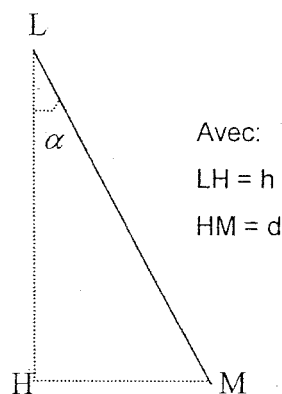


Dans le cadre d'un projet de réalisation d'une maison écologique, on se propose d'étudier quelques éléments de cet habitat :

- l'éclairage par la lumière naturelle à l'aide d'un « tube solaire »
- la citerne de récupération de l'eau de pluie
- le poêle à bois

EXERCICE 1 – Etude photométrique d'un tube solaire (7 points)

On donne l'expression de la loi de Bouguer (voir schéma): $E = I \times \frac{\cos(\alpha)}{LM^2}$



Afin d'améliorer l'éclairage d'une pièce, on peut faire pénétrer la lumière du jour par la toiture grâce à un **tube solaire** qui est constitué d'un dôme capteur de lumière sur la toiture, prolongé par un tube de transmission qui aboutit à un diffuseur dans la pièce.

On cherche à savoir à quelle hauteur il faut placer le diffuseur de manière à ce que l'éclairage apporté soit comparable à celui d'une lampe de 75 W d'efficacité lumineuse $k = 30 \text{ lm.W}^{-1}$.

1) Lumière solaire

- 1.1. Rappeler les valeurs extrêmes des longueurs d'onde des radiations du spectre visible.
- 1.2 Placer sur un axe orienté en longueur d'onde les domaines du visible, de l'ultra-violet et de l'infrarouge.

2) Etude de la lampe de 75 W

On considère que la lampe émet uniformément depuis le point L dans un angle solide de $\Omega = 2\pi$ stéradians.

- 2.1 Calculer le flux lumineux Φ qu'émet cette lampe.
- 2.2 En déduire l'intensité lumineuse I de celle-ci.
- 2.3 Calculer la hauteur notée h à laquelle doit être placée la lampe pour que l'éclairage en H soit de $E = 100 \text{ lx}$
- 2.4 En utilisant la loi de Bouguer, montrer que l'éclairage en M s'écrit:

$$E = I \cdot h / (h^2 + d^2)^{3/2}$$

- 2.5 Calculer l'éclairage E en M tel que $HM = 1,0 \text{ m}$.

3) Etude du tube solaire

En admettant que l'on puisse considérer que le diffuseur du tube est une source ponctuelle qui émet uniformément dans un angle solide de $\Omega = 2\pi$ avec une intensité lumineuse $I = 400 \text{ cd}$ par beau temps, calculer la hauteur h' à laquelle il faudrait le placer afin d'avoir un éclairage comparable à celui de la lampe de 75 W dans les conditions de la question 2.3.

EXERCICE 2 – Citerne de récupération de l'eau de pluie (7 points)

On souhaite mettre en place un système permettant de récupérer et de stocker l'eau de pluie pour alimenter les WC, la machine à laver, les systèmes d'arrosage, etc.
Pour cela, on décide d'enterrer une citerne et d'y adjoindre une pompe.

Partie A : Détermination du volume de la citerne

La citerne de récupération de l'eau de pluie est dimensionnée selon la quantité d'eau pouvant être récoltée sur la toiture et selon la consommation des habitants afin d'avoir un compromis taille/investissement/rentabilité le plus intéressant possible.

- 1) La toiture est constituée de 2 pans identiques de longueur $L = 15,0$ m, largeur $\ell = 8,0$ m.
Calculer sa surface S .
- 2) Dans la région où est construite cette maison, le volume d'eau reçu par les toitures est :
 $P = 1,0$ m³ par m² et par an. Le taux de récupération T de l'eau de pluie, qui dépend du type de toit, est de $T = 50$ %.
Calculer le volume V_P d'eau de pluie récoltée en une année ainsi que l'économie E réalisée sachant que le coût de l'eau est de $C = 3,50$ € / m³.
- 3) Le besoin annuel pour l'utilisation domestique et le jardin est $V_B = 80$ m³ d'eau de pluie.
Le volume V de la citerne est déterminé par le calcul de la moyenne entre la quantité récupérée en une année et le besoin annuel.
On applique ensuite à cette moyenne le coefficient $0,057$ (ce coefficient correspond au rapport entre le nombre de jours de réserve et le nombre de jour dans l'année : $21 / 365 = 0,057$).
Calculer V en m³.

Partie B : Puissance de la pompe immergée dans la citerne

Données :

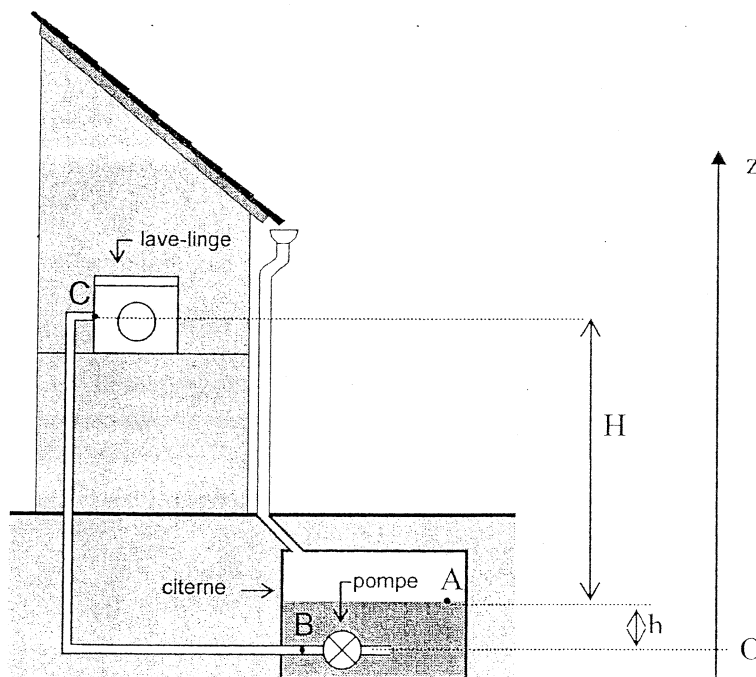
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg.m⁻³

Intensité de la pesanteur : $g = 10$ m.s⁻² ; pression atmosphérique $p_0 = 1,00 \cdot 10^5$ Pa

Théorème de Bernoulli :

$$\frac{\rho}{2} \cdot (v_B^2 - v_A^2) + (p_B - p_A) + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A) = \frac{P}{q_V}$$

On s'intéresse maintenant à la puissance de la pompe immergée dans la cuve qui permet d'alimenter en eau le lave-linge situé au premier étage de la maison (voir le schéma simplifié ci-dessous).



Le lave-linge est mis en marche et la pompe s'active alors pour remplir son réservoir. On suppose qu'aux points A et C l'eau est à la pression atmosphérique et que $v_A = 0$. La vitesse de l'eau dans la canalisation BC, dont la section est $S = 2,5 \text{ cm}^2$, est $v = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$.

- 1) Lorsque le débit est constant, comment qualifie-t-on le régime d'écoulement de l'eau ? Quelle est le débit volumique q_v de l'eau dans la canalisation BC ?
- 2) En déduire le temps Δt de remplissage du réservoir du lave linge dont le volume est $V = 20 \text{ L}$.
- 3) On désire faire monter l'eau d'une hauteur $H=6,0 \text{ m}$ au-dessus du niveau de la cuve. En utilisant le théorème de Bernoulli entre A et C, déterminer la puissance P de la pompe immergée.
- 4) Calculer la pression p_B au point B, en sortie de pompe sachant que le niveau de la cuve se situe à une hauteur $h=1,0 \text{ m}$ au dessus de ce point.

EXERCICE 3 – Combustion dans un poêle à bois (6 points)

Données :

Masses molaires : $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$
 Volume molaire dans les conditions de la combustion : $V_M = 32 \text{ L.mol}^{-1}$
 Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$

L'utilisation de combustible fossile provoque un accroissement de la concentration du dioxyde de carbone CO_2 dans l'atmosphère, qui peut conduire à des changements climatiques (réchauffement de l'atmosphère).

La combustion du bois garantit des rejets dans l'atmosphère avec moins de polluants que la plupart des combustibles fossiles. De plus, la quantité de CO_2 dégagée lors de la combustion du bois est comparable à celle produite naturellement lors de sa décomposition, cette quantité de CO_2 correspond à celle qui a été extraite de l'air pour la photosynthèse au cours de la croissance de l'arbre. Un équilibre est de la sorte obtenu. Le bilan théorique sur le CO_2 produit est donc neutre.

- 1) A quel phénomène fait-on allusion dans la première partie du texte ?

On choisit donc pour cette habitation un chauffage à l'aide d'un poêle à bois. On s'intéresse alors à la combustion du bois dans ce poêle : détermination d'un volume de CO_2 dégagé ainsi que la possible utilisation des cendres.

On considérera que le bois est principalement constitué de cellulose $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.

- 2) Calculer la masse molaire moléculaire M de la cellulose.
- 3) Recopier et compléter l'équation bilan équilibrée de la combustion complète de la cellulose :

$$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$$
- 4) On souhaite déterminer le volume de CO_2 obtenu par combustion d'une masse $m = 1\,620 \text{ g}$ de cellulose contenue dans une bûche.
 - a) Calculer le nombre de moles n contenues dans $1\,620 \text{ g}$ de cellulose.
 - b) En déduire le nombre de mole n' de CO_2 que produit la combustion.
 - c) En déduire dans les conditions de la combustion, le volume CO_2 dégagé.

A la fin de la combustion, on peut utiliser les cendres restantes pour le jardin de l'habitation. En effet, les cendres de bois possèdent certaines propriétés qui peuvent s'avérer utiles pour plusieurs circonstances en jardinage : la cendre est un alcalinisant (diminue l'acidité d'un sol), un antiparasitaire et un insectifuge naturel. La présence de potasse de formule $\text{KOH}_{(s)}$ explique son pouvoir alcalinisant.

- 5) On dissout des cendres de bois dans de l'eau.
 - a) Écrire l'équation de dissolution de la potasse dans de l'eau sachant qu'il se forme des ions potassium K^+ .
 - b) La solution obtenue a un pH égal à 11. En déduire la concentration $[\text{OH}^-]$ en ions hydroxyde.
 - c) Expliquer alors pourquoi l'épandage de cendres diminuera l'acidité du sol.