



# DS Chimie 1

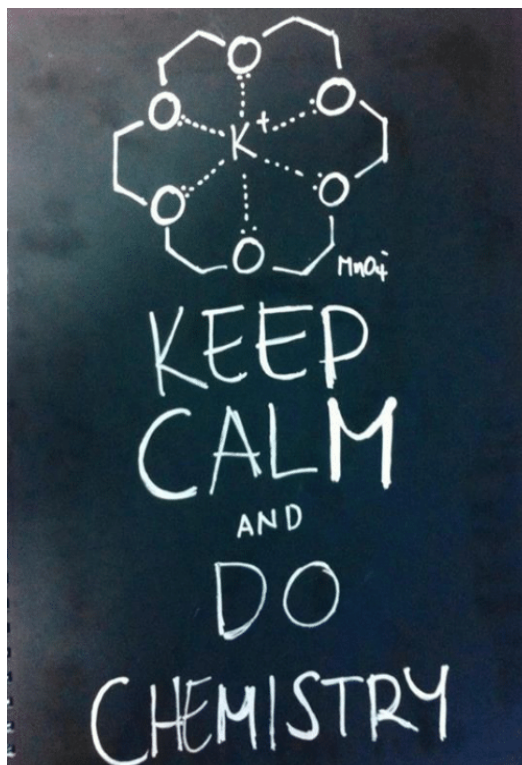


Durée : 2h

**CALCULATRICES AUTORISEES**

Quelques consignes pour bien démarrer :

- Parcourir rapidement l'ensemble de l'énoncé afin de repérer les parties que vous pouvez aborder facilement.
- Ne restez pas trop longtemps bloqué sur une question.
- Laisser absolument une marge à gauche de votre copie ainsi qu'une entête pour mes commentaires.
- Les résultats doivent être encadrés ou soulignés sinon ils ne seront pas pris en compte.
- On prendra bien soin, quand cela est possible, de donner le résultat sous la forme d'une expression littérale en fonction des données de l'énoncé, puis ensuite de faire l'application numérique.



Le méthane est une espèce chimique constitué de molécules de formule CH<sub>4</sub>.

La consultation du site : <https://encyclopedia.airliquide.com> fournit les données suivantes :

## Méthane CH<sub>4</sub>

Masse molaire :  $M = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Température de fusion sous la pression  $P = 1,013 \text{ bar}$  :  $\theta_{\text{fus}} = -182,46 \text{ }^\circ\text{C}$

Température d'ébullition sous la pression  $P = 1,013 \text{ bar}$  :  $\theta_{\text{éb}} = -161,48 \text{ }^\circ\text{C}$

Point triple :  $\theta_{\text{T}} = -182,46 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $P_{\text{T}} = 0,117 \text{ bar}$

Point critique :  $\theta_{\text{c}} = -82,59 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $P_{\text{c}} = 45,99 \text{ bar}$

1. Tracer le diagramme de phase (T,P) sur l'annexe 2 en plaçant les différents points de coordonnées connus d'après les données. Noter les états physiques « solide », « liquide », gazeux » et « supercritique » dans les différents domaines.
2. Quel est l'état physique du méthane dans les conditions du laboratoire et de la vie courante ? Justifier à l'aide du diagramme de phases.

### Exercice 1 : Question ouverte

7 points

Dans l'épisode 5 de la cinquième saison de *Breaking Bad*, Walter et Jesse veulent dérober de la méthylamine CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> (qui est en fait une solution aqueuse de méthylamine à 40% en masse, de densité  $d = 0,897$ ,  $M(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 31 \text{ g/mol}$ ) en siphonnant une partie du contenu de la citerne d'un train (d'une contenance totale de 91000L).

Pour éviter que l'on ne se rende compte du vol lors de la pesée des wagons à l'arrivée du train, ils décident de prélever 3785 L de la solution de méthylamine et d'ajouter 3408 L d'eau.

Walter précise à l'un de ses complices que l'opération va conduire à une dilution de 4% de la solution initiale.

1. Vérifier que la valeur du volume d'eau ajouté est correcte.
2. Même question pour la dilution.



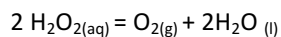
### Exercice 2 : Approche documentaire

12 points

Données :  $T(\text{K}) = t(\text{ }^\circ\text{C}) + 273$   $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

L'eau oxygénée est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, un oxydant puissant. Disponible dans le commerce, elle est utilisée comme agent de blanchiment ou comme désinfectant local.

Le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  n'est pas thermodynamiquement stable. Il se dismute selon la réaction suivante, considérée totale :



Cette réaction est cependant cinétiquement bloquée. Elle peut être catalysée en ajoutant une solution de chlorure de fer (III).

La concentration en peroxyde d'hydrogène d'une eau oxygénée est généralement indiquée en « Volumes ». Un litre d'eau oxygénée à  $n$  volumes contient suffisamment de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  pour former  $n$  litres de dioxygène  $\text{O}_2$  par dismutation à  $0^\circ\text{C}$  et sous pression atmosphérique (1013 hPa).

Nous nous proposons de mesurer le titre de la solution contenue dans un flacon d'eau oxygénée à 10 volumes achetée dans le commerce.

1. En considérant que le dioxygène se comporte comme un gaz parfait, déterminer la concentration molaire en  $\text{H}_2\text{O}_2$  d'une eau oxygénée à 10 volumes.

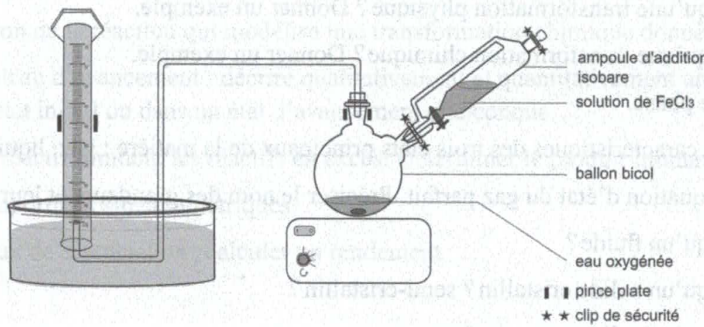
Pour éviter que le dégagement en dioxygène soit trop important lors de l'expérience qui suit, il faut diluer au 5<sup>ème</sup> le désinfectant commercial à 10 volumes. On souhaite réaliser 100 mL de solution diluée d'eau oxygénée.

2. Proposer un protocole expérimental pour la dilution.

Le document ci-dessous indique le mode opératoire permettant de mesurer la concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution diluée.

**Mode opératoire**

- réaliser le montage suivant :



- introduire, dans le ballon,  $V_p = 20$  mL de la solution diluée, à l'aide d'une pipette jaugée ;

- introduire 10 mL d'une solution de chlorure de fer (III) à  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  dans l'ampoule d'addition isobare ;

- verser en une fois le contenu de l'ampoule d'addition isobare dans le ballon et agiter vigoureusement. Quand le niveau dans la burette est durablement stabilisé (au bout d'environ 10 min), mesurer le volume de dioxygène dégagé.

**TOLERANCES**

Pipette jaugée	$\pm 0,03 \text{ mL}$
Fiole jaugée	$\pm 0,1 \text{ mL}$
Éprouvette graduée	$\pm 1 \text{ mL}$

Les incertitudes sur la pression atmosphérique et la température de la pièce seront négligées.

3. Expliquer le principe du montage.
4. Un volume  $V(\text{O}_2) = 42 \text{ mL}$  est mesuré. Déterminer la concentration de peroxyde d'hydrogène dans l'eau oxygénée à 10 volumes. La mesure a été réalisée à  $21^\circ\text{C}$ .

5. A partir d'une évaluation de type B, estimer l'incertitude avec un taux de confiance de 95% sur cette concentration (vous pouvez vous aider de l'annexe 1). Présenter le résultat de la concentration sous la forme adéquate.
6. La concentration trouvée par l'expérience est-elle en accord avec la concentration calculée à partir des données de l'étiquette ?

### EXERCICE 3 : Synthèse de la propanone EN PHASE GAZ

16 points

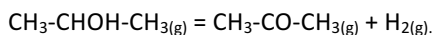
La propanone  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$  est un solvant très utilisé dans l'industrie et en laboratoire car il a l'avantage de solubiliser de manière particulièrement rapide de nombreuses espèces organiques et parce qu'il est miscible avec l'eau. C'est également un composé à la base de la fabrication de plastiques, de médicaments, et autres produits issus de l'industrie de synthèse.

Données :

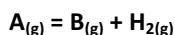
$$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} ; 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} ; 1\text{K} = 1^\circ\text{C} + 273$$

$$M(\text{air}) = 29 \text{ g.mol}^{-1} ; M(A) = 60 \text{ g.mol}^{-1} ; M(B) = 58 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{H}_2) = 2,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

L'une des méthodes de synthèse industrielle de la propanone consiste à réaliser la déshydrogénation en phase gazeuse du propan-2-ol selon la réaction d'équation :



On pourra utiliser les notations suivantes pour modéliser cette réaction :



La constante de cette réaction est  $K^\circ = 3,5$  à la température  $T = 670 \text{ K}$ .

1. On considère un récipient rigide de volume  $V = 5,00 \text{ L}$  contenant initialement  $5,00 \text{ mol}$  de propan-2-ol  $\text{A}_{(\text{g})}$  à  $T = 670 \text{ K}$ .
  - a) Définir la densité d'un gaz en fonction de sa masse molaire et de celle de l'air. Calculer la densité initiale du gaz (avant réaction).
  - b) Donner l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_r$  en fonction des quantités de matières de chaque constituant et des données connues.
  - c) En déduire l'expression littérale du quotient de réaction  $Q_r$  en fonction de l'avancement  $\xi$  de la réaction et des données connues.
  - d) Déterminer la composition du système (en mole) à l'état final. Est-ce un état d'équilibre ? Quelle est la pression totale  $P$  à l'état final ?
  - e) Calculer le taux de dissociation du propanol à cette température.
  - f) Calculer la densité du mélange gazeux ainsi obtenu.
2. On considère un récipient rigide de volume  $V = 5,00 \text{ L}$  contenant initialement  $1,00 \text{ mol}$  de A,  $1,00 \text{ mol}$  de B et  $1,00 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2$  à  $T = 670 \text{ K}$ .
  - a) Calculer le quotient de réaction initial et conclure quant à l'évolution ultérieure du système.
  - b) Déterminer la composition du système (en mole) lorsqu'un nouvel état d'équilibre est observé.
3. On envisage maintenant de réaliser cette réaction à pression constante (et non plus à volume constant), toujours à la température  $T = 670 \text{ K}$ , en partant de propan-2-ol pur. Sous quelle pression  $P$  maintenue constante doit-on travailler pour que, à l'équilibre, 90% du propan-2-ol soit décomposé ?

## Annexe1 : incertitudes

### Détermination d'une incertitude d'une grandeur mesurée

Type d'erreur	Incertitude type associée
Lecture d'une grandeur X sur une règle graduée ou un thermomètre <sup>(1)</sup>	$u(X) = \frac{d}{\sqrt{12}}$
Détermination d'une grandeur X par double lecture sur une règle graduée <sup>(1)</sup> ou sur une balance (cas d'une longueur L obtenue par différence de 2 longueurs $L_1 - L_2$ )	$u(X) = \frac{d}{\sqrt{6}}$
Grandeur X obtenue à l'aide d'un instrument dont la tolérance est donnée par le constructeur <sup>(2)</sup> (cas d'un teslamètre, d'une pipette jaugée, d'une fiole jaugée, ...)	$u(X) = \frac{t}{\sqrt{3}}$

(1) d désigne la plus petite graduation de l'instrument de mesure

(2) t désigne la tolérance de l'instrument de mesure

### Formule de propagation des incertitudes

L'incertitude absolue  $u(A)$  sur une grandeur A peut se calculer à l'aide des formules :

- si  $A = \frac{X \times Y}{Z}$  ;  $U(A) = A \times \sqrt{\left(\frac{U(X)}{X}\right)^2 + \left(\frac{U(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{U(Z)}{Z}\right)^2}$
- si  $A = X + Y$  ou  $A = X - Y$  ;  $U(A) = \sqrt{U(X)^2 + U(Y)^2}$
- si  $A = k \cdot X$  ;  $U(A) = k \cdot U(X)$

## Annexe 2 : Diagramme de phases du méthane

