

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2017

---

ÉPREUVE E.4.1

---

### ETUDE D'UN SYSTEME TECHNIQUE INDUSTRIEL PRE-ETUDE ET MODELISATION

Durée : 4 heures - Coefficient : 3

**Matériel autorisé :**

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/99.

L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

---

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 28 pages numérotées de 1 à 28 dont 3 annexes et 4 documents-réponses.

**Les documents réponses (pages 25, 26, 27 et 28) sont à rendre avec la copie.**

---

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.  
Les correcteurs attendent des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 1 sur 28

## PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La station d'épuration des villes d'Eu, Mers et Le Tréport est située sur la commune du Tréport dans le département de la Seine-Maritime.



*Figure 1 : station d'épuration du Tréport*

Cette usine compacte traite les eaux usées des communes d'Eu, de Mers les Bains, du Tréport et des communes environnantes soit l'équivalent de 45 000 habitants. L'usine peut admettre en pointe un débit en entrée de  $1020 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

Équipée d'une technologie membranaire, l'usine restitue au milieu naturel une eau épurée de qualité de baignade préservant ainsi le littoral. Les eaux traitées sont rejetées dans le canal de la Bresle, qui rejoint la mer quelques mètres plus loin.

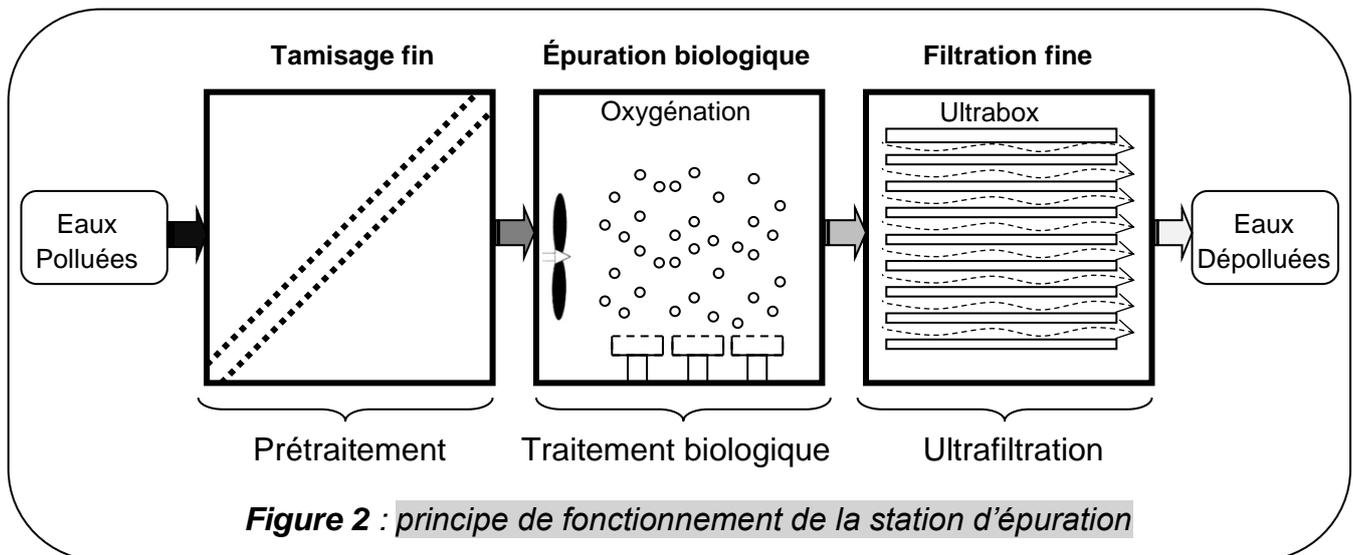
Les boues récupérées sont utilisées pour l'épandage agricole et peuvent être également valorisées par méthanisation.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 2 sur 28

## Principe général du traitement des eaux usées par procédé biologique :

Le traitement des eaux usées par la station se déroule en trois phases importantes : (figure 2 et figure 4):

- Le prétraitement.
- Le traitement biologique.
- L'ultrafiltration.



### 1<sup>ère</sup> phase : le prétraitement.

Cette première phase appelée « prétraitement » assure une élimination des résidus les plus importants.

Il est constitué des équipements suivants :

**Le dégrillage** : il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses contenues dans les eaux usées qui passent à travers des grilles composées de barreaux inclinés. Les déchets sont compactés et envoyés à une filière de traitement adaptée.

**Le dessablage** : il permet d'éliminer des eaux usées les graviers et les sables. Ces particules lourdes se décantent au fond de l'ouvrage et sont reprises par des pompes, puis lavées et stockées dans une benne.

**Le dégraissage** : il permet d'éliminer les huiles et les graisses contenues dans les eaux brutes. On injecte de l'air dans l'ouvrage afin de mettre les graisses en suspension, un pont racle en surface et récupère ainsi les graisses qui seront pompées puis traitées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 3 sur 28

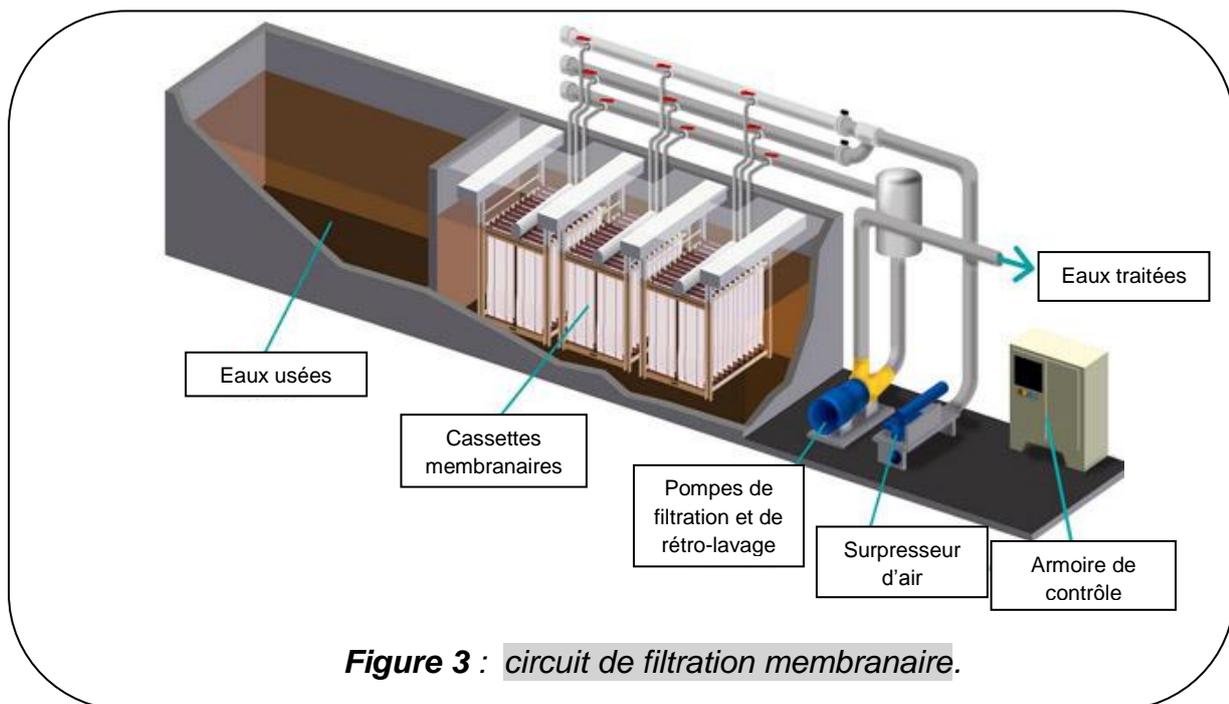
**2<sup>ème</sup> phase** : le traitement biologique :

Permet l'épuration biologique par élimination des polluants organiques présents dans les eaux usées et nocifs pour l'environnement. Ce traitement est assuré par des micro-organismes, principalement des bactéries.

Afin d'accélérer la dégradation des polluants organiques, un apport artificiel de l'oxygène est assuré par des aérateurs entraînés par des moteurs électriques.

**3<sup>ème</sup> phase** : le filtrage membranaire (figure 3) :

Les systèmes d'ultrafiltration éliminent les particules en suspension, les bactéries et les virus ainsi que les plus grosses molécules organiques. Leur membrane peut retenir les substances de l'ordre de 0,1 µm. Des nettoyages périodiques sont nécessaires pour conserver les performances hydrauliques du système.



BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 4 sur 28

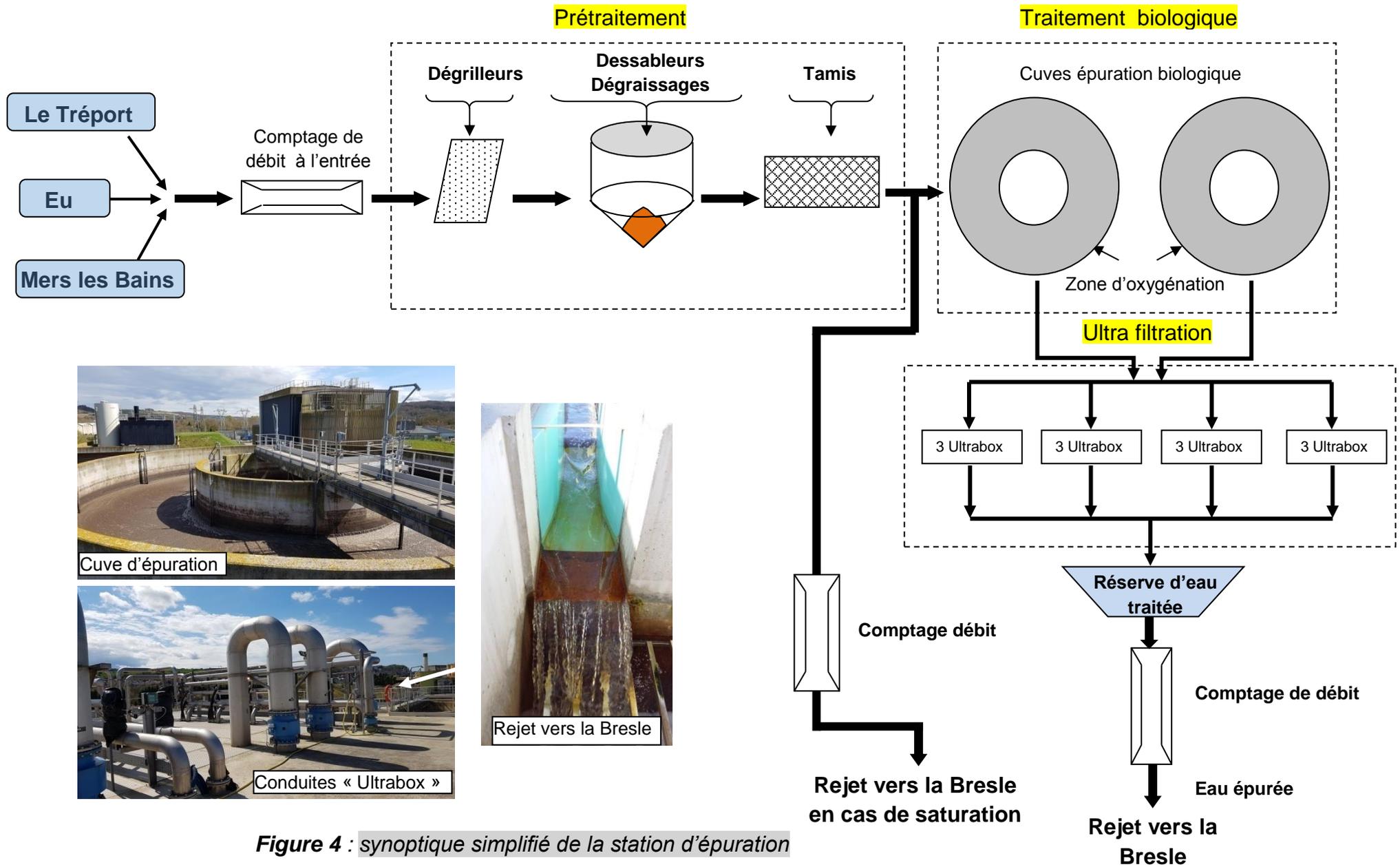


Figure 4 : synoptique simplifié de la station d'épuration

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 5 sur 28

## Enjeux

Une partie des eaux pluviales est malheureusement raccordée au réseau des eaux usées alimentant la station d'épuration et augmente le débit à traiter. Il est primordial de s'assurer du bon fonctionnement de la station d'épuration notamment en cas de fortes pluviométries.

Afin d'assurer une qualité optimale des eaux rejetées (qualité baignade), le système d'ultrafiltration doit subir des nettoyages périodiques (cycle filtration + rétro-lavage).

L'assainissement des eaux usées coûte cher à la communauté, la réduction du coût d'exploitation est donc une priorité. La partie traitement biologique et plus particulièrement l'oxygénation des deux grandes cuves, est très énergivore. L'optimisation du fonctionnement de ce traitement est donc à envisager en vue de réduire les coûts d'exploitation.

En cas de coupure EDF la station de traitement se voit contrainte de stopper le traitement des eaux usées. Cette situation n'est pas acceptable au regard des normes sanitaires.

Pour cela, il est nécessaire :

- de s'assurer que la station d'épuration peut fonctionner correctement en cas de fortes pluviométries ;
- de contrôler la quantité d'eau traitée par un comptage efficace ;
- d'assurer une bonne filtration des cassettes membranaires par un nettoyage périodique des membranes (rétro-lavage) ;
- de maintenir un taux optimal d'oxygène dans les cuves de traitement biologique qui permet aux bactéries aérobies une meilleure efficacité et avec une consommation énergétique optimisée ;
- d'assurer une alimentation ininterrompue en énergie électrique notamment en cas de coupure EDF.

### Problématique E.4.1 :

Le sujet est composé de **quatre parties** indépendantes notées A, B, C et D.

- **partie A** : étude de la capacité de traitement de la station d'épuration en cas de fortes pluviométries ;
- **partie B** : comparaison entre deux modes d'alimentation des groupes surpresseurs des cuves de traitement biologique ;
- **partie C** : régulation fine de l'apport en oxygène dans les cuves ;
- **partie D** : étude de l'alimentation de secours de la phase « prétraitement ».

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 6/28

## PARTIE A. Capacité de traitement de la station d'épuration en cas de fortes pluviométries

### A.1 Étude des données annuelles

- A.1.1** Calculer, à partir du tableau en annexe 1, pour chacun des trois mois, juillet, août et septembre (présentant des variations de pluviométrie significatives) le débit moyen  $Q_{moy}$  en  $m^3.h^{-1}$  en supposant que tous les mois de l'année font 30 jours. Compléter le tableau du document réponse 1.

On définit le taux de charge  $T_C$  de l'installation comme le rapport entre le débit moyen  $Q_{moy}$  et le débit maximal en entrée de l'installation  $Q_{max} = 1020m^3.h^{-1}$ .  $T_C$  est exprimé en %.

- A.1.2** Calculer le taux de charge de l'installation pour les mois de juillet, août et septembre.  
Reporter vos résultats dans le tableau du document réponse 1.

### A.2 Influence de la pluviométrie

Le tableau 1 en annexe 1 donne également des indications sur la pluviométrie.

En effet, on constate que, bien qu'interdit, certaines canalisations dirigent une partie des eaux de pluie vers les eaux usées augmentant ainsi les volumes d'eau à traiter.

Dans cette partie, on se propose de déterminer si cette installation, conçue en 2008, aurait pu supporter la pluviométrie exceptionnelle du printemps 2001 (inondations au Nord de la France et plus particulièrement de la vallée de la Somme et d'Abbeville).

Le relevé de pluviométrie d'Abbeville du mois de mars 2001 indiquait **310 mm**.

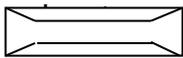
- A.2.1** Reportez sur le document réponse 1, les points correspondants aux mois de juillet, août et septembre 2014, du débit  $Q_{moy}$  en fonction de la pluviométrie.

On estime que le débit  $Q_{moy}$  en fonction de la pluviométrie est modélisé par une droite.

- A.2.2** Sur le document réponse 1, tracer la droite représentative du débit  $Q_{moy}$  en fonction de la pluviométrie.
- A.2.3** Estimer, par lecture graphique, le débit  $Q_{min}$  (en  $m^3.h^{-1}$ ) pour un mois sans pluie (pluviométrie nulle).
- A.2.4** Déterminer le débit attendu pour le mois d'inondation (pluviométrie de 310 mm en mars 2001).
- A.2.5** L'installation aurait-elle pu supporter des inondations similaires à celle de mars 2001 ?

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 7/28

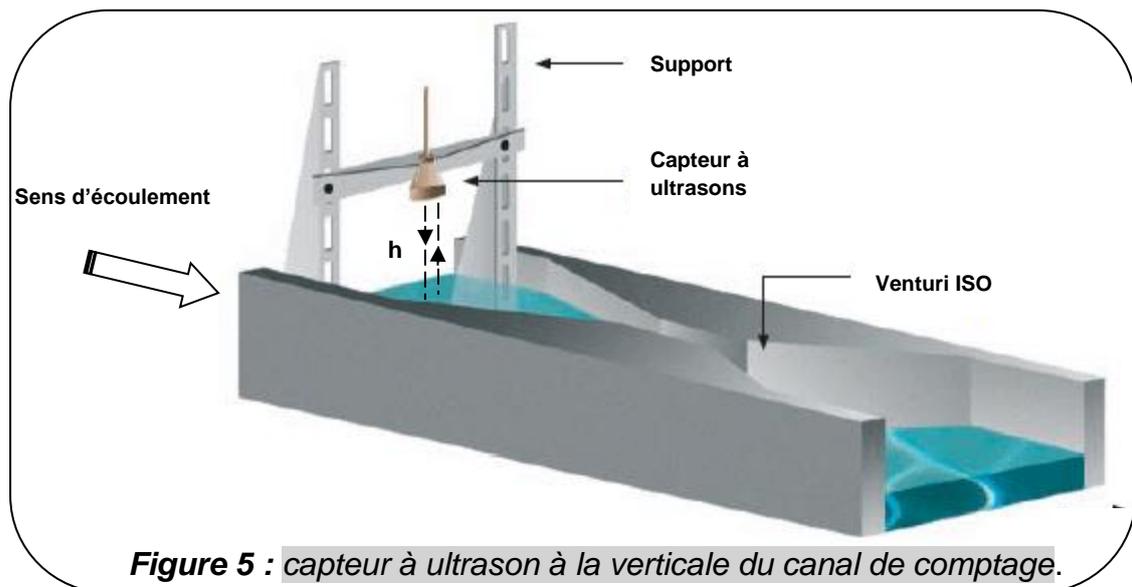
### A.3 Mesure du débit

Il y a trois ensembles « canal de comptage + capteur à ultrasons » sur l'installation comme indiqué sur la figure 4 par le symbole 

Le principe de mesure de débit utilisé dans cette station d'épuration est basé sur une mesure du niveau des eaux traversant une zone de contraction (Venturi ISO) à canal ouvert. L'écoulement dans les « Venturi ISO » est du domaine des écoulements à surface libre.

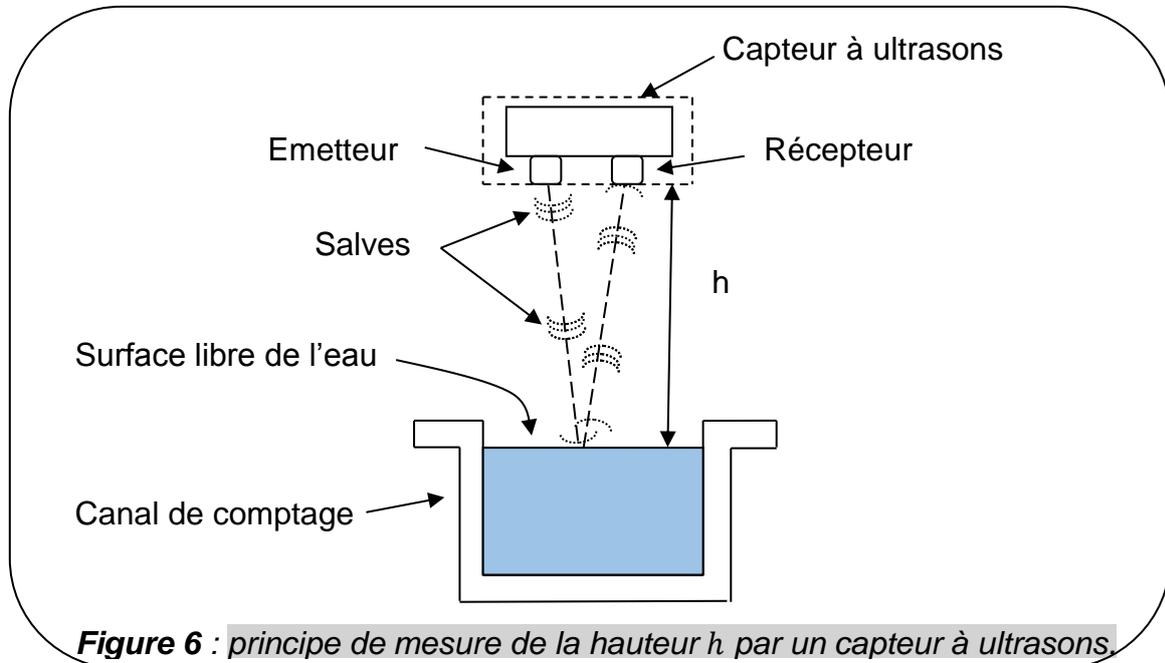
Les Venturi ISO sont des obstacles de géométrie définie conforme aux normes internationales (ISO 4359), suffisamment courts pour que les pertes par frottements entre la section d'entrée et la section contractée de l'écoulement soient négligeables.

Lorsque la zone de contraction est le siège d'un écoulement en régime critique (limite entre le régime fluvial et le régime torrentiel), le débit passant sur la structure dépend uniquement de la hauteur d'eau mesurée en amont. Elle est mesurée par un capteur à ultrasons situé à la verticale du canal de comptage (figure 5).



BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 8/28

La vitesse des ultrasons dans l'air est  $v_{us} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ . Le capteur à ultrasons comporte un émetteur et un récepteur situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie des trains d'ondes (salves) qui vont se réfléchir sur la surface libre de l'eau et vont être détectées au niveau du récepteur. La durée  $\Delta t$ , mise par une salve pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la hauteur  $h$  entre le capteur à ultrasons et la surface libre de l'eau (figure 6).



On suppose que la distance entre l'émetteur et le récepteur est négligeable en comparaison avec la distance séparant le capteur à ultrasons et la surface libre.

**A.3.1** Justifier que la hauteur  $h$  est donnée par la relation suivante :  $h = \frac{v_{us} \cdot \Delta t}{2}$ .

On désire déterminer le débit  $Q_{eau}$  de l'eau dans le canal de comptage. On relève pour cela les signaux des ultrasons émis et reçus par le capteur pour ce débit, les chronogrammes sont donnés en annexe 3.

**A.3.2** Déterminer la durée  $\Delta t$  et en déduire que la hauteur mesurée entre le capteur et la surface libre de l'eau est :  $h_{mes} = 0,595 \text{ m}$ .

**A.3.3** À partir de la caractéristique d'étalonnage du capteur donnée en annexe 1, déterminer le débit  $Q_{eau}$  correspondant.

La précision du capteur dans le canal de comptage est de 5% de la valeur mesurée. On notera alors :  $h = h_{mes} \pm \Delta h$

**A.3.4** Déterminer l'incertitude  $\Delta Q_{eau}$  obtenue sur la valeur du débit dans le canal de comptage. On notera le débit sous la forme  $Q_{eau} \pm \Delta Q_{eau}$ .

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 9/28

#### A.4 Fonctionnement des cellules de filtration « Ultrabox »

La cassette membranaire « Ultrabox » est constituée de plusieurs membranes assurant la filtration des eaux usées (voir figure 3).

Des contraintes techniques sur les cassettes « Ultrabox » font que le débit en sortie  $Q_{bmax}$  ne peut être obtenu que pendant une dizaine de minutes avec le cycle suivant :

**Phase 1 : filtration** : durée **10 minutes**.

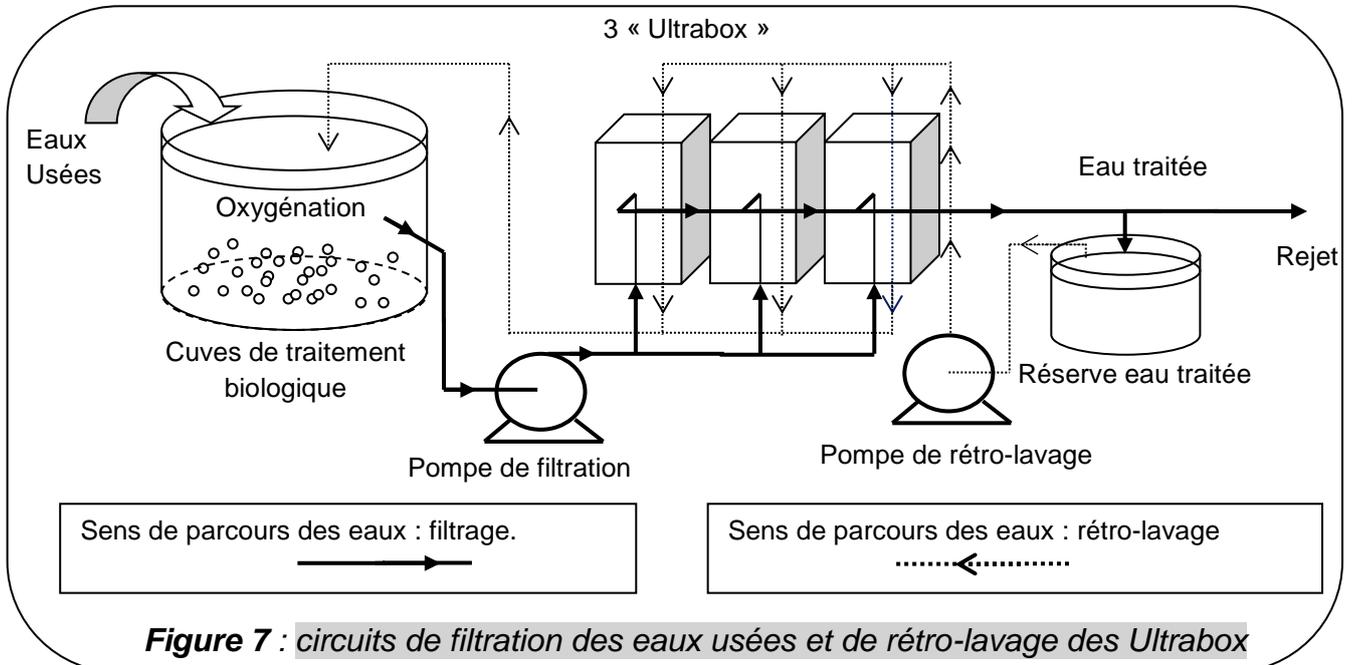
Les eaux sont entraînées par la pompe de filtration ( $Q_f = 50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). La pompe de rétro-lavage est arrêtée (voir figure 7).

Lors de la filtration, on constate un encrassement rapide du filtre diminuant son efficacité. Il est donc nécessaire de faire fonctionner la circulation des eaux à **contre sens** avec un débit supérieur afin de le décolmater et de le rétro-laver.

**Phase 2 : rétro-lavage** : durée **1 minute**.

On prélève de l'eau traitée, que l'on réinjecte dans l'autre sens avec la pompe de rétro-lavage, afin de décolmater les membranes d'une ligne constituée de 3 cassettes membranaires « Ultrabox » ( $Q_{rl} = 75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Les eaux utilisées repartent vers les cuves de traitement (voir figure 7).

Le cycle reprend immédiatement en phase 1 (cycle périodique).



**Figure 7 : circuits de filtration des eaux usées et de rétro-lavage des Ultrabox**

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 10/28

- A.4.1** Tracer sur le document réponse 2 le chronogramme de l'évolution du débit dans le filtre sur un cycle (filtration «  $Q>0$  » et rétro-lavage «  $Q<0$  ») en fonction du temps.
- A.4.2** Vérifier que le débit moyen sur un cycle « filtration et rétro-lavage » pour une ligne de 3 cassettes « Ultrabox » vaut  $Q_{moy} = 38,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .
- A.4.3** En déduire le volume mensuel moyen de l'eau à traiter par une ligne de 3 cassettes « Ultrabox ».

La station dispose de 4 lignes de traitements membranaires, donc un total de 12 cassettes « Ultrabox ».

En Janvier 2015, la station a collecté le plus grand volume mensuel d'eau usée de l'année qui s'élève à  $102\,674 \text{ m}^3$ .

- A.4.4** Déterminer le volume maximal des eaux usées que peut traiter la station d'épuration du Tréport et indiquer s'il est suffisant pour le mois de janvier 2015.

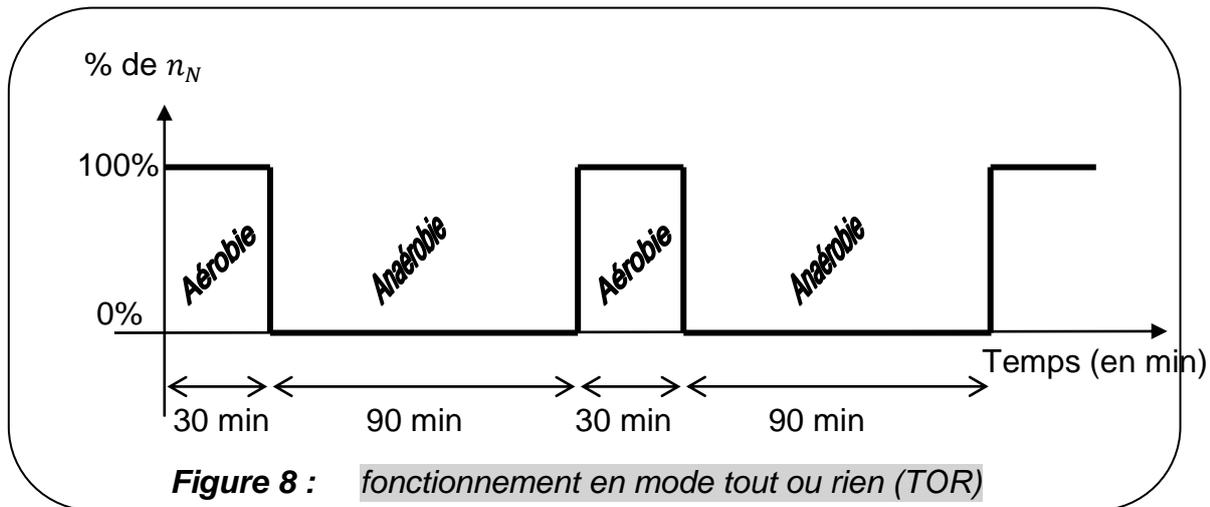
## **PARTIE B. Comparaison entre deux modes d'alimentation en oxygène des cuves de traitement biologique.**

L'épuration des eaux usées dans cette station de traitement permet d'abaisser la charge en composés organiques. La décomposition de ces composés est assurée par deux types **de bactéries**. Des bactéries nécessitant un apport d'oxygène pour dégrader certains polluants et d'autres bactéries capable, en absence d'oxygène, de décomposer le reste des polluants. Le traitement biologique nécessite donc deux phases de fonctionnement :

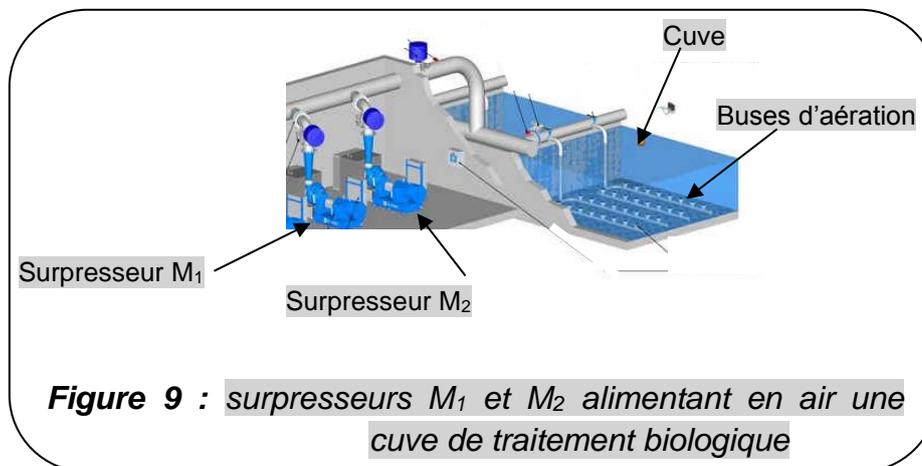
- phase de traitement « **aérobie** »: l'oxygène est apporté par des surpresseurs sous forme de fines bulles d'air ;
- phase de traitement « **anaérobie** » : aucun apport d'oxygène (Surpresseurs arrêtés).

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 11/28

Les surpresseurs fonctionnent en mode tout ou rien (TOR). La durée des traitements « aérobie » et « anaérobie » correspond au chronogramme représenté figure 8.



Pour une cuve, l'apport d'air est assuré par deux surpresseurs, M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub>. Chaque surpresseur est constitué d'un moteur asynchrone triphasé couplé à un aérateur fonctionnant à 100 % de leurs vitesses nominales pendant 30 min puis arrêtés pendant 90 min (voir figure 9).

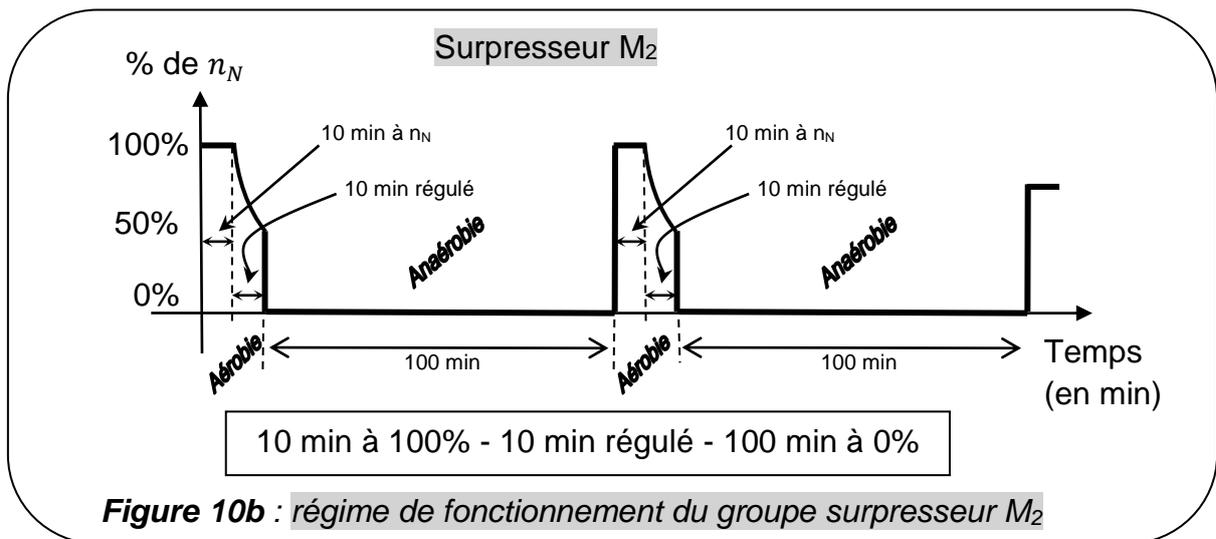
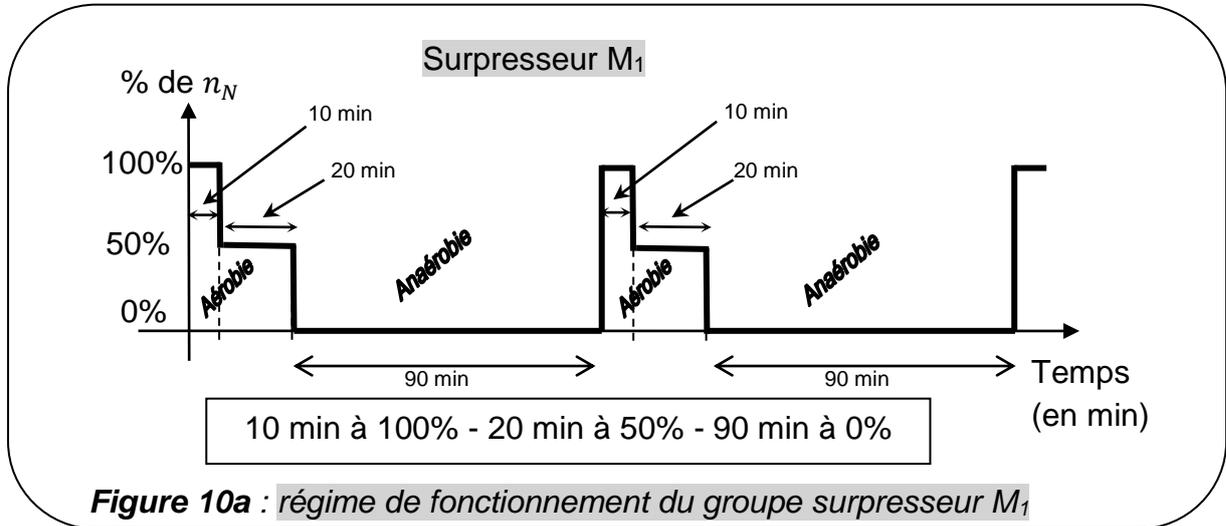


L'aération des bassins est l'élément clé de la qualité du traitement biologique mais c'est aussi le principal poste de dépense énergétique de la station (entre 40 et 80 % de la consommation énergétique totale).

Des progrès récents ont été réalisés dans la gestion automatisée de l'aération, avec le développement de sondes de mesures spécifiques (taux d'O<sub>2</sub>, mesure Rédox, turbidité, température...) qui permettent de mieux réguler le niveau d'oxygène dans les bassins.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 12/28

Pour cela, on envisage de faire fonctionner la station en **mode régulé**, selon une cadence préétablie par l'exploitant. Les deux surpresseurs ( $M_1$  et  $M_2$ ) par bassin suivent les régimes de fonctionnement indiqués figures 10a et 10b.



L'objectif est de comparer les deux modes de fonctionnement et de déterminer le gain énergétique réalisé sur une journée.

### B.1 Étude en mode tout ou rien

La station d'épuration a utilisé ce mode de fonctionnement en début d'exploitation. En régime établi, les moteurs asynchrones sont alimentés en mode « tout ou rien » (voir figure 8) avec un facteur de marche de 25 % (30 min de marche sur un cycle de 120 min).

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 13/28

### B.1.1 Couple résistant

La caractéristique mécanique de chaque aérateur couplé directement à l'arbre du moteur asynchrone est représentée sur le document réponse 4.

Le régime nominal des aérateurs est obtenu pour une vitesse de rotation de  $1490 \text{ tr/min}$ .

Déterminer le moment du couple résistant  $T_{rN}$  correspondant à ce point nominal et la puissance utile  $P_{uN}$  correspondante.

### B.1.2 Couple moteur

Les caractéristiques du moteur asynchrone du surpresseur sont données tableau 2, annexe 2.

**B.1.2.1** Calculer le moment du couple utile nominal  $T_{uN}$  à 50 Hz

**B.1.2.2** Placer le point de fonctionnement  $F_N (n_N; T_{uN})$  correspondant au régime nominal sur le document réponse 4.

**B.1.2.3** Placer le point de fonctionnement à vide  $F_0 (1500; 0)$  sur le document réponse 4.

**B.1.2.4** Tracer sur le document réponse 4, la caractéristique mécanique ( $T_u(n)$ ) du moteur sachant que sa partie utile est une droite entre le point nominal  $F_N$  et le point à vide  $F_0$ .

### B.1.3 Détermination du point de fonctionnement du groupe moteur-aérateur

**B 1.3.1** Le moteur asynchrone peut-il entraîner l'aérateur à sa puissance nominale ? Justifier votre réponse.

**B.1.3.2** En déduire la puissance  $P_u$  du moteur. Comparer  $P_u$  à la puissance nominale du moteur  $P_{uN}$ . Calculer le taux de charge(en %) du moteur défini par le rapport :

$$\tau = 100 \times \frac{P_u}{P_{uN}}$$

**B.1.3.3** Estimer la puissance absorbée  $P_a$  du moteur en s'aidant de la caractéristique donnant le rendement du moteur asynchrone étudié en fonction du taux de charge, donné en annexe 2.

### B.1.4 Énergie consommée par le moteur asynchrone du surpresseur M<sub>1</sub> en mode TOR.

En considérant le fonctionnement en mode « TOR » (figure 8), calculer l'énergie moyenne  $W_{TOR}$ , exprimée en kWh, consommée en une journée par le moteur asynchrone du surpresseur.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 14/28

## B.2 Étude en mode régulé du surpresseur M<sub>1</sub>

Pour réaliser le mode régulé, il est nécessaire de faire varier la vitesse du moteur asynchrone triphasé du surpresseur M<sub>1</sub> à 100% de la vitesse nominale  $n_N$  pendant 10 min, à 50% de  $n_N$  pendant 20 min puis à l'arrêt pendant 90 min (figure 10a).

### B.2.1 Point de fonctionnement à vitesse variable

Le moteur asynchrone triphasé du surpresseur M<sub>1</sub> est alimenté par un variateur de vitesse fonctionnant à  $\frac{V}{f} = \text{constante}$  qui l'entraîne à une vitesse correspondant à 100 %, à 50 % puis à 0 % de la fréquence  $f$ .

**B.2.1.1** Calculer la fréquence  $f'$  correspondant au fonctionnement à 50 % puis la vitesse de synchronisme  $n'_s$  correspondante.

Les caractéristiques mécanique  $T_u(n)$  du moteur asynchrone du surpresseur M<sub>1</sub>, alimenté par des tensions à fréquences variables, sont des droites parallèles entre elles.

**B.2.1.2** Placer sur le document réponse 4 le point  $F'_0$  correspondant au fonctionnement à vide à cette fréquence  $f'$ , puis tracer la caractéristique du moteur pour ce régime de 50 %. En déduire le point de fonctionnement ( $n'$  ;  $T_u'$ ) du groupe moteur + aérateur pour ce régime de fonctionnement.

**B.2.1.3** Calculer la puissance utile  $P'_u$  et le taux de charge  $\tau'$  correspondants.

**B.2.1.4** Compléter, document réponse 3, l'arbre de puissance du moteur asynchrone du surpresseur M<sub>1</sub> en indiquant les différentes puissances parmi la liste suivante :

$P_{abs}$  (puissance absorbée),  $P_u$  (puissance utile),  $P_{tr}$  (puissance transmise),  $p_{fS}$  (pertes fer au stator),  $p_{mec}$  (pertes mécaniques),  $p_{jS}$  (pertes joules au stator),  $p_{jR}$  (pertes joules au rotor).

**B.2.1.5** Des mesures de puissances réalisées sur le moteur asynchrone du surpresseur M<sub>1</sub> fonctionnant en mode régulé sont présentées dans le tableau suivant :

Pourcentage de la fréquence nominale	100 %	50 %	0 %
Durée de fonctionnement (en min)	10 min	20 min	90 min
Puissance utile (en kW)	93,6	37,2	0

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 15/28

On donne en annexe 2, la caractéristique du rendement du moteur asynchrone du surpresseur  $M_1$  ( $\eta$ ) en fonction du taux de charge.

À l'aide de cette caractéristique, déterminer la puissance absorbée par le moteur pour un fonctionnement à 100 %, et à 50 % de la fréquence nominale. Compléter le tableau du document réponse 3.

**B.2.1.6** Calculer l'énergie moyenne  $W_{régulé}$ , exprimée en kWh, consommée en une journée par le moteur asynchrone du surpresseur  $M_1$ .

## B.2 Comparaison entre les deux modes de fonctionnements

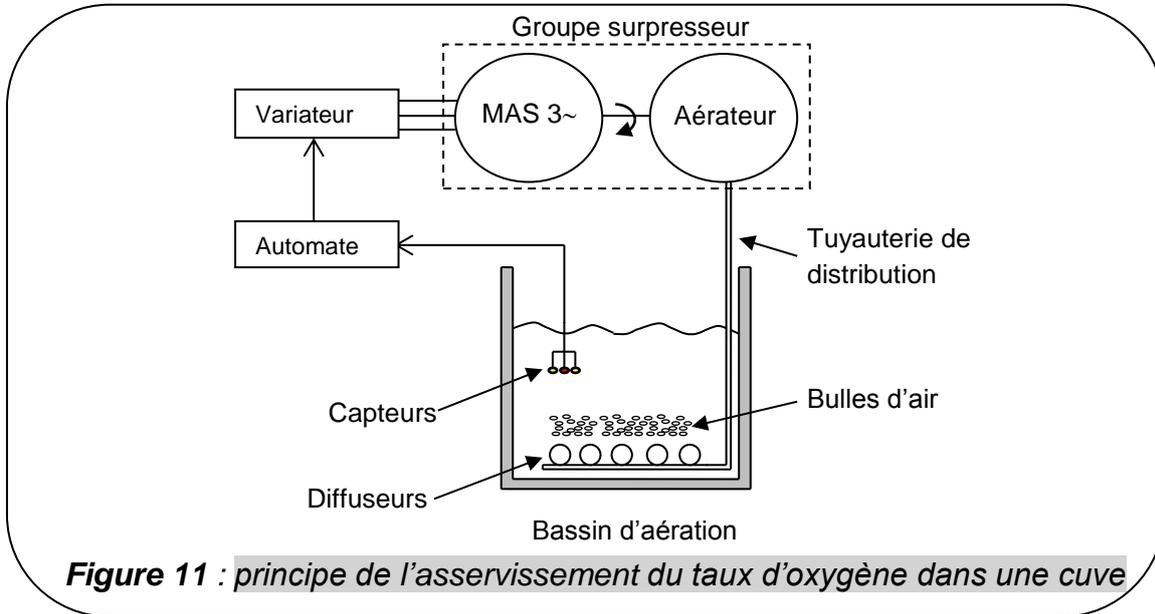
À partir des questions B.1.4 et B.2.1.6, justifier, en détaillant votre raisonnement, que l'économie énergétique réalisée est de l'ordre de 32 %.

On rappelle que l'écart relatif en % entre deux grandeurs à comparer est donné par la relation suivante :  $e (\%) = \frac{G_{initiale} - G_{finale}}{G_{initiale}} \times 100$ .

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 16/28

## PARTIE C. Régulation fine de l'apport d'oxygène dans les cuves

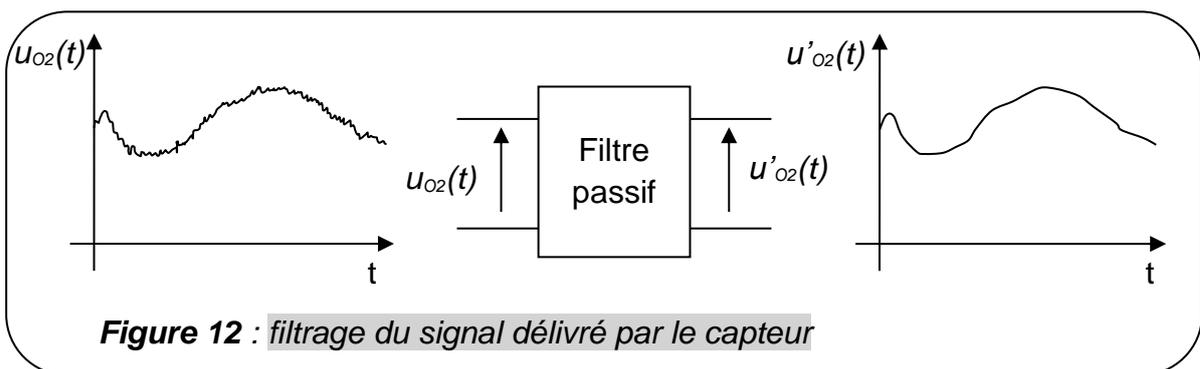
Afin de réduire la consommation d'énergie lors du traitement biologique, le débit d'air dans les cuves est asservi au taux d'oxygène dissous dans l'eau. La structure de cet asservissement est présentée figure 11.



### C.1 Tension de sortie du capteur d'oxygène

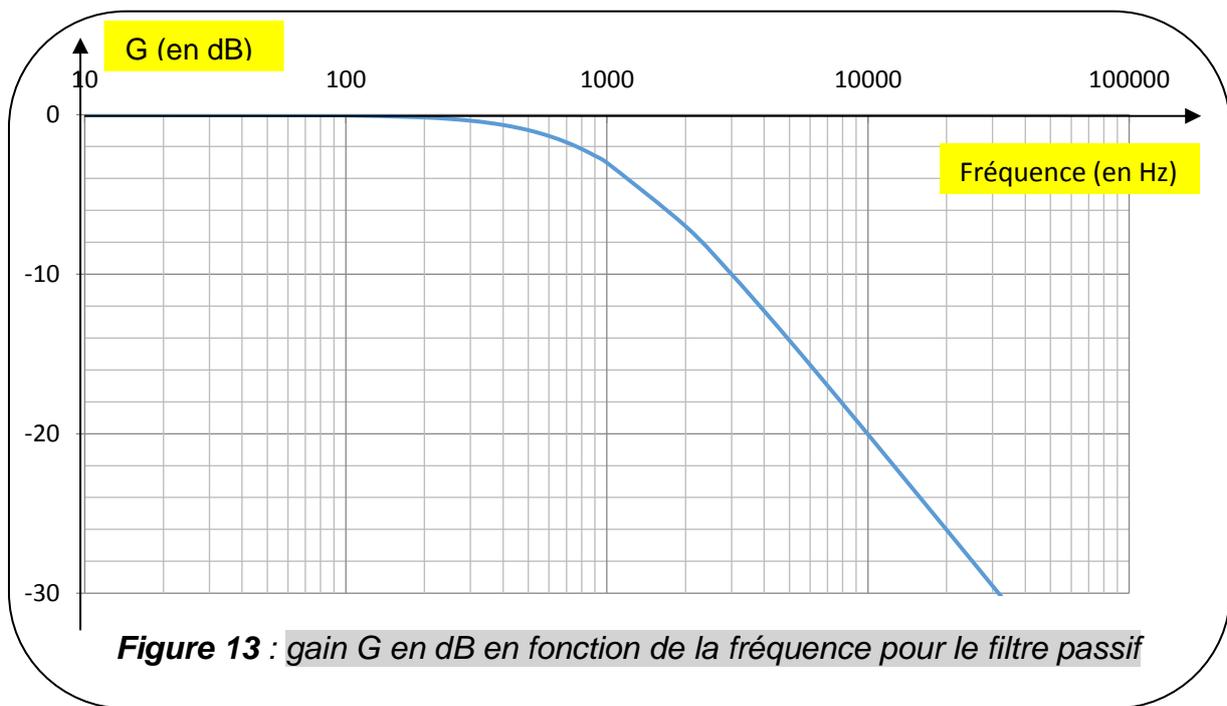
Le capteur d'oxygène, muni d'un conditionneur, fournit une tension  $u_{O_2}(t)$  à laquelle se superpose des tensions parasites de fréquence supérieure à 10 kHz.

Pour améliorer le signal de sortie délivré par le capteur, on utilise un filtre passif qui élimine les parasites hautes fréquences (voir figure 12).



La courbe du gain  $G$  du filtre passif en fonction de la fréquence est donnée figure 13.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 17/28



**C.1.1** Préciser, en justifiant votre réponse, la nature de ce filtre (passe-bas, passe haut, passe-bande...).

**C.1.2** Quelle valeur doit-on choisir pour la fréquence de coupure  $f_c$  du filtre passif si l'on souhaite atténuer de 20 dB les signaux parasites à la fréquence  $f = 10$  kHz.

On rappelle que la fréquence de coupure  $f_c$  d'un filtre correspond à la fréquence pour laquelle le gain  $G$  (en dB) vérifie :  $G = G_{\max} - 3$  dB

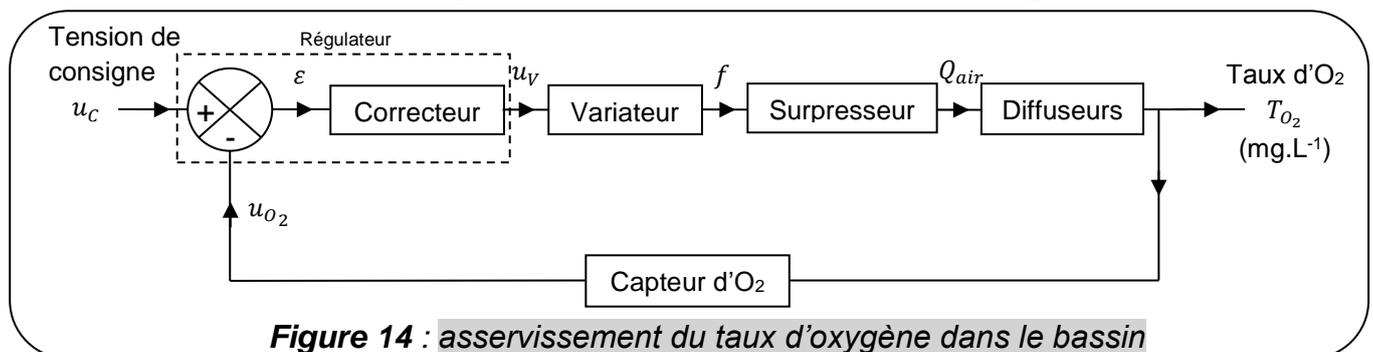
**C.1.3** La fréquence de coupure du filtre est donnée par la relation suivante :  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ .

Calculer la valeur de la capacité du condensateur  $C$  sachant que  $R = 100 \Omega$ .

## C.2 Asservissement de vitesse du surpresseur $M_2$

Pour réduire la consommation d'énergie lors du traitement biologique, la vitesse de rotation du moteur asynchrone du surpresseur  $M_2$  est asservie au taux d'oxygène dissous dans le bassin d'aération.

Le schéma fonctionnel simplifié de cet asservissement est donné figure 14.

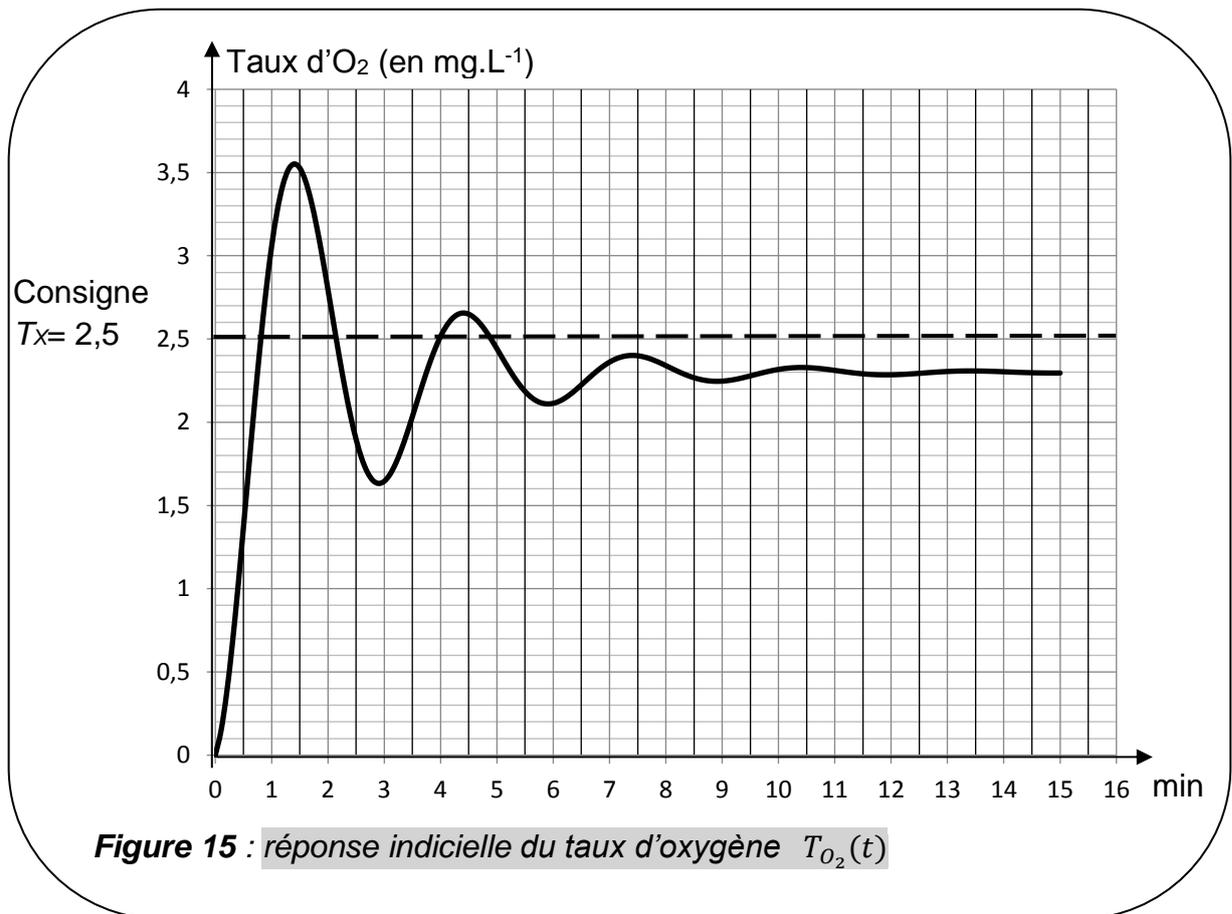


BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 18/28

Afin de vérifier le bon fonctionnement de cet asservissement on réalise régulièrement des essais de contrôle.

On suppose qu'initialement le taux d'oxygène dans le bassin de traitement biologique en absence d'aération est quasi nul. À l'instant  $t = 0$ , on règle la tension de consigne  $u_c$  afin d'obtenir un taux d'oxygène dans le bassin  $T_x = 2,5 \text{ mg.L}^{-1}$ .

On relève la réponse indicielle du taux d'oxygène  $T_{O_2}$  dans le bassin de traitement biologique.



**C.2.1** Déterminer l'erreur statique ( $\epsilon_s$ ), le temps de réponse à 5 % ( $Tr_{5\%}$ ), la pseudo période ( $T_A$ ) et le premier dépassement ( $D_1$ ). Préciser les unités.

**C.2.2** Rappeler la signification des termes P, I et D pour un correcteur PID, et préciser sur quelle action agir afin d'annuler l'erreur statique.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 19/28

## Partie D. Étude de l'alimentation de secours de la partie « Prétraitement »

Pour éviter un arrêt de fonctionnement de l'installation en cas de coupure EDF, la station est dotée d'un groupe électrogène de 275 KVA. Ce groupe électrogène est constitué d'un moteur thermique diesel et d'une transmission permettant de mettre en rotation un alternateur triphasé. L'ensemble sert d'alimentation de secours uniquement à la partie prétraitement. Un sectionneur permet de séparer l'alternateur de l'installation électrique.

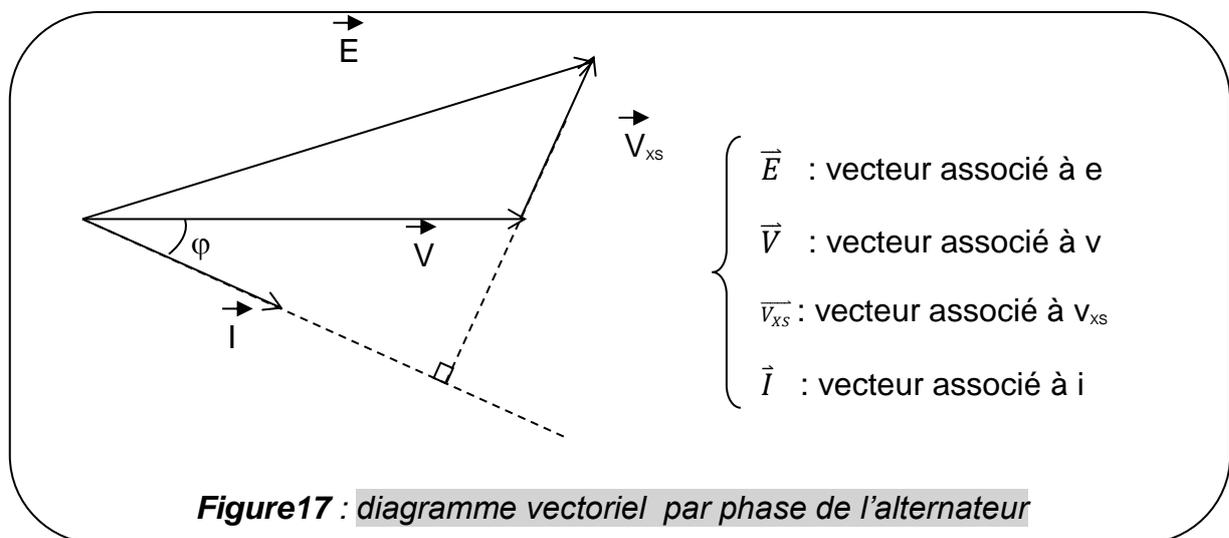
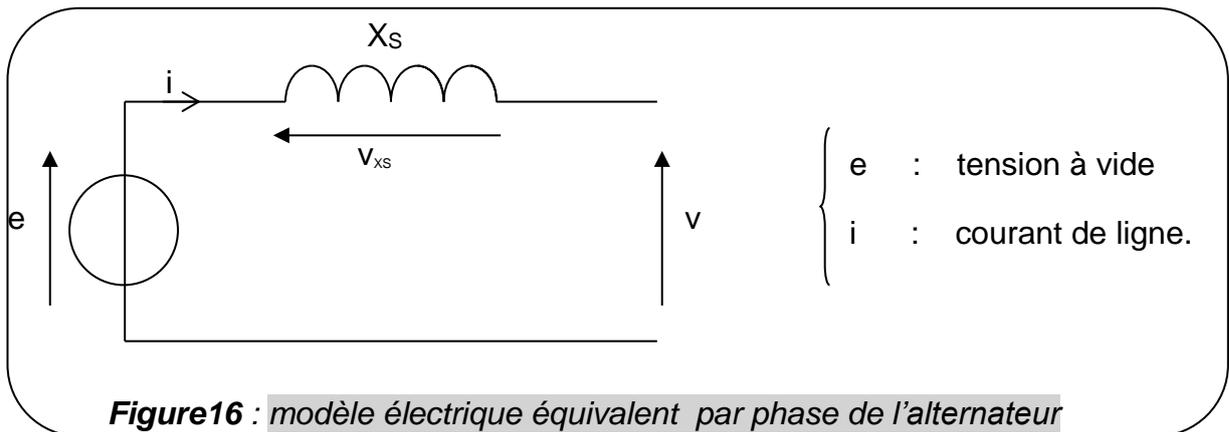
### D.1 Contrôle du courant d'excitation de la roue polaire

Lors d'une coupure « réseau » la partie prétraitement de la station d'épuration nécessite une puissance active nominale  $P_{aN} = 220 \text{ kW}$  et un facteur de puissance  $\cos \varphi_N = 0,8$  (charge inductive) sous une tension composée de valeur efficace  $U_N = 400 \text{ V}$  à 50 Hz.

On souhaite déterminer la valeur théorique de l'intensité du courant dans la roue polaire de l'alternateur du groupe de secours pour assurer le bon fonctionnement de l'installation.

Le constructeur indique une réactance synchrone égale à  $X_s = 72 \text{ m}\Omega$ .

On rappelle le modèle équivalent par phase de l'alternateur (figure 16) et le diagramme vectoriel associé (figure 17).



BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 20/28

- D.1.1** Calculer la valeur efficace du courant en ligne  $I$  pour le fonctionnement nominal.
- D.1.2** Calculer la valeur efficace de la tension simple  $V$  et l'angle  $\varphi$  correspondant au déphasage entre la tension simple  $v$  et le courant en ligne  $i$ .
- D.1.3** Sur votre copie, construire le diagramme vectoriel (Behn-Eschenburg) en prenant comme échelle : 1 cm pour 20 V
- D.1.4** En déduire la valeur efficace  $E$  de la tension à vide pour une phase de l'alternateur.

La caractéristique à vide  $E$  en fonction du courant d'excitation  $I_{exc}$  pour la fréquence de rotation ( $1500 \text{ tr.min}^{-1}$ ) est modélisée par la relation suivante :

$$E = 120 \cdot I_{exc} \quad ; E \text{ en volt et } I_{exc} \text{ en ampère.}$$

- D.1.5** Quelle doit être la valeur de l'intensité du courant d'excitation  $I_{exc}$  de la roue polaire afin d'assurer un bon fonctionnement du groupe de secours ?  
Proposer un dispositif permettant de fournir le courant d'excitation  $I_{exc}$  à la roue polaire.

## **D.2** Autonomie du groupe de secours

- D.2.1** Compléter le schéma synoptique de la chaîne énergétique du groupe électrogène (document réponse 3) en indiquant le type d'énergies absorbée, fournie et perdue pour chaque élément.
- D.2.2** À l'aide des données fournies ci-dessous, estimer l'autonomie de ce groupe de secours s'il doit fournir à l'installation électrique une puissance de 220 kW.

Données :

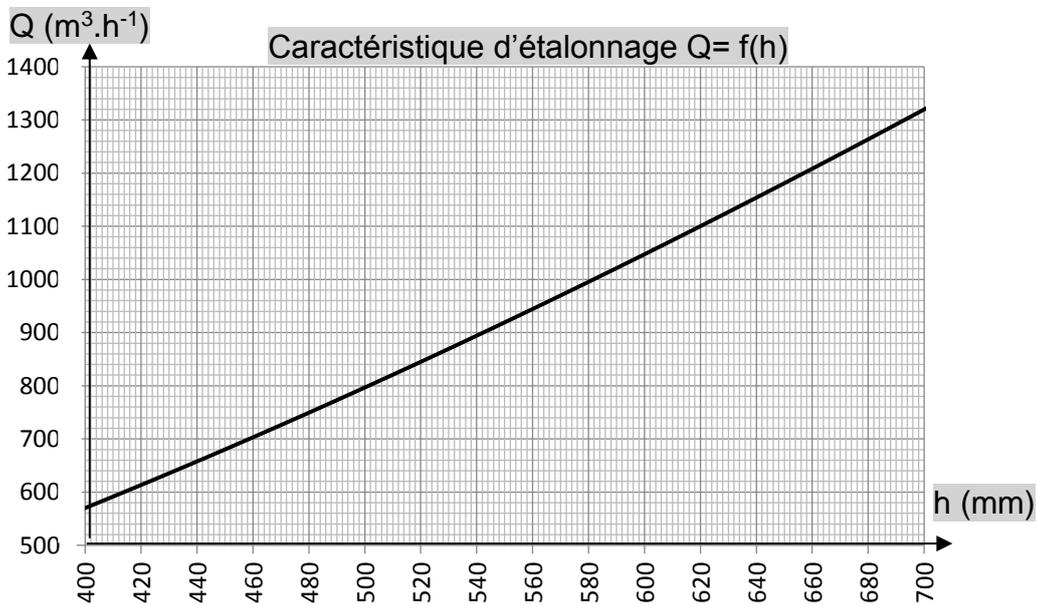
- capacité du réservoir carburant = 350 litres de gasoil ;
- pouvoir énergétique du gasoil =  $50\,900 \text{ kJ.L}^{-1}$  ;
- rendement du moteur diesel = 30 % ;
- rendement de la transmission = 70% ;
- rendement de l'alternateur = 92%.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 21/28

Annexe 1

Mois	Volume en sortie (m <sup>3</sup> )	Pluviométrie (mm)
Janvier 2014	103150	142,5
Février 2014	101156	121,5
mars2014	88725	63,8
Avril 2014	76945	60,8
Mai 2014	92965	96,5
Juin 2014	78986	56,8
Juillet 2014	94706	92
Août 2014	113447	147,8
Septembre 2014	72770	24,5
Octobre 2014	75684	41,3
Novembre 2014	77747	67,3
Décembre 2014	96807	94,8

**Tableau 1C** volumes des eaux traitées et pluviométrie mensuelle en 2014

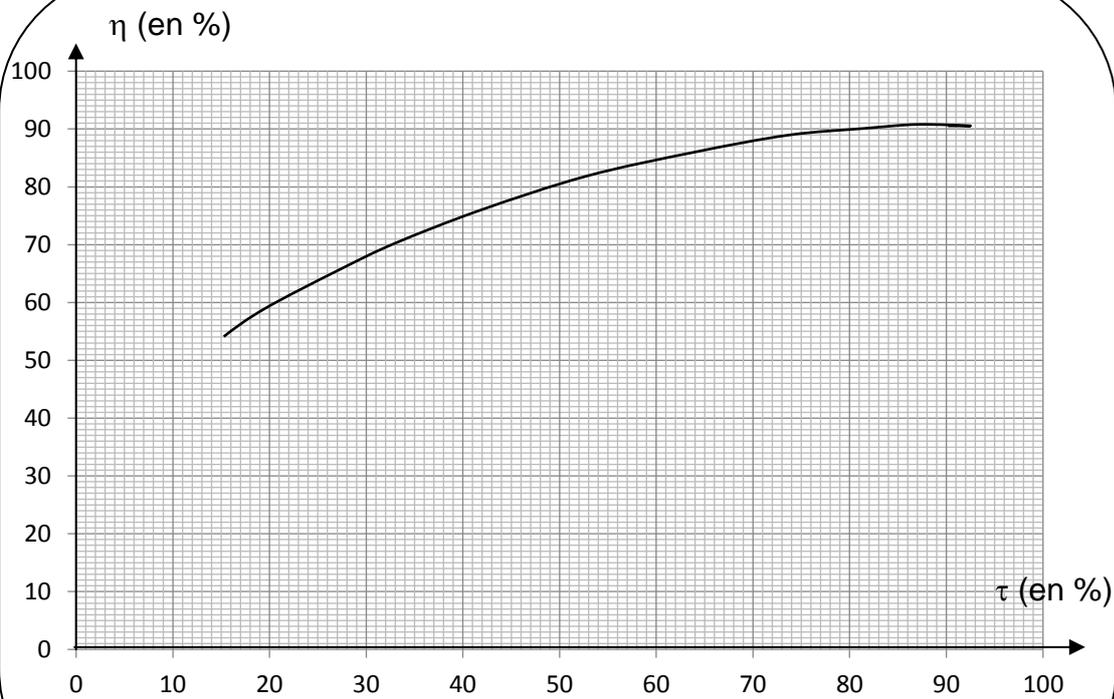


Débit Q en fonction de la hauteur h mesurée par le capteur à ultrasons.

Annexe 2

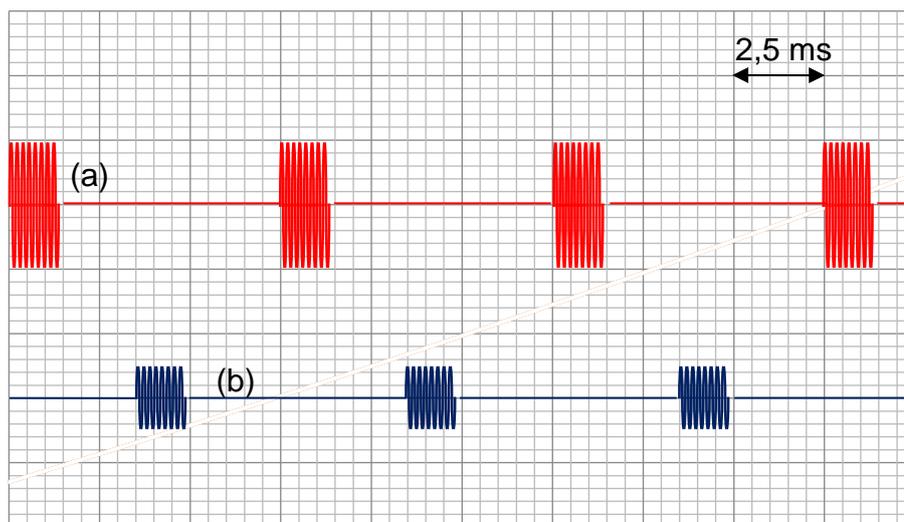
Puissance nominale (kW)	132
Fréquence (Hz)	50
Nombre de pôles	4
Vitesse de rotation nominale (tr.min <sup>-1</sup> )	1485
Glissement (en %)	1
Tension nominale (en V)	230 / 400
Courant nominal (en A)	234 / 136
Courant à vide (en A)	75,0 / 43,5

**Tableau 2** : caractéristiques du moteur asynchrone du surpresseur  $M_1$



Rendement  $\eta$  du moteur asynchrone du surpresseur  $M_1$  en fonction du taux de charge  $\tau$

Annexe 3



*Chronogrammes des salves émises (a) et reçues (b) par le capteur à ultrasons*

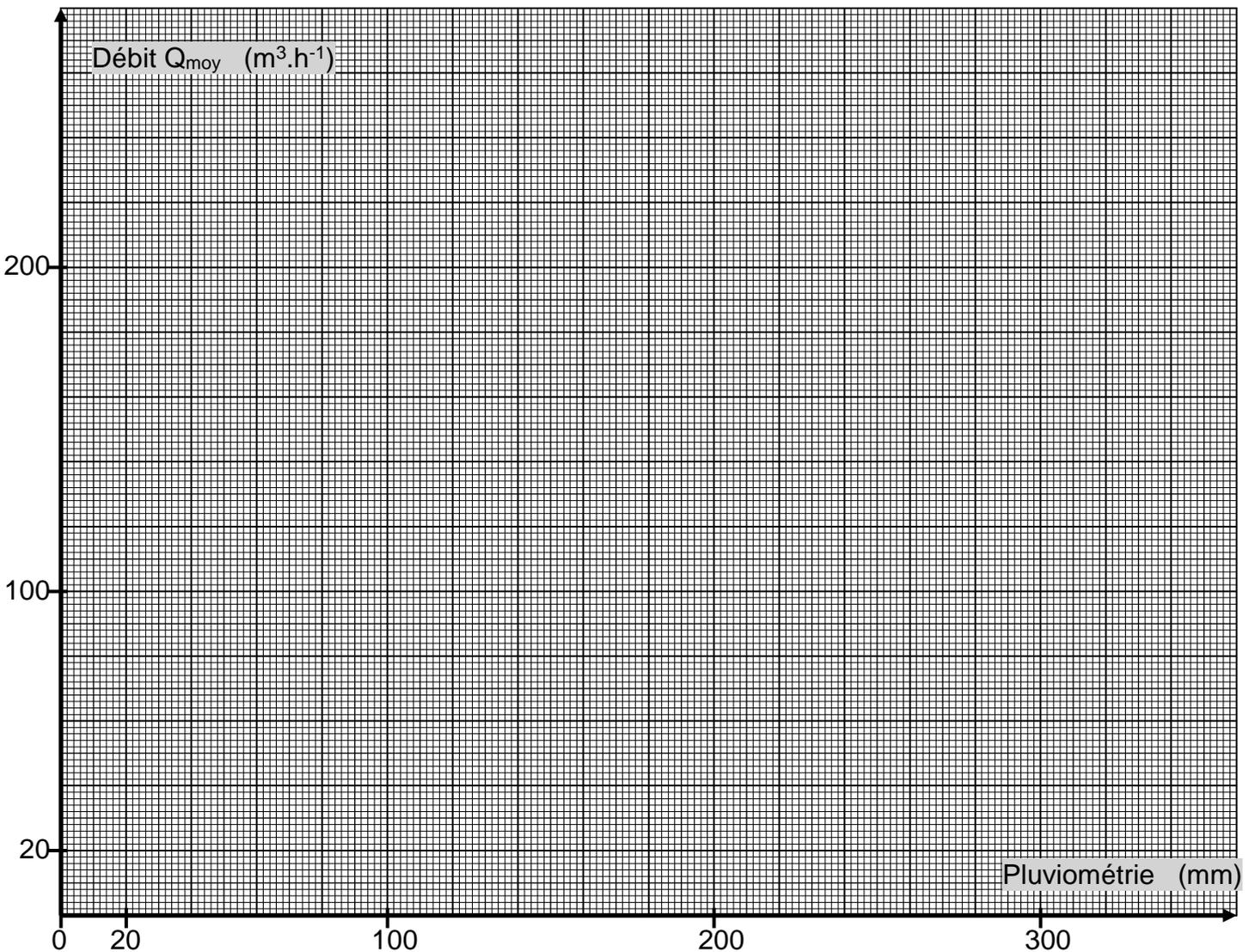
BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 24/28

**Document Réponse 1** (à rendre avec la copie) :

**Question A.1.1 et A.1.2**

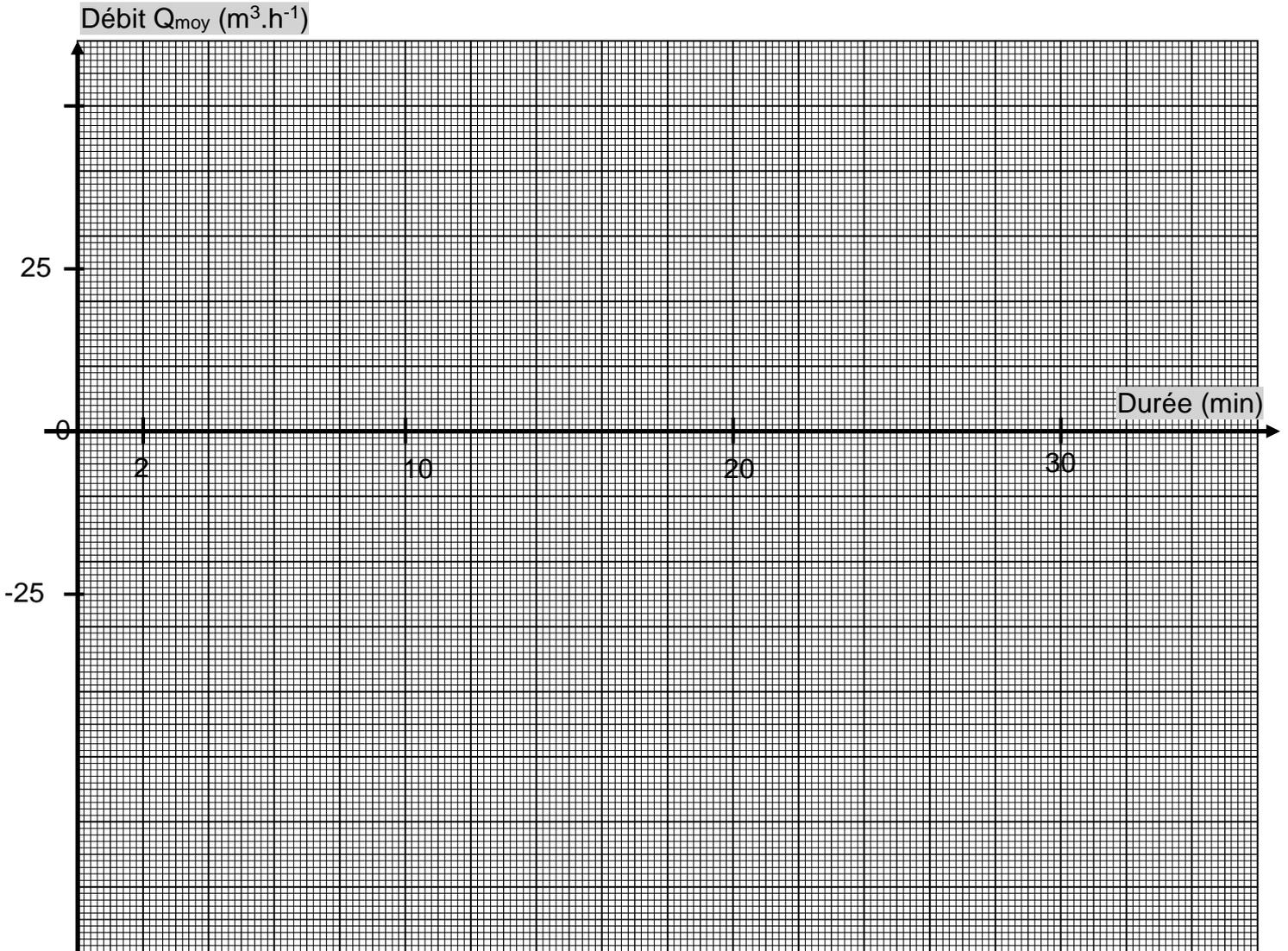
Mois	Volume en sortie (m <sup>3</sup> )	Pluviométrie (mm)	Débit Q <sub>moy</sub> (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Taux de charge T <sub>c</sub> (%)
Juillet 2014	94706	92	.....	.....
Août 2014	113447	147,8	.....	.....
Septembre 2014	72770	24,5	.....	.....
Mars 2001		310		

**Question A.2.2**



**Document Réponse 2** (à rendre avec la copie) :

**Question A.4.1**

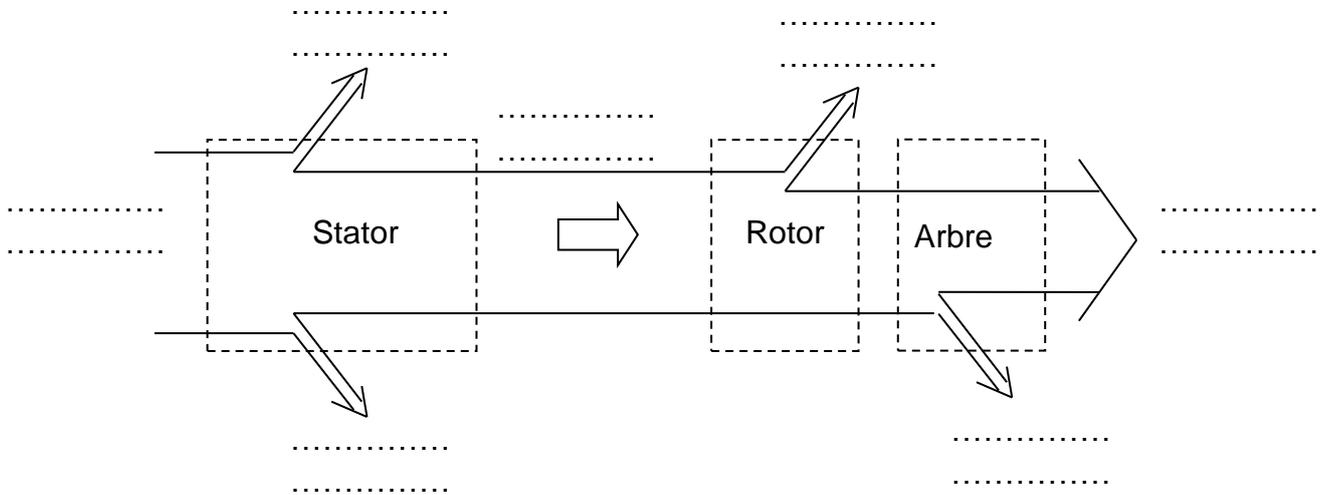


BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 26/28

**Document Réponse 3** (à rendre avec la copie) :

**Question B.2.1.4**

Arbre de puissances du moteur asynchrone :

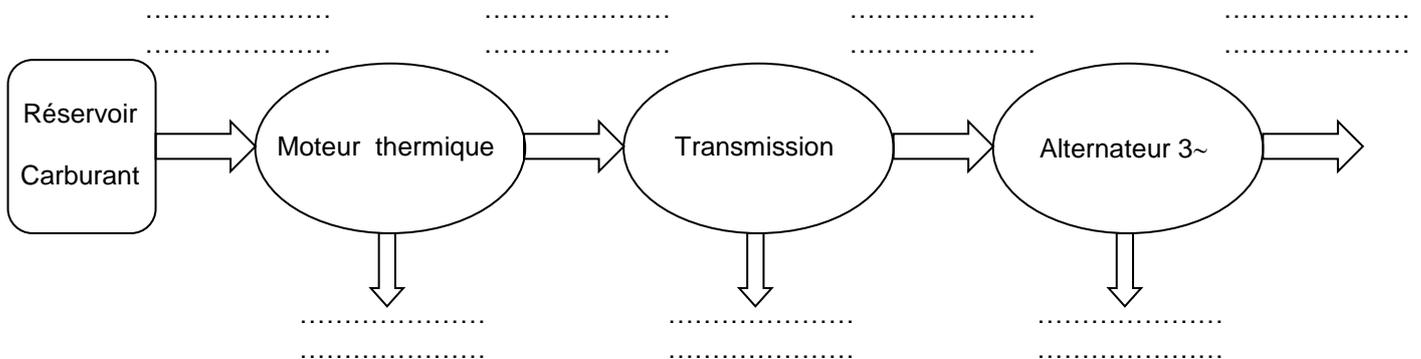


**Question B.2.1.5**

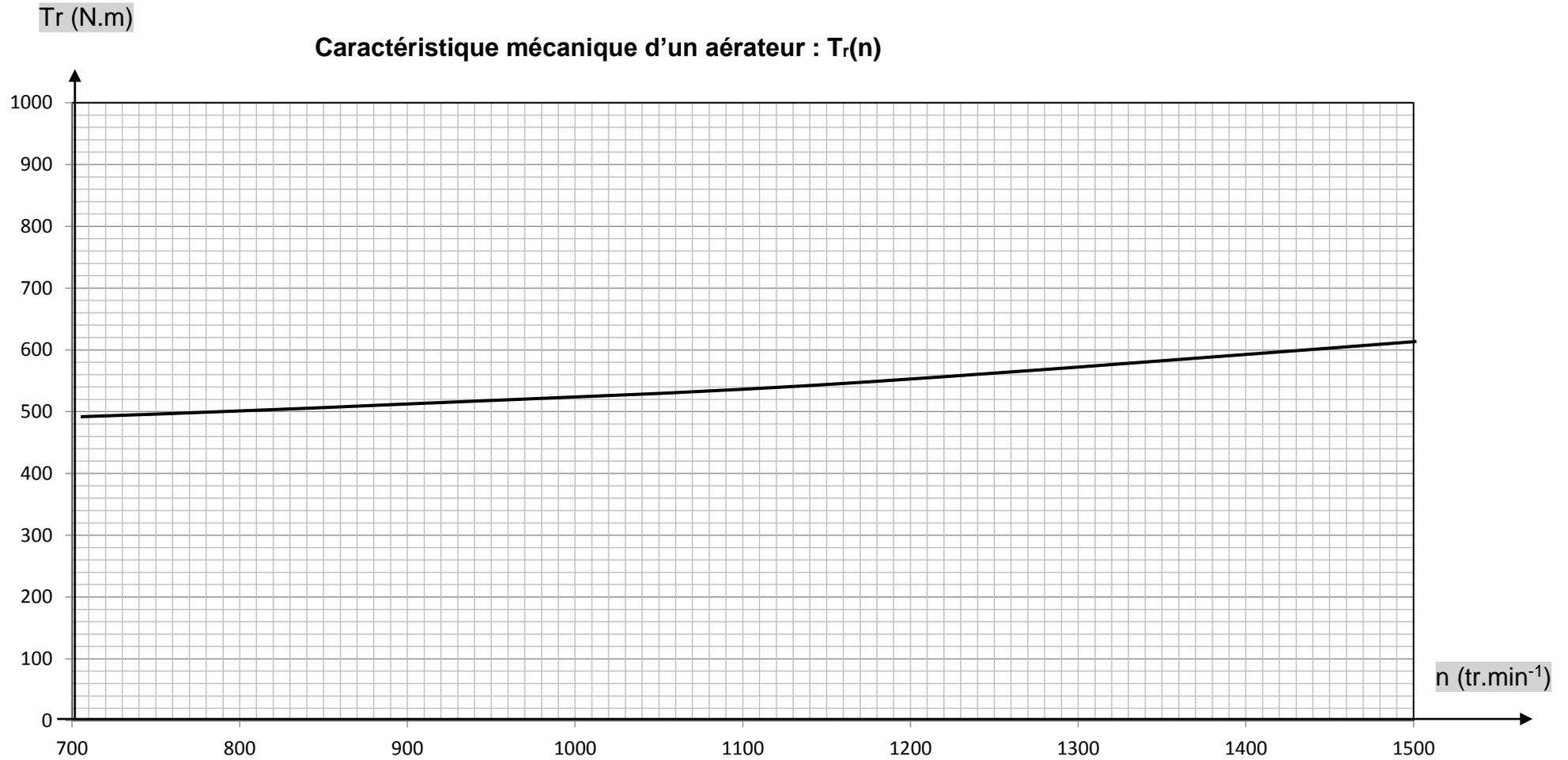
Pourcentage de la fréquence nominale	100%	50%
Durée de fonctionnement (en min)	10 min	20 min
Puissance utile (en kW)	93,6	37,2
Taux de charge (en %)	....	....
Rendement (en %)	....	....
Puissance absorbée (en kW)	....	....

**Question D.2.1**

Schéma synoptique de la chaîne énergétique du groupe électrogène



**Document Réponse 4** (à rendre avec la copie) :



BTS ÉLECTROTECHNIQUE	Épreuve E.4.1	SESSION 2017
Étude d'un système technique industriel Pré-étude et Modélisation	Repère : 17PO-EQPEM	Page 28 sur 28