

BTS 2011 – partie commune

EXERCICE 1 : ETUDE DE LENTILLES MINCES ET D'UN MICROSCOPE

1. Etude d'une lentille mince

On considère une lentille L de vergence $c = + 8,0 \delta$

- a. La lentille est-elle convergente ou divergente ? Justifier votre réponse.
- b. Calculer la distance focale f de la lentille.

Un technicien place un objet symbolisé par une flèche AB à 150 mm du centre optique de la lentille précédente. Soit A' l'image du point A donné par la lentille.

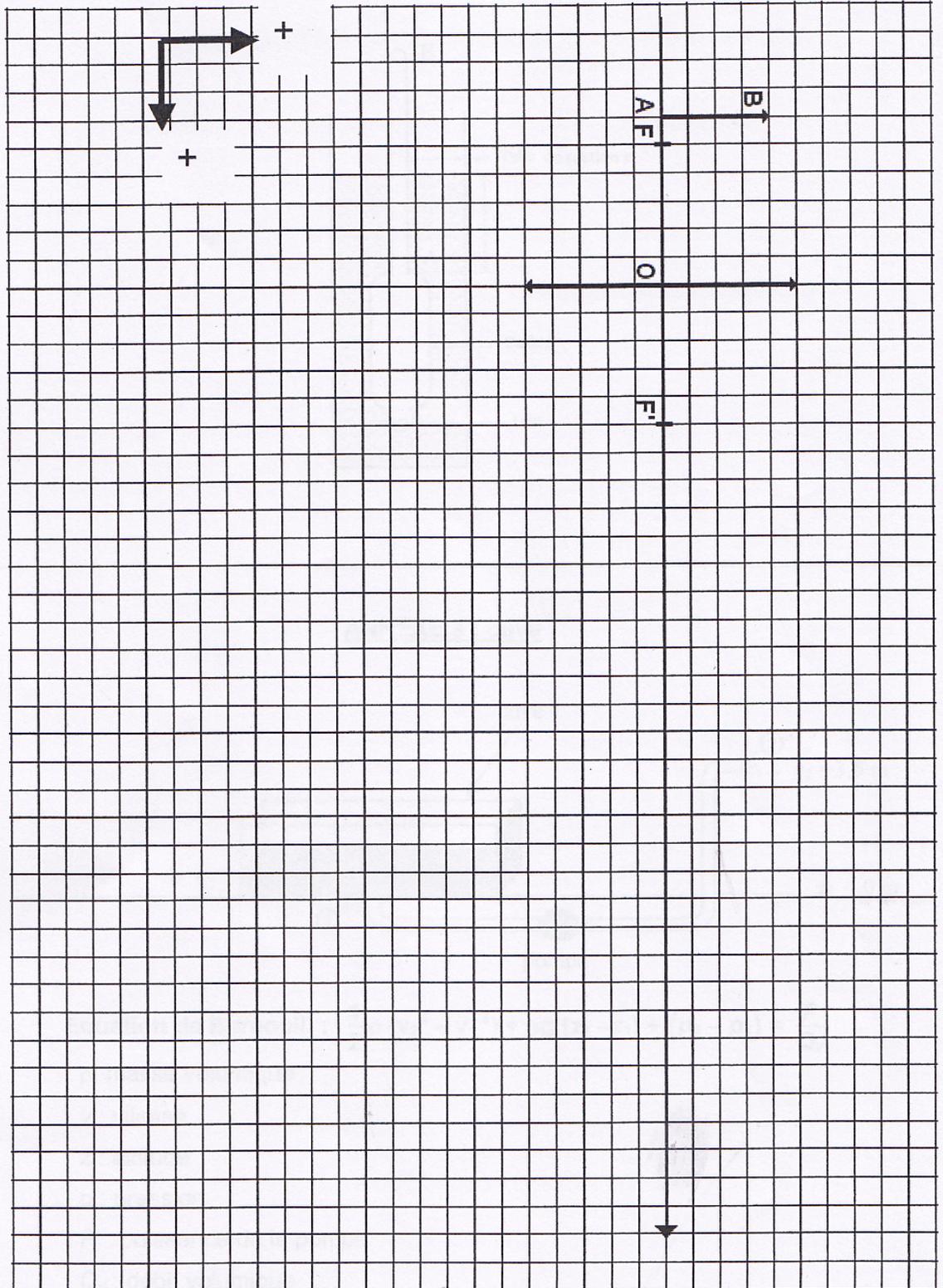
- c. Calculer la distance OA'.
- d. Tracer les rayons lumineux issus du point B (schéma en annexe à l'échelle) permettant de construire l'image A'B'
- e. Déterminer le grandissement γ de la lentille

2. Etude d'un microscope :

Un microscope a les caractéristiques suivantes :

- distance focale de l'objectif $f_1 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}$
 - distance focale de l'oculaire $f_2 = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}$
 - intervalle optique $\Delta = 16 \times 10^{-2} \text{ m}$
- a. Définir le rôle de l'objectif d'un microscope et celui de l'oculaire.
 - b. Exprimer le grandissement γ_1 de l'objectif en fonction de Δ et de f_1 .
 - c. Exprimer la puissance P_2 de l'oculaire en fonction de f_2
 - d. Exprimer la puissance intrinsèque P du microscope en fonction de Δ , f_1 et de f_2 . Calculer P.
 - e. Calculer son grossissement commercial.

ANNEXE 1 [A RENDRE AVEC LA COPIE] Echelle 1 division représente 2,5 cm



EXERCICE 2 : HYDROSTATIQUE ET ECOULEMENT DES FLUIDES [5,5 POINTS]

Données :

$$\text{Intensité de la pesanteur } g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{Masse volumique de l'eau } \rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

1. Etude d'un densimètre

Un densimètre est constitué d'un tube AB de section s soudé en A à une carène lestée de volume $48,0 \text{ cm}^3$ (annexe 2).

La masse m du densimètre est constante et égale à $50,0 \text{ g}$. La section du tube est égale à 33 mm^2

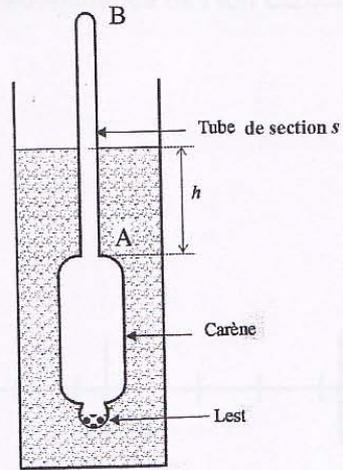
- Le densimètre, placé dans un liquide, est soumis à la poussée d'Archimède. Exprimer l'intensité de cette force en fonction de la masse volumique ρ du liquide, du volume immergé et de l'accélération de la pesanteur.
- Ecrire la relation d'équilibre du densimètre. On négligera les phénomènes de tension superficielle.
- Calculer la hauteur d'immersion h lorsque le liquide dans lequel est immergé le densimètre, est de l'eau.

2. Etude des caractéristiques d'une cuve

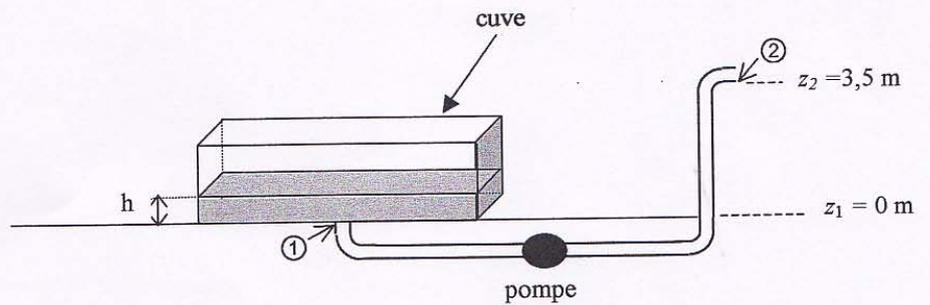
Une cuve parallélépipédique de base rectangulaire (annexe 3 : longueur $L = 3,0 \text{ m}$, largeur $l = 0,60 \text{ m}$) contient de l'eau. La hauteur de l'eau dans la cuve est $h = 1,5 \text{ m}$.

- Calculer le volume V de l'eau contenu dans la cuve.
- Vérifier que la pression relative exercée par l'eau sur le fond avant vidange, est égale à $15 \times 10^3 \text{ Pa}$.
- On néglige les pertes de charge. On vide le contenu de cette cuve en une durée $\delta t = 20 \text{ min}$ à l'aide d'une pompe placée dans la conduite de vidange qui débouche à l'air libre à $3,5 \text{ m}$ au dessus du fond de la cuve. (annexe 3)
 - Calculer le débit volumique Q_v de la pompe.
 - Le diamètre de la conduite étant $D = 50 \text{ mm}$, calculer la vitesse d'écoulement V_2 de l'eau dans la conduite.
- En appliquant l'équation de Bernoulli entre les points 1 et 2, déterminer la puissance P de la pompe, nécessaire pour réaliser la vidange. La puissance maximale est obtenue lorsque la cuve est vide.

ANNEXE 2 : densimètre



ANNEXE 3 : cuve



Equation de Bernoulli : $\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P}{Q_v}$

ρ : masse volumique

v : vitesse

z : altitude

p : pression

P : puissance de la pompe

Q_v : débit volumique

EXERCICE 3 : ETUDE DE QUELQUES ELEMENTS D'UN BAIN DE DEGRAISSAGE

Un bain de dégraissage est préparé à partir d'hydroxyde de sodium NaOH (40,0 g.L⁻¹) et de carbonate de sodium décahydraté Na₂CO₃·10 H₂O (20,6 g.L⁻¹).

Les constantes d'acidité des couples H₂CO₃ / HCO₃⁻ et HCO₃⁻ / CO₃²⁻ sont telles que pK_{A1} = 6,4 et pK_{A2} = 10,3.

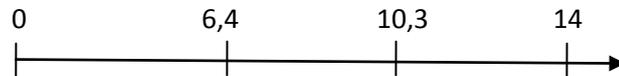
Données

$$M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad ; \quad M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad ; \quad M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Produit ionique de l'eau : } K_e = 1,0 \times 10^{-14} \text{ à } 25^\circ\text{C.}$$

1.
 - a. Calculer les masses molaires M₁ et M₂ de l'hydroxyde de sodium et du carbonate de sodium décahydraté.
 - b. Calculer les concentrations molaires C₁ et C₂ correspondantes.
 - c. Déterminer le pH du bain que l'on suppose fixé par la soude.
2. On considère une solution de carbonate de sodium.
 - a. Ecrire les équations dont les constantes thermodynamiques sont K_{A1} et K_{A2}.
 - b. Ecrire les expressions des constantes thermodynamiques K_{A1} et K_{A2} en fonction des concentrations de chacune des espèces.
3. Calculer la zone de pH sur laquelle H₂CO₃ est majoritaire, en supposant qu'une espèce est majoritaire lorsque sa concentration est dix fois supérieure aux autres.
Compléter sur l'axe ci-dessous, les domaines de prédominance concernant les trois formes que peut prendre l'ion carbonate en solution.



4. Une solution titrante d'acide chlorhydrique est préparée à partir d'une solution commerciale à 37 % en masse et de densité d = 1,18.
Calculer le volume de solution commerciale à prélever pour préparer 500,0 mL de solution titrante de concentration C_a = 0,20 mol.L⁻¹.
5. Dans le bain de dégraissage une des réactions qui se produisent est la saponification des graisses par la soude. La réaction peut être schématisée ainsi :
$$\text{RCOOR}' + \text{OH}^- \rightarrow \text{RCOO}^- + \text{R}'\text{OH}$$
La réaction est d'ordre 1 par rapport à chacun des constituants. La concentration initiale C₀ est identique pour chacun des réactifs. Elle vaut C à l'instant t.
 - a. Ecrire l'expression de la vitesse de la réaction.
 - b. Qu'appelle-t-on ordre global de la réaction ?
 - c. La réaction précédente étant une réaction lente, justifier le fait que le bain de dégraissage fonctionne à chaud.

EXERCICE 1 : ETUDE D'UN SPECTROMETRE A ETINCELLES

Données :

$$\text{Constante de Planck } h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\text{Vitesse de la lumière } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m. s}^{-1}$$

$$\text{Charge élémentaire } e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

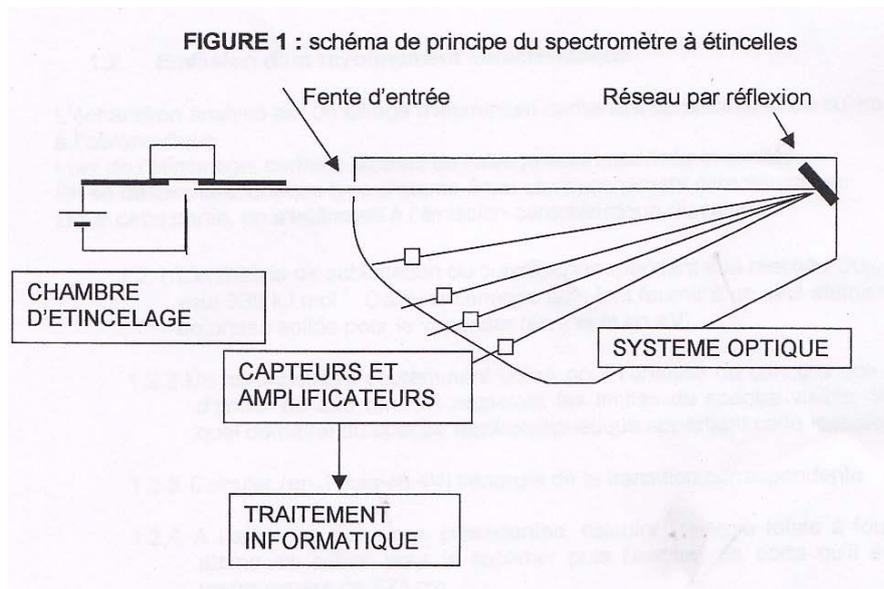
$$\text{Constante d'Avogadro } N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

On rappelle que l'énergie associée à un rayonnement de longueur d'onde λ est donnée par la relation : $E = \frac{hc}{\lambda}$

Actuellement, les analyses élémentaires d'alliages sont pour la plupart, réalisées avec un spectromètre à étincelles, qui est un appareil de spectroscopie d'émission optique (SEO).

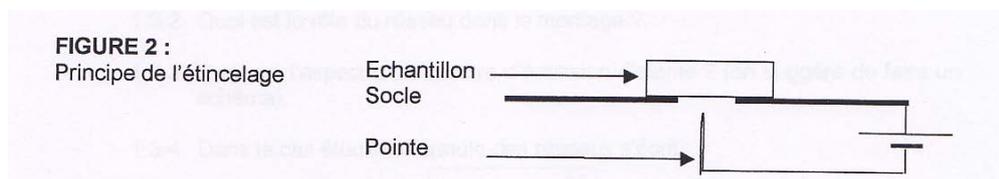
L'objet de ce sujet est de comprendre le principe du fonctionnement de ce spectromètre, schématisé ci-dessous (voir figure 1).



De très nombreuses questions sont indépendantes.

1. Etincelage

Principe de l'étincelage



L'échantillon est posé sur le socle de la chambre d'étincelage, à un centimètre environ d'une pointe en tungstène. Un flux d'argon est injecté pendant toute la durée de l'analyse. Une étincelle entre la pointe et l'échantillon va vaporiser et exciter les atomes de l'échantillon.

Proposer une raison pour laquelle un flux d'argon est injecté pendant l'analyse.

2. Emission d'un rayonnement caractéristique

L'échantillon analysé est un alliage d'aluminium contenant du silicium et du cuivre, destiné à l'aéronautique.

Lors de l'étincelage, certains atomes de l'alliage sont vaporisés et excités.

En se désexcitant, chaque type d'atome émet un rayonnement caractéristique. Dans cette partie, on s'intéresse à l'émission caractéristique du cuivre.

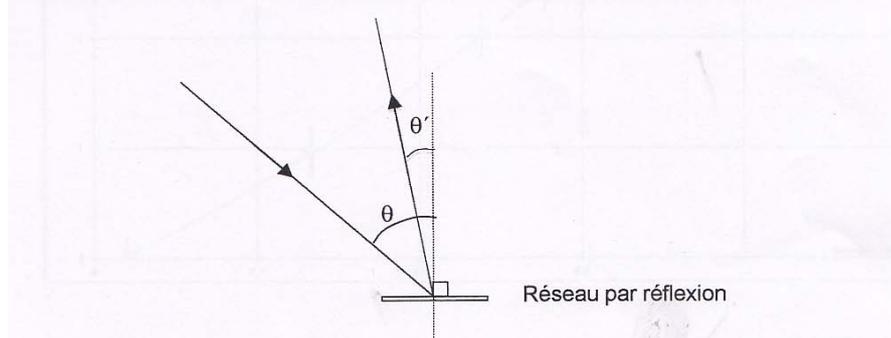
- L'enthalpie de sublimation du cuivre, correspondant à la réaction $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}_{(g)}$ vaut 339 kJ.mol^{-1} . Calculer l'énergie qu'il faut fournir à un seul atome de cuivre en phase solide pour le vaporiser (en J puis en eV).
- Un rayonnement couramment utilisé pour l'analyse du cuivre a une longueur d'onde de 223 nm. En rappelant les limites du spectre visible, indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique appartient cette radiation ?
- Calculer (en J puis en eV) l'énergie de la transition correspondante.
- A l'aide des questions précédentes, calculer l'énergie totale à fournir à un atome de cuivre pour le sublimer puis l'exciter, de sorte qu'il émette un rayonnement de 223 nm.

3. Diffraction par un réseau

Le réseau par réflexion utilisé comporte 3600 traits par millimètre.

- Le pas (noté a) du réseau est la distance entre deux traits consécutifs. Calculer a (en pm).
- Quel est le rôle du réseau dans le montage ?
- Quel est l'aspect d'un spectre d'émission d'atome ? (on suggère de faire un schéma).
- Dans le cas étudié la formule des réseaux s'écrit : $\sin \theta + \sin \theta' = k \frac{\lambda}{a}$

FIGURE 3 : Diffraction d'un faisceau monochromatique par un réseau par réflexion



avec θ l'angle d'incidence et θ' l'angle diffracté pour une radiation de longueur d'onde λ

Le réseau par réflexion utilisé permet de n'obtenir que le spectre d'ordre 1 ($k = 1$). L'angle d'incidence est égal à 50° .

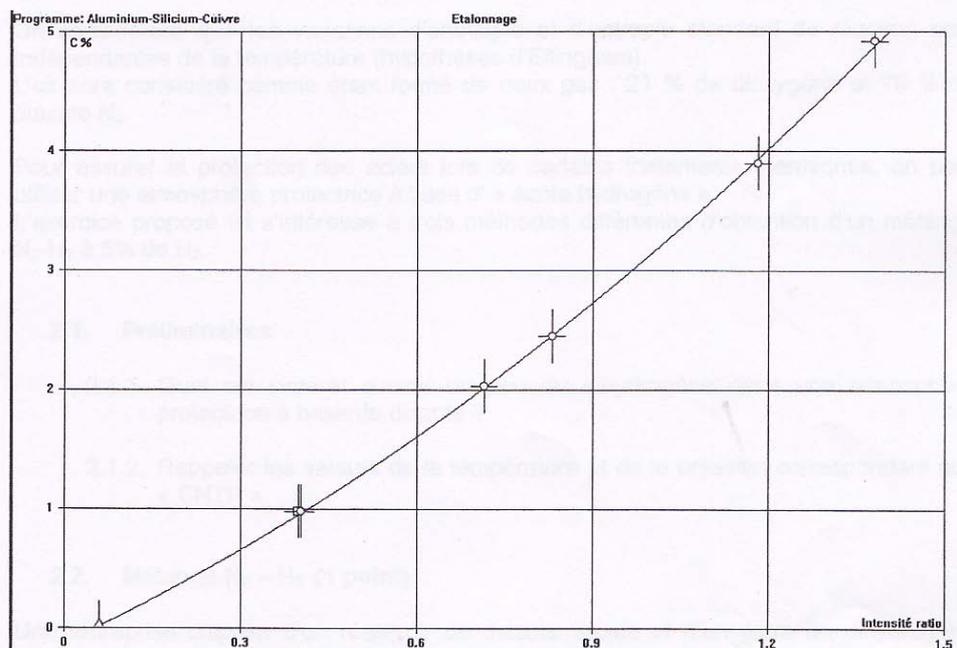
Calculer l'angle θ' avec lequel est diffractée la raie caractéristique du cuivre de longueur d'onde 223,0 nm.

4. Détermination du taux de cuivre dans l'alliage

Des capteurs CCD captent le signal de chaque raie étudiée. Après amplification, l'intensité du signal (mesurée en « Intensité Ratio ») est comparée à une courbe d'étalonnage préenregistrée (voir figure 4 ci-dessous).

Pour l'alliage étudié, on mesure une « intensité ratio » de 1,3.

FIGURE 4 : Courbe d'étalonnage du cuivre dans un alliage Aluminium-Silicium-Cuivre
En abscisse : « Intensité ratio »
En ordonnée : %



En déduire le taux de cuivre dans l'alliage. Expliquer le raisonnement.

EXERCICE 2 : REALISATION D'UNE ATMOSPHERE PROTECTRICE $N_2 - 5\%H_2$

Données :

On rappelle que $1m^3$ (CNTP) désigne le volume de $1 m^3$ de gaz mesuré dans les conditions normales de température et de pression.

Volume molaire des gaz (dans les CNTP) : $V_m = 22,4 L.mol^{-1}$

On donne $R = 8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}$.

Extrait des tables thermodynamiques à 298 K :

	N ₂	H ₂	NH ₃
S° (en J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	191,5	130,6	192,5
Δ _f H° ₂₉₈ (en kJ. mol ⁻¹)	0	0	- 46,19

On considérera que les variations d'enthalpie et d'entropie standard de réaction sont indépendantes de la température (hypothèses d'Ellingham).

L'air sera considéré comme étant formé de deux gaz : 21 % de dioxygène et 79 % de diazote N₂.

Pour assurer la protection des aciers lors de certains traitements thermiques, on peut utiliser une atmosphère protectrice à base d' « azote hydrogéné ».

L'exercice proposé ici s'intéresse à trois méthodes différentes d'obtention d'un mélange N₂-H₂ à 5% de H₂.

1. Préliminaires
 - a. Quel est l'intérêt d'avoir un peu de dihydrogène dans une atmosphère protectrice à base de diazote ?
 - b. Rappeler les valeurs de la température et de la pression correspondant aux « CNTP ».

2. Mélange N₂ — H₂

Une entreprise dispose d'un réservoir de diazote liquide et d'un autre de dihydrogène liquide. Si l'entreprise a besoin d'un débit de 120 m³ (CNTP) par heure pour alimenter l'ensemble de ses fours de traitements thermiques, déterminer le débit à régler sur chacune des vannes des réservoirs de diazote et dihydrogène, de manière à respecter un pourcentage de 5% en H₂.

3. Utilisation d'un craqueur d'ammoniac

La méthode la plus utilisée est sans doute celle basée sur le craquage de l'ammoniac puis de la dilution de l'atmosphère obtenue avec du diazote.

- a. Ecrire l'équation correspondant à cette réaction de dissociation de NH₃ en diazote N₂ et dihydrogène H₂. Le coefficient stœchiométrique de NH₃ sera pris égal à 2.
- b. Déterminer la variation d'enthalpie standard de la réaction. La réaction de dissociation est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier la réponse.
- c. Dans quel sens se déplace l'équilibre, si l'on augmente la température T ? Justifier la réponse.
- d. Les craqueurs à ammoniac fonctionnent habituellement à une température de 950°C. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre à cette température.
- e. On considère que la réaction de craquage est totale. Montrer que le craquage de 10 L d'ammoniac liquide génère respectivement des volumes de diazote et de dihydrogène de 3,9 et 11,7 m³ (CNTP).

Données :

Densité de l'ammoniac liquide $d = 0,590$

Masse molaire de l'ammoniac : $M = 17,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

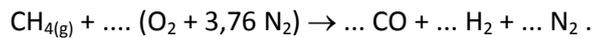
- f. Calculer le volume de diazote à rajouter afin que le mélange final ait la teneur annoncée en dihydrogène (à savoir 5%).

4. Etude d'une méthode récente

Une solution récente consiste à générer le dihydrogène via la combustion catalytique d'un hydrocarbure gazeux (méthane, propane,..) en présence d'air dans un générateur endothermique.

La combustion catalytique du méthane dans un générateur endothermique est réalisée à 1050°C avec un facteur d'air $n_a = 0,25$ (pour lequel on n'obtient que CO , H_2 et N_2).

- a. Rappeler la définition du facteur d'air dans le cas général.
b. Equilibrer l'équation de la réaction (après l'avoir reproduite sur votre copie) modélisant ce qu'il se passe lors de la combustion ci-dessus :



Justifier la présence du facteur 3,76.

- c. Dans certains cas, il se forme des suies (formées de carbone C) qui encrassent le générateur endothermique. Ce dépôt est-il provoqué par un facteur d'air plus grand ou plus petit que $n_a = 0,25$? Justifier la réponse.