

Exercice 2 : Traitement des eaux d'un bassin d'orage

Bac 2025 Amérique du nord Jour 1

En France, les eaux pluviales produites lors des orages sont parfois stockées dans des bassins de rétention. Cependant, sous l'effet de la chaleur, la quantité de dioxygène dissous dans ces eaux peut diminuer.

Afin d'assurer le rejet de ces eaux dans le milieu naturel, leur taux de dioxygène est surveillé. Cette fonction peut être assurée par des capteurs installés sur une bouée autonome. L'oxygénation de l'eau peut, quant à elle, être réalisée grâce à un aérateur à jet.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la flottabilité d'une telle bouée puis d'évaluer le temps nécessaire à l'amélioration de la qualité de l'eau à l'aide d'un aérateur.

Surveillance de la qualité de l'eau

Une bouée autonome instrumentée est constituée de deux parties principales :

- un capteur ;
- un flotteur contenant les instruments de communication.

L'immersion de la bouée ne doit pas dépasser 20 % de son volume total afin de maintenir les instruments hors de l'eau et de faciliter la communication avec l'extérieur.

Données : volume de la bouée : $V_{bouée} = 6,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ et masse totale de la bouée : $m = 1,0 \text{ kg}$

Expression de la poussée d'Archimède : $\pi_A = \rho_f V_f g$ avec : V_f le volume de fluide déplacé et ρ_f la masse volumique du fluide déplacé.

1. Nommer les deux forces exercées sur la bouée supposée à l'équilibre puis les représenter sur un schéma annoté.
2. Déterminer la valeur du volume immergé V_{imm} de la bouée à l'équilibre.
3. En déduire la proportion du volume immergé par rapport au volume total de la bouée. Commenter.

Traitement de l'eau

La bouée mesure le taux de dioxygène dissous dans l'eau du bassin d'orage.

La norme impose un taux de dioxygène compris entre : $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ et $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Sous l'effet de la chaleur, ce taux diminue et atteint : $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Il faut donc augmenter l'oxygénation de l'eau.

Pour cela, un aérateur à jet immergé est utilisé afin d'injecter de l'air dans l'eau.

L'aérateur aspire l'eau et la fait circuler dans une conduite horizontale présentant un rétrécissement d'une section circulaire de diamètre d_A vers une section de diamètre d_B . C'est au niveau de cette zone rétrécie que l'air et l'eau se mélangent.

Données :

- diamètre de la canalisation au point A : $d_A = 55 \text{ mm}$	- vitesse de l'eau au point A : $v_A = 5,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- diamètre de la canalisation au point B : $d_B = 33 \text{ mm}$	- volume d'eau dans le bassin : $V_{eau} = 172 \text{ m}^3$
- Relation Bernoulli : $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = \text{constante}$	- masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

avec : p : pression ; ρ : masse volumique du fluide ; g : intensité de la pesanteur ; z : altitude et v : vitesse du fluide.

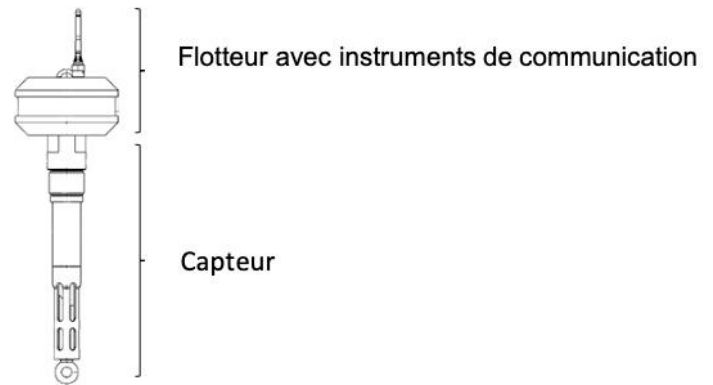


Figure 1. Bouée autonome instrumentée

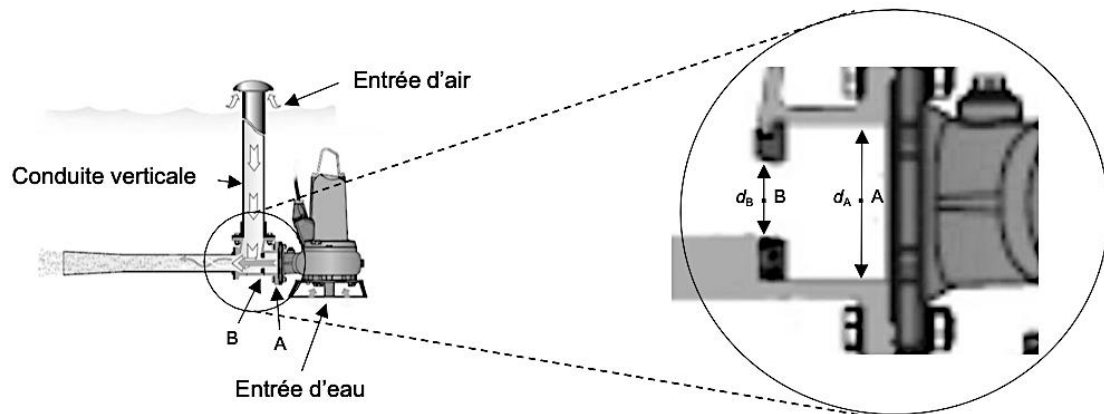


Figure 2. Plan de l'aérateur à jet immergé et zoom sur le rétrécissement (Source : sulzer.com)

On considère que : l'eau est un fluide incompressible et que l'écoulement est permanent.

Le débit volumique D_V dépend de la vitesse v et de la section S de la canalisation.

4. Recopier la formule correcte du débit volumique parmi les propositions suivantes et justifier le choix par une analyse d'unités : $D_V = \frac{v}{S}$ $D_V = S \cdot v$ $D_V = v^2 \cdot S$

5. Montrer que le débit volumique de l'eau dans la canalisation vaut : $D_V = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

6. Exploiter la conservation du débit volumique pour montrer que la vitesse de l'eau au point B vaut environ : $v_B = 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

7. Nommer le phénomène physique observé au point B responsable de l'aspiration de l'air.

8. Montrer que la variation de pression entre les points A et B peut s'écrire : $\Delta p = p_B - p_A = \frac{1}{2} \rho (v_A^2 - v_B^2)$

9. Calculer la valeur numérique de Δp . Commenter le résultat.

L'eau du bassin, dont le taux de dioxygène est de : $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ doit être rejetée en moins de deux heures dans une rivière voisine. Elle doit donc être traitée avant son évacuation.

L'aérateur est mis en marche. On considère que l'oxygénation est constante pendant tout le processus et que le bassin constitue un système fermé.

10. Montrer qu'il faut ajouter 344 g de dioxygène afin d'atteindre un taux de : $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

L'aérateur permet l'assimilation de 6 mg de dioxygène par litre d'eau brassé.

11. Calculer le volume d'eau devant être brassé afin d'assimiler la masse de dioxygène nécessaire.

12. Déterminer si l'oxygénation peut être réalisée en moins de deux heures.