



Association pour l'Accès Santé – Université Paris Cité
Année Universitaire 2023-2024

CORRECTION

Examen Blanc n° 2

UE 4 : Physique



Durée de l'épreuve : 1h30

A LIRE AVANT DE COMMENCER L'ÉPREUVE

**Vérifiez que les informations saisies sur votre grille QCM sont correctes :
nom, prénom, et numéro étudiant.**

**Les correcteurs liquides ou en ruban de type Blanco, Tipp-Ex et autres sont interdits car
chaque question comporte une ligne de droit au remords.**

Seule l'utilisation du stylo à bille noir est autorisée pour cocher les grilles.

INFORMATIONS RÉGLEMENTAIRES

- Les questions sans réponse seront considérées comme nulles.
- Une grille QCM est à remplir pour l'ensemble de l'épreuve.
- Veiller à remplir complètement toute la surface des cases choisies.
- Ne pas gratter, ne pas raturer, ne pas mettre de croix ni aucun autre signe.
- Toute fraude ou tentative de fraude fera l'objet de poursuites disciplinaires (Décret n°92-657 du 13 juillet 1992). Tout signe distinctif porté sur la grille QCM pouvant indiquer sa provenance constitue une fraude.
- Les calculatrices sont autorisées pour cette épreuve.
- Aucun candidat n'est admis à quitter la salle d'examen avant la fin de l'épreuve.

RECOMMANDATIONS SPÉCIFIQUES À L'ÉPREUVE

INFORMATIONS SUR L'ÉPREUVE

Le sujet contient 14 pages numérotées de 2 à 12 et comporte 20 questions.

Merci de vérifier au début de l'épreuve que le sujet est complet.

[illegible]

1	☐ ☐ ☒ ☐ ☐	13	☐ ☐ ☐ ☒ ☐	25	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	37	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
2	☐ ☒ ☐ ☐ ☐	14	☐ ☐ ☐ ☐ ☒	26	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	38	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
3	☐ ☐ ☒ ☐ ☐	15	☐ ☐ ☐ ☒ ☐	27	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	39	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
4	☐ ☒ ☐ ☒ ☒	16	☐ ☒ ☐ ☒ ☐	28	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	40	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
5	☐ ☒ ☐ ☐ ☐	17	☐ ☐ ☐ ☒ ☐	29	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	41	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
6	☐ ☒ ☒ ☐ ☒	18	☐ ☐ ☐ ☒ ☒	30	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	42	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
7	☒ ☐ ☐ ☐ ☒	19	☐ ☐ ☒ ☒ ☐	31	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	43	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
8	☒ ☐ ☒ ☐ ☒	20	☐ ☐ ☒ ☐ ☒	32	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	44	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
9	☐ ☒ ☐ ☒ ☐	21	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	33	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	45	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
A B C D E		A B C D E		A B C D E		A B C D E	
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
10	☐ ☐ ☒ ☐ ☒	22	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	34	☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
A B C D E		A B C D E		A B C D E			
☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ ☐ ☐ ☐ ☐			
11	☐ ☐ ☒ ☐ ☒	23	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	35	☐ ☐ ☐ ☐ ☐		
A B C D E	</						

Exercice 1 - « L'aventure, c'est extra ! »

Peu après son arrivée aux Chutes du Paradis, Carl Fredriksen ne peut déjà plus supporter sa drôle de compagnie : le jeune Russell, Doug le chien et Kévin le Dabou. Il décide alors de les abandonner en Amérique du Sud et de rentrer chez lui le plus vite possible en regonflant ses ballons de baudruches à l'Hélium.

On donne : $T = 25^\circ\text{C}$, $R = 8,31 \text{ J/K/mole}$, $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$

On considérera que tous les gaz évoqués dans cet exercice sont des gaz parfaits et on notera, pour chaque gaz X , n_X le nombre de moles de ce gaz et p_X sa pression partielle dans le mélange de gaz (gaz total).

Première partie :

Pour éviter d'être dérangé, Carl décide de distraire ses compagnons en leur lançant une des balles de tennis de sa canne. Remarquant que cette balle est un peu molle, il décide de la regonfler à bloc avec sa pompe à vélo.

On considérera que l'air utilisé pour gonfler la balle est composé à 79% de diazote (N_2) et 21% de dioxygène (O_2). La balle de tennis a un volume $V = 145 \text{ cm}^3$ qui ne change pas au cours du gonflage.

Question 1 On note n_{tot} et P respectivement la quantité de matière et la pression de l'air contenu dans la balle avant d'être regonflée. On donne $n_{\text{tot}} = 4,68 \text{ mmol}$.

Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. $n_{N_2} = 3,70 \text{ mol}$

B. $n_{O_2} = 3,70 \text{ mmol}$

C. $P = \frac{n_{\text{tot}}RT}{V}$

D. $P = 6,71 \times 10^3 \text{ Pa}$

E. $P = 0,8 \text{ bar}$

Items A et B : A et B FAUX

L'air est ici composé à 79% de N_2 et à 21% d' O_2 :

Ainsi, les fractions molaires de gaz sont : $f_{N_2} = 0,79$ et $f_{O_2} = 0,21$

On rappelle la formule reliant fraction molaire et le nombre de moles :

$$f_X = \frac{n_X}{n_{\text{tot}}}$$

Pour N_2 on a donc ici :

$$f_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{\text{tot}}} \Leftrightarrow n_{N_2} = f_{N_2} \times n_{\text{tot}}$$

Ainsi :

$$n_{N_2} = 0,79 \times n_{tot} \text{ et } n_{O_2} = 0,21 \times n_{tot}$$

On rappelle que $n_{tot} = n_{N_2} + n_{O_2}$ ce qui est bien cohérent avec ce qu'on vient de trouver, puisqu'on retombe sur n_{tot} en additionnant les deux : $0,79 \times n_{tot} + 0,21 \times n_{tot} = n_{tot}$.

On fait les applications numériques en se concentrant pour les unités : en effet, on nous donne $n_{tot} = 4,68 \text{ mmol} = 4,68 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

AN :

$$n_{N_2} = 0,79 \times 4,68 = 3,70 \text{ mmol} = 3,70 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = 0,21 \times 4,68 = 0,98 \text{ mmol} = 0,98 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Item C : C VRAI

Comme on considère l'air comme un gaz parfait, on peut appliquer la formule des gaz parfaits :

$$PV = nRT$$

Ici avec les notations de l'exercice, on a :

$$P = \frac{n_{tot}RT}{V}$$

Items D et E : E VRAI, D FAUX

Ici une petite application numérique, en se mettant dans les bonnes unités pour pouvoir appliquer la formule (vraiment c'est le piège classique de ce genre d'exo). On rappelle : la pression en Pa , le volume en m^3 , la quantité de matière en mol , la température en K et la constante des gaz parfaits $R = 8,31 J/K/mole$.

On fait les conversions :

$$V = 145 \text{ cm}^3 = 145 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 1,45 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$T = 25^\circ C = (273 + 25) K = 298 K$$

$$n_{tot} = 4,68 \text{ mmol} = 4,68 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

AN :

$$P = \frac{4,68 \times 10^{-3} \times 8,31 \times 298}{1,45 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow P = 8 \times 10^4 Pa$$

On rappelle que $1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = P_{atm} = 10^5 Pa$

Ainsi :

$$P = 8 \times 10^4 Pa = 0,8 \times 10^5 Pa = 0,8 \text{ bar}$$

Réponses vraies : C et E

Carl gonfle la balle jusqu'à obtenir une pression P' supérieure de $0,7 \text{ atm}$ à la pression atmosphérique. On note n'_{tot} le nombre de moles d'air présentes dans la balle à la fin du regonflage de la balle et p'_{O_2} et p'_{N_2} les pressions partielles en O_2 et en N_2 après le regonflage. On considère que l'opération se déroule sans changement de température.

Question 2 À propos des caractéristiques du gaz contenu dans la balle après l'intervention de Carl, **laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $n'_{tot} = 8,78 \text{ mmol}$

B. $n'_{tot} = 9,95 \text{ mmol}$

C. $p'_{N_2} = P' - 0,21p'_{O_2}$

D. $p'_{N_2} > 1,35 \times P_{atm}$

E. $p'_{N_2} = 1,19 \times 10^5 \text{ Pa}$

Items A et B : **B VRAI, A FAUX**

Ici, c'est une application de la loi des gaz parfaits. Cependant, il fallait d'abord trouver la valeur de P' . On nous dit dans l'énoncé qu'elle est supérieure de $0,7 \text{ atm}$ à la pression atmosphérique, ainsi $P' = 1,7 \text{ atm}$, c'est-à-dire $P' = 1,7 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On a donc :

$$n'_{tot} = \frac{P'V}{RT}$$

AN :

$$n'_{tot} = \frac{1,7 \times 10^5 \times 1,45 \times 10^{-4}}{8,31 \times 298}$$

$$\mathbf{n'_{tot} = 9,95 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$\mathbf{= 9,95 \text{ mmol}}$$

Item C : **C FAUX**

On applique la loi de Dalton : « la pression totale d'un gaz est égale à la somme des pressions partielles des gaz qui le composent » :

$$P_{tot} = \sum_i p_i$$

Ici, notre gaz n'est composé que de deux gaz, N_2 et O_2 , ainsi :

$$P' = p'_{O_2} + p'_{N_2}$$

$$\Leftrightarrow \mathbf{p'_{N_2} = P' - p'_{O_2}}$$

Attention ici à la confusion, on a :

$$p'_{O_2} = 0,21 \times P'$$

Donc :

$$\mathbf{p'_{N_2} = P' - 0,21P'}$$

Ici le piège était qu'on avait remplacé le deuxième P' de cette expression par p'_{O_2} !

Attention à bien lire les items !

Item D et E : D et E FAUX

Ici, on a, découlant de la loi de Dalton :

$$p'_{N_2} = 0,79 \times P'$$

$$\Rightarrow p'_{N_2} = 0,79 \times 1,7 \times 10^5 = \mathbf{1,343 \times 10^5 Pa}$$

On sait par ailleurs que $P_{atm} = 10^5 Pa$. Ainsi on a $p'_{N_2} = 1,343 \times 10^5 = 1,343 \times P_{atm}$, donc $p'_{N_2} < 1,35 \times P_{atm}$.

Autre chemin de raisonnement : P' est supérieure de $0,7 atm$ à la pression atmosphérique, qui vaut $1 bar$, donc $P' = 1,7 bar = \mathbf{1,7 \times P_{atm}}$, ainsi on a :

$$p'_{N_2} = 0,79 \times 1,7 \times P_{atm}$$

$$= 1,343 \times P_{atm}$$

$$\Rightarrow p'_{N_2} < \mathbf{1,35 \times P_{atm}}$$

Réponse vraie : B

Deuxième partie :

Une fois la balle regonflée, Carl la lance le plus loin possible, ses trois amis s'élancent derrière et il se met directement à gonfler des ballons de baudruche avec de l'hélium avant qu'ils ne reviennent.

On note une variation de volume $\frac{\Delta V}{V} = 2 \%$ ainsi qu'une variation du nombre de moles d'air $\frac{\Delta n}{n} = 3 \%$ au cours du gonflement d'un ballon de baudruche, sans variation de température. À propos de la variation de pression $\frac{\Delta P}{P}$.

Question 3 Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta n}{n}$

B. $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta n}{n} + \frac{\Delta V}{V}$

C. La pression de l'air contenu dans le ballon augmente durant cette phase

D. La pression de l'air contenu dans le ballon diminue durant cette phase

E. Si la quantité de matière avait doublé entre l'état initial et l'état final (pour une même valeur de $\frac{\Delta V}{V}$), alors la pression de l'air contenu dans le ballon n'aurait pas varié

Items A et B : A et B FAUX

Ici on reconnaît l'expression des variations relatives qu'on trouve avec la méthode des différentielles logarithmiques !

On repart de notre expression :

$$PV = nRT$$

$$\Leftrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

On applique la fonction logarithme népérien : *comme toutes les fonctions, il faut l'appliquer des deux côtés du signe « = » !*

$$\ln(P) = \ln\left(\frac{nRT}{V}\right)$$

On utilise les propriétés du logarithme pour décomposer au maximum :

$$\Leftrightarrow \ln(P) = \ln(n) + \ln(R) + \ln(T) - \ln(V)$$

$$(On rappelle que \ln(ab) = \ln(a) + \ln(b) et \ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b))$$

On va ensuite appliquer la différentielle, elle aussi des deux côtés de l'équation :

$$\Leftrightarrow d\ln(P) = d\ln(n) + d\ln(R) + d\ln(T) - d\ln(V)$$

On va maintenant chercher à simplifier au maximum cette équation : on se souvient que la différentielle correspond à une variation (infinitésimale) de fonction. Ainsi, pour les termes constants, cette différentielle sera nulle car, par définition, une constante ne varie pas.

On pouvait aussi raisonner à partir de l'expression de la différentielle d'une fonction f : $df = f'(x)dx$, ainsi, la différentielle d'une constante est nulle, puisque la dérivée f' d'une fonction constante est nulle !

Ici, on a donc $d\ln(R) = d\ln(T) = 0$, étant donné que R est une constante et que T ne varie pas dans cette situation !

$$\Leftrightarrow d\ln(P) = d\ln(n) - d\ln(V)$$

Or : $d\ln(x) = \ln'(x)dx = \frac{1}{x}dx = \frac{dx}{x}$, donc :

$$\Leftrightarrow \frac{dP}{P} = \frac{dn}{n} - \frac{dV}{V}$$

On peut étendre ce résultat à une variation macroscopique (qu'on note Δ), soit :

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta n}{n} - \frac{\Delta V}{V}$$

Items C et D : **C VRAI**, **D FAUX**

AN :

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 - 2 = +1\%$$

Ici, $\frac{\Delta P}{P}$ est positive, donc la pression a bien augmenté entre le début et la fin du gonflage !

Item E : **E FAUX**

Si le nombre de moles double, on a :

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{n_f - n_i}{n_i} = \frac{2n_i - n_i}{n_i} = 1 = 100\%$$

On aura alors :

$$\frac{\Delta P}{P} = 100 - 2 = -98\% \neq 0$$

On aurait bien une variation de pression !

Pour que $\frac{\Delta P}{P} = 0$, il faut que $\frac{\Delta n}{n} - \frac{\Delta V}{V} = 0$, c'est-à-dire que $\frac{\Delta n}{n} = 2\%$ en variation **relative**. Ici le piège était justement de confondre la variation dont il est question. Ce qui est égal à 2 ici, c'est le rapport entre n_f et n_i ($\frac{n_f}{n_i}$), et non pas la différence entre les deux rapportée à la valeur initiale de n (qui représente, elle, notre variation relative $\frac{\Delta n}{n_i}$).

On peut s'amuser (oui oui ^^) à trouver dans quelle situation $\frac{\Delta n}{n} = 2\% = 0,02$:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{n_f - n_i}{n_i} = 0,02$$

$$\Leftrightarrow n_f - n_i = 0,02n_i$$

$$\Leftrightarrow n_f = 1,02n_i$$

Réponse vraie : C

Carl attache les ballons qu'il a gonflés en plein soleil, ce qui amène la température de l'hélium contenu dans le ballon à $T_2 = 35^\circ\text{C}$. On considère que chacun des ballons est rempli d'une quantité de moles d'hélium $n_{\text{He}} = 4,85 \times 10^{-1} \text{ mol}$ qui occupe un volume $V' = 10 \text{ L}$ (le volume maximal d'un ballon avant éclatement). On notera aussi que le ballon éclate si sa pression dépasse 1,50 fois la pression atmosphérique.

Question 4 On note P_1 la pression de l'hélium dans le ballon non exposé au soleil et P_2 celle dans le ballon exposé au soleil. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $P_1 = P_2$

B. $P_1 < P_2$

C. $P_1 > P_2$

D. En augmentant la température du ballon, on augmente l'énergie cinétique des particules d'hélium à l'intérieur de celui-ci

E. Le ballon éclate si l'Hélium qu'il contient atteint une température $T'' = 390 \text{ K}$

Items A, B et C : **B VRAI, A et C FAUX**

Ici, pas besoin d'application numérique, juste une réflexion sur la loi des gaz parfaits !

$$PV = nRT$$

$$\Leftrightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

Ici, on sait que la température augmente entre l'état 1 et l'état 2 (respectivement avant et après exposition au soleil) :

$$\begin{aligned} T_1 &< T_2 \\ \Leftrightarrow \frac{P_1 V_1}{n_1 R} &< \frac{P_2 V_2}{n_2 R} \end{aligned}$$

comme le ballon est fermé, on sait que $n_1 = n_2$ (pas de fuite d'air donc pas de perte/gain de matière). De plus, on sait que V' est le volume maximal du ballon, soit $V_1 = V_2 = V'$. Ainsi :

$$\Leftrightarrow \frac{P_1 V'}{n_{\text{He}} R} < \frac{P_2 V'}{n_{\text{He}} R}$$

Comme le terme $\frac{V'}{n_{\text{He}} R}$ ne change pas, on simplifie :

$$\Leftrightarrow \mathbf{P_1 < P_2}$$

Remarque : ceci est une rédaction « rigoureuse » d'un raisonnement qui pouvait être vu de manière très intuitive à partir de la loi des gaz parfaits : si T augmente, avec V , n et R constantes alors P augmente forcément pour maintenir l'égalité $PV = nRT$.

Item D : D VRAI

Et oui, c'est dans votre cours :

• $p \propto$ densité volumique d'énergie cinétique moyenne

en effet, pour une particule $\overline{E}_{cin} = \frac{1}{2} m \overline{v^2} \Rightarrow m \overline{v^2} = 2 \overline{E}_{cin}$ d'où $p = \frac{2}{3} \left(\frac{N}{V} \right) \overline{E}_{cin}$

• température $\propto$ énergie cinétique moyenne d'une particule :

si on compare $pV = \frac{2}{3} N \overline{E}_{cin}$ et $pV = NkT$ on obtient :

$$\overline{E}_{cin} = \frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

Plus généralement, souvenez-vous que la température c'est l'agitation des molécules, ainsi, plus on chauffe, plus les molécules vont bouger, donc plus leur énergie cinétique sera grande ! C'est ce qu'illustre la relation de proportionnalité « température $\propto$ énergie cinétique » !

Vous pouviez aussi raisonner à partir de la pression :

On sait que la pression d'un gaz correspond à la force exercée par les particules de ce gaz sur une surface (force de pression) rapportée à la surface considérée.

Plus simplement, reprenez : pression = force (de pression) par unité de surface.

Or ici on vient de montrer que la pression augmentait sans variation de volume, et donc sans variation de surface. Par conséquent, le nombre de chocs a augmenté. En revanche, le nombre de particules d'Hélium n_{He} n'a pas été modifié (le ballon est fermé et on n'injecte donc pas plus de gaz à l'intérieur). C'est donc que les mêmes particules entrent plus souvent en collision avec la surface : elles s'agitent tout simplement plus vite !

Ainsi, en chauffant le ballon, on a augmenté la pression du gaz qu'il contient, ce qui, à l'échelle microscopique, a augmenté la vitesse des particules de gaz.

Qui dit augmentation de la vitesse, dit bien-sûr augmentation de l'énergie cinétique, car

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m v^2 : \text{l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse !}$$

Item E : E VRAI

On sait que le ballon éclate dès que sa pression P est supérieure à $1,50 P_{atm}$. En notant P_{min} la pression minimale nécessaire pour faire éclater le ballon, on a :

$$P_{min} = 1,50 \times 10^5 \text{ Pa } (I)$$

On repart de la formule des gaz parfaits :

$$PV = nRT$$

$$\Leftrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

Ici, avec P'' la pression pour la température $T'' = 390 \text{ K}$, on aura :

$$P'' = \frac{n_{He} R T''}{V'}$$

AN :

$$\Rightarrow P'' = \frac{4,85 \times 10^{-1} \times 8,31 \times 390}{10 \times 10^{-3}}$$
$$\Rightarrow P'' = 1,57 \times 10^5 \text{ Pa} > 1,50 P_{atm}$$

En chauffant jusqu'à $T'' = 390 \text{ K}$, le ballon va bien éclater !

On peut aussi essayer de trouver T_{min} , la valeur minimale de température nécessaire pour faire éclater le ballon, en réutilisant l'expression (1):

$$T_{min} > 1,50 \times 10^5 \times \frac{V'}{n_{He}R}$$
$$\Rightarrow T_{min} > \frac{1,50 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{4,85 \times 10^{-1} \times 8,31}$$
$$\Rightarrow T_{min} > 372,18 \text{ K}$$

Réponses vraies : B, D et E

Voyant la bande revenir, Carl se dépêche de ranger les 11 ballons de volume V' qu'il a gonflés (et fermés) dans un grand coffre ! Il doit pousser un peu car les ballons rentrent difficilement, mais parvient finalement à fermer son coffre, un pavé droit de longueur $L = 1 \text{ m}$, de largeur $l = 50 \text{ cm}$ et de hauteur $h = 20 \text{ cm}$. On considérera que les ballons occupent tout l'espace disponible et qu'ils sont comprimés (sans éclater) par les parois de la boîte. Par ailleurs, il n'y a pas de variation de température ($T = 25^\circ\text{C}$) au cours du passage de l'état non comprimé des ballons à leur état comprimés par les parois de la boîte fermée.

On assimilera la compression des ballons par les parois de la boîte à une force $\vec{F}$, dont on notera $W(\vec{F})$ le travail.

Question 5 À propos du travail $W(\vec{F})$, laquelle des propositions suivantes est vraie :

- A. $|W(\vec{F})| \approx 9,6 J$
- B. $|W(\vec{F})| \approx 114 J$
- C. $|W(\vec{F})| \approx 231 J$
- D. $|W(\vec{F})| \approx 1201 J$
- E. $|W(\vec{F})| \approx 8410 J$

ERRATUM – QUESTION ANNULEE car aucun item proposé n'est juste !!!!

Déjà, bravo à toi d'être arrivé à ce point de la correction ! Cette question était vraiment pas facile, désolée, mais tu vas voir qu'avec la correction ça va s'éclairer (j'espère en tout cas !). Si tu as encore des questions après la correction, file vite sur le fofo pour toutes les poser, c'est le meilleur moyen de progresser !

Allez, on respire et on y va !

Ici, on a assimilé la fermeture de la boîte à une force $\vec{F}$ qui comprime les ballons (un peu comme un piston que vous avez pu rencontrer dans d'autres exos !).

On rappelle l'expression du travail d'une force $\vec{F}$ le long d'un déplacement $\vec{dl}$:

$$dW(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{dl}$$

La force qu'exercent les parois sur les ballons poussent sur les ballons dans toutes les directions. Finalement, les vecteurs force $\vec{F}$ sont de même direction (direction, et pas sens) que les vecteurs déplacement $\vec{dl}$ décrivant la tendance à se ratatiner des ballons. On peut donc écrire :

$$\Leftrightarrow |dW(\vec{F})| = F \times dl$$

Les items demandent la valeur absolue du travail, on peut donc faire notre raisonnement en valeur absolue et s'affranchir des éventuels signes « - » dus au signe du cosinus de l'angle entre les deux vecteurs !

$$\Leftrightarrow |dW(\vec{F})| = P \times S \times dl$$

En effet, $\vec{F}$ est une force de pression : $P = \frac{F}{S} \Rightarrow F = P \times S$.

Puisque $S \times dl = dV$, on a :

$$\Leftrightarrow |dW(\vec{F})| = P \times dV$$

Pour passer du travail élémentaire dW au travail macroscopique, on applique l'intégrale :

$$|W(\vec{F})| = \int_{V_i}^{V_f} P dV \quad (2)$$

Pour pouvoir calculer notre intégrale, il faut avant tout en connaître les bornes, qui sont le volume initial V_i occupé par les ballons avant action des parois de la boîte et le volume final V_f qu'ils occupent, une fois à l'intérieur de la boîte fermée.

Avant de tenter de fermer la boîte, les ballons occupent un volume $V_i = 11V'$, correspondant au volume des 11 ballons. $V_i = 11 \times 10 = 110 \text{ L} = \mathbf{0,11 \text{ m}^3}$.

Une fois la boîte fermée, les ballons ont été comprimés pour rentrer dans la boîte et occupent tout l'espace disponible, d'où $V_f = V_{\text{boîte}}$.

Or la boîte est un pavé droit de dimension L , l et h , donc :

$$\begin{aligned} V_{\text{boîte}} &= Llh \\ \Rightarrow V_{\text{boîte}} &= 1 \times 0,5 \times 0,20 \\ \Rightarrow V_{\text{boîte}} &= \mathbf{0,1 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Ainsi : $V_f = \mathbf{0,1 \text{ m}^3}$.

On a donc : $V_i = \mathbf{1,1V_f}$

On reprend notre expression (2) :

$$|W(\vec{F})| = \left| \int_{V_i}^{V_f} P dV \right|$$

En utilisant la formule des gaz parfaits, $P = \frac{n_{He \text{ tot}} RT}{V}$ (en appelant $n_{He \text{ tot}}$ la quantité totale d'hélium contenue dans les 11 ballons, d'où $n_{He \text{ tot}} = 11n_{He}$) donc :

$$\Leftrightarrow |W(\vec{F})| = \left| \int_{V_i}^{V_f} \frac{n_{He \text{ tot}} RT}{V} dV \right|$$

On a sorti de l'intégrale tout ce qui est constant :

$$\Leftrightarrow |W(\vec{F})| = \left| n_{He \text{ tot}} RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V} dV \right|$$

On cherche maintenant à intégrer la fonction $f(V) = \frac{1}{V}$ par rapport à V . Cette fonction fait partie des fonctions dont on doit connaître la primitive : c'est $\ln(V)$.

On a donc successivement :

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= \left| n_{He \text{ tot}} RT [\ln(V)]_{V_i}^{V_f} \right| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= \left| n_{He \text{ tot}} RT (\ln(V_f) - \ln(V_i)) \right| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= n_{He \text{ tot}} RT \left| \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) \right| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= n_{He \text{ tot}} RT \left| \ln\left(\frac{V_f}{1,1V_f}\right) \right| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= n_{He \text{ tot}} RT \left| \ln\left(\frac{1}{1,1}\right) \right| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= n_{He \text{ tot}} RT |-\ln(1,1)| \\ \Leftrightarrow |W(\vec{F})| &= \mathbf{11 \times n_{He} RT \ln(1,1)} \end{aligned}$$

AN :

$$|W(\vec{F})| = 11 \times 4,85 \times 10^{-1} \times 8,31 \times 298 \times \ln(1,1) \\ \Rightarrow |W(\vec{F})| \approx 1259 J$$

Et voilà, on y est !

Bravooo c'est fini pour cet exercice ! N'hésite pas à prendre une pause avant de passer à la correction du suivant BG !

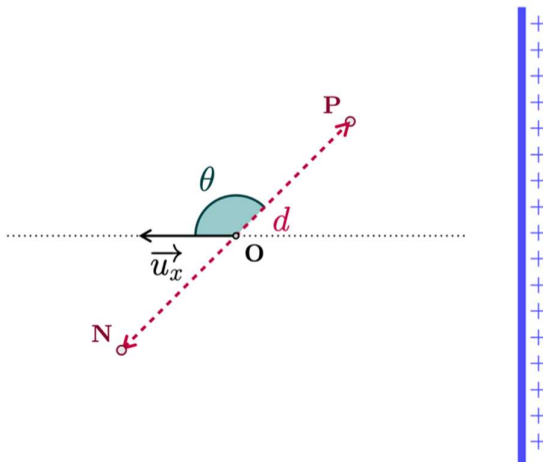
N.B. Le travail $W(F)$ devrait être négatif car la force F travaille contre la résistance compressive des ballons.

Réponse vraie : AUCUNE !! Désolée pour l'erratum <3

Exercice 2 - Dipôle en rotation

On s'intéresse à l'influence du champ électrique $\vec{E}$ généré par une plaque chargée positivement de densité surfacique de charge $\sigma = 1,77 \times 10^{-1} \text{ C.m}^{-2}$ sur un dipôle électrique composé de deux charges $-q$ et $+q$, placées respectivement aux points N et P et séparées d'une distance $d = 1,35 \text{ nm}$. Ce dipôle forme un angle orienté θ avec l'axe des abscisses (vecteur unitaire $\vec{u}_x$). Le vecteur moment dipolaire associé est noté $\vec{p}$, de norme $p = \|\vec{p}\| = q \|\vec{NP}\|$.

Le champ électrique généré par une plaque chargée a pour norme : $\|\vec{E}\| = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, avec $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ la permittivité du milieu (que l'on suppose égale à celle du vide) et σ la densité surfacique de charge de la plaque. On donne la charge élémentaire $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.



Question 6 Concernant l'orientation des lignes de champ électrique et des surfaces équipotentiellees liées à l'influence électrique de la plaque chargée uniquement.
Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. Les lignes de champ sont horizontales, perpendiculaires au champ $\vec{E}$

B. Les surfaces équipotentielles correspondent à des plans parallèles à la plaque chargée

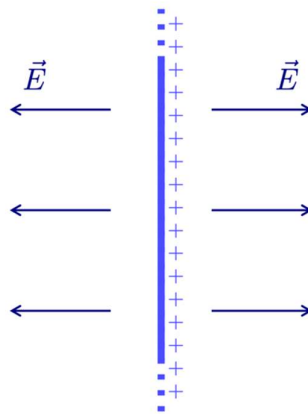
C. Le potentiel électrostatique généré par la plaque prend des valeurs plus grandes lorsque l'on se rapproche de la plaque

D. Le vecteur champ électrique $\vec{E}$ est orienté horizontalement et vers la plaque chargée

E. Le vecteur champ électrique $\vec{E}$ est orienté horizontalement et s'éloigne de la plaque

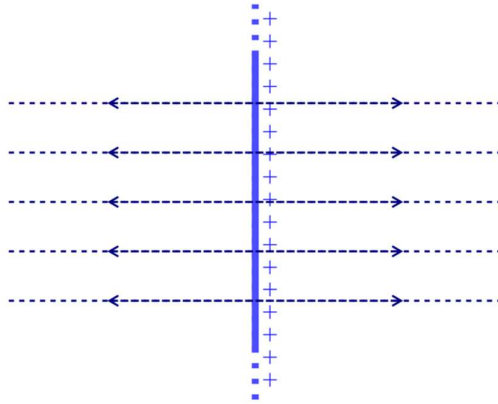
Items A, D et E : E VRAI, A et D FAUX

Pour une plaque verticale chargée, le champ électrique est bien horizontal. En revanche, la plaque est chargée positivement ; le champ est donc sortant. Les vecteurs champ électrique auront cette tête-ci :



Le vecteur champ est défini comme la force électrique par unité de charge, pour une charge test positive. C'est pour cela qu'il s'éloigne ici de la plaque chargée positivement.

Les lignes de champ sont par définition toujours tangentes au champ électrique. Elles sont donc elles aussi horizontales et fuient la plaque, comme suit :



Items B et C : B et C VRAI

Dans ces deux items, on nous parle du potentiel électrostatique associé au champ généré par la plaque chargée. Souvenez-vous de cette relation qui lie potentiel et champ :

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

Si on reprend ça « avec les mains » comme dirait la prof, on dit que **le champ électrique descend les potentiels**. Une charge test positive est repoussée par la plaque et va perdre de l'énergie potentielle en s'éloignant sous l'effet de la force électrique motrice. Or son énergie potentielle, $E_p = qV$, varie dans le même sens que le potentiel. Donc le potentiel V va décroître en s'éloignant de la plaque, et inversement croître en s'approchant.

Pour ce qui est des surfaces équipotentielles, on sait qu'elles sont perpendiculaires aux lignes de champ, donc dans notre cas, elles prennent la forme de plans parallèles à notre plaque chargée.

Réponses vraies : B, C et E

Question 7 On donne $q = 2e$. Calculer la norme p du vecteur moment dipolaire $\vec{p}$ associé au dipôle. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. Le vecteur moment dipolaire est orienté de N vers P

B. Le vecteur moment dipolaire est orienté de P vers N

C. $p = 4,3 \times 10^{-25} \text{ C.m}$

D. $p = 2,2 \times 10^{-28} \text{ C.m}$

E. $p = 4,3 \times 10^{-28} \text{ C.m}$

Items A et B : A VRAI, B FAUX

Par convention, un moment dipolaire est toujours orienté de la charge négative à la charge positive (en physique du moins). Dans notre cas, c'est donc de N vers P .

Items C, D et E : E VRAI, C et D FAUX

L'énoncé nous donne $\|\vec{p}\| = q \times \|\vec{NP}\|$, avec $q = 2e$. On a $\|\vec{NP}\| = d$ la distance entre les deux charges. Ainsi,

$$\|\vec{p}\| = 2e \times d$$

AN :

$$\|\vec{p}\| = 2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1,35 \times 10^{-9}$$

$$\|\vec{p}\| = 4,32 \times 10^{-28} \text{ C.m}$$

Réponses vraies : A et E

Sous l'effet du champ électrique $\vec{E}$, le dipôle pivote sur lui-même (rotation de centre O). On s'intéresse à la variation de l'angle θ formé par le vecteur moment dipolaire $\vec{p}$ avec le vecteur unitaire $\vec{u}_x$ comme représenté sur le schéma.

Question 8 L'énergie potentielle électrostatique du dipôle soumis au champ électrique $\vec{E}$ s'exprime comme $E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. L'énergie potentielle du dipôle est maximale pour $\theta = \pi$

B. L'énergie potentielle du dipôle est maximale pour $\theta = 0$

C. Lorsque $\theta = 0$, le dipôle se trouve dans sa position d'équilibre stable

D. Lorsque $\theta = \pi$, le dipôle se trouve dans sa position d'équilibre stable

E. Sous l'effet du champ $\vec{E}$, le dipôle tend à s'aligner avec les lignes de champ électrique

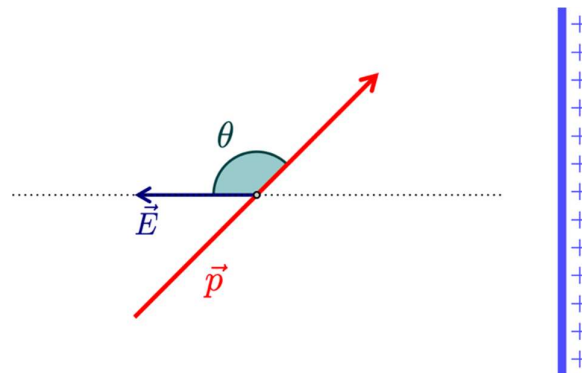
Items A, B, C et D : A et C VRAI, B et D FAUX

On nous parle ici d'équilibre stable/instable et de minima/maxima d'énergie potentielle.

Pour résumer ce qu'en disent les parties du cours : lorsque l'énergie potentielle d'un système soumis à la force associée à cette énergie atteint des extrema (maximum ou minimum), le système est en **position d'équilibre**. En effet, au signe près, la force est la dérivée spatiale de

l'énergie potentielle. A la position d'un extremum de cette énergie, la dérivée spatiale est nulle, donc la force aussi. Le mobile ne bouge pas car il n'est soumis à aucune force en ce point. On distingue deux types d'équilibre : les équilibres **stables**, pour les minima d'énergie potentielle, et les équilibres **instables**, pour les maxima.

Partons de la relation $E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$. On aura $E_p = -p \times E \times \cos(\vec{p}; \vec{E})$ avec $\cos(\vec{p}; \vec{E})$ l'angle formé par les vecteurs moment dipolaire et champ électrique :



On a placé ici $\vec{p}$ de façon arbitraire ; il forme notre angle θ avec le vecteur $\vec{u}_x$ (non visible mais sous $\vec{E}$). Le vecteur champ étant colinéaire et de même sens que $\vec{u}_x$, l'angle formé par $\vec{E}$ et $\vec{p}$ correspond tout simplement à θ . On a donc :

$$E_p = -p \times E \times \cos(\theta)$$

p et E ne varient pas, c'est donc $\cos(\theta)$ qu'il nous faut étudier.

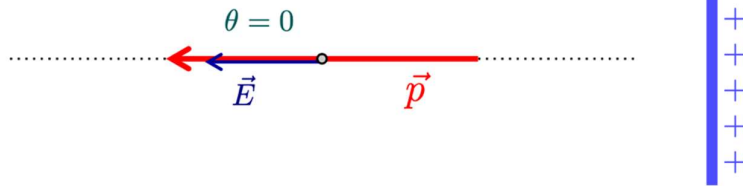
$\cos(\theta)$ atteint une valeur maximale de 1 pour $\theta = 0$, et une valeur minimale de -1 pour $\theta = \pi$. Ainsi, **E_p atteint son maximum pour $\theta = \pi$** , et sa valeur minimale pour $\theta = 0$.

Lorsque $\theta = 0$, on est sur un minimum d'énergie potentielle : c'est donc bien un **équilibre stable**. La position d'équilibre instable correspond à $\theta = \pi$, maximum d'énergie potentielle.

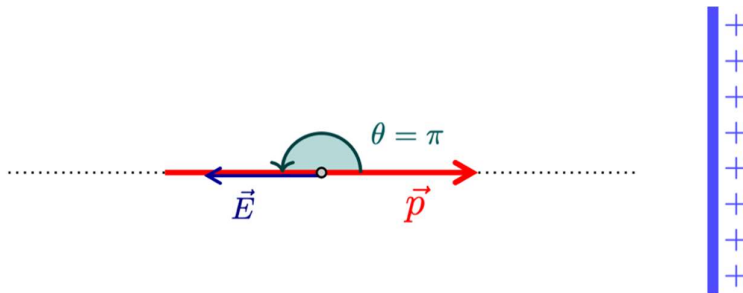
Item E : **E VRAI**

Étudions de plus près ces positions d'équilibre stable et instable.

Position d'équilibre stable : $\theta = 0$, minimum d'énergie potentielle :



Position d'équilibre instable : $\theta = \pi$, maximum d'énergie potentielle :



La position d'équilibre stable du dipôle correspond tout simplement à un **alignement du vecteur moment dipolaire avec le vecteur champ électrique**.

La force électrostatique subie par le dipôle sous l'effet du champ cherche justement à placer le dipôle dans sa position d'équilibre stable (afin de minimiser son énergie potentielle). *Retenez que la nature cherche toujours à amener un système vers la position dans laquelle son énergie est la plus faible possible, car qui dit minimum d'énergie, dit stabilité, et la stabilité c'est justement ce qu'on recherche.*

Sous l'effet du champ, le dipôle va donc se positionner de manière à avoir une énergie potentielle la plus faible possible, à savoir sa position d'équilibre stable, correspondant à un angle $\theta = 0$.

Ainsi, sous l'effet du champ, le dipôle pivote de façon à s'aligner avec le champ électrique, et donc aussi avec les lignes de champ qui sont tangentes (= de même direction, en tout point) à celui-ci.

Réponses vraies : A, C et E

On donne $\Delta E_p = -8,1 \times 10^{-27} \text{ J}$ la variation d'énergie potentielle du dipôle lors de sa rotation à partir d'une position initiale, correspondant à un angle θ_i par rapport à $\vec{u}_x$, jusque sa position d'équilibre stable.

Question 9 Exprimer le cosinus de l'angle initial θ_i formé par le dipôle dans sa position de départ en fonction de σ , ϵ_0 , ΔE_p et p la norme du vecteur moment dipolaire. Calculer θ_i . **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\cos(\theta_i) = \frac{\Delta E_p}{pE}$

B. $\cos(\theta_i) = 1 + \frac{\Delta E_p}{pE}$

C. $\cos(\theta_i) = 1 - \frac{\Delta E_p}{pE}$

D. $\theta_i \simeq \frac{5\pi}{6}$

E. $\theta_i \simeq \frac{\pi}{3}$

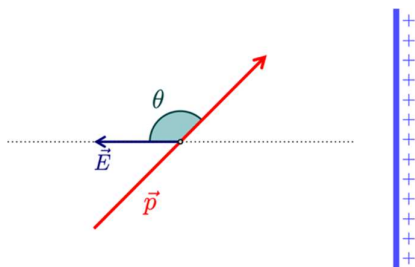
Items A, B et C : B VRAI, A et C FAUX

C'est parti ! On part du début (*logique on va pas partir de la fin*) :

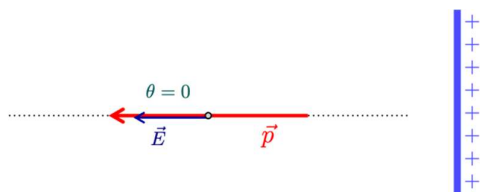
Dans la continuité des questions précédentes, l'énergie potentielle du dipôle s'exprime de cette façon :

$$E_p = -p \times E \times \cos(\theta)$$

ΔE_p correspond à la **variation d'énergie potentielle** du dipôle entre sa position de départ (angle θ_i avec $\vec{E}$) :



et sa position finale qui est sa position d'équilibre (angle $\theta_{eq} = 0$ avec $\vec{E}$) :



On a donc :

$$\begin{aligned}\Delta E_p &= E_p(eq) - E_p(i) \\ &= -p \times E + p \times E \times \cos(\theta_i) \\ &= pE \times (\cos(\theta_i) - 1)\end{aligned}$$

Alors :

$$\cos(\theta_i) - 1 = \frac{\Delta E_p}{pE}$$

Soit

$$\cos(\theta_i) = 1 + \frac{\Delta E_p}{pE}$$

Items D et E : D VRAI, E FAUX

Il va falloir développer un peu avant de passer à l'application numérique. D'après l'énoncé, la norme du champ électrique généré par la plaque s'exprime $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$. On remplace et on obtient :

$$\cos(\theta_i) = 1 + \frac{\Delta E_p \times 2\epsilon_0}{\sigma p}$$

AN :

$$\begin{aligned}\cos(\theta_i) &= 1 + \frac{-8,1 \times 10^{-27} \times 2 \times 8,85 \times 10^{-12}}{4,32 \times 10^{-28} \times 1,77 \times 10^{-1}} \\ \cos(\theta_i) &= -0.875\end{aligned}$$

En utilisant l'*arccos* :

$$\begin{aligned}\theta_i &\simeq \frac{5\pi}{6} \\ &(\text{environ } 150^\circ)\end{aligned}$$

Réponses vraies : B et D

On place maintenant une seconde plaque, parallèlement à la première, chargée elle aussi positivement et de densité surfacique de charge σ' telle que $\sigma' \neq \sigma$. Le dipôle, qui se situe maintenant entre les deux plaques, est placé dans une position de départ quelconque et pivote ensuite sous l'effet du champ résultant des deux plaques $\vec{E}_{tot}$ pour se retrouver dans une nouvelle position d'équilibre.

Question 10 On compare cette nouvelle situation (deux plaques) à la situation précédente (une seule plaque). **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. Dans cette nouvelle situation, les surfaces équipotentielles changent d'orientation
- B. Si $\sigma' > \sigma$, les positions d'équilibre du dipôle ne changent pas par rapport à la situation précédente

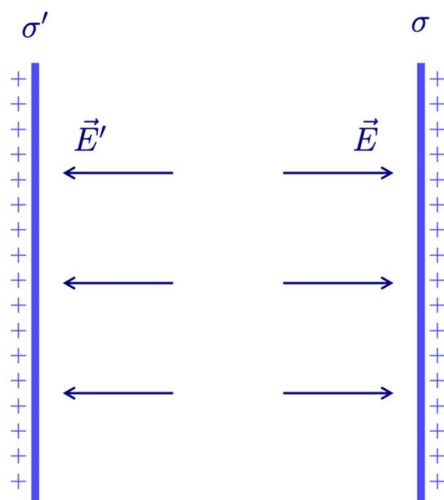
C. Si $\sigma' > \sigma$, les positions d'équilibre du dipôle sont inversées par rapport à la situation précédente

- D. Le dipôle finit par prendre une orientation telle que $\vec{p}$ pointe vers la plaque de densité surfacique de charge la plus élevée

E. Quelle que soit la valeur du rapport $\frac{\sigma'}{\sigma}$, le dipôle finit par s'aligner perpendiculairement aux plaques

On nous dit qu'on ajoute une deuxième plaque chargée elle aussi positivement, et parallèle à la première :

Erreur sur le dessin car le champ E' s'éloigne de la plaque de gauche et le champ E s'éloigne de la plaque de droite



(Les normes des vecteurs champs ont été définies arbitrairement sur ce schéma)

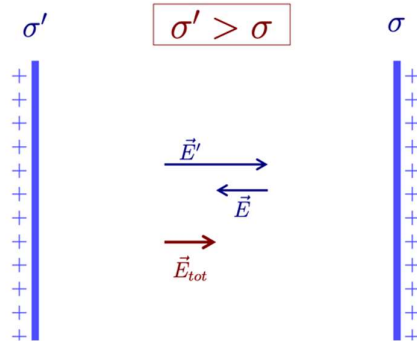
Entre les deux plaques, les champs des deux plaques vont en sens inverse. C'est comme si les deux champs étaient en compétition pour faire tourner le dipôle dans le sens qui arrange chacun (c'est-à-dire, de manière à éloigner la charge positive (point P) et rapprocher la charge négative (point N) le plus possible de sa plaque).

Si on sort les formules, le champ résultant est la somme vectorielle des deux champs :

$$\vec{E}_{tot} = \vec{E} + \vec{E}'$$

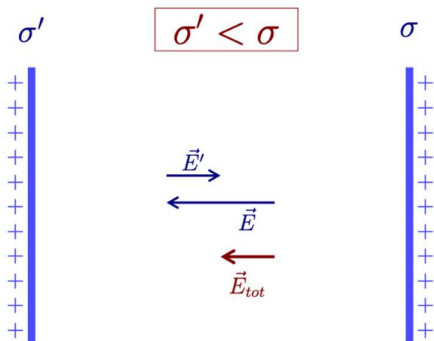
Pour représenter ça schématiquement, on a deux cas possibles ici.

Cas n°1 : $\sigma' > \sigma$



La champ résultant est dirigé vers la droite.

Cas n°2 : $\sigma' < \sigma$



La champ résultant est dirigé vers la gauche.

On remarque que, par somme vectorielle de $\vec{E}$ et $\vec{E}'$, le champ résultant $\vec{E}_{tot}$ prend le même sens que le champ dont la norme est la plus importante, ce qui rejoint l'idée que le champ dont la norme est la plus grande « impose » son sens au champ résultant.

On passe aux items !

Item A : *A FAUX*

Comme on l'a écrit précédemment, le champ électrique résultant est égal à la somme vectorielle des champs créés par chacune des plaques. La deuxième plaque étant parallèle à la première, le champ résultant est toujours perpendiculaire aux plaques (comme on peut le voir sur les schémas du dessus).

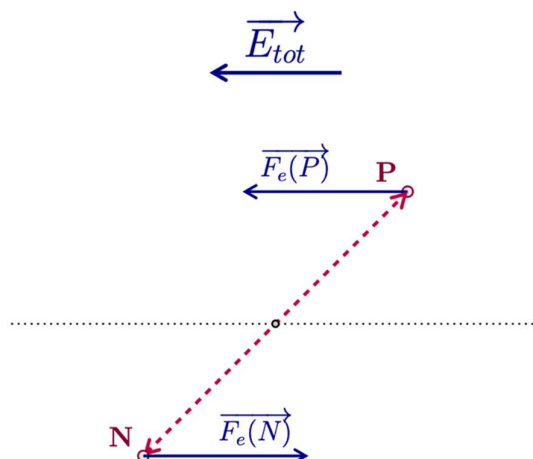
Les surfaces équipotentielles, qui sont toujours perpendiculaires au champ, sont donc toujours des plans parallèles aux plaques dans cette nouvelle situation : **leur orientation ne change pas**.

Item B et C : **B VRAI, C FAUX**

Comme on l'a décrit plus haut, on a une sorte de compétition entre les deux champs. Celui qui « gagne » est celui dont la norme est la plus importante, et donc celui associé à la densité surfacique de charge la plus élevée (puisque c'est la seule grandeur qui va faire la différence

entre les deux champs). C'est le champ de la plaque ayant la plus grande densité surfacique de charge qui va imposer le sens du vecteur champ résultant, et déterminer ainsi le sens dans lequel va tourner le dipôle.

En effet, finalement, ce qui fait que le dipôle tourne dans un sens plutôt que l'autre est tout simplement les forces électrostatiques qui s'exercent sur chacune des charges : la charge + va être repoussée par la plaque de plus grande densité de charge, elle va aller dans le sens du champ résultant, tandis que la charge négative va être attirée et va aller dans le sens inverse du champ résultant. Si on représente séparément les forces électrostatiques qui s'exercent sur chacune des charges, ça donne ceci :



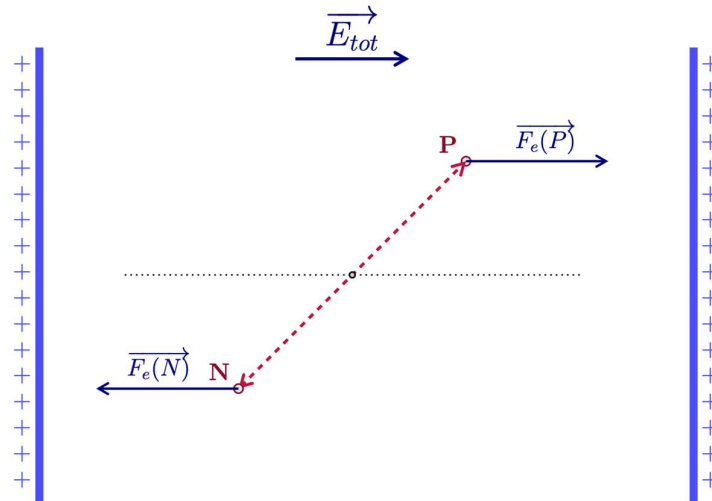
(Le schéma n'est pas à l'échelle et on s'est placés dans le cas d'un vecteur résultant vers la gauche ; si on l'avait mis vers la droite les vecteurs forces électrique prendraient tout simplement les sens opposés.)

On comprend que pour satisfaire aux deux forces électriques, le dipôle va, dans le cas ci-dessus, pivoter dans le sens inverse des aiguilles d'une montre !

Revenons-en à notre item.

Dans notre cas, les deux plaques sont chargées positivement, donc les champs générés par chacune cherchent à placer le dipôle dans des positions d'équilibre qui sont strictement opposées en sens. En effet, on a vu dans les questions précédentes que la position d'équilibre stable correspondait à un alignement du vecteur $\vec{p}$ sur la direction et le sens du champ, et que celle instable correspondait à un alignement du vecteur $\vec{p}$ sur la direction et le sens *inverse* du champ.

Dans la situation précédente, le vecteur champ était orienté vers la gauche pour fuir la plaque. Si on a $\sigma' > \sigma$, alors la deuxième plaque (celle de densité surfacique égale à σ') va imposer un champ résultant allant dans le sens opposé à celui qu'on avait précédemment, puisque le dipôle tourne dans l'autre sens :



Les positions d'équilibre du dipôle vont donc suivre cette inversion de sens : la position d'équilibre stable, par exemple, correspondra à un $\vec{p}$ aligné vers la droite, suivant le sens de $\vec{E}_{tot}$.

Pour résumer, si on a $\sigma' > \sigma$, alors la deuxième plaque va imposer de nouvelles positions d'équilibre qui seront strictement opposées (en sens) par rapport à celles de la situation précédente.

Item D : D FAUX

La pointe du vecteur moment dipolaire, c'est le côté charge **positive**. La plaque ayant la plus grande densité surfacique de charge cherche justement à éloigner cette charge positive le plus possible. Elle va donc faire en sorte que la pointe du dipôle soit pile à l'opposé. Ainsi le vecteur moment dipolaire pointera vers l'autre plaque, celle ayant la densité surfacique de charge la plus faible.

Item E : E VRAI

Le rapport $\frac{\sigma'}{\sigma}$ nous dit laquelle des deux densités surfaciques de charge est la plus grande. C'est cette information qui détermine laquelle des deux plaques influence le plus le dipôle, et donc laquelle des deux impose le sens du champ électrique résultant $\vec{E}_{tot}$.

Finalement, les positions d'équilibre du dipôle électrique, si elles sont modifiées, ne différeront que par leurs sens. En effet, l'énergie potentielle du dipôle dans le champ résultant vaut, dans cette nouvelle situation :

$$E_p = -p \times E_{tot} \times \cos(\vec{p}; \vec{E}_{tot})$$

Les maximum et minimum d'énergie potentielle du dipôle dans le champ résultant correspondront toujours aux valeurs extrêmes du cosinus, qui sont atteintes pour des angles entre $\vec{p}$ et $\vec{E}_{tot}$ valant 0 ou π exclusivement. Ainsi, les positions d'équilibre du dipôle

correspondent toujours à un alignement de $\vec{p}$ sur la direction (on parle de direction, faites abstraction des sens ici) de $\vec{E}_{tot}$, c'est-à-dire **perpendiculairement aux plaques**, et ce quel que soit le sens du champ résultant $\vec{E}_{tot}$.

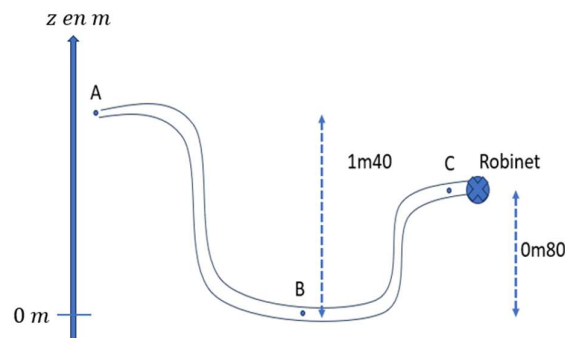
Autrement dit, qu'on ait $\sigma' > \sigma$ ($\Leftrightarrow \frac{\sigma'}{\sigma} > 1$) ou $\sigma' < \sigma$ ($\Leftrightarrow \frac{\sigma'}{\sigma} < 1$), le dipôle finit par s'aligner perpendiculairement aux plaques.

Remarque : on nous dit dans l'énoncé que $\sigma' \neq \sigma$, ce qui exclut le cas $\frac{\sigma'}{\sigma} = 1$. Mais que se passerait-il si on avait $\sigma' = \sigma$? Les champs générés par les deux plaques seraient égaux en valeur mais opposés en sens, et on se retrouve avec un champ résultant nul. Plus aucune force ne s'exerce sur le dipôle, et celui-ci n'a aucune raison de se mettre en mouvement. Il resterait donc tout simplement immobile dans la position dans laquelle on l'a placé.

Réponses vraies : C et E

Exercice 3 - Le temps d'un narcisse

Le narcisse est la première fleur du printemps, faisant de lui le symbole du renouveau et du nouveau cycle de la vie. Cette fleur nécessite peu d'entretien, si ce n'est un arrosage hebdomadaire en période de floraison. Nesrine, une amatrice de fleurs, possède des narcisses dans le fond de son jardin. Cependant, son tuyau d'arrosage est trop court pour les atteindre confortablement et elle doit miser sur un grand jet d'eau.



On considère le point A juste à l'embouchure du tuyau, en contact avec l'air ambiant, avec un débit $Q_A = 18 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ et une vitesse de sortie $v_A = 10,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. La surface S de la section tuyau est la même tout le long (donc y compris aux points B et C), excepté à l'embouchure où elle se réduit et vaut $S_A = \frac{2}{3} S$. Le point C se situe juste après le robinet et le point C au plus bas du tuyau. On néglige la viscosité de l'eau.

On note ρ_{eau} la masse volumique de l'eau, Q_B et Q_C les débits aux points B et C respectivement, ainsi que z_A , z_B et z_C les altitudes aux points A, B et C respectivement. On introduit un axe (Oz) orienté vers le haut et on fixe $z_B = 0 \text{ m}$.

Question 11 On cherche à étudier les vitesses et débits aux différents points. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\frac{Q_A}{Q_B} = 0$

B. $\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{3}{2}$

C. $v_B = v_C$

D. $\frac{v_B}{v_A} = \frac{3}{2}$

E. $\frac{v_C}{v_A} = \frac{2}{3}$

Items A et B : A et B FAUX

Aïe aïe aïe, premier piège de l'exercice. Il est relativement facile à éviter en temps normal mais le stress de l'examen peut rapidement vous faire tomber dans l'étourderie. On reprend : l'eau étant un fluide incompressible, le débit est le même PARTOUT.

Ainsi, on a :

$$Q = Q_A = Q_B$$

Donc :

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{Q_B}{Q_A} = 1$$

Items C, D, E : C et E VRAI, D FAUX

Question assez classique se basant sur la conservation du débit et sa formule :

$$Q = Sv$$

D'où :

$$v = \frac{Q}{S}$$

L'item C se trouve alors sans calcul : le débit et la surface sont les mêmes, donc la vitesse aussi !

Pour la suite, on reprend avec les données de l'énoncés :

$$\frac{v_C}{v_A} = \frac{v_B}{v_A} = \frac{\frac{Q}{S}}{\frac{Q}{S_A}} = \frac{S_A}{S} = \frac{2}{3} \times \frac{S}{S} = \frac{2}{3}$$

Réponses vraies : C et E

Question 12 On étudie à présent la pression aux différents points du tuyau. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $p_A + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_A^2 + \rho_{eau}gz_A = p_C + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_C^2 + \rho_{eau}gz_C$

B. $p_B + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_B^2 = p_C + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_C^2 - \rho_{eau}gz_C$

C. $p_B + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_B^2 - \rho_{eau}gz_C = p_C + \frac{1}{2}\rho_{eau}v_C^2$

D. La loi de l'hydrostatique s'applique entre les points B et C

E. $p_A = 700 \text{ mmHg}$

Items A, B, C, D : A, C et D VRAI, B FAUX

Ici, nous avons dirigé notre axe (Oz) vers le haut et le point B a une altitude de 0 m.

On a donc une loi de Bernoulli sous la forme :

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

L'item A est donc VRAI !

Concernant l'item B, tout paraît vrai car $z_B = 0 \text{ m}$ donc $\rho g z_B = 0$, sauf sauf sauf que !!!! Aviez-vous le petit signe – qui s'est glissé devant $\rho g z_C$??? Le piège était là, ce qui rend l'item B FAUX ! On a donc :

$$p_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 = p_C + \frac{1}{2}\rho v_C^2 + \rho g z_C \Leftrightarrow p_B + \frac{1}{2}\rho v_B^2 - \rho g z_C = p_C + \frac{1}{2}\rho v_C^2$$

L'item C est donc VRAI !

On remarque aussi que les vitesses étant les mêmes en B et C, on a :

$$\frac{1}{2}\rho v_B^2 = \frac{1}{2}\rho v_C^2$$

On peut donc les simplifier dans notre loi de Bernoulli et on se retrouve alors avec la loi de l'hydrostatique :

$$p_B + \rho g z_B = p_C + \rho g z_C$$

Item E : E FAUX

Item de cours, désolé je n'aime pas ça non plus mais c'est tombé notre année donc il faut se préparer à toutes les éventualités. Le point A est au contact de l'air, donc il est à pression atmosphérique qui vaut :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$$

Ici, il faut bien comprendre que le tuyau est ouvert au niveau du point A ! Ainsi, la pression en ce point est égal à la pression atmosphérique.

Réponses vraies : A, C et D

Question 13 On donne $\rho_{eau} = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ et $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. A propos de la pression au point C que l'on note p_C , **laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $p_C = 679 \text{ mmHg}$

B. $p_C = 737 \text{ mmHg}$

C. $p_C = 760 \text{ mmHg}$

D. $p_C = 823 \text{ mmHg}$

E. $p_C = 1050 \text{ mmHg}$

Items A, B, C, D et E : D VRAI, A, B, C et E FAUX

Application bête et méchante de la formule vue plus tôt :

$$p_C + \frac{1}{2} \rho v_C^2 + \rho g z_C = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A$$

D'où :

$$p_C = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 - \frac{1}{2} \rho v_C^2 + \rho g (z_A - z_C)$$

On va convertir toutes nos données dans les unités du système international avant de faire notre calcul :

$$\rho = 1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$p_A = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$v_a = \frac{10,8}{3,6} = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_C = \frac{2}{3} v_a = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

De plus, on a : $z_A = 1,40 \text{ m}$ et $z_C = 0,80 \text{ m}$.

Avec tous nos ingrédients, on peut finalement appliquer la recette :

$$p_C = 10^5 + \frac{1}{2} \times 1000 \times 3^2 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 2^2 + 1000 \times 9,81 \times (1,40 - 0,80)$$

$$p_C = 108\,386 \text{ Pa}$$

On sait que $100\,000 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$, on en déduit donc par un produit en croix la conversion :

$$p_C = 108\,386 \times \frac{760}{100\,000} = 823 \text{ mmHg}$$

Réponse vraie : D

Question 14 On s'intéresse à présent au rayon du tuyau d'arrosage. On note r_A le rayon du tuyau au point A et r_B celui au point B . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

A. $\frac{r_A}{r_B} = \frac{2}{3}$

B. $\frac{r_A}{r_B} = \frac{3}{2}$

C. $\frac{r_A}{r_B} = \frac{4}{9}$

D. $\frac{r_A}{r_B} = \frac{9}{4}$

E. $\frac{r_A}{r_B} = \sqrt{\frac{2}{3}}$

Items A, B, C, D, E : E VRAI, A, B, C et D FAUX

Celui-ci est un peu traître avec toutes les propositions qui se ressemblent mais on peut s'y retrouver. On utilise l'expression de la surface d'un disque :

$$S = \pi r^2$$

D'où :

$$r^2 = \frac{S}{\pi}$$

On l'utilise ainsi pour trouver

$$\frac{r_A^2}{r_B^2} = \frac{\frac{S_A}{\pi}}{\frac{S}{\pi}}$$

On rappelle que $S_A = \frac{2}{3} S$, d'où :

$$\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 = \frac{2}{3} \times \frac{S}{S}$$

Finalement :

$$\frac{r_A}{r_B} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Réponse vraie : E

Le jet d'eau est cependant trop court et n'arrive pas à atteindre les narcisses trop éloignés. Nesrine va donc utiliser différents stratagèmes pour essayer de les atteindre en augmentant la vitesse de sortie de l'eau.

Elle décide ainsi d'augmenter le débit de $\frac{\Delta Q}{Q} = +3,5\%$ en ouvrant plus grand le robinet, et de diminuer le rayon de l'embout de $\frac{\Delta r_A}{r_A} = -1,0\%$ grâce à ses réglages intégrés.

On admet qu'il faut augmenter de plus de 5,0% la vitesse du jet d'eau pour atteindre les narcisses. A propos de la variation relative de la vitesse au point A que l'on note $\frac{\Delta v_A}{v_A}$.

Question 15 **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\frac{\Delta v_A}{v_A} = +1,5\%$

B. $\frac{\Delta v_A}{v_A} = +2,5\%$

C. $\frac{\Delta v_A}{v_A} = +4,5\%$

D. $\frac{\Delta v_A}{v_A} = +5,5\%$

E. Le jet d'eau n'atteindra pas les narcisses.

Items A, B, C, D, E : D VRAI, A, B, C et E FAUX

On termine avec ce que les P1 n'aiment pas vraiment en règle générale : les variations relatives. Vous avez eu plusieurs fois la démonstration complète, notamment durant le GT0 ou durant ce même tuto il y a quelques questions (cf. Ex1 Q03). Si vous avez très bien compris l'explication à l'exo 1, tout va bien vous devriez déjà savoir vous débrouiller, vous pouvez ignorer ces explications.

Sinon, ici, on va se limiter à la conclusion sans la démontrer. Ou plutôt, je vais vous expliquer comment l'appliquer même si vous n'avez toujours pas compris cette démonstration (mais que vous voulez quand même pouvoir y répondre (je sais, ce n'est pas très scientifique, mais l'objectif c'est de trouver un moyen de répondre à la question ; l'important, c'est d'au moins avoir essayé de la comprendre)).

On a :

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

Donc : $\ln(v) = \ln(Q) - \ln(\pi) - 2 \ln(r)$.

On différencie cette équation : $d \ln(v) = d \ln(Q) - d \ln(\pi) - 2 d \ln(r)$

Or π est une constante donc : $d \ln(\pi) = 0$. Ainsi, on obtient :

$$\frac{dv}{v} = \frac{dQ}{Q} - 2 \frac{dr}{r}$$

Enfin bref, on trouve finalement :

$$\frac{\Delta v_A}{v_A} = + \frac{\Delta Q}{Q} - 2 \frac{\Delta r_A}{r_A} = +3,5 - 2(-1,0) = +5,5\%$$

Le jet d'eau est assez fort, les narcisses pourront heureusement éteindre leur soif et fleurir pour annoncer, comme chaque année, l'arrivée du printemps et d'un nouveau cycle.

Chère personne qui lit cette correction, quel que soit le contexte dans lequel tu verras cette phrase, n'oublie pas le message que les narcisses nous apportent : chaque année est un renouveau, chaque printemps est une occasion de fleurir encore plus que le précédent, et même si tu fanes aujourd'hui rappelle-toi que tes racines auront toujours la force de te faire resplendir par mille nouveaux pétales la prochaine fois. Alors chéris ce nouveau cycle que ces jolies fleurs nous annoncent.

Réponse vraie : D

Exercice 4 - La voie du thé

Au Japon, la cérémonie du thé est un rituel traditionnel où l'on se reconnecte avec la nature en buvant du thé. Dans son dojo, Sensei prépare sa traditionnelle cérémonie. Pour changer, il décide d'opter pour du thé koicha, aussi appelé 'thé épais' et réputé pour sa consistance de sirop. On note la viscosité du koicha $\eta = 2,5 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ et sa masse volumique $\rho = 1,1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le récipient utilisé est une théière en porcelaine, matériau dont l'adhérence est faible. La théière a une contenance de $V_{\text{théière}} = 1 \text{ L}$ qu'il remplit à ras bord. Celle-ci a un bec verseur cylindrique court de longueur 12 cm , de diamètre initial $d_i = 28 \text{ mm}$ et de diamètre d'embout $d_f = 7 \text{ mm}$.

On négligera les frottements de l'air. Les liquides considérés sont incompressibles.

Avant de servir son thé, le maître décide de boire une infusion de verveine non visqueuse. On note v_f et Δt respectivement la vitesse de l'infusion en sortie de la théière (à l'embout) et la durée pour remplir une tasse de volume $V_{\text{tasse}} = 15 \text{ cL}$. On désigne par Q_i et Q_f les débits à l'entrée et à la sortie de la théière, respectivement.

Question 16 Sachant que la vitesse de l'infusion à l'entrée du bec vaut $v_i = 65 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, laquelle (ou lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

A. $Q_i < Q_f$

B. $v_f > v_i$

C. $\Delta t \geq 4\text{s}$

D. $\Delta t < 4\text{s}$

E. $\Delta t = 2,307\text{s}$

Items A et B : **B VRAI, A FAUX**

Le liquide est incompressible, donc le débit est constant tout le long de l'écoulement, dans la théière, à l'entrée du bec, à la sortie du bec et dans la tasse.

Dans le bec : $Q = S_i v_i = S_f v_f$

$$\Leftrightarrow \pi r_i^2 v_i = \pi r_f^2 v_f$$

$$\Leftrightarrow r_i^2 v_i = r_f^2 v_f$$

Or $r_i > r_f$. Donc : $v_i < v_f$

Items C, D et E : **D VRAI, C et E FAUX**

Lors du remplissage de la tasse, il n'y a aucune perte de fluide.

Et par définition :

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{V_{tasse}}{\Delta t}, \text{ avec } \Delta t \text{ le temps de remplir le volume } V_{tasse}$$

Ainsi, on obtient :

$$S_i v_i = \frac{V_{tasse}}{\Delta t}$$

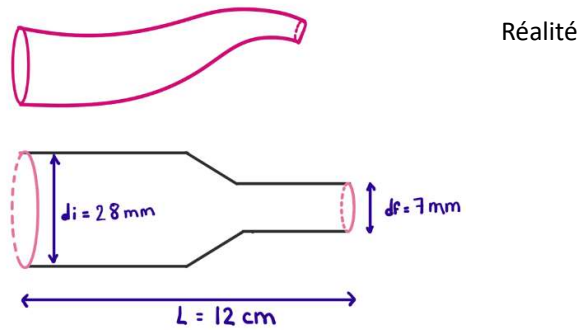
Il reste donc à isoler le temps

$$\Delta t = \frac{V_{tasse}}{S_i v_i}$$

et convertir les volumes pour homogénéiser (ici on passe tout en m^3 ! Et $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$) et on se rappelle que la section d'un cylindre est πr^2 :

$$\Delta t = \frac{V_{tasse}}{S_i v_i} = \frac{15 \cdot 10^{-5}}{(65 \cdot 10^{-3}) \left(\pi \left(\frac{28}{2} 10^{-3} \right)^2 \right)} = 3,748\text{s}$$

N'hésitez pas à faire des schémas : ils servent à adapter la réalité qui est complexe à une situation plus abordable grâce à laquelle on peut résoudre un exercice ! Il permet aussi de bien se représenter le problème et de ne pas se tromper avec les données. En voici un exemple :



Réponses vraies : B et D

Sensei servira à partir de maintenant du thé koicha visqueux pour la cérémonie.

En réalité il existe des différences entre le remplissage de chaque tasse. Pour démontrer le phénomène d'inconstance, il décide de calculer la variation relative de la puissance dissipée qui peut exister d'une tasse à une autre. Il mesure alors la vitesse de versement pour chaque tasse et obtient $\frac{\Delta v}{v} = 0,26\%$. Toutes les tasses sont supposées de mêmes dimensions.

Question 17 **Parmi les propositions suivantes, laquelle (ou lesquelles) est (sont) exacte(s) :**

- A. $\frac{\Delta P}{P} = 0,26\%$
- B. $\frac{\Delta P}{P} < 0,1\%$
- C. $0,1\% \leq \frac{\Delta P}{P} \leq 0,50\%$

D. $0,50\% < \frac{\Delta P}{P} \leq 0,75\%$

- E. $\frac{\Delta P}{P} = 0,13\%$

Items A, B, C, D et E : D VRAI, A, B, C et E FAUX

On se sert de la méthode utilisant la dérivée du logarithme pour avoir la variation relative :

D'après le cours on a:

$$P = RQ^2 = RS^2v^2$$

On va appliquer le logarithme et faire apparaître une variation de la puissance dissipée :

$$\ln(P) = \ln(R) + \ln(S^2) + \ln(v^2)$$

$$\ln(P) = \ln(R) + 2 \ln(S) + 2 \ln(v)$$

On passe à la différentielle :

$$d\ln(P) = d\ln(R) + 2d\ln(S) + 2d\ln(v)$$

Or R et S sont constants entre toutes les tasses. En effet, les tasses ont les mêmes dimensions donc S est constante. Par ailleurs, la résistance R est imposée par la tasse ! Elle est donc constante, peu importe la tasse que l'on remplit. Ainsi :

$$d\ln(P) = 2d\ln(v)$$

D'où :

$$\frac{dP}{P} = \frac{2dv}{v}$$

Donc, en faisant une légère approximation en passant à une variation macroscopique :

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{2\Delta v}{v} = 2 \cdot 0,26\% = 0,52\%$$

Réponse vraie : D

Le maître hésite pour sa cérémonie avec une autre théière similaire à la première en tout point sauf que le bec verseur mesure une longueur de 18 cm pour un rayon terminal $r_2 = 7,5 \text{ mm}$ (sans changer le rayon initial).

Question 18 Calculer le rapport entre la résistance hydraulique des becs des deux théières pour l'aider à choisir celle qui permettra le meilleur écoulement. On notera R_1 la résistance de la première théière utilisée et R_2 , celle de la deuxième. **Parmi les propositions suivantes, laquelle (ou lesquelles) est (sont) exacte(s) :**

A. $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4$

B. $\frac{R_1}{R_2} = 0,88$

C. $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^4 \cdot \left(\frac{L_2}{L_1}\right)$

D. $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 \cdot \left(\frac{L_1}{L_2}\right)$

E. $\frac{R_1}{R_2}$ est proportionnel à $\frac{1}{L_2}$

Items A, C, D et E : D, E VRAI, A, C FAUX

Ici, il faut faire attention aux différentes données et aller chercher les valeurs de la théière 1 au début de l'énoncé. Dans le cas de r_1 , il faut diviser d_1 par 2. On a : $L_1 = 12 \text{ cm}$, $L_2 = 18 \text{ cm}$, $r_1 = 3,5 \text{ mm}$, $r_2 = 7,5 \text{ mm}$.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{8\eta L_1}{\pi r_1^4} \cdot \frac{\pi r_2^4}{8\eta L_2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4$$

$$\frac{R_1}{R_2} \propto \frac{1}{L_2}$$

(Le symbole signifie « proportionnel à »)

Item B : *B FAUX*

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{12}{18} \cdot \left(\frac{7,5}{3,5}\right)^4$$

$$\frac{R_1}{R_2} = 14,06$$

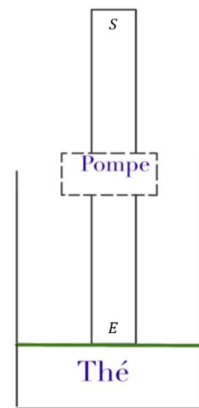
Réponses vraies : D et E

Ayant invité tous ses élèves pour découvrir ce thé, Sensei décide pour servir plus rapidement d'avoir recourt à la fontaine à thé. Elle est composée d'un tuyau, de longueur $L = 40 \text{ cm}$ et de rayon constant $r = 1 \text{ cm}$, qui aspire et propulse le thé du réservoir ouvert à l'air libre grâce à une pompe de puissance $P = 2,99 \text{ W}$ vers la sortie, en contact avec l'air ambiant (notée S).

Le point E se situe à l'entrée du tuyau de la pompe, où le thé est aspiré avec une vitesse v_E .

On note Δp_{perte} la valeur absolue des pertes de charge le long de la fontaine et Δp_{pompe} la surpression engendrée par la pompe.

On désigne par P_x , v_x et z_x la pression, la vitesse et l'altitude au point X , avec X un point quelconque.



Question 19 Parmi les propositions suivantes, laquelle (ou lesquelles) est (sont) exacte(s) :

A. $\Delta p_{\text{perte}} = RQ^2$ avec Q le débit de la pompe et R la résistance du tuyau

B. $P_{\text{atm}} + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E + \Delta p_{\text{perte}} = P_s + \frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g z_s + \Delta p_{\text{pompe}}$

C. $P_E + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E + \Delta p_{\text{pompe}} = P_{\text{atm}} + \frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g z_s + \frac{8\nu\eta L}{r^2}$

D. La pompe ajoute une surpression en aval du tuyau

E. $P_E + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E = P_s + \frac{1}{2}\rho v_s^2 + \rho g z_s + RQ + \Delta p_{\text{pompe}}$

Item A : *A FAUX*

Formule de cours à savoir : $\Delta p_{\text{perte}} = RQ$

A ne pas confondre avec celle de la puissance dissipée : $P = \Delta p_{\text{perte}} \cdot Q = RQ^2$!!!!

Items B, C, D et E : **C et D VRAI, B et E FAUX**

Ici, on va utiliser l'égalité de Bernoulli puisque nous sommes dans un seul et même tuyau.

$$P_E + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E = P_S + \frac{1}{2}\rho v_S^2 + \rho g z_S$$

Les pertes sont à mettre du côté de la sortie puisque qu'il y aura des pertes après avoir traversé le tuyau (la différence est là pour compenser) pour qu'il y ait plus d'énergie totale à l'entrée qu'à la sortie (énergie côté E = énergie côté S + terme positif Δp_{perte})

La surpression engendrée par la pompe est à ajouter du côté de l'entrée car elle apporte de l'énergie de l'extérieur de manière à avoir plus d'énergie en aval côté S qu'en entrée côté E (énergie côté S = énergie côté E + terme positif Δp_{pompe}) (à comprendre+++).

$$\text{On a ainsi : } P_E + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E + \Delta p_{\text{pompe}} = P_S + \frac{1}{2}\rho v_S^2 + \rho g z_S + \Delta p_{\text{perte}}$$

Les items B et E sont donc faux !

Le thé est expulsé au point S, où le tuyau est ouvert et donc en contact avec l'air atmosphérique, ainsi : $P_S = P_{\text{atm}}$.

De plus :

$$\begin{aligned}\Delta p_{\text{perte}} &= RQ \\ \Delta p_{\text{perte}} &= \frac{8L}{\pi r^4} \pi r^2 v \\ \Delta p_{\text{perte}} &= \frac{8v\eta L}{r^2}\end{aligned}$$

Réponses vraies : C et D

Lorsqu'on allume la pompe de la fontaine, le débit de thé jaillissant au point S est d'un litre toutes les dix secondes.

Question 20 Concernant la perte de charge Δp_{perte} dans le tuyau de la fontaine, la puissance dissipée $P_{\text{dissipée}}$ et la pression P_E , **laquelle (ou lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

A. $\Delta p_{\text{perte}} = 2,55 \text{ Pa}$

B. $\Delta p_{\text{perte}} = 2,55 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$

C. $P_{\text{dissipée}} = 2,55 \text{ W}$

D. $P_E = 739 \text{ mmHg}$

E. $P_E = 9,99 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

Items A et B : A et B FAUX

On reprend la formule de Δp_{perte} trouvée à la question précédente.

On n'oublie pas de convertir tout en mètre cube !

$$\Delta p_{\text{perte}} = RQ$$

$$\Delta p_{\text{perte}} = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \times Q$$

Concernant le débit, il va falloir traduire mathématiquement ce que nous dit l'énoncé. On nous parle d'un écoulement de 1 L toutes les 10 s. Ainsi, on a :

$$Q = \frac{1 \text{ L}}{10 \text{ s}} = 0,1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

On convertit la longueur ainsi que le rayon de la fontaine : $L = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$ et $r = 1 \text{ cm} = 1.10^{-2} \text{ m}$

$$\Delta p_{\text{perte}} = \frac{8 \times 2,5 \times 0,4}{\pi \times (1.10^{-2})^4} \times 10^{-4}$$
$$\Delta p_{\text{perte}} = 2,55.10^4 \text{ Pa}$$

Item C : VRAI

On a :

$$P = RQ^2$$

Ici, on vient de calculer la différence causée par la perte, d'après leurs formules respectives, on peut réutiliser notre résultat précédent :

$$P = \Delta p_{\text{perte}} \cdot Q$$
$$P = 2,55 \text{ W}$$

Items D et E : E VRAI, D FAUX

Alors là, on nous parle de P_E . On va donc devoir se resservir de la loi de Bernoulli modifiée et reprendre une à une toutes les infos données par l'énoncé. On a :

$$P_E + \frac{1}{2}\rho v_E^2 + \rho g z_E + \Delta p_{\text{pompe}} = P_S + \frac{1}{2}\rho v_S^2 + \rho g z_S + \Delta p_{\text{perte}} \text{ d'après la question 19.}$$

Or :

$$P_{\text{atm}} = P_S \text{ d'après l'énoncé, car le point } S \text{ est en contact avec l'air libre}$$

$$L = z_S - z_E \text{ avec } L \text{ la longueur du tuyau de la fontaine}$$

$v_S = v_E$ car le thé étant un fluide incompressible, le débit de thé dans le tuyau de la pompe est constant. Or la section de ce tube est constante tout du long. De ce fait, la vitesse du thé est la même tout au long de la pompe !

$\Delta p_{pompe} = \frac{P}{Q}$ avec P la puissance de la pompe ($P = 2,99 \text{ W}$ d'après l'énoncé)

$\Delta p_{perte} = 2,55.10^4 \text{ Pa}$ d'après ce qu'on a calculé juste avant

Ainsi, on obtient :

$$P_E = P_{atm} + \rho g L + \Delta p_{perte} - \frac{P}{Q}$$

Donc, petite application numérique (on n'oublie pas de tout convertir en SI !) :

$$P_E = 10^5 + 1,1.10^3 \times 9,81 \times 0,4 + 2,55.10^4 - \frac{2,99}{10^{-4}}$$

$$P_E = 9,99.10^4 \text{ Pa}$$

On nous demandait une petite conversion en mmHg , alors la voici :

$$P_E = \frac{9,99.10^4}{10^5} \times 760 = 759 \text{ mmHg}$$

Réponses vraies : C et E

Ce sujet a été réalisé par :

Rédacteurs : Tesnim ALILAT (DFGSO2), Ihcène BENALLOU (DFGSM2), Capucine DI MASCOLO (DFGSM2) et Kevan TASKIRAN (DFGSM2)

Relecteurs : Ihcène BENALLOU (DFGSM2), Safa BOUJADDADA (L3 Sciences Biomédicales), Marie DIDELOT (DFGSM2), Julia LAUVERGNAT GINES (DFGSM2) et Jiin RYU (DFGSM2)

Testeurs : Yasmine DAOUIA (Césure Médecine-Mines, RM EB de Physique 2021-2022), Gabriel TCHEKEMIAN (DFGSM3, RM GT de Physique 2022-2023)

Un grand merci aux VP Tuto PASS :
Soline DANIEL (DFGSM2) et Enzo LOEUIL (DFGSM2)

Et enfin un immense merci aux tuteurs et tutrices de la team Fyzik

**Ce support est proposé en collaboration avec l'équipe
pédagogique de l'université.**

Sous la coordination de Ines Bouziane (RM EB de Physique 2023-2024, DFGSM2)

Prenez votre grille en photo avant de la rendre

Votre note et classement sont disponibles sur le site www.a2sup.fr
Si vous constatez une erreur, envoyez la photo de votre grille sur l'adresse suivante:
grilles@a2sup.fr



L'A2SUP répond à toutes vos questions sur le forum : forum.a2sup.fr

Les bases du forum

Question de cours :

Titre du cours
Photo/Diapo/Figure/Paragraphe
Question

Utiliser la loupe (en haut à droite)

Question Exos/Annales :

Qxx (mettre les 2 chiffres ex : Q03)
Énoncé
Question

L'A2SUP est connectée ! Pour ne rater aucune info :



A2SUP



@A2SUP



@A2SUP