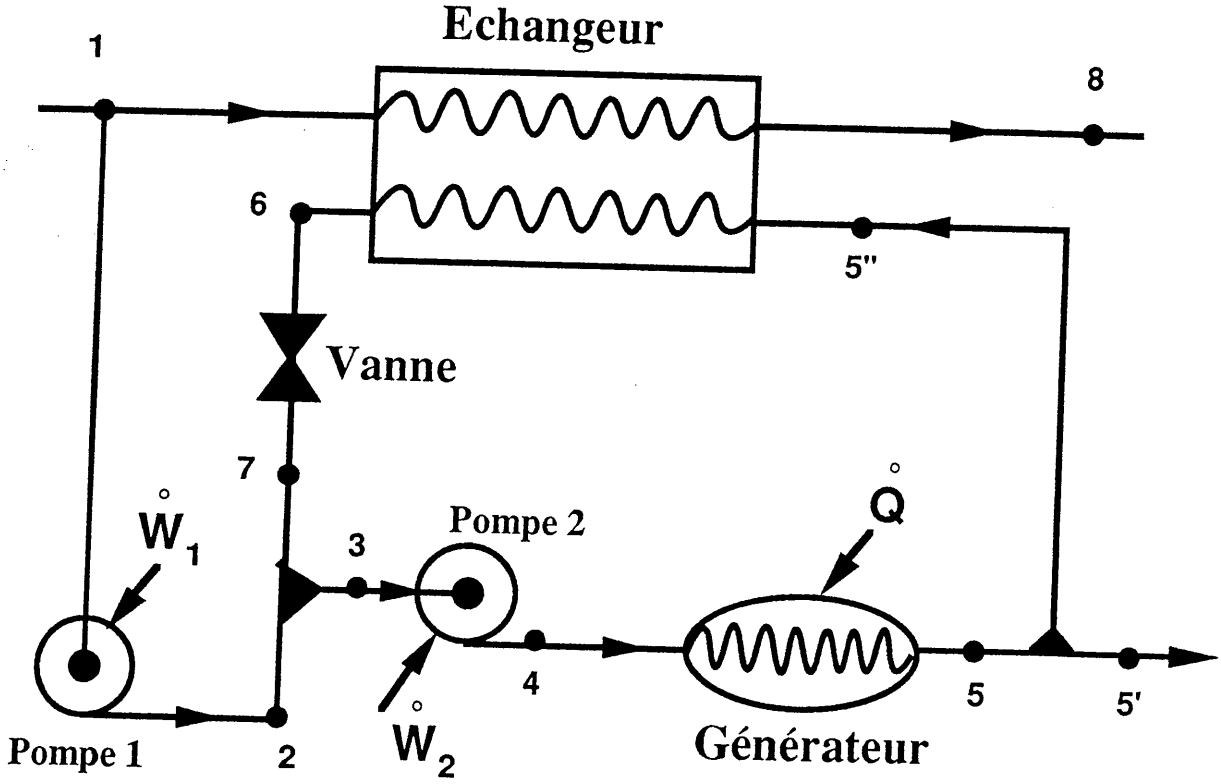
TD N°4 DE THERMODYNAMIQUE

I/ Bilan de masse, de pression, d'énergie et d'entropie

Dans une usine on veut produire par heure :

- 2 tonnes de vapeur d'eau à 15 bar, 300°C
- 800 Kg d'eau chaude à 2 bar, 90°C

Le circuit est constitué d'un générateur de vapeur G, d'un échangeur à surface E, de deux pompe P_1 et P_2 et d'une vanne de réglage V.



L'objectif est d'effectuer un diagnostic complet de cette installation, en particulier :

- de déterminer (bilan de pression, masse, énergie)
  - les variations théoriques de température dans P_1, P_2 et V
  - Q : la chaleur nécessaire par heure dans le générateur
  - W : le travail nécessaire par heure dans les pompes
- de calculer la production d'entropie dans l'installation, la température de la source de chaleur du générateur de vapeur étant de 1200°C.

Pour simplifier, on négligera la dissipation mécanique (sauf dans V) et on supposera les évolutions adiabatiques (sauf dans G)

On utilisera le diagramme (T, s) de l'eau en remarquant que l'origine des potentiels correspond au point triple de l'eau (T = 0,01°C, P = 6 mbar)

Pour l'état liquide :

$Cp = 4{,}19$ KJ/Kg (valeur moyenne à peu près constante entre 0 et 100°C)

α : coefficient de dilatation isobare de l'ordre de 10^{-3} K^{-1}

K_T : coefficient de compressibilité isotherme égal à 10^{-4} bar^{-1}

1°/ Question préliminaire

Expliquer le fonctionnement global de l'installation. Préciser les portions de circuit où l'eau se trouve sous phase vapeur ou liquide (justifier les réponses)

2°/ Bilan de masse et de pression

En raisonnant sur la conservation des débits massiques et sur les relations aux noeuds, écrire les équations liant les différents débits massiques. Déterminer les pressions aux différents points indiqués.

3°/ Bilan d'énergie

On étudiera successivement l'échangeur, la vanne, les pompes 1 et 2 et le générateur de vapeur. Avant d'obtenir les températures, on déterminera tout d'abord les enthalpies massiques au différents points du circuit. Certaines sont directement accessibles par les tables ou diagrammes, les autres seront calculés (1er principe, équation de Gibbs ...)

Déduire des bilans : W_1, W_2 et Q

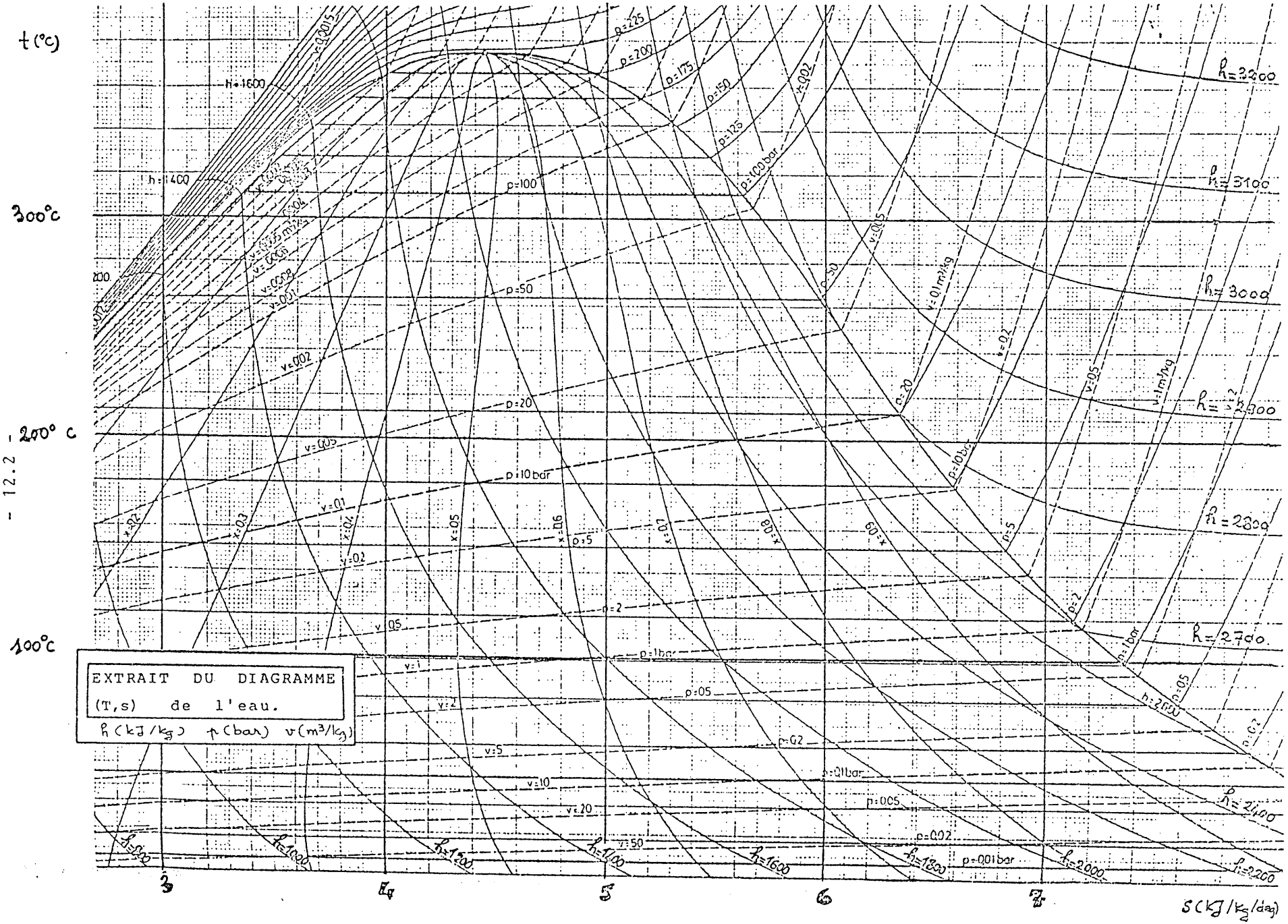
Effectuer un bilan global entrée-sortie.

4°/ Bilan d'entropie

Pour la vapeur et le liquide, déterminer les entropies massiques dans le circuit. Grâce à un bilan d'entropie local sur chaque élément puis global sur l'installation, localiser la source majeure de l'irréversibilité.

NB : Les résultats obtenus progressivement grâce à des bilans couplés de masses, pressions et énergie pourront être regroupés dans le tableau suivant où figurent déjà quelques mesures expérimentales de pression et température effectuées sur l'installation :

	1	2	3	4	5	5'	5''	6	7	8
P (bar)	2	13			15					2
T (°C)	25				300			45		90
m (kg/h)										
h (kJ/kg)										
s (kJ/k/kg)										



EXTRAIT DU DIAGRAMME (T,s) de l'eau.

h (kJ/kg) p (bar) v (m³/kg)

- 12.2