

# TD LUNETTE ASTRONOMIQUE ET CENTRALE NUCLÉAIRE

## I Lunette astronomique

Une lunette astronomique est un ensemble de deux lunettes convergentes de même axe optique. On appelle la première lentille l'objectif, de focale  $f'_1$  et la deuxième l'oculaire de focale  $f'_2$ . L'intérêt de la lunette astronomique est de faire à l'infini une image agrandie d'un objet étendu à l'infini. En l'occurrence, on va utiliser ici la lunette pour observer la planète Vénus, qui a un diamètre apparent  $\alpha$ .

- I. 0. 1. Le rayon de Venus est de  $6,1 \times 10^3$  km, et lorsqu'elle est le plus proche de la Terre elle est située à environ 42 millions de km de la Terre. Quel est son diamètre apparent ? Comparez le au pouvoir séparateur de l'œil.
- I. 0. 2. Où se forme l'image de Vénus après la traversée de l'objectif ?
- I. 0. 3. Où doit se former l'image de Vénus après la traversée de la lunette pour que l'astronome l'observe sans accommoder ? Où doit donc être l'image de Venus après l'objectif ? Déduisez-en la valeur de la distance  $\Delta$  entre les deux lentilles.
- I. 0. 4. Faites un schéma de la lunette pour  $f'_1 = 5f'_2$  et  $f'_2$  valant 2 carreaux. Vous représenterez la traversée de la lunette par un faisceau de rayons lumineux non parallèles à l'axe optique (on ne respectera pas l'échelle angulaire pour le diamètre apparent).
- I. 0. 5. L'image par la lunette est-elle droite ou renversée ?
- I. 0. 6. On définit le grossissement  $G$  de la lunette comme le rapport entre le diamètre apparent après la lunette  $\alpha'$  et le diamètre apparent à l'œil nu  $\alpha$ . Que vaut le grossissement de cette lunette (on rappelle qu'aux petits angles  $\tan \theta = \sin \theta = \theta$ ) ? Quel est le diamètre apparent de Vénus vue à travers cette lunette ?

## II Centrale nucléaire

La France compte 19 centrales nucléaires en exploitation, dans lesquelles tous les réacteurs (58 au total) sont des réacteurs à eau pressurisée (REP). Actuellement, ces installations produisent près de 80% de l'électricité produite en France. Le but de ce problème est d'étudier quelques aspects liés au fonctionnement d'une centrale nucléaire REP.

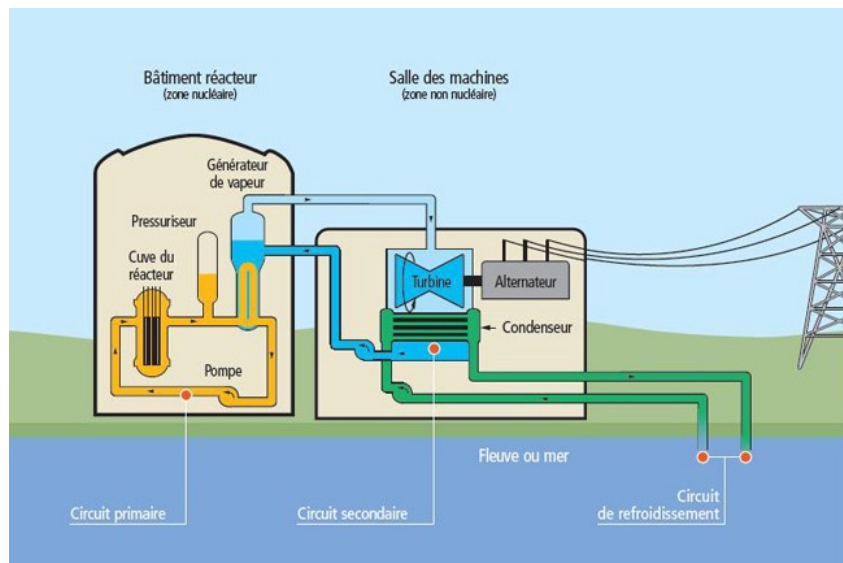


FIGURE 1 – Schéma de principe d'une centrale REP.

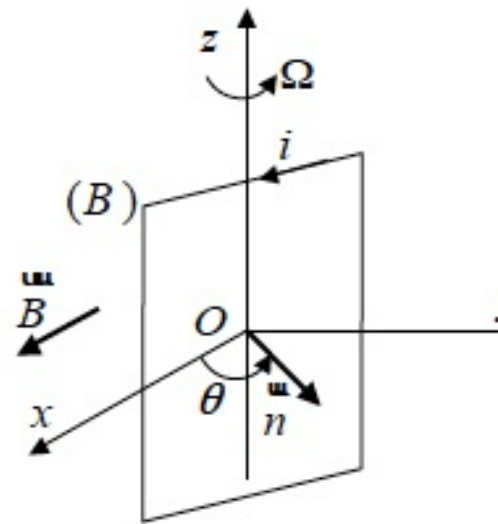
Une centrale nucléaire est un site industriel destiné à la production d'électricité, qui utilise comme chaudière un réacteur nucléaire pour produire de la chaleur. Une centrale nucléaire REP (Réacteur à Eau Pressurisée) est constituée de deux grandes zones (voir figure 1) :

- une zone non nucléaire (salle des machines). Dans cette partie, semblable à celle utilisée dans les centrales thermiques classiques, s'écoule de l'eau dans un circuit secondaire. Cette eau est évaporée dans le Générateur de Vapeur (GV) par absorption de la chaleur produite dans la zone nucléaire, puis elle entraîne une turbine (T) couplée à un alternateur produisant de l'électricité, ensuite elle est condensée au contact d'un refroidisseur (rivière ou mer ou atmosphère via une tour aéroréfrigérante) et enfin, elle est comprimée avant d'être renvoyée vers le générateur de vapeur ;
- une zone nucléaire (dans le bâtiment réacteur), où ont lieu les réactions nucléaires de fission, qui produisent de l'énergie thermique et chauffent ainsi l'eau sous pression circulant dans le circuit primaire. Le transfert d'énergie thermique entre le circuit primaire et le circuit secondaire se fait dans le générateur de vapeur, où la surface d'échange entre les deux fluides peut atteindre près de  $5000 \text{ m}^2$  (réseau de tubulures).

### III Production et transport de l'électricité

#### III. 1 Alternateur

Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Le phénomène d'induction électromagnétique permet de comprendre le fonctionnement de ce dispositif. On étudie dans cette partie le principe de l'alternateur. On représente le rotor (partie mobile) de l'alternateur comme une bobine plate ( $B$ ) de  $N$  spires rectangulaires de centre  $O$ , de surface  $S$  chacune et d'axe orienté par la normale  $\vec{n}$ . La bobine tourne autour de son axe de symétrie ( $Oz$ ) passant par les deux milieux de côtés opposés avec une vitesse angulaire constante  $\Omega$  dans une région de l'espace où règne un champ magnétique extérieur  $\vec{B}_e = B_0 \vec{e}_x$  homogène, uniforme et stationnaire orthogonal à l'axe de rotation. On néglige le champ magnétique propre créé par les courants induits dans la bobine ( $B$ ) de résistance  $R$  devant le champ extérieur  $\vec{B}_e$ .



On prendra à la date  $t = 0$ ,  $\vec{B}_e$  et la normale à la bobine parallèles et de même sens.

- III. 1. 1. Exprimer le flux magnétique  $\Phi$  embrassé par les spires de la bobine ( $B$ ).
- III. 1. 2. En déduire l'expression de la force électromotrice  $e$  induite par le mouvement de la bobine et donner sa valeur maximale  $e_M$ .
- III. 1. 3. Établir l'expression du courant  $i$  induit dans la bobine et donner sa valeur maximale  $i_M$ .
- III. 1. 4. Établir l'expression du couple électromagnétique  $\Gamma_L$  des forces de Laplace exercées sur la bobine. Calculer sa valeur moyenne dans le temps  $\langle \Gamma_L \rangle$ .
- III. 1. 5. Établir l'expression de la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule dans la bobine. Calculer sa valeur moyenne  $\langle P_J \rangle$ .
- III. 1. 6. Déterminer l'expression du couple  $\Gamma_z$  suivant l'axe ( $Oz$ ) qu'il faut exercer pour maintenir la rotation de la bobine et calculer sa valeur maximale  $\Gamma_M$ .

#### III. 2 Transport d'électricité

On étudie dans cette partie la nécessité d'utiliser des lignes de hautes tensions pour le transport de l'énergie électrique. On souhaite fournir à un utilisateur, situé à l'extrémité d'une ligne bifilaire de longueur  $l = 50 \text{ km}$ , une puissance  $P = 10 \text{ MW}$  avec moins de 10% de pertes sous une tension alternative de valeur efficace  $U$ . On note  $I$  l'intensité du courant dans les câbles acheminant l'électricité. On donne la résistivité du cuivre :  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .

- III. 2. 7. On modélise chaque câble de la ligne par un conducteur ohmique cylindrique en cuivre, de résistivité  $\rho$ , de longueur  $l$  et de section  $s$ . Rappeler l'expression de la résistance  $R$  d'un tel conducteur.
- III. 2. 8. Donner l'expression de la puissance utile  $P_u$  acheminée par la ligne.
- III. 2. 9. Exprimer la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule dans les câbles.
- III. 2. 10. En déduire l'expression de la résistance  $R$  des câbles en fonction de  $P_u$ ,  $P_J$  et  $U$ .
- III. 2. 11. Calculer la résistance  $R$  et la section  $s$  des câbles pour  $U = 220$  V, puis pour  $U = 200$  kV. Conclure sur l'utilisation de la haute tension pour minimiser les pertes.
- III. 2. 12. Afin d'augmenter la tension et de diminuer l'intensité dans la ligne, on utilise deux transformateurs de tension, un en élévateur (après l'alternateur) et un en abaisseur (à la réception).
- III. 2. 12. a.) Quel type de conversion réalise un transformateur ?
- III. 2. 12. b.) Expliquer brièvement son principe.