

## Génie Atomique

# EXAMEN ÉCRIT DE NEUTRONIQUE

Novembre 2006

### Remarques :

- Durée de l'examen : 3 heures.
- Les documents de cours sont autorisés.
- Les notations non définies sont celles du "Précis de neutronique".
- Les trois problèmes sont indépendants les uns des autres.
- Barème de notation (sur un total de 20 points) :

Premier problème : 7 points

1	2	3	4	5
1,5	1,5	1,5	1,5	1

Deuxième problème : 6 points

1 ( $\Phi$ )	1 ( $k_\infty$ )	2	3
2,5	1,5	1	1

Troisième problème : 7 points

1 ( $dp/p$ )	1 ( $df/f$ )	1 (AN)	2	3	4
1,5	1,5	1	1	1	1

## I - Cinétique ponctuelle à un groupe de neutrons retardés

---

1/ Écrire les équations de la cinétique ponctuelle à un groupe de neutrons retardés en supposant que  $\theta$  est égal à  $\ell k$  avec  $\ell$  indépendant de  $k$  et en introduisant la réactivité  $\rho$ .

Données pour les applications numériques des questions suivantes :  
 $\beta = 0,7 \%$  ;  $\lambda = 0,1 \text{ s}^{-1}$  ;  $\ell = 2.10^{-5} \text{ s}$ .

2/ Pour une réactivité  $\rho$  indépendante du temps  $t$  et un mode évoluant proportionnellement à  $\exp(\omega t)$ , expliciter l'équation de Nordheim et donner l'expression de la plus grande des deux valeurs de  $\omega$  possibles. Applications numériques :  $\rho = \beta/2$ ,  $\rho = \beta$ , puis  $\rho = 3\beta/2$ .

3/ Si la réactivité  $\rho$  est faible, on peut simplifier l'équation de Nordheim en négligeant  $\omega$  devant  $\lambda$ . Expliciter l'expression approximative de  $\omega$  dans cette hypothèse. Application numérique :  $\rho = \beta/2$  ; comparer à la valeur exacte.

4/ Si la réactivité  $\rho$  est grande, on peut simplifier l'équation de Nordheim en négligeant  $\lambda$  devant  $\omega$ . Expliciter l'expression approximative de  $\omega$  dans cette hypothèse. Application numérique :  $\rho = 3\beta/2$  ; comparer à la valeur exacte.

5/ Comparer la valeur de  $\omega$  pour  $\rho = \beta$  aux valeurs données par les expressions approximatives précédentes.

## II - Pile "plaque" réfléchie à puissance uniforme

---

On traite la neutronique par l'équation de la théorie à un groupe de neutrons écrite sous la forme :

$$\Delta\Phi + \frac{k_{\infty} - 1}{M^2}\Phi = 0,$$

où  $\Phi$  est le flux neutronique.

Le réacteur, symétrique, est formé d'un cœur s'étendant dans tout l'espace compris entre les plans d'équations  $x = -a$  et  $x = +a$ , et, placé de part et d'autre, d'un réflecteur d'épaisseur infinie. Dans le cœur, la teneur en matière fissile peut varier d'un point à l'autre selon l'abscisse  $x$  de sorte que  $k_{\infty}$  est une fonction de  $x$ . L'aire de migration  $M^2$ , en revanche, est supposée indépendante de  $x$ . Dans le réflecteur,  $M^2$  est aussi indépendante de  $x$  et a la même valeur que dans le cœur. Le coefficient de diffusion est également supposé indépendant de  $x$  et a la même valeur dans le cœur et dans le réflecteur. On admet enfin que la puissance volumique est donnée par :

$$P(x) = K k_{\infty}(x)\Phi(x),$$

où  $K$  est une constante.

1/ Déterminer le flux neutronique  $\Phi(x)$  (à un facteur multiplicatif près) et la distribution  $k_{\infty}(x)$  de façon que le réacteur soit critique et soit caractérisé par une distribution de puissance uniforme dans tout le cœur.

2/ Applications numériques : calculer  $k_{\infty}(0)$  et  $k_{\infty}(a)$  pour  $a/M = 0,5$  ;  $a/M = 1$  ; puis  $a/M = 2$ .

3/ Cette pile à puissance uniforme vous paraît-elle réalisable avec un réseau du type REP (qu'on supposera homogénéisé) ?

### III - Effet de vide

1/ En utilisant les formules classiques donnant le facteur antitrappe et le facteur d'utilisation thermique pour une cellule hétérogène constituée uniquement d'un combustible et d'un modérateur, calculer au premier ordre l'effet en réactivité de la réduction de 1 % de la densité du modérateur. Application numérique :  $p = 0,8$  ;  $f = 0,92$  (cas REP sans bore), puis  $f = 0,78$  (cas REP avec forte concentration de bore en solution dans l'eau du circuit primaire). On négligera la variation du facteur de Dancoff et du facteur de désavantage.

2/ Si l'on tient compte de la variation de l'effet Dancoff, dans quel sens est modifié l'effet sur  $p$  ?

3/ À votre avis, la variation du facteur de désavantage risque-t-elle de modifier de façon significative l'effet sur  $f$  ?

4/ On remplace le combustible standard par du combustible MOX. On admet que le facteur  $p$  n'est pas modifié et que la section efficace macroscopique d'absorption du combustible dans le domaine thermique est 2,5 fois plus grande. Quelles sont les nouvelles valeurs de  $f$  (sans et avec bore) et de ses variations pour 1 % de réduction de la densité du modérateur ? Commenter.

