

Durée : 2 h - Documents autorisés : notes personnelles manuscrites, documents papier distribués pendant les cours et "Aide-mémoire ..."

1. Introduction à l'énergie nucléaire (5 points).

Remplir le QCM remis séparément (1^{ère} partie) et le rendre avec votre copie.

2. Centrales nucléaires - Sûreté (4 points).

Remplir le QCM remis séparément (2^{ème} partie) et le rendre avec votre copie.

3. Centrales nucléaires - Tours de refroidissement (1 point).

Démontrer que la forme optimale des tours de refroidissement des centrales nucléaires est celle d'un hyperboloïde de révolution à une nappe.

4. Turbines à vapeur (5 points).

4.1. Quel est l'intérêt du diagramme de Mollier (H, S) (voir Fig. 1 ci-dessous) par rapport au diagramme entropique (T, S) ?

4.2. Donner les valeurs h (enthalpie massique) des vapeurs dont les caractéristiques sont :

		Pression absolue, en bar	Température, en °C
a	Turbine classique, à l'entrée du corps HP	160	560
b	Turbine classique, à la sortie du corps HP	30	350
c	Turbine supercritique, à l'entrée du corps HP	253	538
d	Turbine nucléaire, à l'entrée du corps HP	68	284

4.3. Calculer la puissance fournie par un corps HP dont les données sont :

- Caractéristiques de la vapeur : cas a et b du tableau ci-dessus.
- Débit massique : 720 t/h.

4.4. Sachant que, pour une pression absolue de 68 bar,

- l'enthalpie massique de la vapeur saturée est de 2776 kJ/kg,
 - l'enthalpie massique de l'eau bouillante est de 1257 kJ/kg,
- quelle est l'enthalpie massique d'une vapeur dont le titre est de 0,98 ?

4.5. Dans des conditions de sources chaude et froide identiques, quel est, parmi les cycles ci-dessous, celui qui a théoriquement le meilleur rendement ?

- Cycle de Hirn.
- Cycle de Rankine.
- Cycle de Hirn avec double resurchauffe et soutirages.
- Cycle avec soutirages.
- Cycle de Hirn avec resurchauffe.

TE53 – Automne 2012
Sujet de l'Examen MEDIAN
16/11/2012

4.6. Dans un écoulement de fluide compressible parfait, quelles sont, parmi les caractéristiques citées ci-dessous, celles qui sont conservées ?

- Débit volumique.
- Enthalpie totale.
- Energie cinétique.
- Débit massique.
- Quantité de mouvement.

4.7. Calculer la force centrifuge de la plus grande ailette d'une turbine de 600 MW, lorsqu'elle fonctionne à sa vitesse nominale de 3000 tr/min.

Les caractéristiques de cette ailette sont :

- Longueur : 1044 mm.
- Masse : 30 kg.
- Diamètre de base : 2000 mm.
- Position du centre de gravité : au 1/3 de la longueur, côté axe de rotation.

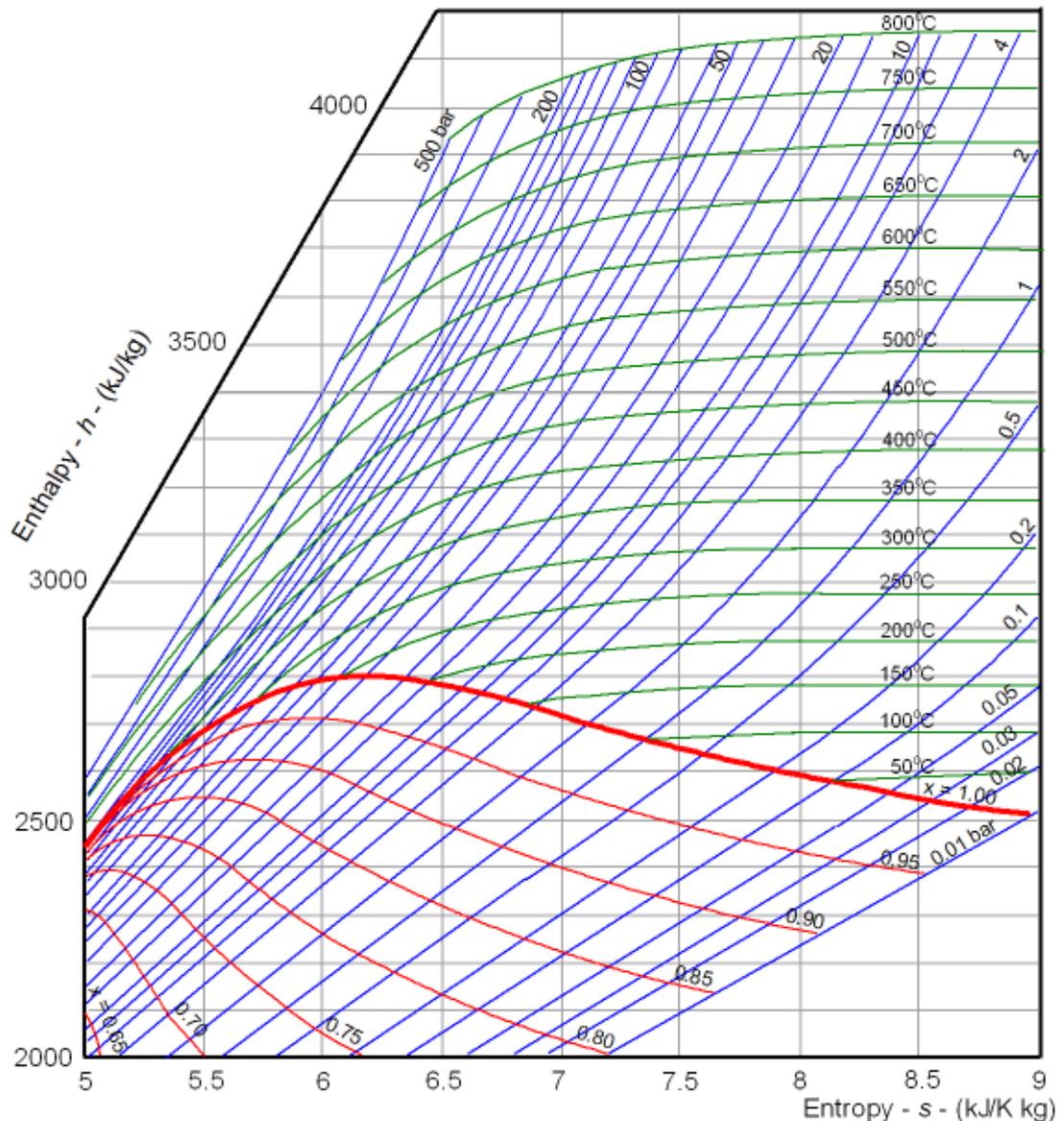


Fig. 1 : Diagramme de Mollier de l'eau et de la vapeur.

5. Centrales au charbon (5 points).

Le procédé d'une centrale thermique de classe 800 MW bruts est donné Fig. 2 ci-dessous. Ce schéma situe les principaux composants de la centrale et donne les caractéristiques de l'eau (liquide, vapeur ou diphasique) en différents points.

Remarquer que les débits sont exprimés en kg/s et les enthalpies massiques en kJ/kg (Attention : les chiffres sont donnés avec un point "." décimal et une virgule "," comme séparateur des milliers).

En étudiant le schéma, établissez les caractéristiques principales de cette centrale :

- 5.1. Type de cycle ? : (sous critique, supercritique)
- 5.2. Nombre de resurchauffes ? : (sans, simple, double ...)
- 5.3. Entraînement de la pompe alimentaire ? : (moteur, turbine ...)
- 5.4. Nombre et types (HP, BP) de réchauffeurs ?
- 5.5. Paramètres vapeur du cycle ? : (pressions et températures).
- 5.6. Niveau de pression du condenseur ?
- 5.7. Température de fin de poste d'eau (à l'entrée de la chaudière) ?

Les questions suivantes ont pour but de déterminer le rendement électrique net et le revenu journalier de cette centrale.

Données :

- La centrale consomme du charbon de PCI égal à 22 MJ/kg.
 - Le rendement chaudière est de 95%.
 - Le coût de ce charbon est de 3 €/GJ.
 - La puissance et les pertes des auxiliaires électriques sont de 38 MW.
 - Le prix de vente de l'électricité négocié par la centrale est de 50 €/MWh.
- 5.8. Quelle est la puissance fournie par la chaudière à la vapeur qui alimente la turbine HP ("Primary Steam") ?
 - 5.9. Quelle est la puissance fournie par la chaudière à la vapeur lorsqu'elle est resurchauffée ("Reheated Steam") ?
 - 5.10. Quelle est la puissance totale fournie par la chaudière ?
 - 5.11. Quelle est la puissance totale consommée par la chaudière ?
 - 5.12. Quel est le débit massique de charbon nécessaire ?
 - 5.13. Quelle est la masse de charbon consommée en une journée ?
 - 5.14. Quel est le coût du charbon consommé en une journée ?
 - 5.15. Quelle est la puissance électrique nette livrée au client ?
 - 5.16. Quel est le rendement électrique net de la centrale ?
 - 5.17. Quel est le prix facturé au client chaque jour (si la centrale fonctionne en permanence à sa puissance nominale) ?

TE53 – Automne 2012
Sujet de l'Examen MEDIAN
16/11/2012

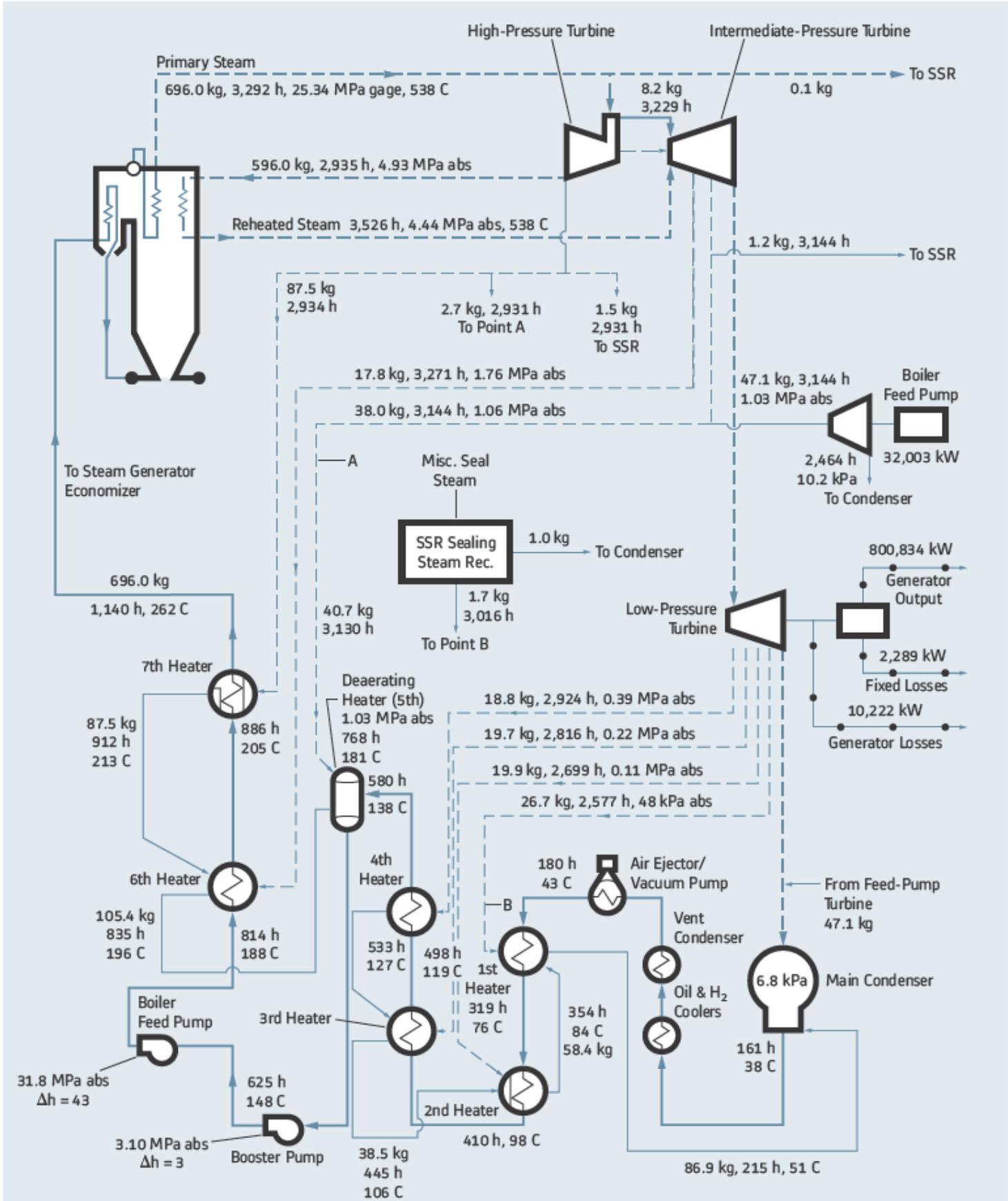


Fig. 2 : Schéma de procédé de la centrale de 800 MW.

6. Centrales au charbon - auxiliaires (4 points).

- 6.1. Dessiner schématiquement le circuit air/fumée/charbon d'une centrale à charbon pulvérisé ayant un système de capture de poussière électrostatique, une capture de NOx ainsi qu'une unité de désulfuration.
- 6.2. Quel type de broyeur (parmi les 3 cités ci-dessous) serait utilisé pour un charbon ayant les caractéristiques suivantes : Humidité : 53.2% ; Cendres : 16% ; Matières volatiles : 17% ?
 - Vertical Bowl Mill;
 - Horizontal ball tube Mill;
 - Beater Wheel Mill.
- 6.3. Qu'est-ce qui différencie une chauffe indirecte d'une chauffe directe ?
Quels est son principal avantage ?
- 6.4. Expliquer schématiquement le fonctionnement d'une désulfuration par eau de mer (SWFGD : Sea Water Flue Gas Desulfurization) ?