

Exercices - Série 7

Exercice 1

Estimez les différents ordres de grandeur suivants :

- La densité de puissance de fusion dans le Soleil P_{fus} [W/m³]. *Indication : la densité de protons dans le Soleil est $n_p \sim 10^{32} \text{ m}^{-3}$ et la fréquence de fusion est de l'ordre de $\langle n_p \sigma v \rangle \sim 10^{-18} \text{ s}^{-1}$.*
- Le volume d'un réacteur de fusion de 1GW thermique sous les mêmes conditions que le Soleil. Comparez au volume de plasma dans ITER ($V \approx 800 \text{ m}^3$).
- La pression du plasma à l'intérieur du réacteur ITER ($n \sim 10^{20} \text{ m}^{-3}$, $T \sim 10 \text{ keV}$ et $B \sim 3 \text{ T}$). Comparez à la pression atmosphérique (1 atm $\approx 10^5 \text{ Pa}$).
- La masse de combustible nécessaire par jour pour produire 1GW thermique dans un réacteur à fusion type ITER.
- La puissance par unité de volume radiée par le mouvement cyclotronique des électrons dans un tokamak type ITER.
- Le rapport entre la puissance radiée par brehmstrallung et la puissance de fusion des particules d'Hélium (α) dans ITER.

Exercice 2

Au-dessus du critère d'ignition, $nT\tau_E \gtrsim 3 \times 10^{21} \text{ m}^{-3} \text{ keV s}$, il n'est alors plus nécessaire de chauffer le plasma et toute production électrique est purement bénéficiaire. Cependant, il n'est pas nécessaire de satisfaire ce critère pour que la centrale aie une production nette d'énergie électrique.

En supposant une efficacité de conversion "puissance thermique - puissance électrique" de $\eta = 0.6$ dans les deux sens, et en négligeant les pertes par radiation :

- trouvez l'expression du facteur f , tel que $P_{el}^{in} = f P_{el}^{out}$ en fonction de P_α and P_{con}
- calculez la valeur minimale du produit triple pour avoir une production nette d'électricité, i.e. pour $f < 1$
- en déduire l'expression du facteur de qualité "ingénieur", défini par $Q_e = \frac{P_{el,net}^{out}}{P_{el}^{in}} = \frac{1-f}{f}$, en fonction de Q