EXERCICE III - LAMPES À CARBURE DE CALCIUM (5 points)

Depuis la fin du XIXe siècle et jusque très récemment, les lampes à carbure de calcium, appelées aussi lampes à acétylène, ont été très utilisées pour s'éclairer dans les milieux souterrains (mines, grottes, …). En effet, ces lampes présentent l'avantage d'être maniables et très résistantes aux chocs, à la boue et à l'humidité. Elles génèrent une flamme très éclairante, environ vingt fois plus que celle d'une bougie. Elles produisent en continu une lumière pendant de nombreuses heures. En spéléologie, elles ont longtemps été utilisées car elles ont une plus grande autonomie que les lampes à ampoule mais l'arrivée des LED a entrainé leur quasi-disparition.

Principe de fonctionnement d'une lampe à carbure de calcium ou lampe à acétylène.
La lampe à acétylène est constituée de deux cuves : la cuve supérieure est une réserve d'eau et la cuve inférieure contient des morceaux de carbure de calcium. Le spéléologue ouvre un robinet pour faire tomber l'eau, goutte à goutte, sur le carbure de calcium. Une réaction chimique se produit entre le carbure de calcium solide $CaC_2(s)$ et l'eau pour former de l'acétylène gazeux $C_2H_2(g)$ et de l'hydroxyde de calcium solide $Ca(OH)_2(s)$. Un briquet ou une allumette permettent d'activer la réaction de combustion qui a lieu entre l'acétylène et le dioxygène de l'air à la sortie du bec. Cette combustion produit une flamme et se poursuit tant que les réactifs sont présents.

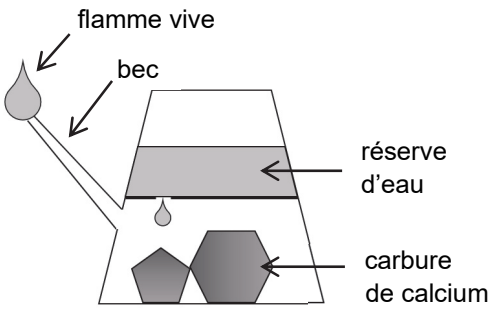


Figure1. Schéma de principe de la lampe à acétylène

La consommation en carbure de calcium d'une lampe à acétylène varie en fonction du débit d'arrivée d'eau dans la cuve. En effet, plus on ouvre le robinet, plus l'eau s'écoule vite sur le carbure de calcium, et plus le débit d'acétylène sortant par le bec est élevé, et donc la taille de la flamme importante.

D'après les sites *: http://exploration.urban.free.fr/acethylene/ et http://souterweb.free.fr/lexique/acetyene.htm*

L'objectif de cet exercice est de préparer une lampe à acétylène pour une sortie de spéléologie de quatre heures.

Données :

- volume d'une mole de gaz : V_m = 24,0 L à 20 °C à pression atmosphérique ;
- masses molaires : $M(CaC_2)$ = 64,1 g·mol^{-1} et $M(H_2O)$ = 18,0 g·mol^{-1} ;
- volume d'une goutte d'eau : V_{goutte} = 0,05 mL ;
- masse volumique de l'eau liquide : ρ = 1,0 g·mL^{-1} ;
- la lampe à acétylène consomme 14 L d'acétylène par heure pour produire une flamme suffisamment éclairante.

Questions préliminaires :

1. Établir l'équation de la réaction modélisant la production de l'acétylène dans une lampe.
2. La cuve supérieure de la lampe peut contenir 200 mL d'eau. Montrer que la valeur de la masse de carbure de calcium à introduire dans la lampe pour consommer toute l'eau est d'environ 360 g.

Problème :

Déterminer la masse minimale de carbure de calcium nécessaire pour une sortie de spéléologie de quatre heures et indiquer le débit d'eau à régler, c'est-à-dire le nombre de gouttes d'eau par minute, qui doivent tomber sur le carbure de calcium pour un éclairement suffisant par la lampe à acétylène. Au début de la sortie, le réservoir d'eau est plein.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.