

## Correction DS 2

### Partie I Les écoulements

1. On donne les définitions suivantes :

- un fluide homogène est un fluide dont la masse volumique est uniforme
- un fluide incompressible est un fluide dont les particules de fluide ne peuvent pas changer de volume, quelle que soit la pression appliquée. Une caractérisation équivalente est de dire que sa masse volumique est invariante dans le temps et dans l'espace. Au sens du programme, on préférera plutôt parler d'**écoulement** incompressible pour des hypothèses de travail.
- un écoulement stationnaire est un écoulement indépendant du temps, dont le profil de vitesse est constant dans le temps.

## Partie 1 : Écoulement d'un fluide non visqueux dans un canal

### 1 Écoulement dans un canal de largeur variable

2. Débit massique entrant :  $D_{m,e} = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{\delta m_e}{dt}$

Débit massique sortant :  $D_{m,s} = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{\delta m_s}{dt}$

3. Bilan de masse sur le système ouvert qu'est la partie commune défini par l'énoncé, entre  $t$  et  $t + dt$  :

$$\begin{aligned} m(t+dt) - m(t) &= \delta m_e - \delta m_s \\ \frac{m(t+dt) - m(t)}{dt} &= \frac{\delta m_e}{dt} - \frac{\delta m_s}{dt} \\ \frac{dm}{dt} &= D_{m,e} - D_{m,s} \end{aligned}$$

par passage à la limite  $dt \rightarrow 0$ .

4. En régime stationnaire, on a  $\frac{dm}{dt} = 0$ , la masse contenue dans la partie commune ne varie pas. Donc le débit massique est conservé :  $D_{m,e} = D_{m,s}$

### 2 Écoulement dans un canal de largeur constante

5. Dans la relation de Bernoulli, que l'on peut interpréter comme une relation de conservation énergétique :

- (b)  $\frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2)$  : différence d'énergie cinétique massique
- (c)  $g(h_2 - h_1)$  : différence d'énergie potentielle de pesanteur massique
- (a)  $\frac{P_2 - P_1}{\rho}$  : différence d'énergie potentielle liée aux forces de pression, massique (forces conservatrices uniquement dans le cadre des hypothèses de la relation de Bernoulli)

6. Pour une ligne de courant reliant deux points de l'écoulement qui sont au niveau de la surface libre de l'écoulement (au contact de l'air), l'application de la relation de Bernoulli donne :

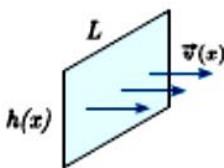
$$\begin{aligned} \frac{P_1 - P_2}{\rho} + \frac{1}{2}(v(x_1)^2 - v(x_2)^2) + g(h(x_1) - h(x_2)) &= 0 \\ \text{et } P_1 = P_2 = P_0 \text{ donc } \frac{1}{2}v(x_1)^2 + gh(x_1) &= \frac{1}{2}v(x_2)^2 + gh(x_2) \\ \text{donc } h(x) + \frac{1}{2g}v(x)^2 &= \text{const} = H \end{aligned}$$

7. On en déduit une expression de la vitesse dans l'écoulement :

$$v(x) = \sqrt{2g(H - h(x))}$$

8. Débit volumique à travers une section rectangulaire de l'écoulement, à  $x = \text{cste}$ ; la vitesse est uniforme sur cette surface :

$$D_v = \iint \vec{v} \cdot d\vec{S} = \int_{y=0}^L \int_{z=0}^{h(x)} v(x) dy dz = L h(x) \sqrt{2g(H - h(x))}$$



9. On donne ci-dessous le tracé graphique du débit volumique en fonction de la hauteur  $h(x)$  du canal.

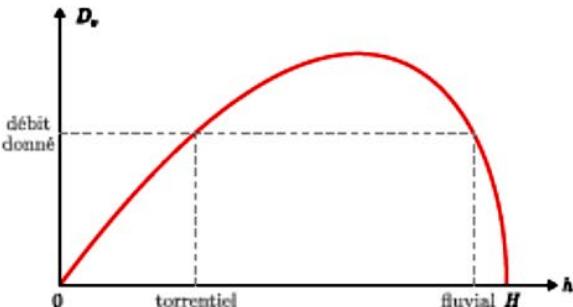


FIGURE 1 –

10. On voit sur le graphique ci-dessus que pour une valeur donnée du débit volumique peuvent correspondre deux hauteurs d'eau différentes. La hauteur la plus faible correspond au régime torrentiel car par la relation  $H = \text{cste}$  de la question 6., la vitesse sera plus élevée. À l'inverse, la hauteur la plus élevée correspond au régime fluvial avec une vitesse plus faible. On rappelle que le nombre de Reynolds indiquant le régime d'écoulement est proportionnel à la vitesse de l'écoulement.

## Partie 2 : Écoulement d'un fluide visqueux

11. Pour les écoulements visqueux, il y a adhérence aux parois solides. Donc pour la paroi du fond en  $z = 0$ , on a  $v(z = 0) = 0$ . On en déduit la valeur de la constante :  $A_3 = 0$ .

12. Avec l'air supposé non visqueux, il n'y a donc pas d'adhérence et pas de force de viscosité :

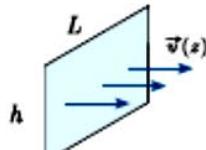
$$\begin{aligned}\delta \vec{F}(z = h) &= 0 = \pm \eta \frac{dv}{dz} dS \vec{e}_x \\ \frac{dv}{dz}(z = h) &= 0 = 2hA_1 + A_2 \\ A_2 &= -2hA_1\end{aligned}$$

13. On note  $V_s$  la vitesse en haut du canal en  $z = h$ . On en déduit l'expression finale.

$$\begin{aligned}V_s &= v(z = h) = A_1 h^2 + A_2 h = A_1(h^2 - 2h^2) \\ A_1 &= -\frac{V_s}{h^2} \quad \text{et} \quad A_2 = 2\frac{V_s}{h} \\ \text{donc} \quad v(z) &= V_s \frac{z}{h} \left(2 - \frac{z}{h}\right)\end{aligned}$$

14. Débit volumique à travers une section rectangulaire de l'écoulement, à  $x = \text{cste}$ ; la vitesse n'est plus uniforme sur cette surface :

$$\begin{aligned}D_v &= \iint \vec{v} \cdot d\vec{S} = \int_{y=0}^L \int_{z=0}^{h(x)} V_s \frac{z}{h} \left(2 - \frac{z}{h}\right) dy dz = V_s \times L \times \left(2 \frac{h^2}{2h} - \frac{h^3}{3h^2}\right) \\ D_v &= \frac{2}{3} V_s L h\end{aligned}$$



15. Vitesse moyenne dans l'écoulement :

$$V_m = \frac{D_v}{S} = \frac{D_v}{Lh} = \frac{2}{3} V_s$$

16. Vitesse à 60% de profondeur :

$$V_{60} = v(0,4h) = 0,4V_s(2 - 0,4) = 0,64V_s$$

En considérant que  $0,64 \simeq 0,67 = \frac{2}{3}$ , on a donc bien une mesure proche de la vitesse moyenne :  $V_m \simeq V_s$

## Partie 3 : Mesure de la vitesse d'un fluide

### 1 Vélocimétrie acoustique

17. À partir de la relation de la statique des fluides, en posant un axe vertical  $z$  vers le haut :

$$\overrightarrow{\text{grad}}(P) = \rho \vec{g} \quad \Rightarrow \quad \frac{dP}{dz} = -\rho g \quad \Rightarrow \quad P(z) = P_0 - \rho g z$$

avec  $\rho$  constant dans un fluide homogène incompressible. Si la sonde est immergée d'une hauteur  $d$ , donc  $z = -d$ .

$$P = P_0 + \rho g d \quad \Rightarrow \quad d = \frac{P - P_0}{\rho g}$$

18. La mesure de la température de l'écoulement permet de renseigner sur la célérité des ondes acoustiques, qui dépend de la température.

19. Dans cette mesure de vitesse basée sur l'effet Doppler, c'est la vitesse relative de la particule de fluide par rapport à l'émetteur qui compte. Donc si l'opérateur ne tient pas la perche stable, l'émetteur est en mouvement et le décalage de fréquence est impacté.

20. En regardant l'annexe, on voit que les vitesses d'écoulement mesurées sont au maximum de  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , alors que la célérité des ondes acoustiques dans l'eau est de l'ordre de  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ . On a donc :  $v \ll c_e$ . On peut donc simplifier les expressions par développement limité en notant  $x = \frac{v}{c_e} \ll 1$ .

$$f_r = f_t \frac{1-x}{1+x} \simeq f_t(1-x)(1-x) \simeq f_t(1-2x) \quad \text{à l'ordre 1}$$
$$\Delta f = f_t - f_r \simeq 2f_t \frac{v}{c_e}$$

Remarque : il y a d'ailleurs une erreur de frappe dans l'annexe de l'énoncé, qui indique « célérité de l'onde acoustique dans le vide » alors qu'il s'agit de la célérité dans l'eau.

21. Selon le signe de  $\Delta f$ , on connaît dans quel sens coule le cours d'eau :

- si  $v > 0$ , alors  $f_r < f_t$  donc on aura  $\Delta f > 0$
- si  $v < 0$ , alors  $f_r > f_t$  donc on aura  $\Delta f < 0$

22. Pour les deux tensions électriques sinusoïdales des ondes incidentes et réfléchies :

$$U_i(t) = U_{mi} \cos(2\pi f_i t - \varphi_i)$$
$$U_r(t) = U_{mr} \cos(2\pi f_r t - \varphi_r)$$

23. Pour le signal en sortie du multiplicateur :

$$U_m(t) = K U_i(t) U_r(t) = K U_{mi} U_{mr} \cos(2\pi f_i t - \varphi_i) \times \cos(2\pi f_r t - \varphi_r)$$
$$= \frac{K U_{mi} U_{mr}}{2} [\cos(2\pi(f_i + f_r)t - \varphi_i - \varphi_r) + \cos(2\pi(\Delta f)t - \varphi_i + \varphi_r)]$$

On a donc une somme de signaux harmoniques à deux fréquences :  $f_1 = \Delta f$  la différence de fréquence et  $f_2 = f_i + f_r$  la somme des fréquences.

24. On complète le document réponse

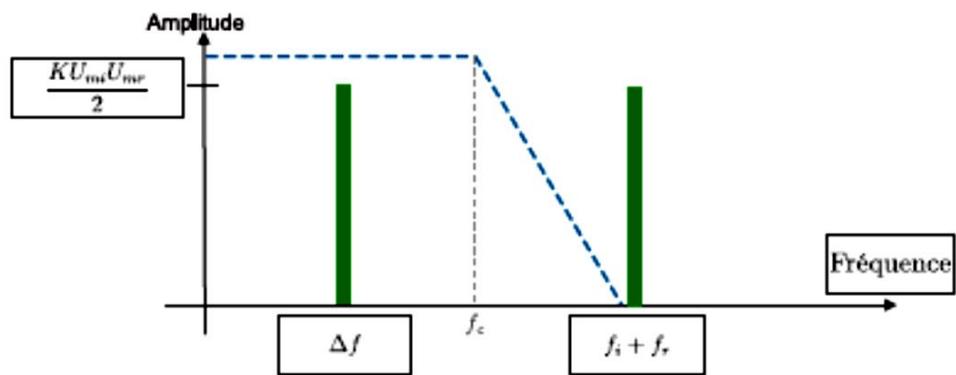


FIGURE 2 – Spectre du signal  $U_m(t)$

25. Pour isoler uniquement la composante de fréquence  $\Delta f$ , et retirer la composante de fréquence  $f_i + f_r$ ; on ajoute le profil typique de filtre nécessaire sur le graphique précédent. Il faut donc un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure  $f_c$  telle que  $\Delta f \ll f_c \ll f_i + f_r$ .

On prendra donc le filtre A. On peut justifier en écrivant les équivalents mathématiques des fonctions de transferts :

$$\begin{array}{ll} \text{à basses fréquences} & f \ll f_c : H_A \simeq 1 \quad \text{et} \quad H_B \simeq 0 \\ \text{à hautes fréquences} & f \gg f_c : H_A \simeq 0 \quad \text{et} \quad H_B \simeq 1 \end{array}$$

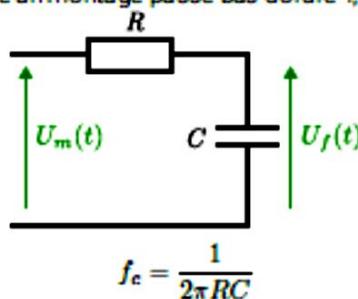
26. Avec les données de l'annexe, on estime les valeurs :

- $f_i$  et  $f_r$  sont de l'ordre de 10 MHz
- $v$  est de l'ordre de  $10^{-3}$  à 5 m/s
- donc  $2\frac{v}{c_s}$  de l'ordre de  $10^{-6}$  à  $6 \cdot 10^{-3}$

donc au maximum,  $\Delta f$  est de l'ordre de 60 kHz.

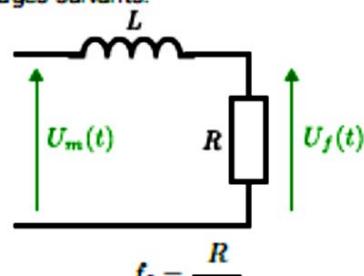
Pour avoir :  $\Delta f \ll f_c \ll f_i + f_r$ , on peut prendre :  $f_c \simeq 1$  MHz.

27. Pour faire un montage passe-bas d'ordre 1, on propose les deux montages suivants.



$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

On propose  $R \simeq 500 \Omega$  et  $C \simeq 300 \text{ pF}$



$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

On propose  $R \simeq 5 \text{ k}\Omega$  et  $L \simeq 0,8 \text{ mH}$

## II. Barrage hydroélectrique

### 3.1 Potentiel hydroélectrique

16. L'énergie potentielle  $E_p$  d'une masse  $m$  a pour expression :  $E_p = mgH = \rho_{eau} \times V \times gH$ ; si cette masse s'écoule en une durée  $T$ , la puissance  $P_{hydro}$  vaut :

$$P_{hydro} = \frac{E_p}{T} = \frac{\rho_{eau} \times V \times gH}{T} = \frac{V}{T} \rho_{eau} g H = \boxed{Q \rho_{eau} g H}$$

$\rho_{eau}$  et  $g$  sont des paramètres fixés, en revanche on peut optimiser  $H$  et  $Q$  en augmentant la taille du barrage.

### 3.2 Équilibre hydrostatique d'un barrage

17. Dans l'eau  $\boxed{P(z) = P_0 + \rho_{eau}g(H - z)}$ . La masse volumique de l'air est environ mille fois plus faible que celle de l'eau, il faut des hauteurs de l'ordre du kilomètre pour ressentir une baisse de pression significative.

18. Soit  $dF_x$  la composante des forces de pression due à l'eau s'exerçant sur une hauteur  $dz$  du barrage :

$$dF_x = (P_0 + \rho_{eau}g(H - z)) L dz \quad \text{donc} \quad F_{eau,x} = \int_0^H (P_0 + \rho_{eau}g(H - z)) L dz$$

Ce qui donne :

$$\vec{F}_{eau} = \boxed{\left[ P_0 LH + \frac{\rho_{eau}gLH^2}{2} \right] \vec{u}_x}$$

Les forces dues à l'air s'exercent perpendiculairement à l'hypoténuse de la paroi :

$$\vec{F}_{air} = -P_0 LH (\vec{u}_x + \vec{u}_z)$$

Finalement pour la composante horizontale des forces de pression :

$$\vec{F} \cdot \vec{u}_x = (\vec{F}_{air} + \vec{F}_{eau}) \cdot \vec{u}_x = \boxed{\frac{\rho_{eau}gLH^2}{2}}$$

19. Équilibre du barrage :

\* Horizontalement les frottements équilibrivent la composante horizontale de la force de pression :

$$\|\vec{F}_f\| = \frac{\rho_{eau}gLH^2}{2}$$

\* Verticalement, la réaction du sol équilibre le poids du barrage et la composante verticale de la force de pression de l'air :

$$\|\vec{R}\| = \rho_m \times \frac{LH^2}{2} \times g + P_0 LH = LH \left( P_0 + \rho_m \times g \frac{H}{2} \right)$$

L'inégalité impose :

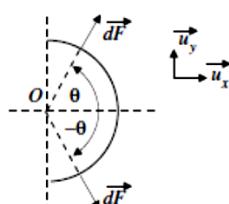
$$\frac{\rho_{eau}gLH^2}{2} \leq \mu LH \left( P_0 + \rho_m \times g \frac{H}{2} \right) \quad \text{donc} \quad \frac{\rho_{eau}gH}{2} \leq \mu \left( P_0 + \rho_m \times g \frac{H}{2} \right)$$

On sait qu'une colonne de 10 mètres d'eau est équivalente à une pression atmosphérique, donc pour une hauteur de 100 m, on peut, en première approximation, négliger le terme  $P_0$  dans l'expression ci-dessus, ce qui permet d'obtenir la relation simplifiée :

$$\rho_{eau} \leq \mu \rho_m$$

Pour que l'inégalité soit vérifiée, il suffit que la masse volumique du mélange béton-gravats soit au moins le double de celle de l'eau ce qui semble tout à fait réalisable; ainsi pour le béton normal, la masse volumique est de l'ordre de 2000 à 2600 kg.m<sup>-3</sup>.

20. Dans le cas des barrages "voûte", seule une partie des forces de pression s'ajoutent selon  $Ox$ , l'effort à supporter est donc moins important.



### 3.3 Écoulement à la sortie du barrage

21. Pendant  $dt$ , la hauteur de la retenue d'eau évolue de  $dh < 0$ , soit une variation de volume de  $d\tau = -S_{re}dh$ ; à masse volumique fixée, ce volume doit se retrouver en sortie; l'eau s'écoule à la vitesse  $V$ , parcourt en  $dt$  une distance  $Vdt$ , soit un volume :  $d\tau = SVdt$ ; la comparaison des deux expressions impose :

$$\boxed{\frac{dh}{dt} = -V \frac{S}{S_{re}}}$$

22. Pour l'écoulement irrotationnel et stationnaire d'un fluide incompressible et sans viscosité :

$$\frac{v^2}{2} + hg + \frac{p}{\rho} = cste$$

L'hypothèse de stationnarité est acceptable tant que le fluide s'écoule lentement dans le barrage, comme  $S_{re} \gg S$ , il est certain que  $\left| \frac{dh}{dt} \right| \ll V$ .

L'eau est un fluide très peu compressible ( $X_T \simeq 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ ).

En appliquant la relation à la situation étudiée pour un instant quelconque :

$$\frac{1}{2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 + hg = \frac{1}{2} V^2 - H_1 g$$

En exprimant  $V$  en fonction de  $dh/dt$ , on obtient :

$$\frac{1}{2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 \left[ \frac{S_{re}}{S} - 1 \right] = (H_1 + h) g$$

Comme  $S_{re} \gg S$ ,  $(S_{re}/S) - 1 \simeq S_{re}/S$ , ce qui donne :

$$\left( \frac{dh}{dt} \right)^2 = 2 \frac{S^2}{S_{re}^2} (H_1 + h) g$$

Comme la hauteur décroît au cours du temps, on retient la racine négative et finalement :

$$\boxed{\frac{dh}{dt} = -\frac{S}{S_{re}} \sqrt{2(H_1 + h)} g}$$

23. Comme  $\psi'(t) = h'(t)$ , on en déduit :

$$\frac{d\psi}{dt} = -\frac{S}{S_{re}} \sqrt{2g} \psi(t)^{1/2} \quad \text{donc} \quad \frac{d\psi}{\sqrt{\psi}} = -K dt$$

$$[2\psi^{1/2}]_{\psi(0)}^{\psi^*} = 2 \left( \sqrt{\psi^*} - \sqrt{\psi(0)} \right) = -Kt^* \quad \text{donc} \quad \psi^* = \left( (H_1 + H)^{1/2} - \frac{Kt^*}{2} \right)^2$$

On détermine alors la hauteur  $h$  au cours du temps :

$$\boxed{h(t) = \left( (H_1 + H)^{1/2} - \frac{Kt}{2} \right)^2 - H_1}$$

Et finalement la vitesse :

$$\boxed{V = -\frac{S_{re}}{S} \frac{dh}{dt} = \frac{S_{re}}{S} K \left( (H_1 + H)^{1/2} - \frac{Kt}{2} \right)}$$

Mettre la turbine en profondeur permet d'augmenter fictivement la hauteur de la retenue d'eau sans que le barrage n'ait à supporter une plus forte pression.

24. Avec  $H_1 = 0$ ,  $h(t) = 0$  pour  $T_H = \frac{2\sqrt{H}}{K}$ .

Pour une vidange moitié :  $h(T_{H/2}) = \frac{H}{2} = \left( \sqrt{H} - \frac{KT_{H/2}}{2} \right)^2$  donc :

$$\boxed{T_{H/2} = \frac{2\sqrt{H}}{K} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = T_H \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)}$$

Application numérique :

$$T_H = \frac{2\sqrt{H}}{K} = \frac{2 \times 10}{10^{-4}\sqrt{2}\sqrt{10}} = \sqrt{2} \times \sqrt{10} \times 10^4 \simeq \boxed{5 \times 10^4 \text{ s}} \quad \text{et} \quad \boxed{\frac{T_{H/2}}{T_H} = 0,3}$$

25.  $P_{hydro} = SV(t) \times \rho_{eau}gh(t) = S_{re}K \left( \sqrt{H} - \frac{Kt}{2} \right) \times \rho_{eau}g \times \left( \sqrt{H} - \frac{Kt}{2} \right)^2 :$

$$P_{hydro}(t) = S_{re}K\rho_{eau}g \left( \sqrt{H} - \frac{Kt}{2} \right)^3$$

Au début de la vidange :

$$P_{hydro}(0) = S_{re}K\rho_{eau}gH^{3/2} = 10^4 \times 10^{-4} \times \sqrt{20} \times 10^4 \times 10^3 \simeq 4,5 \times 10^7 \text{ W}$$

26. Pour obtenir l'énergie, il faut intégrer l'expression de la puissance :

$$E_{hydro}(T) = \int_0^T S_{re}K\rho_{eau}g \left( \sqrt{H} - \frac{Kt}{2} \right)^3 dt = S_{re}K\rho_{eau}g \left[ -\frac{1}{2K} \left( \sqrt{H} - \frac{Kt}{2} \right)^4 \right]_0^T$$

$$E_{hydro}(T) = \frac{S_{re}\rho_{eau}g}{2} \left[ H^2 - \left( \sqrt{H} - \frac{KT}{2} \right)^4 \right]$$

\* Pour  $T = T_H = \frac{2\sqrt{H}}{K}$  :  $E_{hydro}(T_H) = \frac{S_{re}\rho_{eau}gH^2}{2}$

Ce résultat est logique, il s'agit de l'énergie potentielle d'un volume  $HS_{re}$  d'eau dont le centre de gravité est situé initialement en  $H/2$ .

\* Pour  $T = T_{H/2}$  :  $E_{hydro}(T_{H/2}) = \frac{3}{4} \frac{S_{re}\rho_{eau}gH^2}{2} = \frac{3}{4} E_{hydro}(T_H)$

Ce résultat est aussi prévisible, il s'agit de l'énergie potentielle d'un volume  $HS_{re}/2$  d'eau dont le centre de gravité est situé initialement en  $3H/4$ .

On constate qu'en seulement 30% du temps total, on vide la moitié de l'eau du barrage et on récupère les 3/4 de l'énergie.

### III. Gilet de sauvetage

**Q10.** Configuration électronique : C (Z = 6) :  $1s^2 2s^2 2p^2$ ; O (Z = 8)  $1s^2 2s^2 2p^4$

**Q11.** Le carbone présente 4 électrons de valence, l'oxygène 6 dont 2 sont célibataires. L'oxygène est donc susceptible de faire 2 liaisons covalentes pour satisfaire la règle de l'octet et le carbone 4. On peut proposer comme configuration de Lewis :



**Q12.** Le carbone ne présente pas de doublet non liant et la molécule est symétrique, on peut donc s'attendre à une géométrie linéaire. *Hors Programme de TSI*.

**Q13.** La masse molaire du  $\text{CO}_2$  est de  $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . La cartouche contient 33 g de  $\text{CO}_2$  soit  $n = 0,75 \text{ mol}$  de  $\text{CO}_2$ .

**Q14.** 1 : domaine du liquide ; 2 : domaine du gaz ; 3 : vaporisation ; 4 : liquéfaction et 5 : point critique.

**Q15.** On utilise la loi des gaz parfaits :  $pV = nRT$  soit  $p = \frac{nRT}{V}$ . Numériquement :  $p = \frac{0,75 \times 8,3 \times 300}{15 \times 10^{-6}} \approx 1245 \text{ bar}$ . La pression étant plus faible, on en déduit que l'état est diphasé liquide-vapeur.

**Q16.** Le volume massique vaut :  $v = \frac{V}{m}$  soit numériquement  $v = \frac{15 \times 10^{-6}}{33 \times 10^{-3}} \approx 4,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Ceci est inférieur au volume massique du liquide saturant à 300 K (qui vaut environ  $1,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ) donc on en déduit que le  $\text{CO}_2$  est à l'état liquide dans la cartouche.

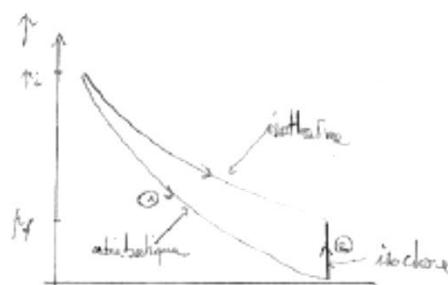
**Q17.** Lorsqu'elle sera percuté, le  $\text{CO}_2$  se détendra brusquement et va se vaporiser. Si ce changement a lieu à 25°C, alors la quantité de chaleur échangée sera la chaleur latente de vaporisation (ou enthalpie de vaporisation) qui vaut  $l_{\text{vap}} = h'' - h' = 119,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Cette quantité est positive et correspond donc bien à une transformation endothermique : la cartouche se refroidit.

**Q18.** La poussée d'Archimède s'exprime par :  $\Pi = -\rho V_{\text{imm}} \bar{g}$  où  $\rho$  est la masse volumique du fluide (ici l'eau),  $V_{\text{imm}}$  le volume immergé (c'est-à-dire le volume de fluide déplacé) et  $\bar{g}$  l'accélération de la pesanteur.

**Q19.** On souhaite que  $\Pi = F_a = 150 \text{ N}$  soit  $V_{\text{imm}} = \frac{F_a}{\rho g}$ . Numériquement  $V_{\text{imm}} = \frac{150}{1000 \times 10} = 15 \text{ L}$ . On retrouve bien que le gilet doit avoir un volume de 15 L.

**Q20.** On suppose que  $p_f V = nRT$  soit  $p_f = \frac{nRT}{V}$  soit numériquement :  $p_f = \frac{0,75 \times 8,3 \times 300}{15 \times 10^{-6}} \approx 1,245 \text{ bar}$ .  $p_f > p_0$  donc le gonflage est correct, dans ces hypothèses.

**Q21.** L'isotherme est caractérisée par une hyperbole ( $p = \text{Cte}/V$ ), l'adiabatique par une courbe ressemblant à une hyperbole ( $p = \text{Cte}/V^{\alpha}$  avec  $\alpha = \gamma$  si la transformation est réversible;  $\alpha > 1$ ) et l'isochore par une verticale. L'allure du diagramme est donc la suivante :



**Q22.** On utilise la relation fondamentale de l'hydrostatique :  $p(z) = p_0 + \rho g z$  où  $z$  est la profondeur. Pour que le dispositif de déclenchement se déclenche lorsque l'on est immergé de 10 cm, il faut donc qu'il soit sensible à  $\Delta p = \rho g z$  soit numériquement  $\Delta p \approx 10^3 \text{ Pa}$ .

# Rapports de jury sur le DS 2 de physique-chimie

**Sujet CCINP TPC 2025, rapport de jury non disponible**

**Sujet CCS TSI 2022 rapport de jury :**

## **REMARQUES GÉNÉRALES**

On remarque que les questions sont lues par les candidats mais les réponses données ne sont pas toujours adaptées. Il est nécessaire de donner une réponse complète répondant sans ambiguïté à la question posée. Il est inutile de vouloir répondre à tout prix à une question ouverte, les réponses sont souvent aberrantes et du plus mauvais effet. Une attention particulière doit être apportée à l'utilisation des vecteurs, notamment en mécanique.

Chaque résultat doit être associé à une unité sinon les points ne sont pas accordés. Les candidats doivent comprendre qu'annoncer un résultat sans justification n'a aucune valeur si une justification est attendue et demandée. De nombreuses erreurs de conversion (L en m3 par exemple...) et autres erreurs d'unités ont été relevées. Beaucoup d'erreurs dans les applications numériques sur des calculs simples sont constatées, avec parfois des ordres de grandeurs extravagants qui devraient interroger le candidat sur la véracité de sa réponse.

Il est conseillé aux candidats de répondre aux questions dans l'ordre de l'énoncé afin d'en faciliter la lecture ainsi que la correction et éviter à tout prix la pêche aux points en entremêlant les questions. Un pourcentage non négligeable (entre 6 et 8 %) de copies ont très peu traité le sujet. Ce qui pour une épreuve de 4 heures avec de nombreuses questions de cours et de bon sens, révèle une préparation incomplète à l'épreuve. À l'inverse, certains candidats ont pu, sur ce type de sujet, montrer la diversité de leurs connaissances et exprimer des compétences variées. Les élèves qui maîtrisaient la partie ondes ont obtenu de très bons résultats. De même pour la chimie. Il est donc très important de ne pas faire d'impasse sur les révisions.

## **REMARQUES SPÉCIFIQUES CONCERNANT CERTAINES QUESTIONS**

### **PARTIE II – SÉCURITÉ À BORD**

Q11. La formule de Lewis a rarement été justifiée grâce à la règle de l'octet ! Les doublets non liants ont souvent été oubliés.

Q15. et Q16. Il manquait souvent la conclusion sur l'état physique ; il s'agissait de confronter le résultat d'un calcul dans le cadre d'un modèle avec les données d'un graphe.

Q17. L'enthalpie massique de changement d'état n'a été qu'exceptionnellement mentionnée.

Q18. Il est surprenant que sur une telle question il y ait eu autant d'erreurs sur l'orientation vectorielle !

Q21. Sur un diagramme (p,V), il faut savoir distinguer une détente adiabatique d'une détente isotherme. De plus, une évolution isochore est nécessairement représentée par un segment vertical.

## **Sujet ENS BCPST 2012, extraits du rapport de jury :**

### **Description du sujet**

Le sujet de Physique BCPST portait sur la thématique des énergies renouvelables. Il s'agissait sur plusieurs exemples de telles sources d'énergie, d'établir l'ordre de grandeur du potentiel énergétique disponible, puis d'étudier plus en détail, une application dans le cadre de la production d'électricité. Constitué de six parties totalement indépendantes, ce sujet couvrait une grande part du programme de BCPST (électrocinétique, statique des fluides, mécanique des fluides, thermodynamique et mécanique du point). Néanmoins tout au long du problème le candidat était confronté aux notions de puissance énergétique et de flux d'énergie. De plus de nombreuses applications numériques demandées avec un seul chiffre significatif, permettent de quantifier les phénomènes physiques en jeu, ce qui est nécessaire dans le dimensionnement de dispositifs récupérateurs d'énergie. Enfin le sens physique du candidat est évalué à travers certaines questions moins classiques, nécessitant parfois de faire preuve d'ouverture et d'originalité.

Du fait de la présence de plusieurs questions faciles qui ont été résolues par la grande majorité des candidats, on a pu constater un plus petit nombre de très mauvaises copies par rapport à l'année précédente.

### **Commentaires généraux**

Le candidat doit faire l'effort de lire attentivement l'intégralité des questions posées pour éviter de donner une réponse partielle. Le jury a récompensé les candidats ayant mené correctement les différentes applications numériques accompagnées de l'unité correcte.

En revanche les correcteurs ont pénalisé la malhonnêteté dans les calculs, lorsque le candidat veut faire croire qu'il a retrouvé le résultat demandé dans l'énoncé. Il en est de même pour des commentaires incohérents par rapport au contenu de la copie, mais qui tentent de s'approcher de la supposée bonne réponse. De plus il est nécessaire dans les démonstrations, de présenter clairement les différentes étapes et d'énoncer les justifications.

Le candidat doit aussi vérifier constamment l'homogénéité des résultats obtenus, pour éviter des erreurs importantes. De même des raisonnements simples permettent de retrouver certaines fautes de signe.

Enfin le jury constate parfois un manque important de rigueur dans la présentation comme par exemple le mélange dans une même ligne de grandeurs littérales avec des valeurs numériques. Dans une application numérique, le calcul doit être d'abord mené à bout algébriquement et c'est seulement à la dernière étape que les grandeurs doivent être remplacées par leurs valeurs numériques.

### **Commentaires par questions**

Q18) En dépit de la question précédente, lors du calcul des forces de pression sur le barrage, la pression n'est souvent pas intégrée en fonction de l'altitude.

Q22) Les hypothèses de la relation de Bernoulli sont rarement énoncées de manière satisfaisante. Cette relation est valable dans le cas stationnaire le long d'une ligne de courant et pour des écoulements incompressibles à grand nombre de Reynolds (pour que la dissipation visqueuse soit négligeable).

Q25) De nombreux candidats ont oublié que le débit volumique dépend du temps, dans le cas de la vidange.