

## TD N°7 DE THERMODYNAMIQUE

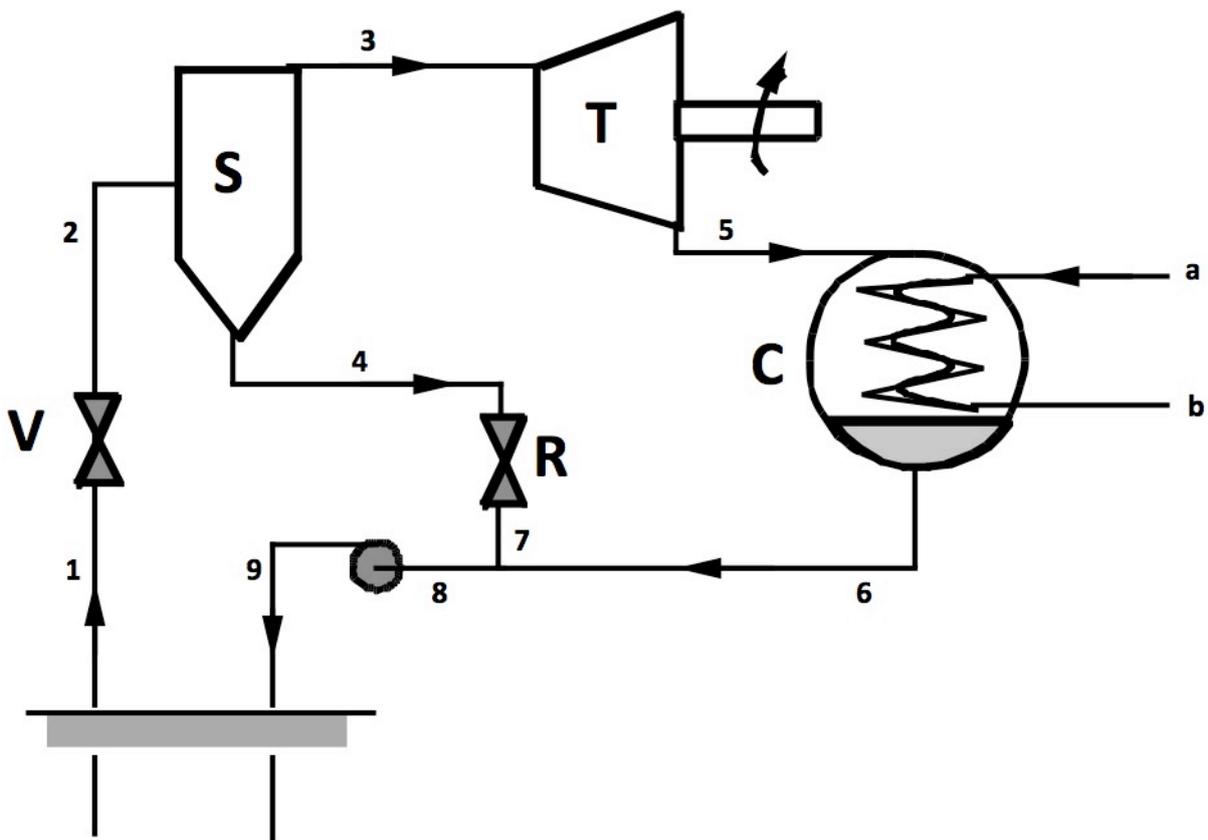
On veut produire de l'énergie mécanique à partir d'un gisement géothermique constitué d'eau chaude. Les conditions à la sortie du puits de production sont les suivantes :

$$p_1 = 5,5 \text{ bars} \quad t_1 = 125^\circ \text{ C} \quad V_1 = 3800 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le principe de fonctionnement est le suivant. On détend l'eau à travers le détendeur **V**. Au point 2 on récupère de la vapeur humide dont on sépare les phases dans le séparateur **S**. La vapeur obtenue en 3 est détendue dans une turbine **T** et envoyée après détente dans un condenseur **C**, qui est refroidi par une circulation d'eau (circuit ab). L'eau provenant du condenseur (6) est ensuite mélangée avec l'eau provenant du séparateur (7) et injectée à l'aide d'une pompe **P** dans le gisement afin de maintenir sa pression constante. Tous les éléments du cycle sont adiabatiques. La dissipation est négligée dans le séparateur, la pompe et le condenseur et le rendement isentropique de la turbine est de 85 %. Le séparateur, le condenseur, les détendeurs sont des organes statiques. La température au condenseur ( $t_6$ ) sera supposée égale à  $28^\circ\text{C}$ .

Le problème central du cycle géothermique considéré consiste à déterminer la pression en 2 correspondant au maximum d'énergie produite dans la turbine.

Le schéma de l'installation est donné ci-après.



### 1. Questions générales.

- a) Tracer l'allure du cycle dans le diagramme (T,s), en incluant notamment les points:1,2,3,5,6 (et éventuellement les points 4,7,8,9).
- b) Quel est l'état (liquide saturé, vapeur, vapeur humide ou vapeur saturée) aux différents points : 1,2,3,4,5,6,7,8,9.
- c) Sans faire de calcul indiquer quelle est l'influence d'une modification du taux de détente dans V sur le débit massique dans la turbine et sur le travail massique qu'elle produit.

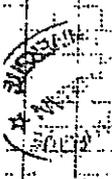
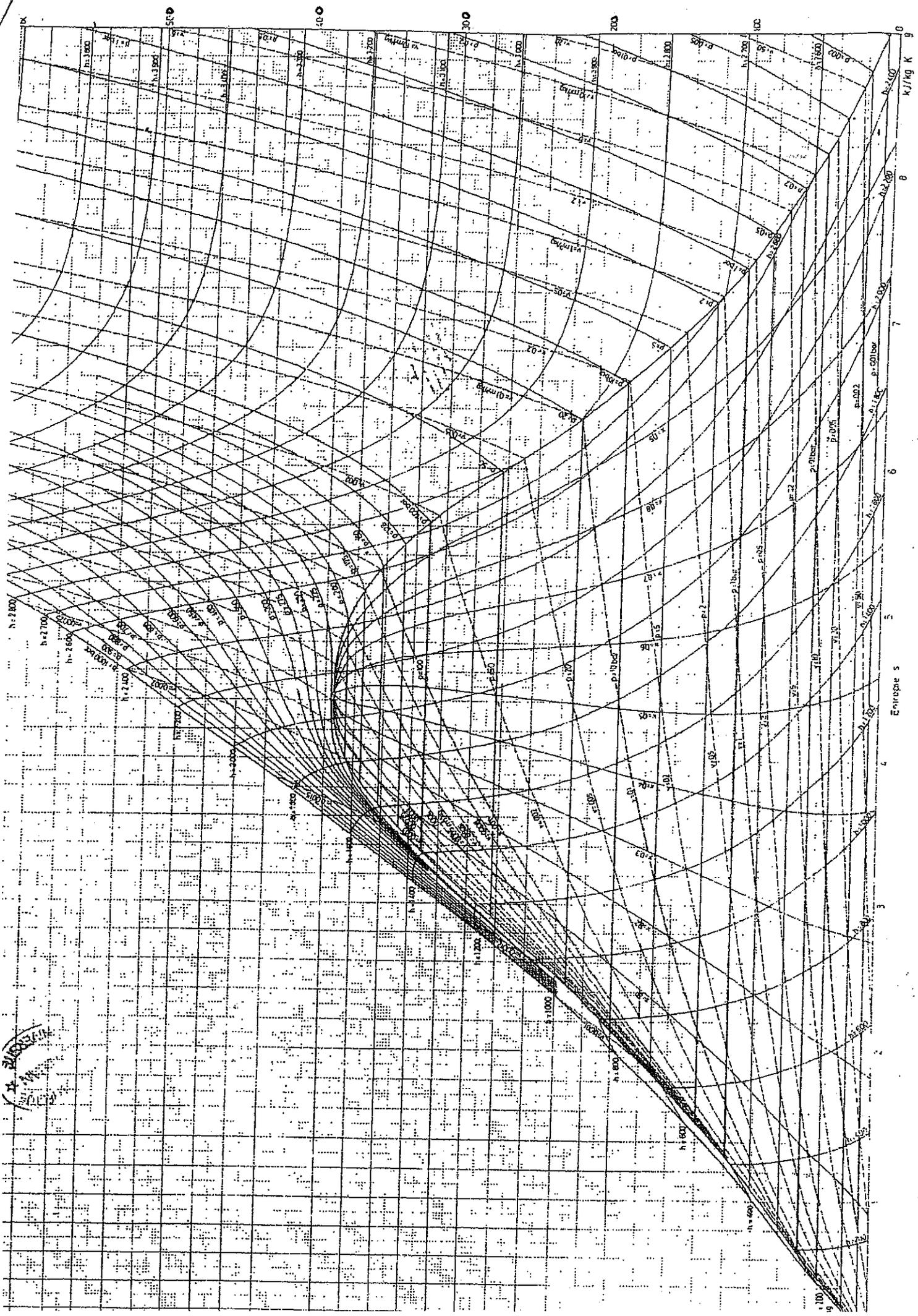
### 2. Optimisation de la détente dans V.

Il s'agit de déterminer la pression  $p_2$  qui optimise le travail dans la turbine.

- a) A partir des tables donnez les valeurs des enthalpies massiques en 1 et 6, des pressions en 5 et 6, des chaleurs latentes aux températures  $T_1$  et  $T_6$ .
- b) Quelle détente subit le fluide entre 1 et 2. En déduire la valeur de l'enthalpie au point 2.
- c) Montrer que le travail produit dans la turbine par unité de masse d'eau du gisement est égal au signe près à :

$$w = h_2 - h_4 + x_2 (h_4 - h_5)$$

- d) Calculer pour  $p_2 = 0,5$  bars,  $x_2$ ,  $h_4$  et  $h_5$ , et en déduire le travail  $w$ .
- e) Effectuer le calcul pour 3 autres valeurs de  $p_2$  laissées à votre choix et tracer  $w$  en fonction de  $p_1/p_2$ . Quelle valeur choisissez vous pour calculer le cycle.
- f) Dressez un tableau donnant la pression, la température et éventuellement le titre aux différents points du cycle.
- g) Calculer le travail de la pompe par unité de masse sortant du gisement.
- h) Donner la puissance nette développée.
- i) Calculer le débit d'eau de refroidissement minimum à fournir au condenseur sachant que la température d'entrée  $t_a$  est de  $18^\circ \text{C}$ .



Entrepe s

K/1/10 K 9 0