

Durée : 2 h

Calculatrice autorisée.

DST de spécialité de SCIENCES PHYSIQUES

Lundi 2 octobre 2022

1^{ère} 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9

La rédaction sera prise en compte dans la notation.

Vous devez justifier vos réponses, et donner vos résultats avec un nombre de chiffres significatifs en accord avec les données des exercices.

Avant d'effectuer un calcul numérique, vous devez donner une expression littérale.

Ce devoir comporte 5 pages. Le barème est donné à titre indicatif.

L'annexe en P5 est à rendre avec votre copie.

Exercice 1 : Un ballon pour les compétitions internationales de football (10 pts)

La loi 2 de l'International Football Association Board a fixé les caractéristiques d'un ballon utilisé pour les compétitions internationales : le ballon doit être sphérique, en cuir ou dans une autre matière adéquate, avoir un diamètre de 22 cm et la pression de l'air dans le ballon doit être comprise entre $1,6 \times 10^5$ Pa et $2,1 \times 10^5$ Pa.

D'après <http://www.theifab.com/fr/laws/chapter/22/section/31/>

L'objectif de cet exercice est d'étudier le gonflage d'un ballon et son utilisation dans des lieux de compétitions d'altitude différente. Nous nous intéresserons ainsi à deux lois liées à cette situation : la loi de Mariotte, qui permet d'étudier le gonflage et la loi de statique des fluides qui permet de réfléchir à l'influence de l'altitude sur le gonflage.

1. Etude expérimentale et loi de Mariotte :

1.1. Traitement de mesures obtenues en faisant varier le volume du gaz

Pour chaque volume d'air choisi dans une seringue, un microcontrôleur indique des valeurs de pression toutes les 2 secondes. Ces valeurs sont très proches, mais fluctuent légèrement. Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs de la pression P affichée par l'écran LCD du microcontrôleur pour différents volumes du gaz dans la seringue :

	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$
$V \text{ (cm}^3\text{)}$	20	25	30	35	40	50
$P \text{ (hPa)}$	1505	1195	998	852	745	600
	0,05	0,04	0,033	0,028	0,025	0,02

1.1.1. Énoncer la loi de Mariotte.

1.1.2. Tracer, sur le papier millimétré placé en annexe, la courbe $P = f(1/V)$ avec l'échelle 1,0 cm représente $5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$ et 1,0 cm représente 100 hPa.

1.1.3. Le graphique obtenu vérifie-t-il la loi de Mariotte ?

1.2. Gonflage d'un ballon de football

On utilise un gonfleur électronique de ballon ayant les caractéristiques suivantes :

- débit d'air à l'entrée du gonfleur : 4 litres par minute ;
- arrêt automatique quand la pression souhaitée est atteinte.



On souhaite gonfler, à l'aide de ce gonfleur, un ballon de football de compétition de diamètre égal à 22 cm pour obtenir une pression de l'air à l'intérieur du ballon de $2,1 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On admet qu'avant le gonflage le ballon est totalement dégonflé et que le volume d'air à l'intérieur est négligeable. On admet également que la température reste constante pendant le gonflage. On précise que l'air entrant dans le compresseur est à la pression atmosphérique.

1.2.1. On appelle V_0 le volume d'air à prélever dans le milieu extérieur pour le gonflage, V_1 et P_1 le volume d'air et la pression à l'intérieur du ballon une fois qu'il est gonflé.

Montrer que : $V_0 = \frac{P_1 \times V_1}{P_0}$.

1.2.2. Montrer que la durée nécessaire au gonflage, à l'aide du gonfleur électronique, est voisine de 3 minutes.

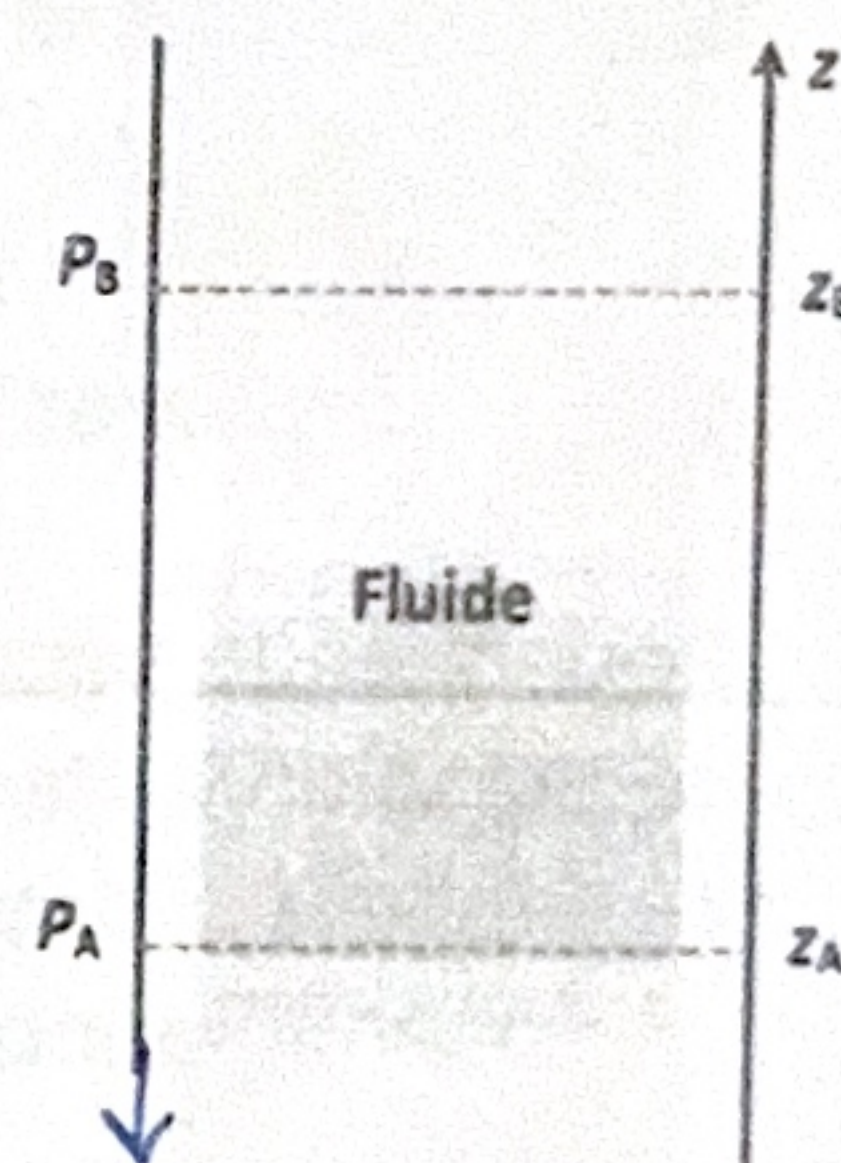
➤ **Données :**

Pression atmosphérique	Volume d'une sphère de rayon R	Unités de volume
$P_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$	$V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$	1 litre correspond à 10^3 cm^3

2. Utilisation du ballon dans des lieux de compétitions d'altitudes différentes.

On s'intéresse dans cette partie à la loi fondamentale de la statique des fluides pour modéliser l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude.

Les villes de Denver et de New York se sont portées candidates pour accueillir les matchs de la coupe du monde de football 2026 organisée conjointement par les États-Unis, le Canada et le Mexique.



2.1. Énoncer la loi de la statique des fluides.

2.2. En déduire une comparaison qualitative de la valeur de la pression au point A à celle au point B.

2.3. Évaluer la différence de pression atmosphérique $P_{NY} - P_D$ entre les villes de New York située à 10 mètres d'altitude et de Denver située à 1600 mètres d'altitude. Pour les deux villes, on suppose que la masse volumique de l'air a pour valeur $\rho = 1,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et que l'intensité de la pesanteur a pour valeur $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

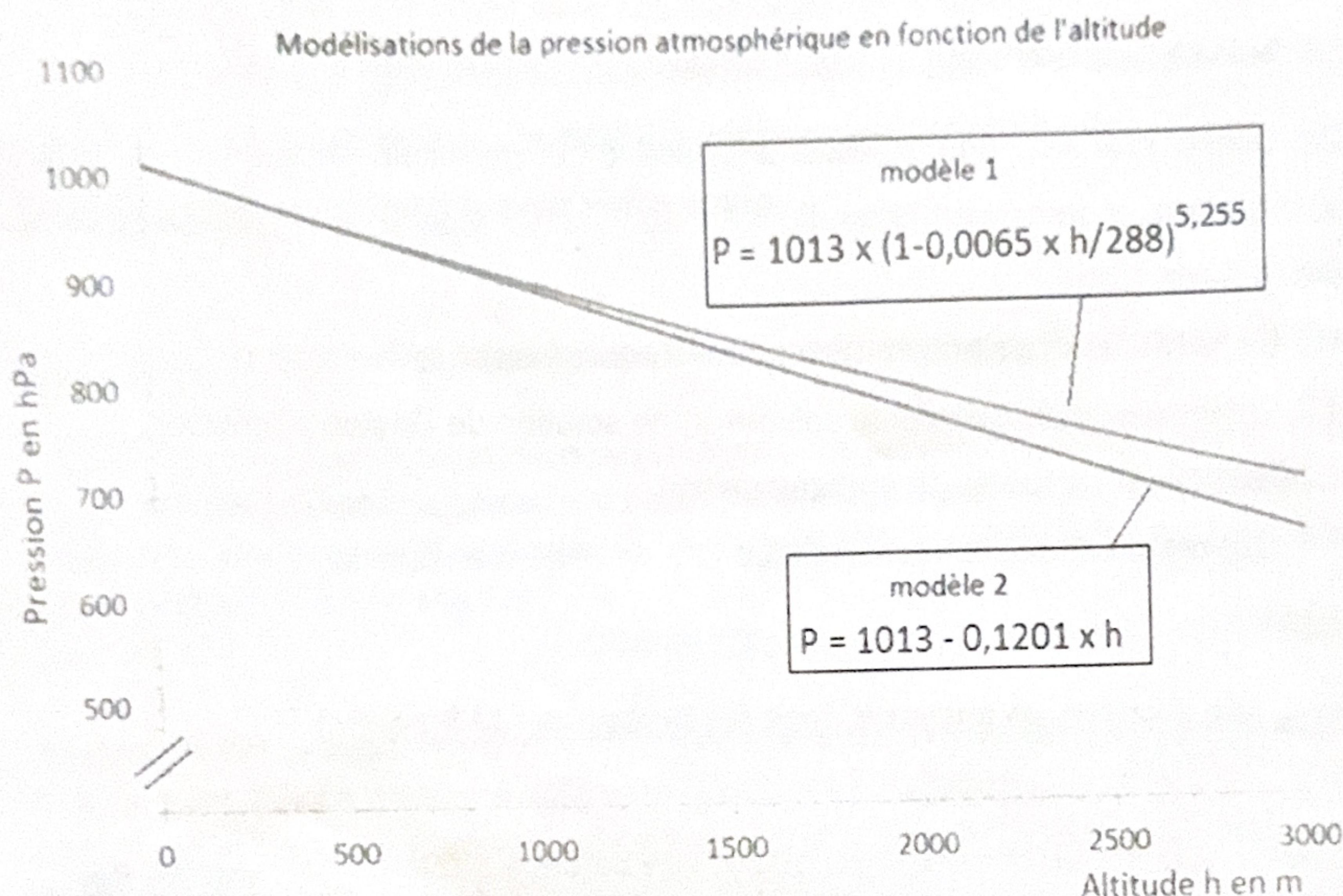
$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times \frac{\text{m}}{\text{m}^3} \times \text{m} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

2.4. Sur le site Planet-Terre de l'École Normale Supérieure de Lyon, différents modèles de l'atmosphère sont proposés.

- **Modèle 1** : la masse volumique de l'air dépend de la pression et de la température. On suppose que la température varie selon une fonction affine décroissante de l'altitude.

- **Modèle 2** : la masse volumique de l'air est constante, quelle que soit l'altitude.

Les graphes correspondants à chacun des deux modèles, et représentant l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude, sont donnés ci-dessous (par souci d'échelle l'axe vertical n'est pas gradué à partir de l'origine).



Auquel des modèles 1 ou 2 est liée la loi fondamentale de la statique des fluides ?

Exercice 2 : Etude d'un déboucheur de canalisations (6,5 pts)

Le Destop est une solution liquide utilisée pour déboucher les canalisations. Il contient de l'hydroxyde de sodium (NaOH). L'étiquette du flacon de Destop indique :

- Liquide corrosif
- Pourcentage massique en hydroxyde de sodium $p = 20\%$
- Masse volumique : $\rho_{\text{sol}} = 1,2 \text{ g.mL}^{-1}$.

Données :

- Le pourcentage massique d'une solution représente la masse de soluté contenue dans 100 g de solution.
- Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$, et $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Un particulier verse un volume $V = 400 \text{ mL}$ de ce déboucheur dans son évier.

1. Proposer des manipulations simples permettant de vérifier la masse volumique du Destop.
2.
 - 2.1 Calculer la masse m_{sol} de Destop contenue dans le volume V .
 - 2.2 Vérifier que le volume V de Destop contient une masse $m(\text{NaOH}) = 96 \text{ g}$ d'hydroxyde de sodium.
3. En déduire la concentration C_1 en hydroxyde de sodium dans le Destop.
4. On désire préparer une solution aqueuse S_2 d'hydroxyde de sodium de volume $V_2 = 500 \text{ mL}$ et de concentration $C_2 = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de la solution de Destop précédente.
 - 4.1 Donner le nom de la technique utilisée pour réaliser cette solution.
 - 4.2 Déterminer puis calculer le volume V_1 de solution de Destop à prélever.
 - 4.3 Rédiger le protocole de la manipulation.
 - 4.4 Quelles précautions faut-il prendre lors de cette manipulation ?

Exercice 3 : Le dioxyde de carbone dans les boissons : (3,5 points)

1. Calculer la quantité de matière n_1 de dioxyde de carbone gazeux contenu dans un volume $V = 600 \text{ mL}$ à 20°C et 1013 hPa .
2. La recharge d'un gazéificateur de boisson contient 425 g de dioxyde de carbone dans un volume $V = 600 \text{ mL}$.
 - 2.1 Calculer la masse molaire du dioxyde de carbone.
 - 2.2 En déduire la quantité de matière n_2 de dioxyde de carbone contenu dans cette recharge.
3. Comment expliquez-vous que les valeurs n_1 et n_2 soient différentes ?



Données :

- Volume molaire d'un gaz à 20°C et 1013 hPa : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$