

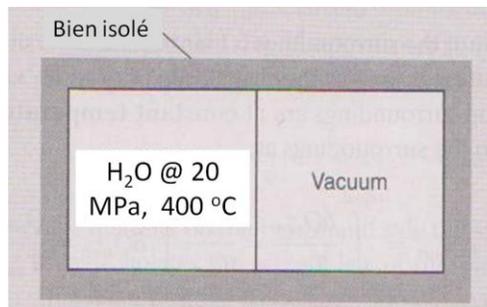
Toute documentation permise
 Calculatrices : modèles autorisés seulement
 Durée de l'examen : 3 heures

**14-AL-A1 BILAN DES TRANSFORMATIONS ET THERMODYNAMIQUE
 CHIMIQUE**

Total : 20 pts

(4 pts) 1. Comportement de la vapeur d'eau

De la vapeur d'eau à 400 °C et 200 bar (20 MPa) est contenu dans un compartiment d'un réservoir bien isolé tel qu'illustré. Le réservoir comprend un deuxième compartiment de même volume sous vide absolu. À un moment donné la paroi séparant les deux compartiments est brisée et la vapeur d'eau remplit alors l'ensemble du réservoir.



- a) Considérant que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait, déterminez la température finale et la variation d'entropie par mole entre l'état final et l'état initial.
- b) Refaites ces calculs en tenant compte du comportement réel à l'aide des tables de vapeur. Que concluez-vous?

(4 pts) 2. Condensation de l'argon

Dans un procédé de liquéfaction, 2 kg/s d'argon gazeux à 25 MPa et température de 240 K alimentent une turbine fonctionnant de façon adiabatique. À la sortie de la turbine, l'argon est dans un état de gaz saturé à 135 K et envoyé dans un condenseur opérant à cette température et à pression constante. Les variations des

énergies cinétique et potentielle et les pertes de chaleur à l'entourage peuvent être négligées. À l'aide du diagramme généralisé attaché, déterminez:

- a) La pression à laquelle la condensation se fait.
- b) La puissance générée par la turbine (kW).
- c) Le débit de chaleur requis du réfrigérant au condenseur (kW)

Propriétés de l'argon: $T_c = 150.8 \text{ K}$
 $P_c = 4.87 \text{ MPa}$
 $Z_c = 0.291$
 $R = 0.208 \text{ kJ/kg.K}$
 $C_{p0} = 0.52 \text{ kJ/kg.K}$

(4 pts) 3. Volume molaire partiel

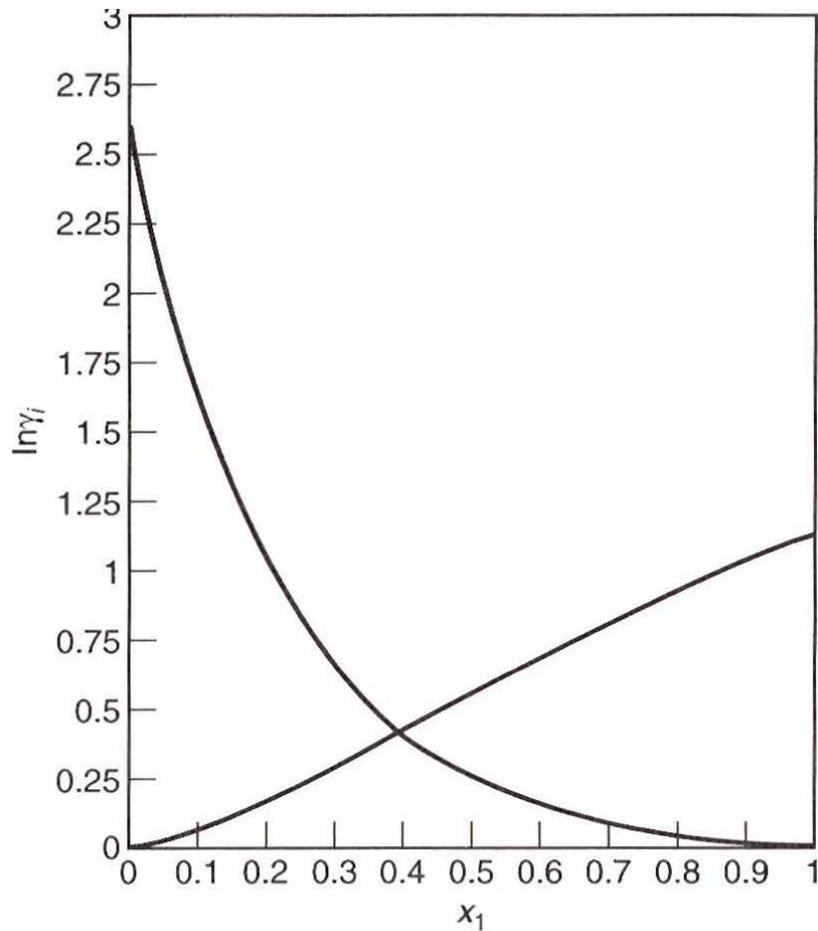
Considérez la solution liquide de benzène (1) et de cyclohexane (2). Le volume molaire partiel du benzène à 30 °C est donné par l'expression suivante :

$$\bar{V}_1 = 92.6 - 5.28x_1 + 2.64x_1^2 \text{ [mL/mol]}$$

- a) Obtenez l'expression équivalente pour le cyclohexane sachant que la masse spécifique du cyclohexane à 30 °C est 0.768 g/mL.
- b) Déterminez le volume de mélange, $\Delta V_{mél}$, d'une solution 50 % mol de benzène.

(4 pts) 4. Équilibre liquide-vapeur

Considérez une solution liquide de *n*-propanol (1) et d'eau (2) en équilibre avec sa vapeur à 100 °C. Les coefficients d'activité pour les deux composants à 100 °C sont donnés à la figure suivante :



Coefficients d'activité pour le système *n*-propanol (1) eau (2) à 100 °C.

Pour une solution contenant 0.2 mol de *n*-propanol à 100 °C à l'équilibre avec sa vapeur et sachant que la tension de vapeur du *n*-propanol à 100 °C est de 1.12×10^5 Pa,

- déterminez la pression totale;
- déterminez la composition de la vapeur.
- Estimez la valeur de la constante d'Henry du *n*-propanol dans l'eau.
- Est-ce que ce système forme un azéotrope? Expliquez brièvement.

(4 pts) 5. Épuration d'air

Dans le but de réduire l'émission de CO d'une usine chimique, on propose d'utiliser un réacteur catalytique opérant de façon adiabatique pour convertir le CO des gaz sortant de l'usine à 276 °C et 1 atm, contenant 3% (mol) de CO et 97% d'air. Ce courant alimente le réacteur catalytique.

- a) Supposant une conversion à l'équilibre de 100 % à la sortie du réacteur adiabatique, déterminez la température des gaz à la sortie.
- b) Vérifiez que la conversion est totale à la sortie du réacteur à l'aide de la valeur de la constante d'équilibre obtenue de la figure annexée.
- c) Suggérez deux façons d'améliorer le procédé. Discutez brièvement les pros et cons.

Data :

$$\bar{C}_{pO_2}^o = \bar{C}_{pN_2}^o = 29.3 \text{ kJ/kmol.K}$$

$$\bar{C}_{pCO}^o = 33.4 \text{ kJ/kmol.K}$$

$$\bar{C}_{pCO_2}^o = 56.4 \text{ kJ/kmol.K}$$

Chaleurs de formation standard à 25 °C

$$\Delta \bar{h}_{fCO_2}^o = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta \bar{h}_{fCO}^o = -110.5 \text{ kJ/mol}$$

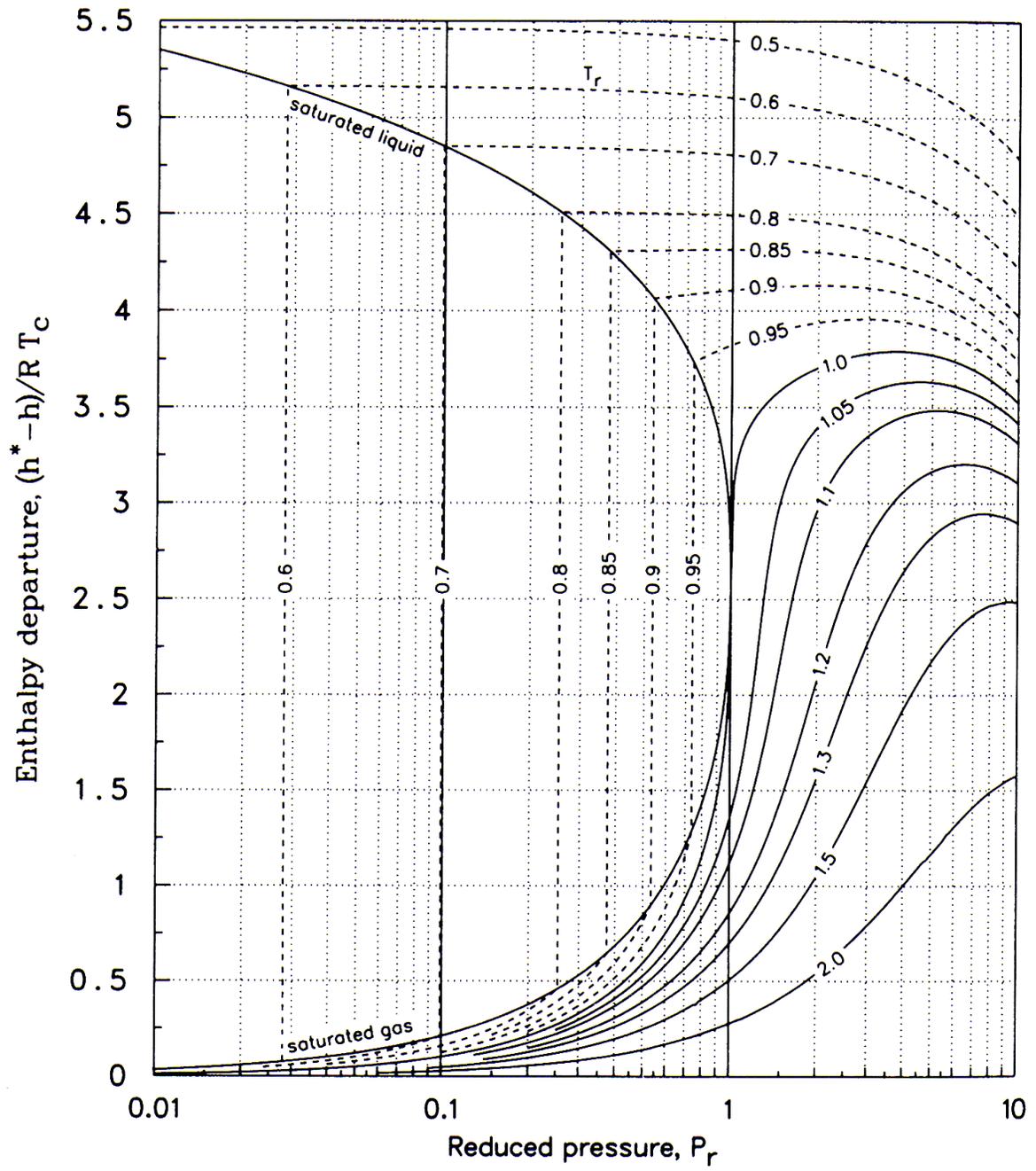
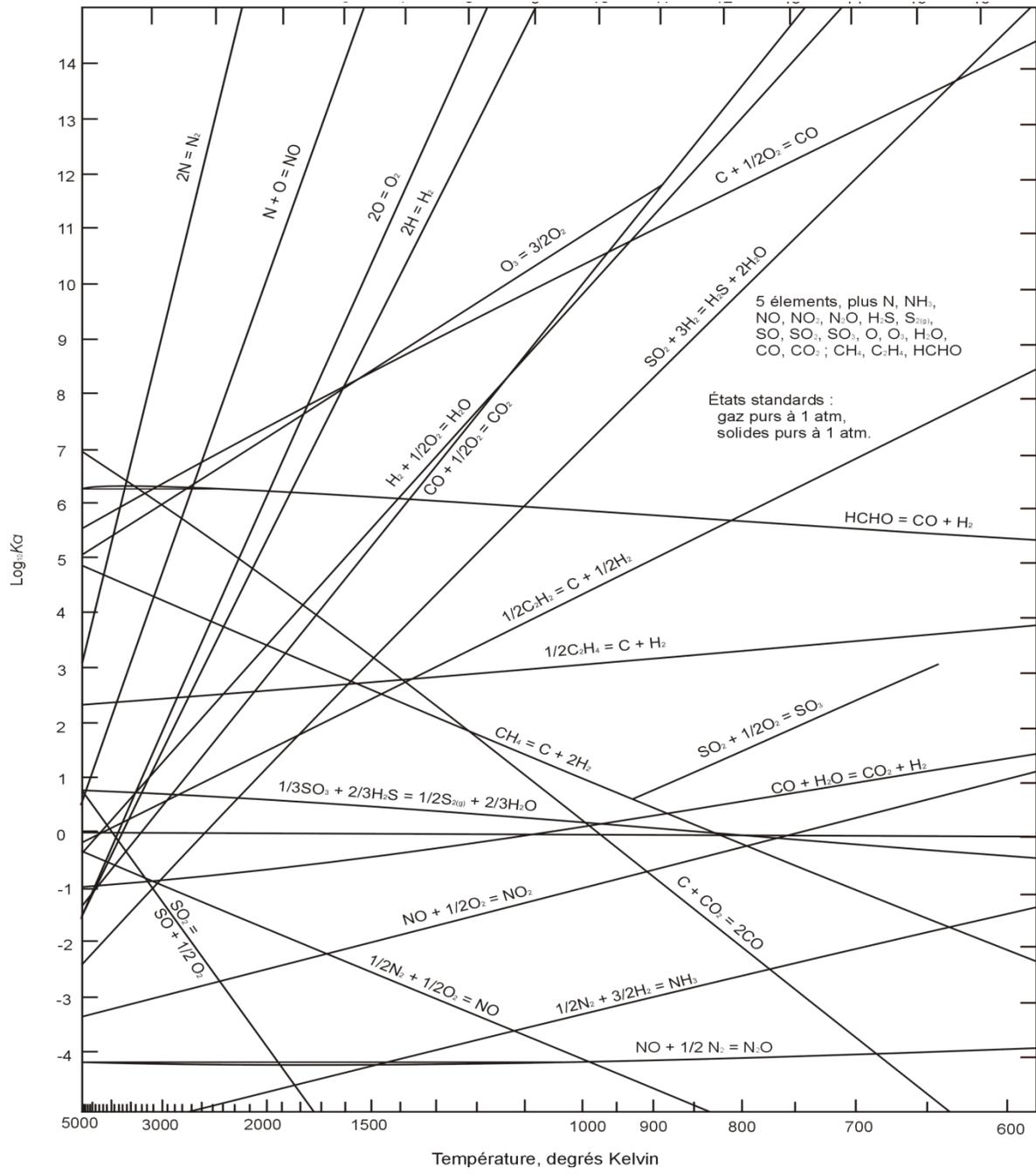


Diagramme généralisé d'écart d'enthalpie ($Z_c = 0.29$)



Constantes d'équilibre (log₁₀ Ka) pour diverses réactions