le soit dans le combustible
- \Box p : probabilité anti-trappe
- \Box P : probabilité de non fuite

5. <u>Manipulations</u>

SAMARIUM 1

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 jours

Dans 3 manipulations successives, à t = 0, le flux passe instantanément à une valeur $\phi 1$:

a) $\Phi 1 = 1.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ b) $\Phi 1 = 4.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ c) $\Phi 1 = 1.10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$



Renseignez le tableau suivant et commentez les valeurs :

		concentration à	Temps pour
		saturation	atteindre la
			saturation
Prométhéum	$\Phi 1 = 1 \ 10^{13} \ m/am^{2/a}$		
Samarium	$\Psi 1 = 1.10^{10} \text{ H/cm}^{-1}\text{s}$		
Prométhéum	$\Phi 1 = 4.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$		
Samarium			
Prométhéum $\Phi_1 = 1.1014 \text{ m/sm}^{2/3}$			
Samarium	$\Psi_1 = 1.10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$		

SAMARIUM 2

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 jours

Transitoire : dans 3 manipulations successives, à t = 0, le flux passe instantanément à une valeur ϕ 1, à t = 75 jours, un arrêt du réacteur intervient (ϕ = 0) pour :

a) Φ1 = 1.10¹³ n/cm²/s
b) Φ1 = 4.10¹³ n/cm²/s
c) Φ1 = 1.10¹⁴ n/cm²/s



Renseignez le tableau suivant :

		Avant arrêt du	u réacteur	Après arrêt du	réacteur
		concentration	Temps	concentration	Temps
		à saturation	pour	à saturation	pour
			atteindre		atteindre
			la		la
			saturation		saturation
Φ 1 = 1.10 ¹³	Prométhéum				
n/cm²/s	Samarium				
Φ 1 = 4.10 ¹³	Prométhéum				
n/cm²/s	Samarium				
$\Phi 1 = 1.10^{14}$	Prométhéum				
n/cm²/s	Samarium				

SAMARIUM 3

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 jours

Transitoire :

Dans 3 manipulations successives, à t = 0, le flux passe instantanément à une valeur $\phi 1$, à t = 75 jours, un arrêt du réacteur intervient ($\phi = 0$), à t = 150 jours, le réacteur redémarre et le flux reprend instantanément la valeur $\phi 1$:

a) Φ1 = 1.10¹³ n/cm²/s
b) Φ1 = 4.10¹³ n/cm²/s
c) Φ1 = 1.10¹⁴ n/cm²/s



Commentez les courbes obtenues

XENON 1

Les manipulations suivantes sont effectuées sur le logiciel XENON

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 heures

Transitoire :

Dans 4 manipulations successives, à t = 0, le flux passe instantanément à une valeur $\phi 1$, à t = 75 heures, un arrêt du réacteur intervient ($\phi = 0$) :

a) $\Phi 1 = 1.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ b) $\Phi 1 = 2.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ c) $\Phi 1 = 4.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ d) $\Phi 1 = 1.10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$



Renseignez le tableau suivant :

On prendra comme « pic xénon » l'ajout de xénon après arrêt (l'épaulement), et non pas la teneur en xénon (pic total en xénon).

		Avant arrêt du réacteur		Après arrêt du réacteur		
		concentration à	Temps pour	Hauteur	T1 : Instant	T2 : Instant
		saturation iode	atteindre la	du pic	à 50% pic	à 50% pic
		/ Xénon	saturation	Xénon	Xénon	Xénon
			iode / Xénon		avant pic	après pic
$\Phi 1 =$	1.10^{13}					
n/cm²/s						
Φ1 =	2.10^{13}					
n/cm²/s						
Φ1 =	4.10^{13}					
n/cm²/s						
Φ1 =	1.10^{14}					
n/cm²/s						

Commentez les valeurs reportées dans le tableau précédent

A votre avis, est-il plus facile de redémarrer avant ou après le pic Xénon ? Cela a-t-il des conséquences sur le pilotage du réacteur ?

Faire la simulation.

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 heures

Transitoire :

Dans 2 manipulations successives, à t = 0, le flux passe instantanément à une valeur $\phi 1 = 8.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$, à t = 75 jours, un arrêt du réacteur intervient ($\phi = 0$). Le réacteur est ensuite redémarré instantanément au flux $\phi 1$ aux instants T1 puis T2 déterminés lors de la manipulation précédente :



XENON 3

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 heures

Transitoires : dans les deux manipulations successives :

→ A t = 0, le flux prend instantanément la valeur $\phi_1 = 1.10^{14}$ n/cm²/s

> A t = 75 heures, le flux passe instantanément à la valeur ϕ_2

pour :

a) $\phi_2 = 2.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ b) $\phi_2 = 8.10^{13} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ ϕ_2 $\gamma_5 \text{ heures}$ 200 heures

Commentez les courbes obtenues

XENON 4

Etat initial	Réacteur à l'arrêt
Durée du transitoire	200 heures

Transitoire :

Ce transitoire vise à illustrer les variations de concentration en Xénon dans le cœur d'un réacteur à Eau sous Pression (REP) d'EDF en fonctionnement en mode suivi de charge.

A t = 0, le flux passe instantanément à ϕ_1 = 1.10¹⁴ n/cm²/s

A partir de 75 heures, le réacteur entre dans un fonctionnement cyclique :

- ➢ 3 heures pour passer de 100%PN à 50%PN
- ➢ fonctionnement stable à 50% PN pendant 6 heures
- ➢ 3 heures pour passer de 50%PN à 100 %PN
- ▶ etc ...



Commentez les courbes obtenues

Conclure quand aux conséquences en pilotage, compensation et suivi de la distribution de puissance.

Essayer de trouver des ordres de grandeur des variations de température associées, éventuellement en concentration en bore (récupérer des infos dans le cours).