

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SÉRIE SCIENTIFIQUE

ÉPREUVE DE SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Session 2018

Durée de l'épreuve : 4 heures

Coefficient 4,5 pour les candidats ayant choisi un enseignement de spécialité autre que sciences de l'ingénieur.

Coefficient 6 pour les candidats ayant choisi l'enseignement de sciences de l'ingénieur comme enseignement de spécialité.

Aucun document autorisé.

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 18 pages numérotées de 1 sur 18 à 18 sur 18.

La page 18 est à rendre avec la copie.

Stade d'eau vive de Vaires-Torcy



Figure 1 : vue d'ensemble du stade d'eau vive

Constitution du sujet

1	Texte.....	Page 3
2	Documents techniques.....	Page 17
3	Document réponse.....	Page 18

Le sujet comporte 23 questions.

**Le document réponse DR1 page 18 est à rendre
avec la copie.**

Présentation de l'ouvrage

Le stade d'eau vive de Vaires-Torcy s'insère dans le paysage remarquable d'un bassin naturel déjà existant dans lequel vit une faune et une flore d'exception du fait de sa biodiversité.

Il fait partie d'un complexe sportif pouvant répondre aux attentes de grandes compétitions aussi bien régionales qu'internationales, comme les futurs Jeux Olympiques 2024.

Il regroupe en un même emplacement une rivière pédagogique, un parcours d'eau vive, un plan d'eau de 2 km de long, des salles de sports d'intérieur, un hébergement et une salle de restauration (figure 2).

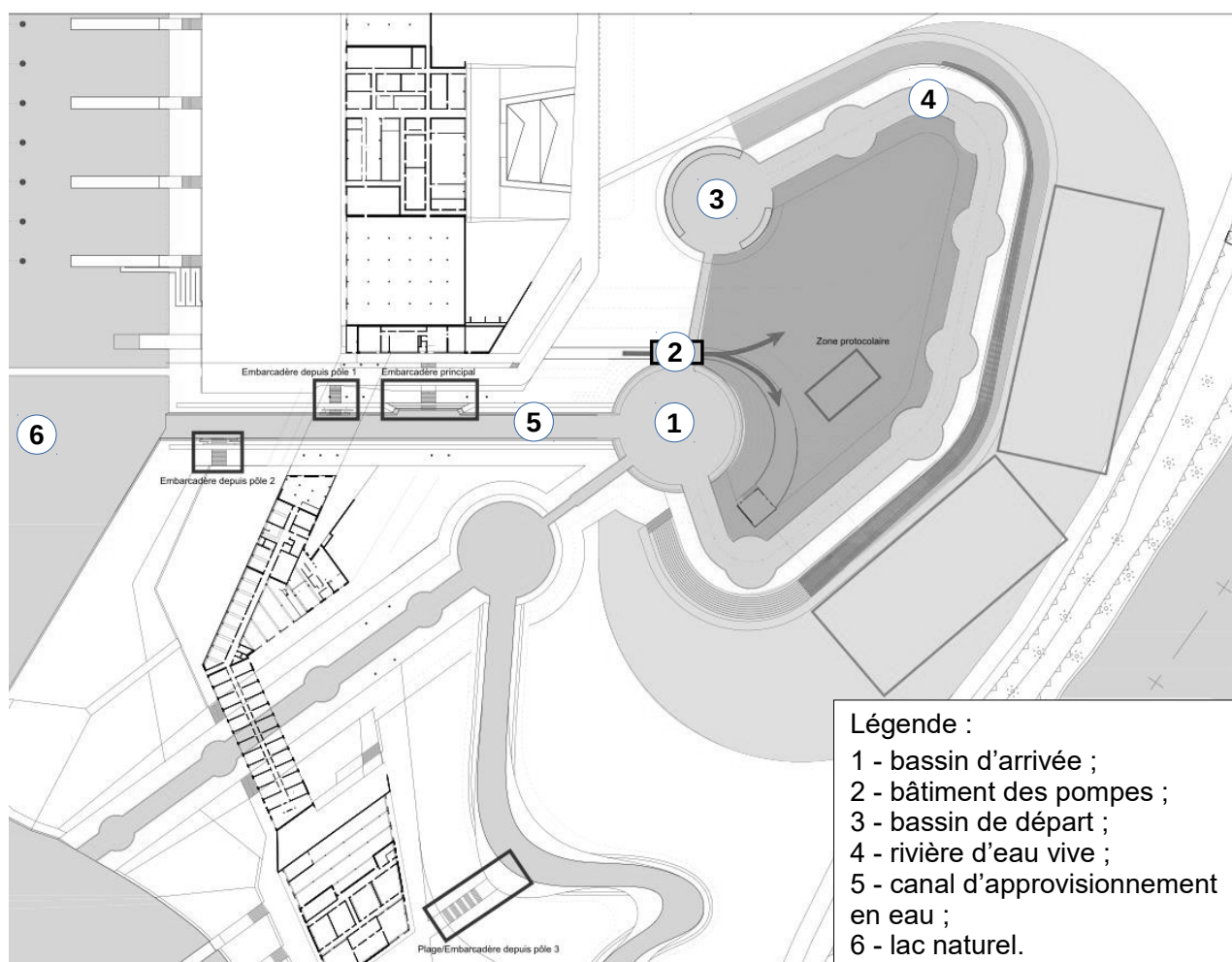


Figure 2 : plan d'ensemble du stade en eau vive

Tous ces équipements permettent la pratique des sports tels que le canoë, le kayak, l'aviron, les activités type raft, hydrospeed, kayak free style.

Le cahier des charges de cet ouvrage doit répondre aux exigences du tableau 1.

Exigences	Critères
1 – Être en harmonie et respecter l'environnement existant.	Vérification de l'impact sur le lac naturel par des mesures périodiques de la qualité de l'eau du lac.
2 – Respecter les exigences environnementales actuelles.	Limitation de la consommation d'énergie par une meilleure gestion de celle-ci.
3 – Préparer les installations pour les JO.	Rivière de 300 m de longueur et de pente moyenne 1,5 %, débit entre 10 et 14 m ³ ·s ⁻¹ . Parcours en ligne droite de 2 km de long pour l'aviron.
4 – Favoriser le handisport.	Équipements adaptés dès la conception.

Tableau 1 : exigences du cahier des charges

Afin de répondre aux exigences 1, 2 et 3 du tableau 1, l'étude qui suit a pour objectif de :

- vérifier que les contraintes subies par le bassin central d'arrivée et par le système de pompage n'influeront pas sur leur longévité ;
- valider que le choix de pilotage des motopompes est le mieux adapté pour répondre au cahier des charges et au critère énergétique ;
- vérifier que le traitement de l'information d'un capteur de mesure du taux d'oxygène dissous dans l'eau permet un suivi rigoureux de l'impact du stade d'eau vive sur la qualité de l'eau du lac.

1. Analyse du besoin relatif à l'ouvrage du stade d'eau vive

Objectif de cette partie : analyser l'aspect sociétal et environnemental de l'ouvrage.

L'ouvrage se situe en Île de France aux abords de l'autoroute ce qui permet de faciliter son accès. Il concilie espaces naturels, développement durable et équipements sportifs dédiés aux amateurs tout en permettant d'accueillir les compétitions de haut niveau en aviron et canoë-kayak.

Q1. En s'appuyant sur la présentation de l'ouvrage, **justifier** l'investissement d'un tel ouvrage aux portes de Paris.

Q2. **Indiquer** les principales préoccupations environnementales liées à l'ouvrage du stade d'eau vive.

2. Le bassin d'arrivée

Objectif de cette partie : vérifier que la nappe phréatique ne risque pas de soulever le bassin d'arrivée et de fissurer l'ouvrage en béton armé.

Lors des opérations de maintenance et d'entretien, l'eau du bassin d'arrivée est totalement évacuée. Dans ce cas, la structure en béton armé du bassin d'arrivée et du bâtiment des motopompes risque d'être soulevée et endommagée par la pression due à la nappe phréatique. L'étude suivante permet de vérifier que ce risque de soulèvement n'existe pas. Une représentation simplifiée de l'ouvrage dans ce cas est proposée sur la figure 3.

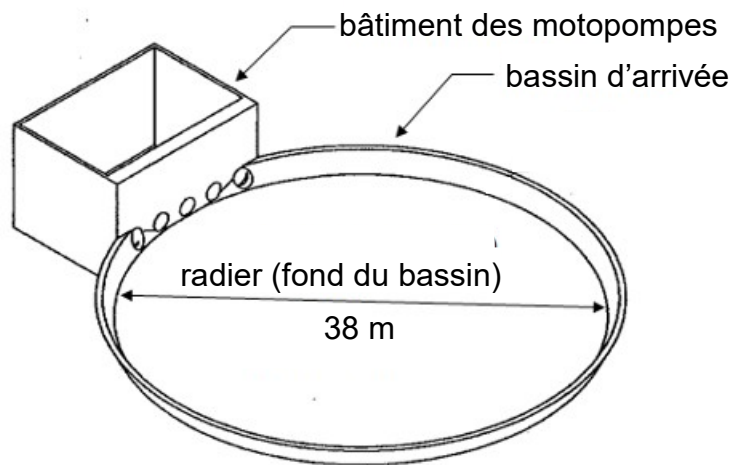


Figure 3 : représentation de l'ouvrage du bassin d'arrivée et du bâtiment des motopompes

Le bassin d'arrivée est solidaire d'un bâtiment de 165 m^2 qui abrite les cinq motopompes du stade d'eau vive. La masse de ce bâtiment est de 3 240 tonnes.

La masse volumique du matériau (béton ferrailé) constituant le bassin et celui du bâtiment est de $2\,500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Un calcul du volume de la structure en béton armé du bassin V_{bassin} a permis de l'évaluer à 401 m^3 . Ce calcul intègre également le volume du radier.

L'ouvrage a été construit à proximité de la rivière de la Marne, d'où la présence d'une nappe phréatique qui exerce :

- sur le fond du bassin une pression uniforme maximale p_1 de valeur 2 000 pascals ;
- sur le fond du bâtiment de pompage une pression uniforme maximale p_2 de valeur 26 000 pascals.

Dans cette partie de l'étude, les ouvertures des différents canaux raccordés ainsi que les efforts de pression du sol sur les cotés de l'ouvrage sont négligés. Le sol est supposé saturé en eau.

L'ouvrage, considéré en équilibre, est donc uniquement soumis aux actions mécaniques de la nappe phréatique et de la pesanteur sur le bassin d'arrivée et sur le bâtiment des motopompes. 4 actions mécaniques sont ainsi définies :

- action de pesanteur sur le bassin ;
- action de la nappe sur le bassin ;
- action de pesanteur sur le bâtiment ;
- action de la nappe sur le bâtiment.

Q3. Pour chacune de ces 4 actions mécaniques, **définir** une notation, le point d'application, la direction, le sens et l'intensité. La réponse pourra être rédigée sous la forme d'un tableau.

Q4. Déterminer la résultante \vec{R} (nappe+pesanteur→bassin) des actions extérieures agissant sur le bassin d'arrivée et la résultante \vec{R} (nappe+pesanteur→bâtiment) des actions extérieures agissant sur le bâtiment.

Q5. Conclure sur le risque de soulèvement, d'une part, du bassin d'arrivée et, d'autre part, du bâtiment en raison de la présence de la nappe phréatique et de l'absence d'eau dans l'ouvrage.

3. Le système de pompage

Objectif de cette partie : à l'aide de modèles multi-physiques, **valider** d'un point de vue énergétique la solution retenue à la conception du site pour adapter le débit d'alimentation de la rivière d'eau vive.

Sur la rivière d'eau vive, l'eau s'écoule du bassin de départ au bassin d'arrivée sur une longueur de 300 m. Le débit d'eau doit être compris entre 10 et 14 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ afin de créer le courant et les remous nécessaires à l'activité.

L'équipement de pompage assure le relevage de l'eau du bassin d'arrivée, relié à un lac naturel, vers le bassin de départ, à raison de dix heures par semaine, quatre heures par jour maximum.

Il est composé de cinq motopompes de $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ maximum. Deux solutions sont envisagées afin d'adapter le débit de relevage au besoin :

- une solution par vannage qui utilise les motopompes à leur vitesse nominale avec une vanne réglable placée sur la conduite de remontée faisant obstacle à la circulation de l'eau ;
- une solution par variateur qui permet aux motopompes de fonctionner à une vitesse inférieure à leur vitesse nominale grâce à un variateur de vitesse.

Afin de comparer les performances énergétiques de ces solutions à l'aide de modèles multi-physiques, un premier modèle de l'ensemble motopompes et circuit d'eau doit être validé.

Validation du modèle d'une motopompe et du circuit de relevage

Le circuit de relevage, figure 4, comprend plusieurs canalisations d'une longueur totale de 25 m. Les motopompes sont situées au niveau du bassin d'arrivée. L'étude suivante sera réalisée avec l'hypothèse qu'une seule motopompe doit fonctionner à un débit de $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

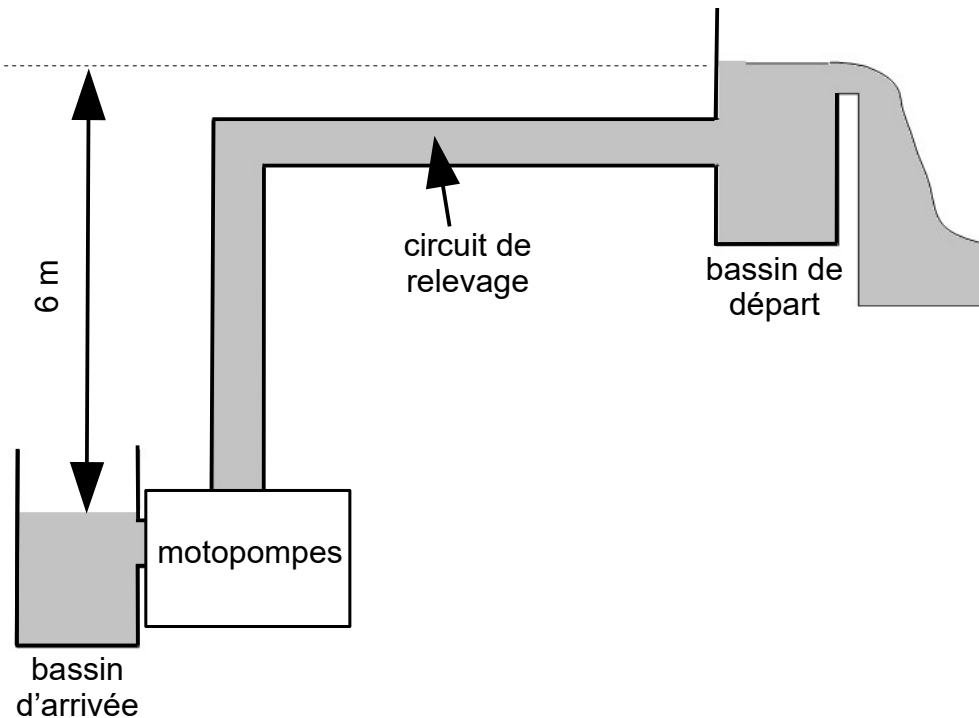


Figure 4 : schéma du circuit de relevage de l'eau par les motopompes

La variation de pression entre l'entrée et la sortie de motopompe est notée Δp et vérifie la relation $\Delta p = \Delta p_H + \Delta p_{PC}$ avec :

- Δp_H différence de pression liée à la hauteur de remontée de l'eau ;
- Δp_{PC} pertes de pression régulières liées au passage de l'eau dans les canalisations.

La différence de pression, exprimée en bars, occasionnée par la hauteur de remontée de l'eau est $\Delta p_H = \rho \times g \times H \times 10^{-5}$, avec :

- g accélération de la pesanteur, $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- H hauteur de refoulement de la motopompe en mètres ;
- ρ masse volumique de l'eau, ici $1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Les pertes de pression régulières, exprimées en bars, liées au passage de l'eau dans les canalisations du circuit pour un débit de $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ sont $\Delta p_{PC} = 2,32 \times 10^{-3} L$, avec L la longueur de la canalisation en mètres.

Sur le document technique DT1 page 17, le constructeur des motopompes donne les courbes caractéristiques $\Delta p(Q)$ pour leur fonctionnement à différentes vitesses de rotation avec :

- Q le débit en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ de la motopompe ;
- N la fréquence de rotation en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ de la motopompe .

Q6. Après avoir **calculé** Δp et à l'aide du document technique DT1, **déterminer** la valeur de la vitesse de rotation N en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ de la motopompe permettant de remonter l'eau avec un débit de $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

À partir des résultats précédents, un premier modèle multi-physique, représenté figure 5, est utilisé pour valider le comportement théorique du groupe motopompes et du circuit pour différents points de fonctionnement.

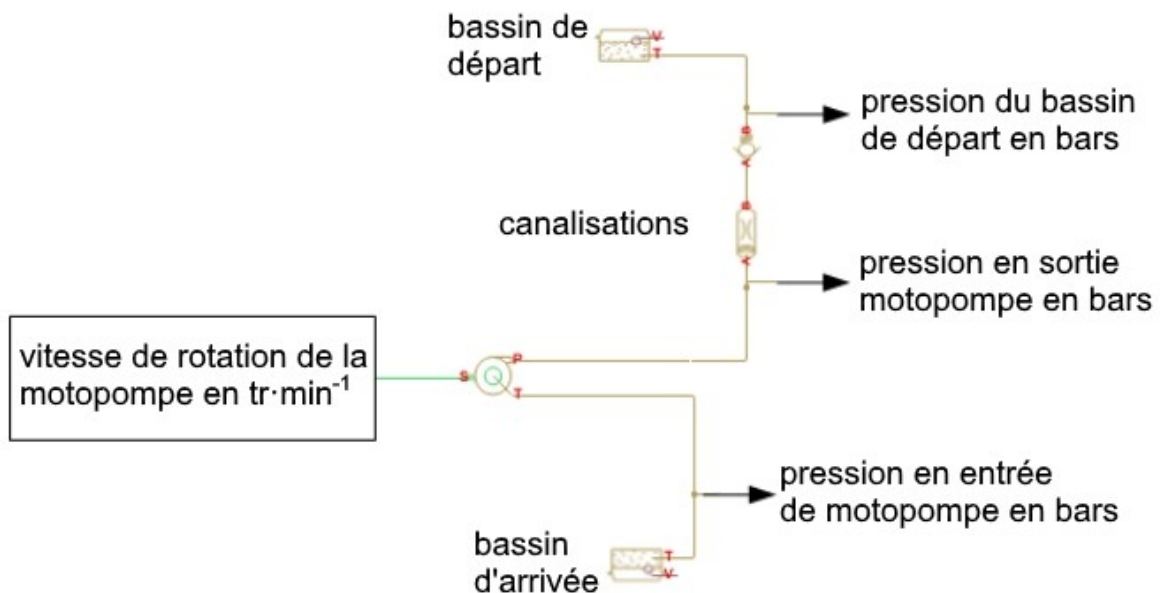


Figure 5 : modèle multi-physique du groupe motopompes et du circuit

Les résultats des simulations avec le modèle multi-physique, pour différents points de fonctionnement stabilisés, sont donnés tableau 2.

Vitesse de rotation de la motopompe en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$	450	480	495
Pression P_S en sortie de la motopompe en bars	1,65	1,65	1,65
Pression P_D au niveau du bassin de départ en bars	1	1	1
Pression P_E bassin d'arrivée en entrée de la motopompe en bars	1	1	1
Débit de l'eau Q en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	3,1	3,41	3,6

Tableau 2 : résultats simulés du modèle simplifié du circuit hydraulique

Q7. Vérifier que les résultats des simulations sont cohérents avec les caractéristiques de fonctionnement du document technique DT1 page 17.

Un essai in situ a permis d'obtenir l'évolution de la différence de pression Δp entre l'entrée et la sortie de motopompe comme le montre la figure 6. Dans les conditions d'essai la vitesse de rotation du moteur est de $495 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ et le débit mesuré en régime stabilisé est de $3,5 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Les paramètres renseignés dans le modèle multi-physique sont :

- les équations caractéristiques de la motopompe basées sur le document technique DT1 ;
- la fréquence de rotation de la motopompe $N = 495 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$;
- la longueur des canalisations $L = 25 \text{ m}$;
- les altitudes des extrémités des canalisations $h_0 = 0 \text{ m}$ et $h_1 = 6 \text{ m}$;
- les pertes de pression régulières par le paramètre $k_{PC} = \frac{\Delta p_{PC}}{L} = 2,32 \times 10^{-3}$ en $\text{bar}\cdot\text{m}^{-1}$;
- les pressions au niveau du bassin d'arrivée et du bassin de départ de 1 bar.

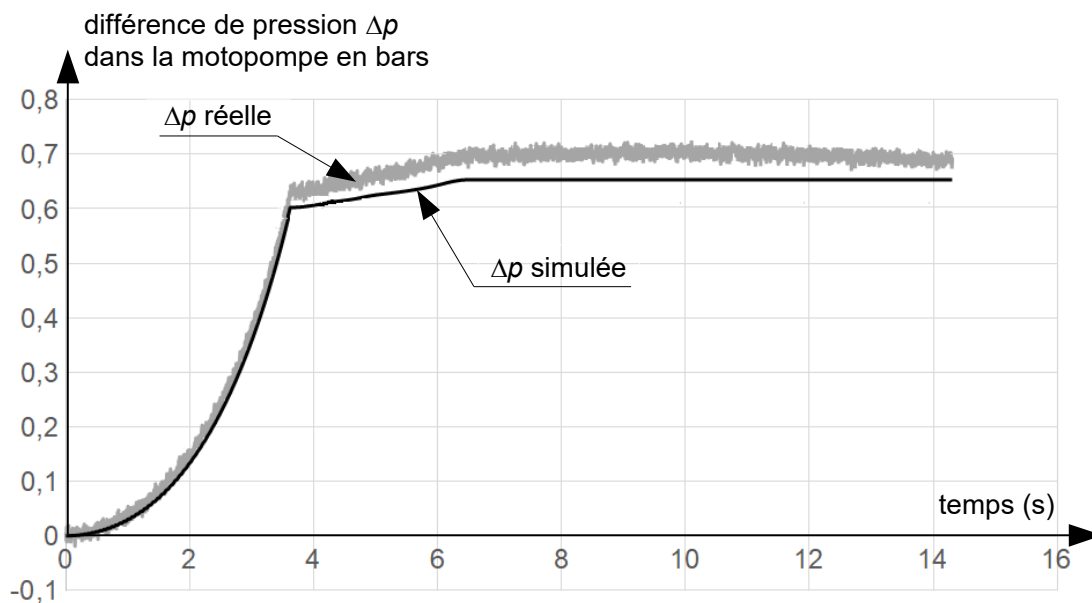


Figure 6 : évolution de la différence de pression Δp entre l'entrée et la sortie de motopompe

Q8. Relever l'écart entre la différence de pression expérimentale et la différence de pression simulée. **Indiquer** l'origine possible de cet écart et le paramètre du modèle multi-physique qui devrait être changé pour réduire l'écart.

Comparaison des solutions avec vannage et variateur

Afin d'adapter le débit de relevage au besoin de la rivière d'eau vive, le débit des motopompes doit varier de 3 à $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les solutions par vannage (avec interposition d'une vanne réglable sur le circuit de remontée) et par variateur sont modélisées en utilisant le modèle recalé précédent. La suite de l'étude compare les performances énergétiques de ces solutions pour un débit de relevage de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

La variation de pression dans la motopompe dans le cas d'une réduction de débit par vannage est définie par la relation suivante $\Delta p = \Delta p_H + \Delta p_{PC} + \Delta p_{PV}$ avec :

- Δp différence de pression entre l'entrée et la sortie de la motopompe en bars ;
- $\Delta p_H = 0,6$ bar, différence de pression liée à la hauteur de remontée de l'eau de 6 m ;
- $\Delta p_{PC} = 0,1$ bar, pertes de pression liées au passage de l'eau dans les canalisations ;
- Δp_{PV} pertes de pression en bars liées au passage de l'eau dans la vanne. S'il n'y a pas de vanne présente dans le circuit alors $\Delta p_{PV} = 0$.

Q9. Pour les deux solutions envisagées, **relever** sur le document technique DT1 les points de fonctionnement (vitesse de rotation de la motopompe et différence de pression) permettant d'obtenir un débit réduit de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

La chaîne d'énergie de la solution avec variateur est donnée figure 7. Sont aussi indiqués les rendements et les puissances dissipées par les différents composants.

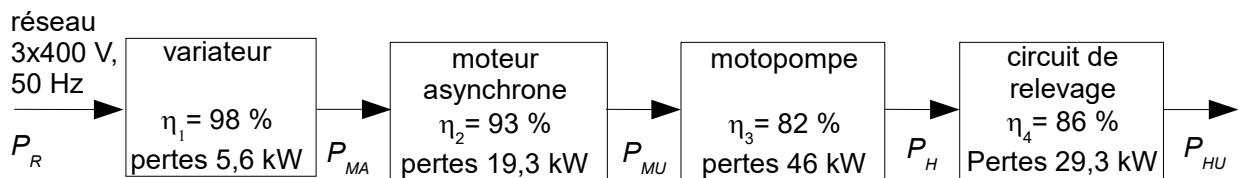


Figure 7 : chaîne d'énergie pour la solution avec variateur

La puissance utile P_{HU} du circuit de relevage est une puissance hydraulique telle que $P_{HU} = Q \times \Delta p_H \times 10^5$ avec Q en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et Δp_H en bars.

Q10. Calculer la valeur de la puissance P_{HU} pour un débit de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ainsi que le rendement global de la solution avec variateur et la puissance fournie par le réseau électrique P_R .

La chaîne d'énergie de la solution avec vannage est donnée figure 8.

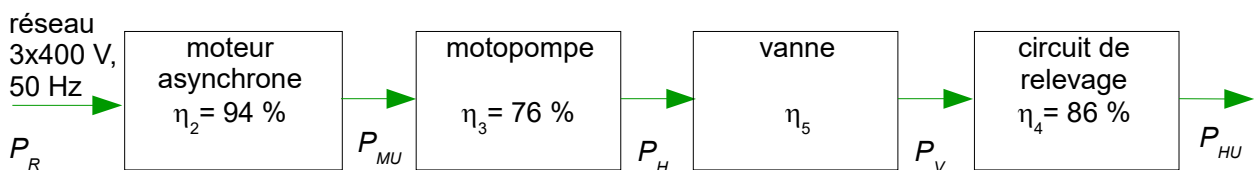


Figure 8 : chaîne d'énergie pour la solution avec vannage

Les résultats d'une simulation utilisant le modèle multi-physique (figure 5 page 8) avec vannage sont proposés figure 9. La simulation est réalisée avec les conditions suivantes : de 0 à 5 secondes la vanne est ouverte complètement ; de 5 à 10 secondes la vanne est fermée partiellement jusqu'à obtenir un débit d'eau de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

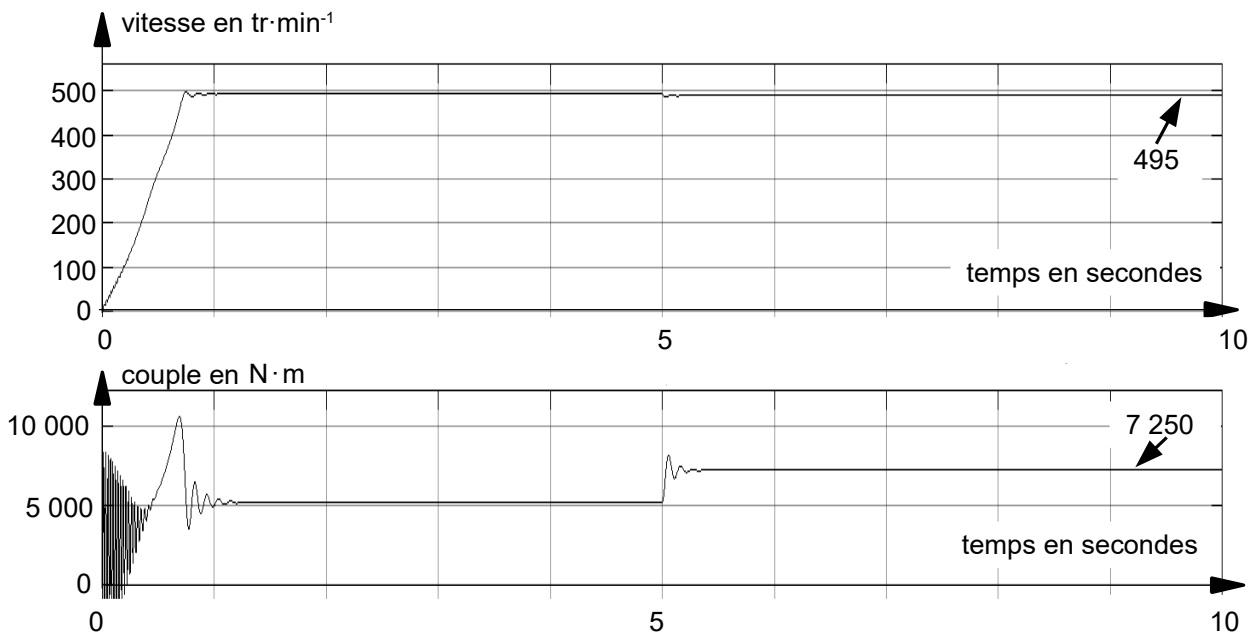


Figure 9 : résultats du modèle multi-physique avec vannage

Q11. Déterminer la puissance P_{MU} lorsque le débit est réduit à $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Cette puissance mécanique peut aussi être déterminée lors de la simulation par le modèle multi-physique.

Q12. Compléter le document réponse DR1 page 18 en ajoutant les blocs fonctionnels, parmi ceux proposés sur le document réponse, nécessaires au calcul de P_{MU} .

Q13. Calculer la puissance fournie par le réseau électrique P_R pour la solution avec vannage ainsi que son rendement global.

Q14. Déterminer la puissance dissipée par chacun des constituants de la figure 8, solution avec vannage.

Q15. Conclure sur le choix d'alimenter les motopompes avec un variateur d'un point de vue énergétique. Pour cela **comparer** pour les deux solutions le rendement global et la puissance fournie par le réseau.

4. Impact sur le bassin naturel existant

Objectif de cette partie : vérifier que le traitement de l'information du capteur de mesure du taux d'oxygène dissous dans l'eau permet un suivi rigoureux de l'impact du stade d'eau vive sur le lac naturel.

Le pompage de l'eau s'effectuant dans le lac naturel, il existe des risques de dépôt sédimentaire et surtout de modification de la température et du taux de concentration d'oxygène dissous dans l'eau. À long terme, ces modifications peuvent amener des problèmes de survie de certaines espèces végétales ou animales dépendantes les unes des autres. Afin de vérifier l'impact du stade d'eau vive sur le lac naturel, le cahier des charges impose de connaître la concentration en oxygène avec une résolution de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Le tableau 3 suivant résume les seuils de concentration d'oxygène nécessaire à la vie aquatique des poissons du lac naturel.

Concentration en oxygène	Impact sur les poissons
plus de $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	absence d'effets à long terme
de 4 à $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	croissance altérée
de 3 à $4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	
de 2 à $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	survie des alevins incertaine, croissance et fécondité altérées
de 1 à $2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	mortalité pour la plupart des espèces
moins de $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$	milieu impropre à la vie

Tableau 3 : concentration en oxygène d'un milieu aquatique

Afin de contrôler les paramètres vitaux du bassin naturel, un prélèvement périodique est prévu à l'aide d'un appareil dédié (figure 10 et tableau 4). Il mesure la concentration d'oxygène et la température d'un échantillon prélevé sur site. Les données sont ensuite transmises à un ordinateur pour être archivées via une communication série de type RS232.

Ces informations sont alors périodiquement consultées à distance par les services compétents afin de s'assurer du respect des critères environnementaux et de la bonne évolution des paramètres mesurés.

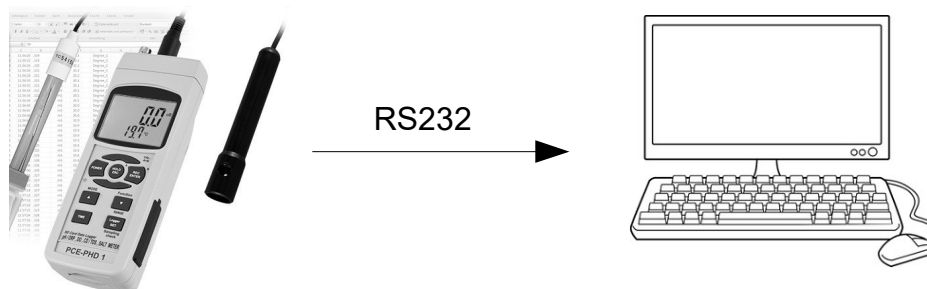


Figure 10 : appareil de prélèvement et transmission des données.

Critère	Grandeur mesurée	Valeurs
Mesure et plage	Concentration en oxygène	0 à 20 mg·l ⁻¹
	Température	0 à 50 °C
Résolution	Concentration en oxygène	0,1 mg·l ⁻¹
	Température	0,1°C
Précision	Concentration en oxygène	± 0,4 mg·l ⁻¹
	Température	± 0,8 °C

Tableau 4 : caractéristiques des capteurs utilisés

Les données sont dans un premier temps numérisées par l'appareil grâce à des convertisseurs analogique numérique (CAN) 10 bits.

Q16. Déterminer le nombre de bits nécessaire pour coder en binaire naturel avec les résolutions données, les informations « concentration en oxygène » et « température ». **Justifier** le choix d'un CAN 10 bits.

Les données de l'appareil de mesure sont codées et transmises en ASCII (chaque octet transmis représente un caractère) à l'ordinateur dans l'ordre décrit ci-après, tableau 5. Cette trame est composée de 16 octets : 1 octet pour indiquer le début de transmission, 14 octets de données et 1 octet pour indiquer la fin de transmission.

Octet	Caractères envoyés, codés en ASCII
1	Le caractère 'b' pour indiquer le début de la transmission.
2	Le caractère '4' pour indiquer le nombre de caractères pour chaque donnée.
3	Le caractère '1' ou '0' suivant la partie de l'écran utilisée.
4 et 5	Unité pour la température : - les caractères "01" si la température est en °C ; - les caractères "02" si la température est en °F. La concentration en oxygène est toujours en mg·l ⁻¹ .
6 et 7	Polarité de la température : - les caractères "00" si la température est positive ; - les caractères "01" si la température est négative.
8 à 15	8 caractères de données : - 4 caractères pour la concentration en oxygène (mg·l ⁻¹) ; - 4 caractères pour la température.
16	Le caractère 'e' pour indiquer la fin de transmission.

Tableau 5 : décomposition des 16 caractères transmis par l'appareil de mesure

Afin de réaliser un suivi sur plusieurs années consultable à distance par les services de surveillance de l'environnement, les données sont sauvegardées, après traitement, dans un tableur.

L'algorithme qui permet de récupérer les 14 octets de données transmis par l'appareil est donné ci-dessous. Les phrases notées en italique et précédées par '#' sont des commentaires. L'algorithme utilise les fonctions suivantes :

- **Init_Serie**(port, vitesse, donnees, parite, stop) initialise une communication série de type RS232. Par exemple, pour une liaison série connectée sur le port 1 et configurée à une vitesse de 19 200 bauds, avec 7 bits de données, sans parité et 1 bit de stop, l'instruction est **Init_Serie**(1, 19200, 7, 0, 1) ;
- **Car_Reçu**() renvoie un BOOLEEN de valeur VRAI si un caractère a été reçu sur le port série ;
- **Lire_Serie**() renvoie un CARACTERE reçu sur le port série précédemment initialisé ;
- **Car_Entier**(Caractere) renvoie un nombre ENTIER qui correspond au caractère donné en paramètre. Par exemple **Car_Entier**('1') renvoie 1.

Algorithme de récupération des 14 octets de données

```

1. # Déclaration des variables
2. ConcentrationO2 : FLOTTANT # Nombre réel représentant la
                               concentration en oxygène en mg/l
3. Temperature : FLOTTANT      # Nombre réel représentant la
                               température en °C
4. Donnee : CARACTERE[14]      # Tableau de valeurs permettant
                               de stocker les données de
                               mesures issues du port série
5. Carac : CARACTERE           # Caractère
6. i : ENTIER                   # Variable d'incrémentatation

7. DEBUT
8. POUR i DE 1 à 14 FAIRE      # Initialise le tableau de données
9.     Donnee[ i ] ← '0'
10. Init_Serie(..... , ..... , ..... , ..... , ..... )

11. Carac ← 'a'                # Initialise la variable Carac
12. TANT QUE Carac ≠ 'b'
13.     SI Car_Reçu() ALORS
14.         Carac ← Lire_Serie()
15.     FIN SI

```

```

16. FIN TANT QUE

17. i ← 1
18. TANT QUE i < 15
19.     SI Car_Reçu() ALORS
20.         .....
21.         .....
22.     FIN SI
23. FIN TANT QUE

```

Pour recevoir la trame série codée en ASCII avec l'ordinateur, il faut, dans un premier temps configurer cette liaison. Le protocole donné par le constructeur de l'appareil est un débit de transmission de 9 600 bauds, sans parité, 8 bits de données, 1 bit de stop.

Q17. Recopier et compléter la ligne 10 avec l'ensemble des paramètres de la fonction `Init_Serie` pour configurer correctement la liaison série entre l'ordinateur et l'appareil de mesure connecté sur le port 2.

Q18. Recopier et compléter les lignes 17 à 23 de cet algorithme afin de récupérer les 14 octets de données envoyées sur le port série et de les sauvegarder dans le tableau `Donnee`.

Le 15 janvier 2017, un relevé a été effectué près du site de pompage afin de valider le protocole de sauvegarde. La trame reçue est présentée tableau 6.

Octet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valeur en hexadécimal	62	34	31	30	31	30	30	30	39	2C	35	31	30	2C	33	65

Tableau 6 : trame reçue

Q19. Indiquer les octets qui contiennent l'information « concentration en oxygène » et qui doivent être récupérés.

Le tableau 7 présente un extrait de la table de conversion des caractères ASCII.

Valeur en hexadécimal	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3B	2E	2C	62	65
Caractère	'0'	'1'	'2'	'3'	'4'	'5'	'6'	'7'	'8'	'9'	','	'.'	','	'b'	'e'

Tableau 7 : extrait de la table de conversion des caractères ASCII

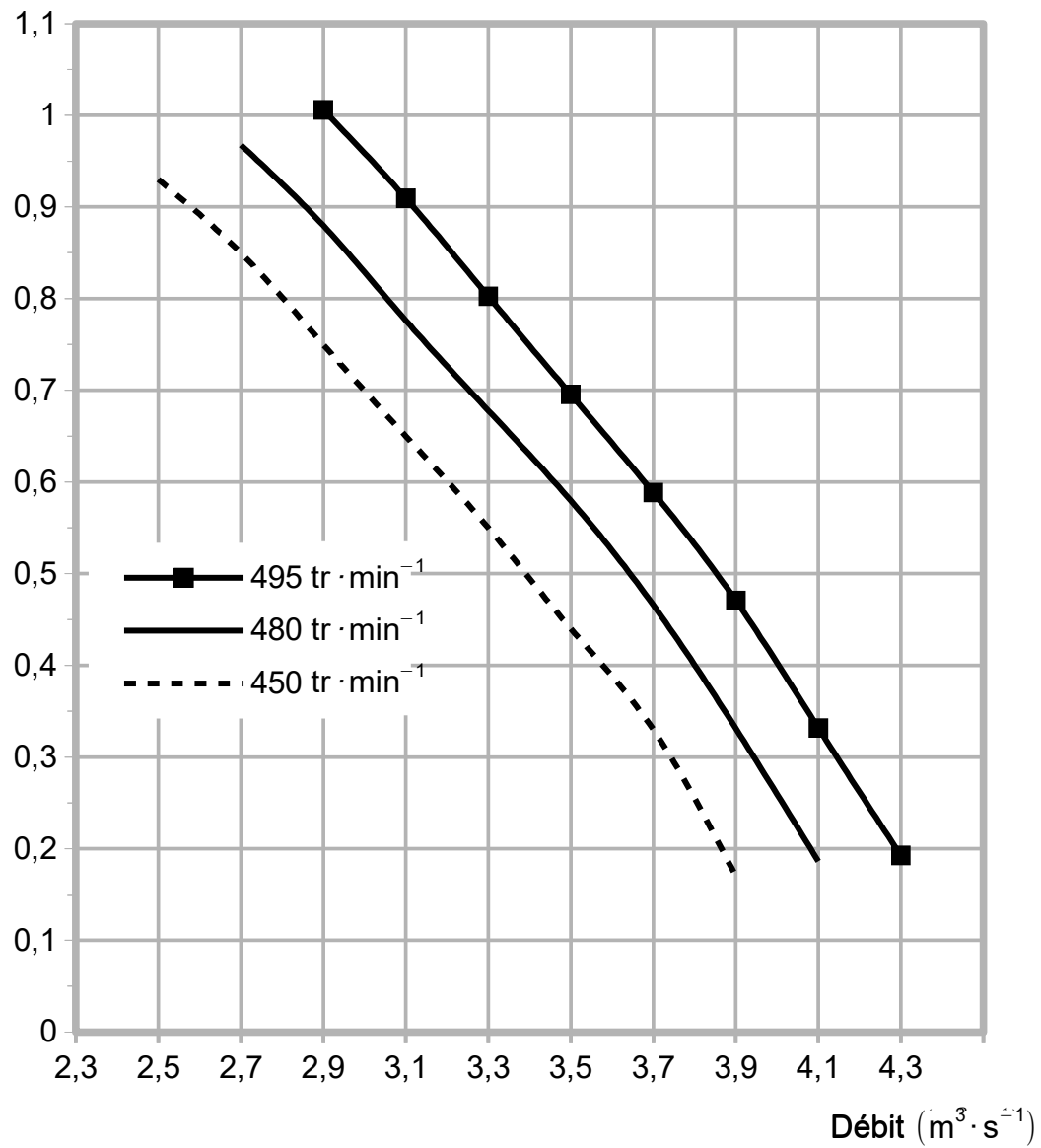
Q20. Déterminer à partir de la trame reçue le 15 janvier 2017 et du tableau 7, la concentration en oxygène et la température relevée lors de ce prélèvement. **Indiquer** si elle respecte les seuils définis tableau 4 page 13.

Q21. Définir les lignes de l'algorithme à ajouter afin d'extraire et de convertir en nombre flottant la donnée de concentration en oxygène.

Q22. Conclure sur la validité de la procédure de récupération de l'information ainsi que la résolution des mesures de l'appareil pour répondre aux exigences de surveillance environnementale.

5. Synthèse

Q23. Exploiter les résultats des précédentes parties pour conclure sous la forme d'un paragraphe de quelques lignes, sur le respect des exigences de longévité de l'ouvrage tant au niveau environnemental qu'énergétique.

Document technique DT1. Courbe $\Delta P(Q)$.Variation de pression Δp (bar)

À rendre avec la copie

Document réponse DR1. Modèle multi-physique à compléter

Question 12

