

CHIMIE: QUAND LE SPELEOLOGUE FAIT DE LA CHIMIE

Valeurs numériques.

Volume molaire: à 0°C: $V_m = 22,4 \text{ L / mol}$. à 20°C: $V_m = 24,0 \text{ L / mol}$.

Masse volumique de l'eau: $\mu_{\text{eau}} = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$

Les Masses molaires: $M_{(\text{H})} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M_{(\text{O})} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

$M_{(\text{C})} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$. $M_{(\text{Ca})} = 40,0 \text{ g.mol}^{-1}$

L'acétylène C_2H_2 est un gaz qui réagit avec le dioxygène de l'air avec formation de dioxyde de carbone et d'eau. Il se produit au cours de cette réaction chimique, une flamme éclairante. Un spéléologue utilise donc une lampe à acétylène pour s'éclairer.

PARTIE A: La Synthèse de l'Acétylène.

L'acétylène C_2H_2 est un gaz qui peut être préparé par action de l'eau liquide H_2O sur le carbure de calcium solide CaC_2 ; il y a également production d'hydroxyde de calcium solide $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Un spéléologue, qui utilise une lampe à acétylène, a emporté avec lui:

- une masse $m_1 = 256 \text{ g}$ de carbure de calcium solide CaC_2 ;
- un volume $V_2 = 180 \text{ mL}$ d'eau liquide H_2O .

On fait l'hypothèse (très simplificatrice !!!) que la température et la pression restent constantes au cours de la réaction chimique (soit $P = 1,0 \text{ bar}$; $\Theta = 20^\circ\text{C}$).

1°) Ecrire l'équation de la réaction de synthèse de l'acétylène, avec des nombres stoechiométriques entiers les plus petits possibles.

2°) Déterminer en quantité de matière l'état initial du système chimique. Bien détailler les calculs éventuellement nécessaires.

3°) Etablir un tableau d'avancement complet. Développer tout le raisonnement nécessaire qui permet notamment de déterminer la valeur maximale de l'avancement, notée x_{max} .

4°) Déterminer l'état final (quantité de matière de réactif en excès et celle du produit formé).

5°) Déterminer le volume d'Acétylène gazeux qui est produite. Bien détailler les calculs et le raisonnement.

La lampe du spéléologue consomme 9,6 litres du gaz Acétylène par heure de fonctionnement.

6°) De quelle durée d'autonomie dispose-t-il ?

PARTIE B: Consommation de l'acétylène.

L'acétylène C_2H_2 est un gaz qui réagit avec le dioxygène de l'air avec formation de dioxyde de carbone gazeux et d'eau liquide. Il se produit alors la fameuse flamme éclairante qui permet au spéléologue de s'éclairer.

On fait l'hypothèse (très simplificatrice !!!) que la température et la pression restent constantes au cours de la réaction chimique ($P = 1,0 \text{ bar}$; $\Theta = 20^\circ\text{C}$).

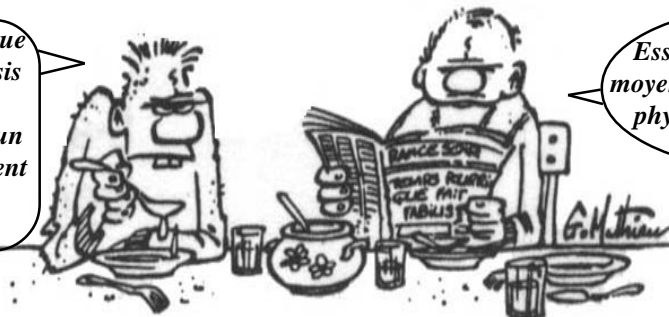
7°) Ecrire l'équation de la combustion de l'acétylène, avec des nombres stoechiométriques entiers les plus petits possibles.

8°) Déterminer le volume V_3 de dioxygène qui aura été consommé lorsque la lampe éclairante du spéléologue s'éteindra.

Etablir éventuellement un tableau d'avancement complet.

Ce matin au petit déjeuner...

Je décroche un 20/20 à l'interro de physique aujourd'hui, puis je vais en 1^{ère}, là je réussis le bac avec mention Très Bien, j'intègre l'ENA et Polytechnique, puis je décroche un ministère. Aussi sec je me fais élire Président de la République et..... je supprime la Physique en classe de 2^{nde} !!!



Essaye déjà d'avoir la moyenne à cette interro de physique aujourd'hui.

PHYSIQUE

On étudie le mouvement d'un véhicule de masse $m = 800 \text{ kg}$ tracté par un autre véhicule.

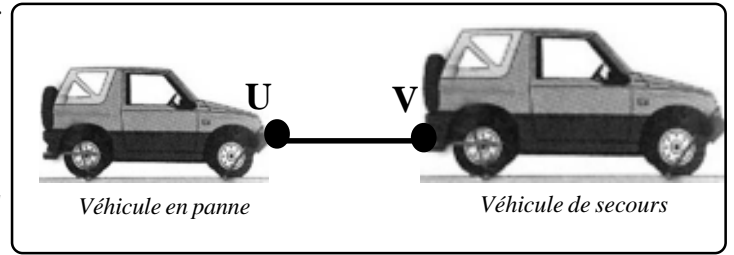
On représente symboliquement la voiture par un rectangle (voir ci-contre). Le contact de la voiture avec le sol qui se fait rigoureusement par les quatre pneus du véhicule, est ramené à un seul point de contact L .



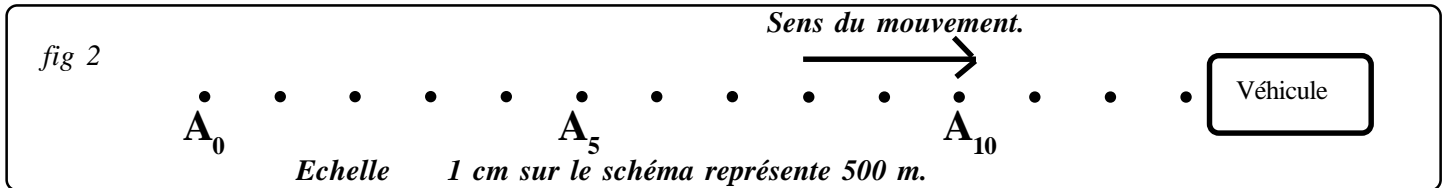
Tout le long du trajet, le véhicule en panne a une perte d'huile au goutte à goutte. Toutes les 30,0 secondes, une goutte d'huile tombe du dessous du véhicule sur la route.

Le véhicule en translation, est donc tracté par un autre véhicule pour le ramener au garage (fig 1). Le véhicule dépanneur a une force de traction égale à 4000 N.

On visualise d'un hélicoptère en position stationnaire (fig 2), les traces laissées sur la chaussée par les gouttes d'huile du véhicule tracté.

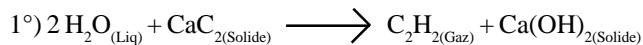


Donnée. $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ mais on prend $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$



- 1°) Définir le système étudié et indiquer le référentiel par rapport auquel est observé le mouvement de ce système.
- 2°) Sans aucun calcul, par simple observation de la trajectoire obtenue, quelle est la nature du mouvement du système ? Bien justifier la réponse.
- 3°) Calculer la valeur des vitesses instantanées du système étudié aux points A_4 et A_9 . Bien détailler les calculs et le raisonnement. On donne le résultat avec trois chiffres significatifs au maximum.
- 4°) Déterminer la vitesse moyenne entre les points A_0 et A_{10} . Un calcul est demandé. Bien détailler les calculs et le raisonnement.
- 5°) Ce calcul était-il nécessaire ? Y avait-il un autre raisonnement possible pour répondre à la question précédente ?
- 6°) Exprimer cette vitesse moyenne calculée à la question 4°) en km.h^{-1} . On donnera le résultat sous la forme d'un chiffre entier.
- 7°) Enoncer le principe d'inertie.
- 8°) Ce principe est-il applicable au cours du mouvement du système étudié. Bien justifier la réponse.
- 9°) Faire l'inventaire des forces appliquées au système.
- 10°) Le système est-il isolé ou pseudo-isolé ? Bien justifier la réponse.
- 11°) Quelle est la relation vectorielle vérifiée par les forces appliquées au système ?
- 12°) Reprendre, rigoureusement sur la copie, le schéma (en tenant compte d'une échelle), représentant tous les vecteurs force avec le centre d'inertie G du système comme unique point d'application des forces. Compléter éventuellement les caractéristiques de l'une ou l'autre force. **Echelle:** $1 \text{ cm} \longleftrightarrow 1000 \text{ N}$
- 13°) Déterminer les caractéristiques de la force \vec{f} de frottement exercée par le sol sur le véhicule tracté.
- 14°) Le principe d'inertie serait-il encore applicable si la tension \vec{T} exercée par le câble de traction a pour valeur $T = 5000 \text{ N}$? Bien justifier la réponse. On fait l'hypothèse que la valeur de la force de frottements n'a pas changé.
- 15°) Quelle est alors la nature du mouvement ? Bien justifier la réponse.

PARTIE A: La Synthèse de l'Acétylène.



2°) Il nous faut calculer les quantités de matière des réactifs:

☐ pour l'eau,

Il nous faut déterminer dans un premier la masse correspondante au volume transporté. On nous donne la masse volumique de l'eau (programme de 5^{ème} !!!). On applique la relation $m_{\text{Eau Liquide}} = \mu_{\text{Eau Liquide}} \times V_{\text{Eau Liquide}} = 1,00 \times 180 = 18,0 \times 10 \text{ g}$.

$$\text{On en déduit alors la quantité de matière } n_{\text{Eau Liquide}} = \frac{m_{\text{Eau Liquide}}}{M_{\text{Eau}}} = \frac{18,0 \times 10}{18,0} = 10,0 \text{ mol.}$$

On aura calculé $M_{(\text{H}_2\text{O})} = 2 \times M_{(\text{H})} + M_{(\text{O})} = 2 \times 1,0 + 16,0 = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}$

☐ pour le carbure de calcium solide,

$$n_{\text{CaC}_2(\text{Solide})} = \frac{m_{\text{CaC}_2(\text{Solide})}}{M_{\text{CaC}_2}} = \frac{256}{64,0} = 4,00 \text{ mol.} \quad \text{avec} \quad M_{(\text{CaC}_2)} = M_{(\text{Ca})} + 2 \times M_{(\text{C})} = 40,0 + 2 \times 12,0 = 64,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

3°)

<i>Equation chimique</i>		$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{Liq})} + \text{CaC}_{2(\text{Solide})} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(\text{Gaz})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{Solide})}$			
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>			
Etat initial	0	10,0	4,00	0	0
En cours de transformation	x	10,0 - 2 x	4,00 - x	x	x

On recherche la valeur de x_{max} en faisant l'hypothèse:

- le réactif limitant est l'eau, de sorte que: $10,0 - 2x = 0$, d'où $x_{\text{max}} = 5,00 \text{ mol}$.

- le réactif limitant est le carbure de calcium: $4,00 - x_{\text{max}} = 0$, d'où $x_{\text{max}} = 4,00 \text{ mol}$.

Des deux valeurs, on retient la plus petite, le réactif limitant est le carbure de calcium et la valeur retenue est $x_{\text{max}} = 4,00 \text{ mol}$.

4°) Je peux compléter la dernière ligne du tableau d'avancement

<i>Equation chimique</i>		$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{Liq})} + \text{CaC}_{2(\text{Solide})} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_{2(\text{Gaz})} + \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{Solide})}$			
<i>Etat du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>			
Etat initial	0	10,0	4,00	0	0
En cours de transformation	x	10,0 - 2 x	4,00 - x	x	x
Etat Final	$x_{\text{max}} = 4,00$	2,00	0	4,00	4,00

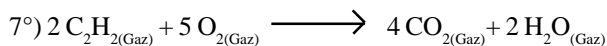
Dans l'état final, il reste 2,0 mol d'eau qui n'a pas réagi et il s'est formé 4,00 mol d'Acétylène et 4,00 mol d'hydroxyde de calcium.

5°) Pour déterminer le volume d'Acétylène formé, on applique alors la relation:

$$V_{\text{C}_2\text{H}_2(\text{Gaz})} = n_{\text{C}_2\text{H}_2(\text{Gaz})} \times V_m = 4,00 \times 24,0 = 96,0 \text{ L.}$$

6°) La lampe du spéléologue consomme 9,6 litres du gaz Acétylène par heure de fonctionnement. Il produit 96,0 L d'Acétylène à partir de l'eau et du carbure de calcium qu'il a sur lui. Il dispose d'une autonomie de 10 h.

PARTIE B: Consommation de l'acétylène.



8°) On sait que la totalité de l'acétylène produite dans la partie précédente, va être consommée, puisqu'on demande de déterminer le volume V_3 de dioxygène qui aura été consommé lorsque la lampe éclairante du spéléologue s'éteindra, sous entendu lorsque tout l'acétylène qui peut être produit au cours de la réaction chimique étudiée dans la partie A, aura été consommé. On n'a pas besoin d'établir un tableau d'avancement !!! Il faut se placer dans les conditions stoechiométriques pour trouver le volume de dioxygène nécessaire. De plus nous sommes dans le cas particulier des gaz. Il n'est donc pas nécessaire de passer par les quantités de matière pour trouver les volumes de gaz produits ou consommés. Nous pouvons tout de suite établir la relation suivante:

$$\frac{V_{(\text{C}_2\text{H}_2 \text{ Gaz Totalelement Consommé})}}{2} = \frac{V_{(\text{O}_2 \text{ Gaz Totalelement Consommé})}}{5} \quad \text{soit} \quad V_{(\text{O}_2 \text{ Gaz Totalelement Consommé})} = \frac{5}{2} V_{(\text{C}_2\text{H}_2 \text{ Gaz Totalelement Consommé})}$$

$$\text{On en déduit } V_{(\text{O}_2 \text{ Gaz Totalelement Consommé})} = \frac{5}{2} \times 96,0 = 24,0 \times 10 \text{ L}$$

1°) On étudie le { Véhicule en panne dans un référentiel terrestre lié à l'hélicoptère en position stationnaire au-dessus du système { Véhicule en panne

2°) Le système { Véhicule en panne a un **mouvement de translation rectiligne uniforme**, car si on se réfère à la fig 2, on observe que:

- la trajectoires du point A est une droite, donc mouvement rectiligne;
- les points sont régulièrement espacés à intervalle de temps régulier, donc mouvement uniforme.
- de plus dans l'énoncé, on nous indique que le véhicule se déplace en translation

Remarque:

Il est important de préciser que les points sont régulièrement espacés certes, mais aussi que les points sont pris à intervalle de temps régulier, sinon on ne pourrait pas exploiter les relevés des trajectoires.

3°) Pour calculer la valeur de la vitesse instantanée au point A₄, on applique la relation suivante

$$v_{A4} = \frac{A_3A_5}{2 \times t} = \frac{1,0 \times 10^3 \text{ m}}{2 \times 30,0 \text{ s}} = 16,7 \text{ m.s}^{-1}.$$

Remarque:

Sur le document 2, on indique qu'1 cm représente 500 mètres. Donc si on mesure A₃A₅ = 2,0 cm, cela correspond en réalité à une distance A₃A₅ = 2,0 x 500 = 1,0 x 10³ m

4°) Pour calculer la valeur de la vitesse moyenne entre les points A₀ et A₁₀, on applique la relation suivante

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{A_0A_{10}}{10 \times t} = \frac{5,0 \times 10^3 \text{ m}}{10 \times 30,0 \text{ s}} = 16,7 \text{ m.s}^{-1}.$$

5°) Ce calcul est inutile pour répondre à la question précédente, puisque nous savons, grâce au relevé des trajectoires, qu'il s'agit d'un mouvement de translation rectiligne **uniforme**, alors, dans ce cas particulier uniquement, vitesses moyenne et instantanées ont même valeur: $v_{\text{moyenne}} = v_{A4} = 16,7 \text{ m.s}^{-1}$

6°) Pour passer d'une valeur de la vitesse en m.s⁻¹ à une valeur exprimée en km.h⁻¹, il suffit de multiplier par 3,6. Soit:

$$v_{\text{moyenne en km/h}} = 3,6 \times v_{\text{moyenne en m/s}} = 3,6 \times 16,7 \text{ m.s}^{-1} = 60 \text{ km.h}^{-1}.$$

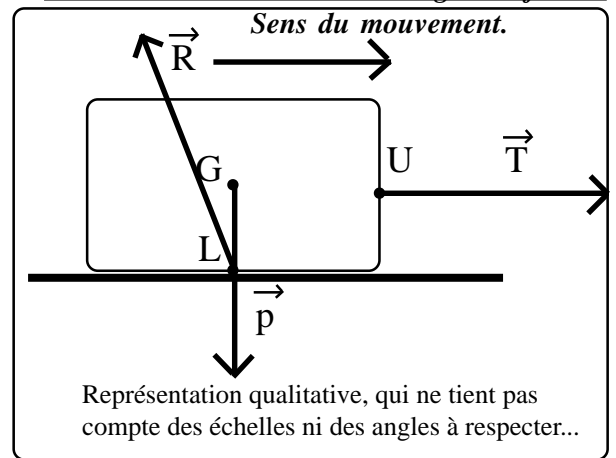
7°) Le principe d'inertie: «Dans un référentiel terrestre, un corps isolé (soumis à aucune force) ou pseudo-isolé (soumis à des forces mais qui se compensent) reste:

- soit immobile (si sa vitesse initiale est nulle);
- soit en mouvement de translation rectiligne uniforme (si sa vitesse initiale est différente de zéro)».

8°) Le principe d'inertie est ici applicable, car on a démontré que le système a un **mouvement de translation rectiligne uniforme**.

9°) Inventaire des forces appliquées au système:

Le poids \vec{p}	Point d'application G Direction: Verticale Sens: vers le centre de la Terre Valeur: $p = m \times g = 800 \times 10 = 8\,000 \text{ N}$
La Tension du câble \vec{T}	Point d'application: U Direction: horizontale Sens: vers la droite (celui du mouvement) Valeur: $T = 4\,000 \text{ N}$
La réaction du sol \vec{R}	Point d'application: L Direction: inclinée d'un angle ??? Sens: vers le haut Valeur: $R = ?$



10°) Le système n'est pas isolé puisqu'il est soumis à trois forces, mais il est considéré comme pseudo-isolé puisque la somme de ces forces extérieures est égale à zéro, en accord avec le principe d'inertie, $\vec{p} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$

11°) La relation vérifiée par les forces appliquées au système est $\vec{p} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$.

12°) & 13°) Voir fig 2. On se ramène à un seul point d'application.

On mesure un vecteur \vec{R} de longueur 8,9 cm, ce qui correspond à une valeur $R = 8\,900 \text{ N}$ en respectant l'échelle donnée. De plus, on mesure sur le schéma le vecteur \vec{R} fait un angle de 26,5° avec la verticale (angle mesuré à l'aide d'un rapporteur). On aura donc la possibilité de compléter les caractéristiques de la réaction \vec{R} exercée par le sol sur le palet:

La réaction du sol \vec{R}	Point d'application: U Direction: inclinée d'un angle de 26,6° avec la verticale Sens: vers le haut Valeur: $R = 8\,900 \text{ N}$
---------------------------------	---

Par la méthode numérique $\tan \alpha = \frac{p}{T} = \frac{4\,000}{8\,000} = \frac{1}{2}$ soit $\alpha = 26,6^\circ$ et $R = \sqrt{T^2 + p^2} = \sqrt{4\,000^2 + 8\,000^2} = 8\,944 \text{ N}$

On peut décomposer le vecteur \vec{R} sur les deux axes Ox et Oy. La composante selon l'axe Ox correspond aux forces de frottement. On aura donc:

La réaction du sol \vec{f}	Point d'application: U
	Direction: horizontale
	Sens: opposée au mouvement
	Valeur: $f = 4\,000\text{ N}$

14°) & 15°) Dans le cas où la tension \vec{T} exercée par le fil a pour valeur $T = 5\,000\text{ N}$, alors la relation vectorielle $\vec{p} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$ n'est plus vérifiée, par conséquent le système n'a plus un mouvement de translation rectiligne uniforme.

Intuitivement on peut comprendre qu'il aura un mouvement de translation rectiligne accéléré, puisque la $\Sigma \vec{F}_{\text{Ext}}$ a même direction et sens que le mouvement du véhicule tracté.

Nous verrons en 1^{ère}S, la 2^{nde} loi de Newton qui nous permettra de répondre rigoureusement à cette question.

