



#### 4. Durée de vie d'un neutron et temps de génération (définitions, calculs, ordre de grandeur, lien entre ces deux temps).

La vie du neutron se termine **soit par la fuite** (probabilité de fuite  $P_f$ , ou de non-fuite  $P_{nf}$ ), ou par **une absorption** par le milieu supposé homogène, et de section efficace macroscopique d'absorption variable (effets des absorbants mobiles par exemple). Le libre parcours moyen d'absorption, que le neutron, survivant des fuites, est parcouru à la vitesse ( $v$ ) pour un durée de vie :

$$l = \frac{1}{v \Sigma_a} P_{NF}$$

Le **temps de génération** (temps moyen pour donner un seul successeur à un neutron) est estimé à partir de la durée que met un neutron monocinétique à parcourir son libre parcours de fission, et au bout duquel il génère plusieurs neutrons :

$l^* = \frac{1}{v \Sigma_f}$  On remarque que :

$$\frac{l}{l^*} = \frac{v \Sigma_f}{\Sigma_a} P_{nf} = k_{\infty} P_{nf} = k_{eff} \quad l = l^* k_{eff}$$

La **durée de vie est pilotable** par variation des absorptions (mouvements de grappes d'absorbants, mise en alarme des groupes d'absorbants, concentration en bore du fluide primaire). Le **temps de génération** n'évolue que par disparition des éléments fissiles, donc par **usure du combustible**.

L'ordre de grandeur de ces deux termes est de  $10^{-4}$  secondes pour un REP modéré à l'eau légère.

#### 5. Savoir écrire les bilans en neutrons et en précurseurs.

Revoir le cours et le raisonnement pour arriver à un **système de deux équations à deux inconnues  $n(t)$  et  $C(t)$**  :

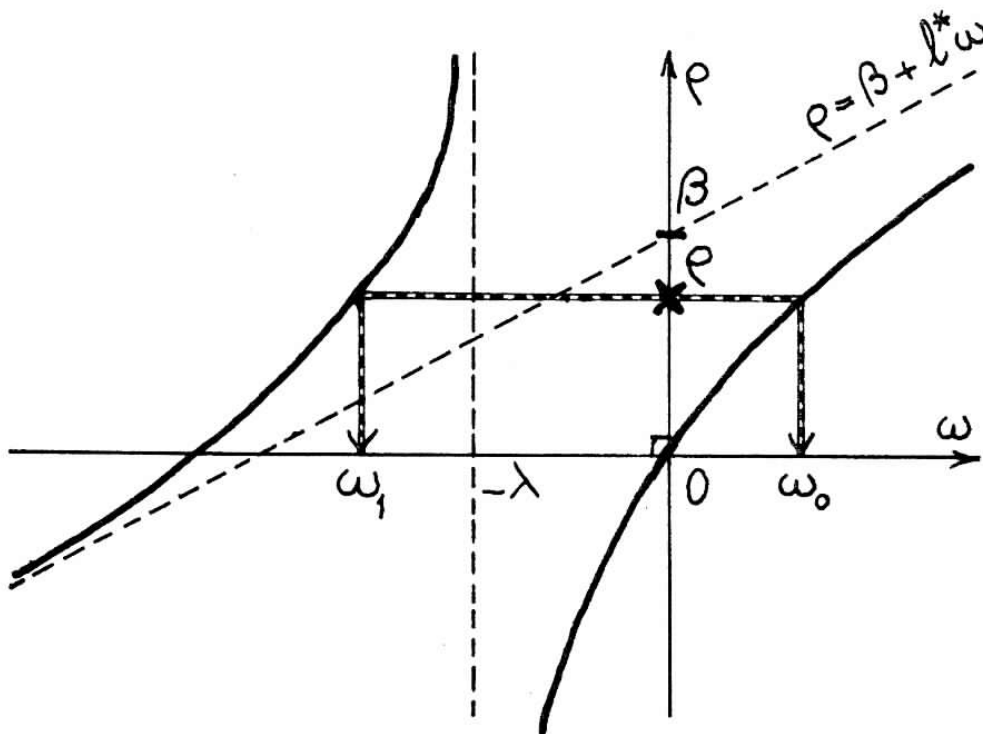
$$\begin{aligned} \frac{dn(t)}{dt} &= \frac{\rho - \beta}{l^*} \cdot n(t) + \lambda \cdot C(t) \\ \frac{dC(t)}{dt} &= \frac{\beta}{l^*} \cdot n(t) - \lambda \cdot C(t) \end{aligned}$$

*la résolution n'est pas à connaître du point de vue mathématiques...*

## 6. Courbe de Nordheim (à bien connaître) : origine, utilisation, approximations.

Il faut comprendre comment elle est établie, à partir d'une **approximation exponentielle des solutions possibles**, puis d'une écriture permettant une lecture graphique directe. **A une réactivité donnée**, on détermine les deux **pulsations** dont dépend la croissance de la population.

Remarquer que **la pulsation la plus courte** est lue sur la partie de la courbe qui passe par l'origine. L'autre pulsation est toujours négative, et traduit le seul **réarrangement des neutrons prompts**.



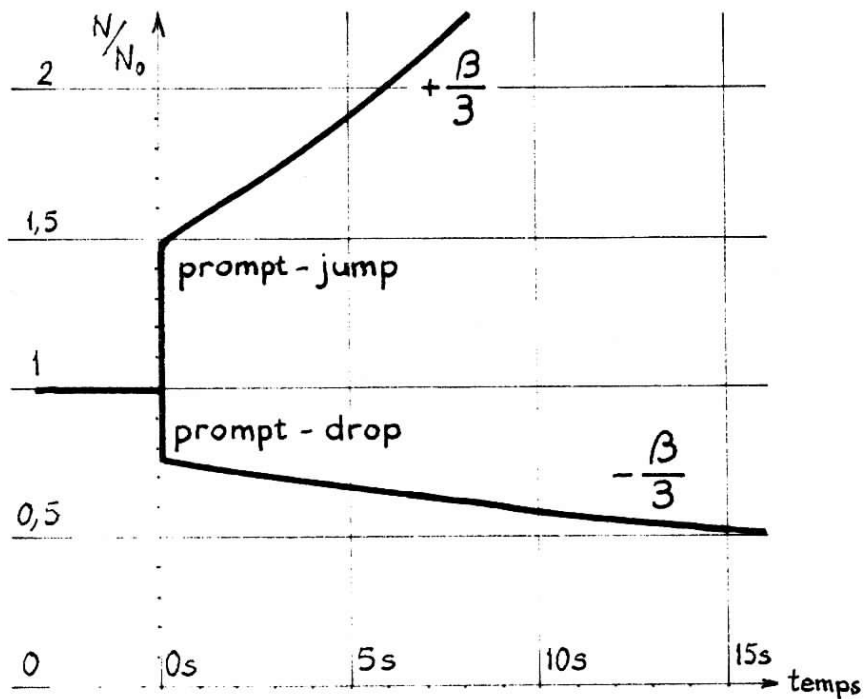
## 7. Circonstances conduisant à la prompt criticité : coefficient de croissance.

A commenter en imposant une **réactivité supérieure à  $\beta/2$**  soit à proximité de l'asymptote oblique à très faible pente. Ces circonstances pourraient être rencontrées en cas de **montée trop rapide des absorbants mobiles**, ou d'un **accident d'éjection de grappes**, une introduction trop brutale d'eau froide, etc.

## 8. Saut-prompt et chute-prompt : valeur en fonction de la réactivité.

Le "**prompt jump**" (ou saut prompt) a une amplitude de :  $n_1 = \frac{\beta}{\beta - \rho} \cdot n_0$

La chute prompt est bien sûr symétrique mais de moindre ampleur (un calcul mathématique le prouve facilement).



### 9. Savoir expliquer l'approche sous-critique.

L'opérateur surveille le **taux de doublement sur l'octavemètre**. Il voit donc la population augmenter, **sans savoir si cela mène à une stabilisation ou une croissance exponentielle...**

Il doit donc opérer une **approche très lente de la criticité** en surveillant le niveau de stabilisation de la **population équilibrée** en situation sous-critique sous **l'effet de la source de démarrage**.

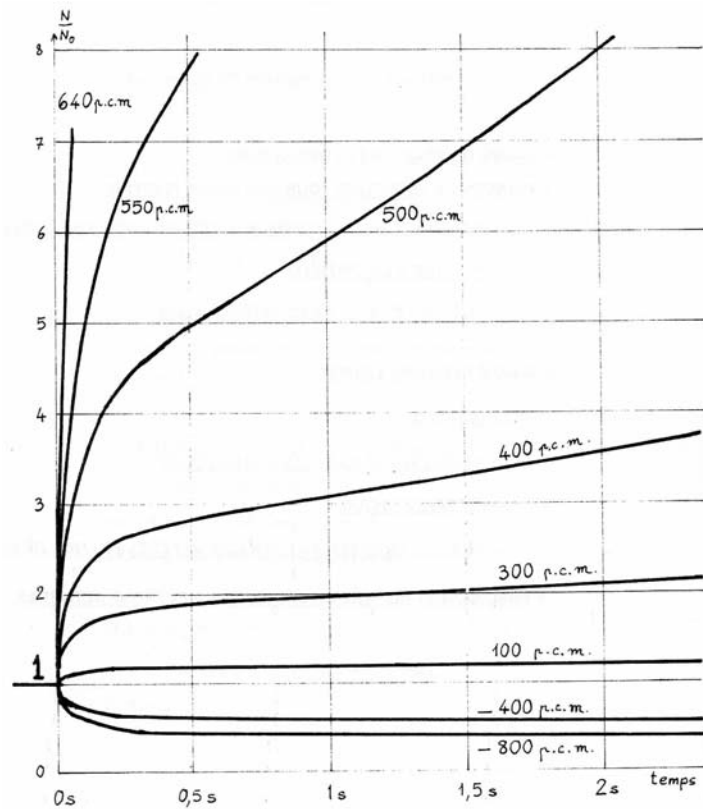
$$n(\text{stabilise}) = - \frac{S(\text{source}) \cdot l^*}{\rho(\text{sous-critique})} \quad (\text{voir exercice...})$$

### 10. Notion de temps de doublement et octavemètre.

$$n_0 \exp\left(\frac{\rho}{l^*} T_d\right) = 2n_0 \Leftrightarrow \exp\left(\frac{\rho}{l^*} T_d\right) = 2 \Leftrightarrow \ln 2 = \frac{\rho}{l^*} T_d \quad \boxed{T_d = \ln(2) \cdot T = 0.693 \cdot \left(\frac{l^*}{\rho}\right)}$$

Généralement l'opérateur conduit une divergence autour de 2 octaves minute, soit un **doublement toutes les 30 secondes**. Du fait des neutrons retardés, cela se traduit par une **sur-criticité de l'ordre de 120 pcm**. Au delà de 4 à 6 octaves minutes, le contrôle commande peut interdire la montée des grappes ou la dilution du bore, voire insérer les grappes ou injecter du bore pour ramener le réacteur à l'état sûr.

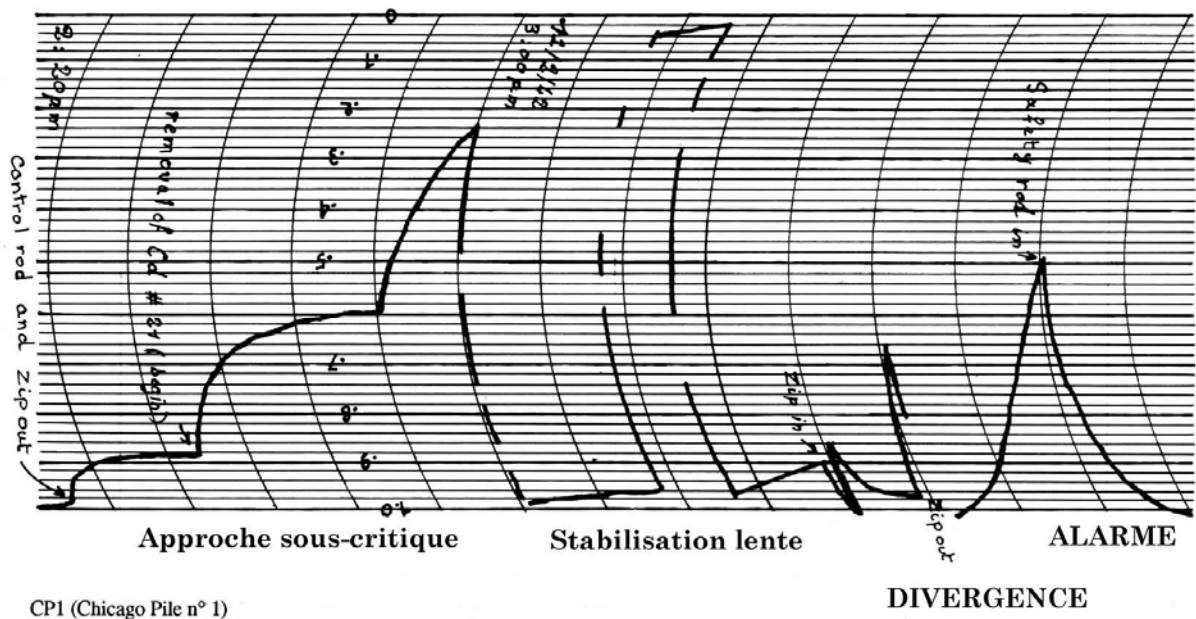
## 11. Coefficient de croissance de la population après les sauts-prompt.



Remarquer les échelles de temps. Conclure sur le danger au delà de  $\beta/2$ .

## 12. Savoir commenter les enregistrements de la pile de Fermi.

Le dessin se suffit à lui-même :



CPI (Chicago Pile n° 1)