CORRECTION BAC BLANC n°2
Mercredi 5 Mai 2026

<u>Exercice n°1 : L'ammoniac, un futur carburant pour les transports maritimes (9 points)</u>

1. Étude de la molécule et de ses propriétés chimiques.

Q1. (0,25)

```
      H
      |
  H – N – H
```

<u>Explications non demandées</u> : Z(N) = 7 ainsi structure électronique $(1s)^2\ (2s)^2(2p)^3$
L'atome d'azote N possède 5 électrons de valence répartis en 3 électrons célibataires et un doublet non liant.
L'atome H possède un seul électron donc forcément célibataire.
On associe les atomes de façon à former des doublets liants avec les électrons célibataires.

Q2. (0,75 au total) On compare les électronégativités de l'azote et de l'hydrogène.

$\Delta\chi = \chi(\text{N}) - \chi(\text{H}) = 3{,}04 - 2{,}20 = 0{,}84 > 0{,}4$

On en déduit que les liaisons N–H sont polarisées.
Les atomes d'hydrogène sont porteurs d'une charge partielle positive et l'atome d'azote de charge partielle négative.
Par ailleurs, au regard de la géométrie pyramidale de la molécule, on constate que le centre géométrique des charges positives n'est pas confondu avec le centre géométrique des charges négatives.
La molécule NH_3 est polaire. (0,25)

Pour la molécule d'eau H_2O : $\Delta\chi = \chi(\text{O}) - \chi(\text{H}) = 3{,}44 - 2{,}20 = 1{,}24 > 0{,}4$

Les liaisons O–H sont polarisées.
La molécule d'eau possède une géométrie triangulaire donc là encore le centre géométrique des charges positives n'est pas confondu avec le centre géométrique des charges négatives.
L'eau est une molécule polaire également. (0,25)

Une molécule polaire se dissout bien dans un solvant polaire : cela explique la grande solubilité de l'ammoniac dans l'eau. (0,25)

Q3. (0,25) Une base est une espèce chimique capable d'accepter un proton H^+.

Q4. **(0,25)** $NH_{3(aq)} + H_2O(\ell) \leftrightarrows NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$

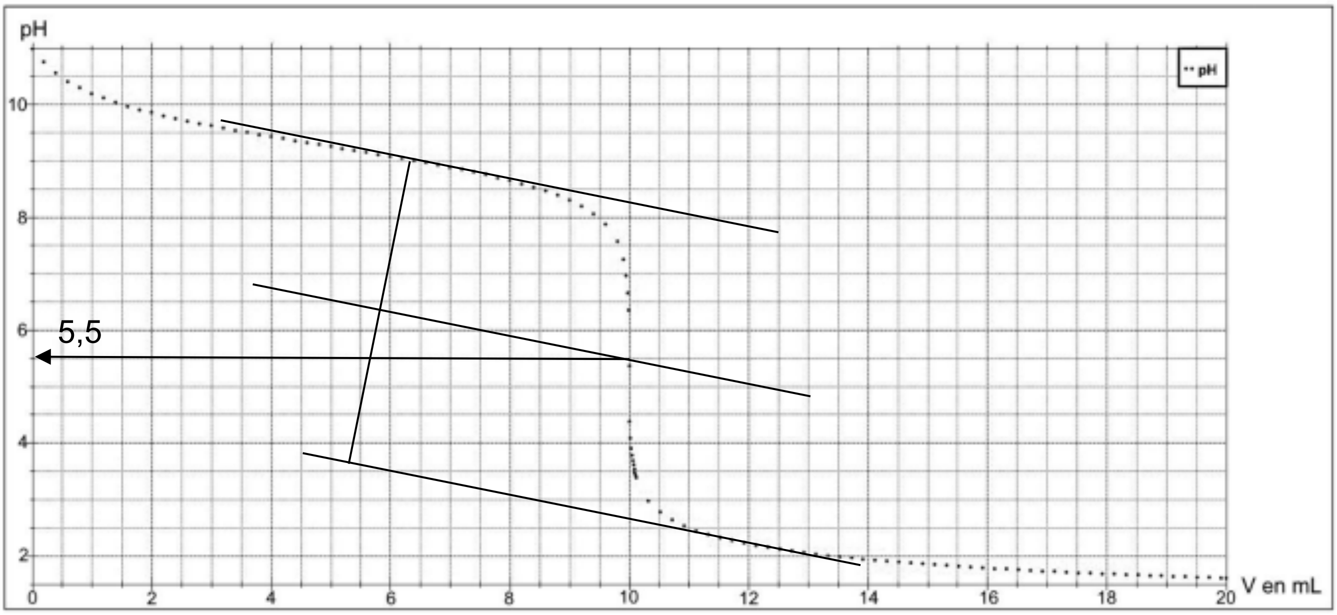
Q5. (0,25) La formation d'ion hydroxyde HO^- conduit à augmenter la valeur du pH.
On peut penser que le pH devient supérieur à 7,6, ainsi le BBT colore la solution en bleu.

Q.6. (0,75 au total : 0,5 pour le diagramme + 0,25 pour comparaison pH et pKa)Le pK_A du couple $NH_4^+(aq)$ / NH_3 (aq) = 9,2, donc pH > pK_A ainsi la base NH_3 prédomine sur l'acide NH_4^+.

pKa = 9,2

Q.7. (0,25) $H_3O^+(aq) + NH_3(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2O(\ell)$

Q.8. (0,5 au total) La zone de virage de l'indicateur coloré doit contenir le pH à l'équivalence. (0,25)
Sur la figure 1, on utilise la méthode des tangentes et on détermine un pH à l'équivalence égal à 5,5.
Seul le rouge de méthyle convient. (0,25)



Q.9. (1 point au total) À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques (0,25) $n(NH_3)_{initiale} = n(H_3O^+)_{versée}$

$C_B \times V_B = C_A \times V_{éq}$

$$C_B = \frac{C_A \times V_{éq}}{V_B} \quad (0{,}25)$$

À l'aide de la méthode des tangentes, on lit $V_{éq}$ = 10,0 mL. (0,25)

$$C_B = \frac{0{,}100 \text{ mol.L}^{-1} \times 10{,}0 \text{ mL}}{20{,}0 \text{ mL}} = 5{,}0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad (0{,}25)$$

2. Synthèse de l'ammoniac

Q.10. (0,25) $N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightarrow 2\ NH_3(g)$

Q.11. (0,75 au total)

équation chimique		$N_2(g)$ +	$3\ H_2(g)$ →	$2\ NH_3(g)$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial	0	6,0	6,0	0
En cours de transformation	x	$6{,}0 - x$	$6{,}0 - 3x$	$2x$
État final	x_f	$6{,}0 - x_f$	$6{,}0 - 3x_f$	$2x_f = 0{,}80$
État final si totale	x_{max}	$6{,}0 - x_{max} = 0$	$6{,}0 - 3x_{max}$	$2x_{max}$

Avancement final : D'après le tableau d'avancement $2x_f$ = 0,80 mol, donc x_f = 0,40 mol (0,25)

Avancement maximal : Si le diazote est réactif limitant alors $6{,}0 - x_{max} = 0$ donc x_{max} = 6,0 mol
Si le dihydrogène est réactif limitant alors $6{,}0 - 3x_{max} = 0$ donc x_{max} = 2,0 mol

Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus faible. C'est donc H_2 et on a x_{max} = 2,0 mol. (0,25)

On constate que $x_f < x_{max}$, donc la réaction n'est pas totale. (0,25)

Remarque : on pourrait calculer le taux d'avancement final $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$

$\tau = \dfrac{0,40}{2,0} = 0,20 = 20\% < 100\ \%$

Q12. (0,5 : 2 x 0,25) Sens conventionnel du courant : de la borne + vers la borne - 3
Sens de déplacement des électrons : dans le sens inverse du courant 2

Q.13. (0,5 au total) L'électrode A est reliée à la borne négative du générateur qui fournit des électrons permettant une réaction de réduction d'un oxydant.
On y associe la demi-équation : $2\ H^+(aq) + 2\ e^- = H_2(g)$: le gaz H_2 est formé (0,25)

L'électrode B est reliée à la borne positive du générateur qui pompe les électrons libérés par l'oxydation d'un réducteur.
On associe la demi-équation : $2\ H_2O(\ell) = O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^-$: le gaz O_2 est formé (0,25)

Q.14. (0,5 au total : 0,25 équation + 0,25 justif stœchiométrie)
$(2\ H^+(aq) + 2\ e^- = H_2(g)\ )\qquad \times 2$
$2\ H_2O(\ell) = O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^-$

$4\ H^+(aq) + 2\ H_2O(\ell) \rightarrow 2\ H_2(g) + O_2(g) + 4\ H^+(aq)$
En simplifiant, on obtient :
$2\ H_2O(\ell) \rightarrow 2\ H_2(g) + O_2(g)$

La figure 4 montre un volume de gaz deux fois plus important du côté de l'électrode A où il y a libération de dihydrogène H_2. Ceci est conforme avec l'équation de la réaction qui donne 2 mol de H_2 pour 1 mol de O_2.

Q.15. (0,5 au total) $Q = I.\Delta t$
$Q = 0,16\times(3\times60 + 20) = 32$ C (0,25)

$Q = F \times n_e \rightarrow n_e = Q/F = 3,3\times10^{-4}$ mol (0,25)

Q.16. **(0,75 au total)** D'après la demi-équation $2\ H^+(aq) + 2\ e^- = H_2(g)$, ainsi on a $\dfrac{n_{e^-}}{2} = n_{H_2}$ (0,25)

D'autre part $n_{H_2} = \dfrac{V_{H_2}}{V_m}$, ainsi $\dfrac{V_{H_2}}{V_m} = \dfrac{n_{e^-}}{2}$ soit $V = \dfrac{n_{e^-}}{2} \times V_m$

$V_{H_2} = \dfrac{3,322\times10^{-4}}{2}\times 24 = 4,0\times10^{-3}$ L = 4,0 mL **(0,25)**
Ce résultat est totalement conforme aux données expérimentales. (0,25)

Q.17. (1 au total) L'énoncé indique que la production de dihydrogène sera de 640 tonnes. (0,25)

D'après l'équation $N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightarrow 2\ NH_3(g)$, on a $\frac{n_{H_2}}{3} = \frac{n_{NH_3}}{2}$ (0,25)

$$\frac{m_{H_2}}{3M_{H_2}} = \frac{m_{NH_3}}{2M_{NH_3}}$$

$$m_{NH_3} = \frac{m_{H_2}}{3M_{H_2}} \times 2M_{NH_3}$$

$$m_{NH_3} = \frac{640 \times 10^6 \text{ g}}{3 \times (2 \times 1{,}0) \text{ g.mol}^{-1}} \times 2 \times (14{,}0 + 3 \times 1{,}0)\text{g.mol}^{-1} = 3{,}6\times10^9 \text{ g} = 3{,}6\times10^6 \text{ kg} = 3{,}6\times10^3 \text{ tonnes}$$

(0,25)

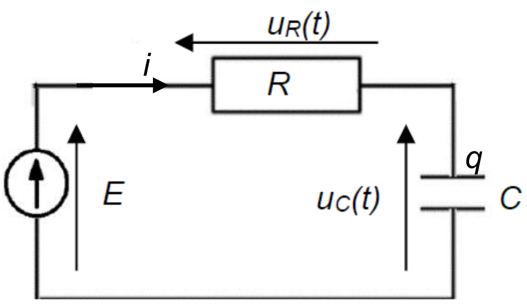
Il faut cependant tenir compte du rendement de 20%. (0,25)

Donc on n'obtiendra que $\frac{20}{100} \times 3600 = 720$ tonnes d'ammoniac.

Exercice n°2 : Microphone électrostatique (5 points)

1. **Polarisation du capteur capacitif d'un microphone électrostatique**

Q1. (1 total selon appréciation)



Loi des mailles : $E = u_R(t) + u_C(t)$ (1)

Loi d'Ohm : $u_R(t) = R \times i(t)$ (2)

Relation charge – tension : $q(t) = C \times u_C(t)$

Relation intensité – tension : $i = \frac{dq}{dt}$

soit $i = \frac{d(C \times u_C)}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ (3) car C est une constante

On reporte (3) dans (2) :

$u_R(t) = R \times i(t) = RC\frac{du_C}{dt}$

puis (2) dans (1) :

$E = RC\frac{du_C}{dt} + u_C(t)$

En divisant chaque membre par RC : $\boxed{\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C(t)}{RC} = \frac{E}{RC}}$.

Q2. (0,75 au total) La solution proposée $u_C(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ doit vérifier l'équation différentielle précédente.

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{d\left(E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)\right)}{dt} = \frac{d\left(E - Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} = \frac{d\left(-Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (0{,}25)$$

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C(t)}{RC} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{RC} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{RC} + Ee^{-\frac{t}{\tau}}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC}\right).$$

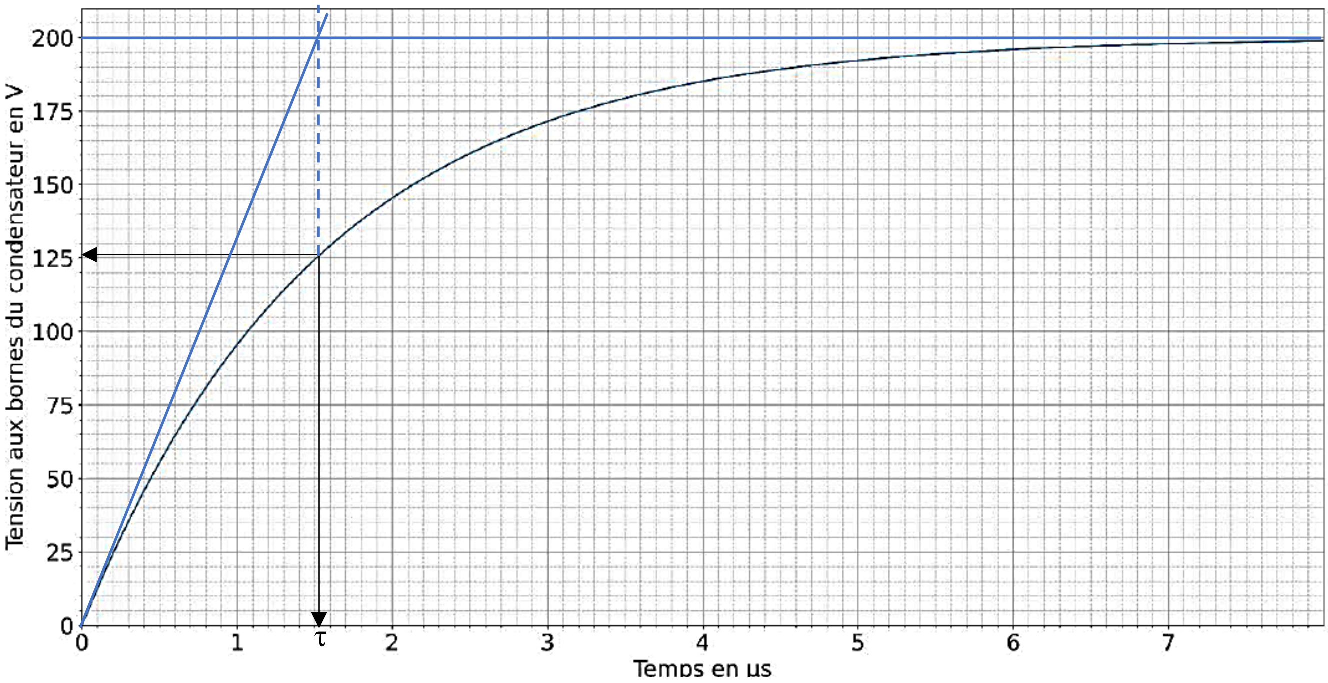
Le terme $\dfrac{E}{RC}+Ee^{-\frac{t}{\tau}}\left(\dfrac{1}{\tau}-\dfrac{1}{RC}\right)$ est égal à $\dfrac{E}{RC}$ si $e^{-\frac{t}{\tau}}\left(\dfrac{1}{\tau}-\dfrac{1}{RC}\right)$ = 0 soit si **τ = *RC***. (0,25)

La solution proposée $u_C(t)=E\times\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ vérifie l'équation différentielle si **τ = *RC***.

Le terme en exponentielle n'a pas d'unité donc t/τ n'a pas d'unité : t et τ ont la même unité : **τ** s'exprime en **s.** (0,25)

Q3. **(0,75 au total)** Pour $t=\tau$, $u_C(\tau)=E\times\left(1-e^{-\frac{\tau}{\tau}}\right)=E\times\left(1-e^{-1}\right)=$ 0,63 × *E* (0,25)

Le condensateur est alors chargé à 63 % de sa tension maximale.
Graphiquement *E* = 200 V, $u_C(\tau)$ =0,63 × 200 V = **126 V**. (0,25)
On trace la droite horizontale d'ordonnée 126 V : elle coupe la courbe en un point dont l'abscisse est égale à τ.



Graphiquement **τ ≈ 1,5 µs**. (0,25)
Remarque : on peut aussi utiliser la méthode de la tangente à l'origine (moins précise).

Q4. (0,5) τ = *RC* donc $C=\dfrac{\tau}{R}$ soit $C=\dfrac{1{,}5\times10^{-6}}{1{,}0\times10^{5}}$ F = $\mathbf{1{,}5\times10^{-11}}$ **F** = 15×10^{-12} F = 15 pF

2. Fonctionnement du capteur capacitif du microphone électrostatique

Q5. **(0,5)** $C_0=\varepsilon_{air}\times\dfrac{S}{e}$ soit $C_0=8{,}9\times10^{-12}\ \mathrm{F\cdot m^{-1}}\times\dfrac{3{,}60\times10^{-5}\ \mathrm{m^2}}{20{,}77\times10^{-6}\ \mathrm{m}}$ = $\mathbf{1{,}5\times10^{-11}}$ **F**.
On retrouve la valeur de la capacité calculée à la question **Q4.**

Q6. (0,5 au total) L'onde sonore arrivant sur la membrane mobile du microphone va modifier la distance *e* entre les armatures du condensateur. (0,25)
La **distance *e*** va **diminuer** lors d'une **surpression** sur la membrane, les autres paramètres $\boldsymbol{\varepsilon_{air}}$ et **S** restant **constants**.
La capacité $C=\varepsilon_{air}\times\dfrac{S}{e}$ du condensateur va donc **augmenter**. (0,25)

Q7. (0,5 au total) Pour une onde sonore de fréquence *f* = 440 Hz la période du son est :

$T = \dfrac{1}{f}$ soit $T = \dfrac{1}{440}$ s = **$2{,}27 \times 10^{-3}$ s**.
T = 2,27 ms = **$2{,}27 \times 10^{3}$ µs.** (0,25)
La période *T* du signal sonore est largement supérieure au temps de réponse du capteur égal à 1 µs. L'acquisition du son par le microphone sera donc fidèle. (0,25)

Q8. (0,5 au total) Niveau d'intensité sonore : $L = 10 \times \log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$ (0,25)

soit $L = 10 \times \log\left(\dfrac{4{,}7 \times 10^{-6}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right)$ dB = **67 dB.** Le niveau d'intensité sonore est bien compris dans le domaine d'utilisation du microphone 32 dB et 160 dB. Le niveau d'intensité sonore du son peut être mesuré par le microphone étudié. (0,25)

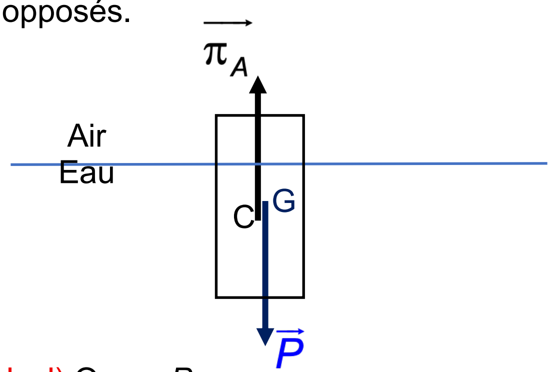
<u>Exercice n°3 : Traitement des eaux d'un bassin d'orage</u> (6 points)

1. Surveillance de la qualité de l'eau

Q.1. (0,5) Les deux forces exercées sur la bouée sont :

- Le poids $\vec{P}$ appliqué au centre de masse G de la bouée, force verticale orientée vers le bas.
- La poussée d'Archimède due à l'eau $\overrightarrow{\pi_A}$ appliquée au centre de masse C de la partie immergée de la bouée (centre de poussée), force verticale orientée vers le haut.

À l'équilibre, les deux forces se compensent : $\vec{P} + \overrightarrow{\pi_A} = \vec{0}$. Elles ont donc la même direction et la même norme mais des sens opposés.
Schéma avec les deux forces :



Q.2. (0,5 : 0,25 expression + 0,25 calcul) On a : $P = \pi_A$
Soit : $m \cdot g = \rho_{eau} \cdot V_{imm} \cdot g$ Le volume d'eau déplacé est égal au volume immergé de la bouée
$m = \rho_{eau} \cdot V_{imm}$

$$\boxed{V_{imm} = \frac{m}{\rho_{eau}}}$$

soit $V_{imm} = \dfrac{1{,}0 \text{ kg}}{1{,}0 \times 10^{3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} = 1{,}0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Q.3. (0,5 total) La proportion du volume immergé par rapport au volume total de la bouée est :
$\dfrac{V_{imm}}{V_{bouée}} = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{6{,}7 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$ = 0,15 = **15 %.** (0,25)

15 % < 20 % : l'immersion de la bouée ne dépasse pas 20 % de son volume total.
Les instruments de communication sont bien maintenus hors de l'eau. (0,25)

2. Traitement de l'eau

Q.4. (0,5 à l'appréciation) Le débit volumique $D_v = \frac{V}{\Delta t}$ s'exprime en $m^3 \cdot s^{-1}$ car le volume V s'exprime en m^3 et la durée Δt s'exprime en s.

La vitesse v s'exprime en $m \cdot s^{-1}$ et la section S s'exprime en m^2.

Ainsi :

$\frac{v}{S}$ s'exprime en $\frac{m \cdot s^{-1}}{m^2} = m^{-1} \cdot s^{-1} \neq m^3 \cdot s^{-1}$, la relation $D_V = \frac{v}{S}$ ne convient pas.

$S \cdot v$ s'exprime en $m^2 \cdot m \cdot s^{-1} = m^3 \cdot s^{-1}$ **la relation $D_V = S \cdot v$ convient.**

$v^2 \cdot S$ s'exprime en $m^2 \cdot s^{-2} \cdot m^2 = m^4 \cdot s^{-2} \neq m^3 \cdot s^{-1}$ la relation $D_V = v^2 \cdot S$ ne convient pas.

Q.5. **(0,5)** Au point A : $D_{V,A} = S_A \cdot v_A$.

La conduite horizontale présente un rétrécissement d'une section circulaire de diamètre d_A.

La section est donc $S_A = \pi \cdot \left(\frac{d_A}{2}\right)^2$.

$D_{V,A} = S_A \cdot v_A = \pi \cdot \left(\frac{d_A}{2}\right)^2 \cdot v_A$.

$D_{V,A} = \pi \times \left(\frac{55 \times 10^{-3}\ \text{m}}{2}\right)^2 \times 5{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Q.6. (0,5) Le débit volumique se conserve entre les points A et B donc : $D_{V,A} = D_{V,B}$

Soit : $S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$

$$\Leftrightarrow \pi \cdot \left(\frac{d_A}{2}\right)^2 \cdot v_A = \pi \cdot \left(\frac{d_B}{2}\right)^2 \cdot v_B$$

$$\Leftrightarrow d_A^2 \cdot v_A = d_B^2 \cdot v_B$$

$$\Leftrightarrow v_B = \frac{d_A^2 \cdot v_A}{d_B^2}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{v_B = \left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 \cdot v_A}$$

En laissant les diamètres en mm : $v_B = \left(\frac{55}{33}\right)^2 \times 5{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ = **16 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$**.

Q.7. (0,25) Il s'agit de l'effet Venturi.

L'effet Venturi se produit lors d'un passage d'un fluide dans une conduite dont la section diminue. Il provoque une chute de pression et donc ici une aspiration de l'air.

Q.8. (0,5) La relation de Bernoulli dans la conduite horizontale appliquée sur une ligne de courant passant par les points A et B donne : $p_A + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 + \rho \cdot g \cdot z_A = p_B + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2 + \rho \cdot g \cdot z_B$

La conduite étant horizontale : $z_A = z_B$.

Ainsi : $p_A + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 = p_B + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2$

Et : $\Delta p = p_B - p_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_B^2$

$$\boxed{\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \rho \left(v_A^2 - v_B^2\right)}$$

Q.9. (0,5 : 0,25 calcul + 0,25 commentaire) $\Delta p = \frac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^3 \times \left(5{,}6^2 - 16^2\right)$ Pa = **– 1,1×10⁵ Pa.**

Commentaire : La forte chute de pression conduit à l'aspiration de l'air, conforme à l'effet Venturi.

Q.10. **(0,5)** Le taux d'oxygénation doit passer de 4 à 6 $mg \cdot L^{-1}$ soit une augmentation de 2 $mg \cdot L^{-1}$.

2 mg = 2×10^{-3} g ⇔ 1 L = 1×10^{-3} m^3

$m(O_2)$ = ? g ⇔ V_{eau} = 172 m^3

$$\Rightarrow m(O_2) = \frac{172\ m^3 \times 2 \times 10^{-3}\ g}{1 \times 10^{-3}\ m^3} = \mathbf{344\ g}$$

Q.11. **(0,5)** L'aérateur permet l'assimilation de 6 mg de dioxygène par litre d'eau brassé.

6×10^{-3} g ⇔ 1×10^{-3} m^3

344 g ⇔ $V_{eau,\ brassée}$ = ? m^3

$$\Rightarrow V_{eau,brassée} = \frac{344\ g \times 1 \times 10^{-3}\ m^3}{6 \times 10^{-3}\ g} = \mathbf{57\ m^3}$$

Q.12. **(0,75)** Avec un débit volumique de $D_v = \frac{V_{eau,brassée}}{\Delta t} = 1{,}3 \times 10^{-2}\ m^3.s^{-1}$, il faut une durée Δt égale à :

$$\Delta t = \frac{V_{eau,brassée}}{D_v}$$

soit $\Delta t = \frac{57\ m^3}{1{,}3 \times 10^{-2} m^3 \cdot s^{-1}} \approx$ **4,4×10³ s** soit environ **1,2 h** < 2 h.

L'oxygénation de l'eau peut être faite en moins de deux heures.