



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Travaux Publics

Mathématiques Physique Appliquée

ÉPREUVE E3

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 1 sur 8

L'USINE MARÉMOTRICE DE LA RANCE UN SITE UNIQUE AU MONDE

INTRODUCTION : Le barrage de l'usine marémotrice de la Rance, près de Saint-Malo, produit à partir de la force des marées de l'électricité de façon industrielle. Son principe de fonctionnement repose sur l'utilisation de la force du courant créée par l'amplitude des marées (figure 1). Cette force entraîne 24 turbines. Chacune d'entre elles est mécaniquement couplée à un alternateur triphasé qui lui-même est relié au réseau électrique EDF.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes.

- Partie A : Mécanique des fluides (7 points).
- Partie B : Chimie oxydoréduction (6,5 points).
- Partie C : Éclairage (6,5 points).

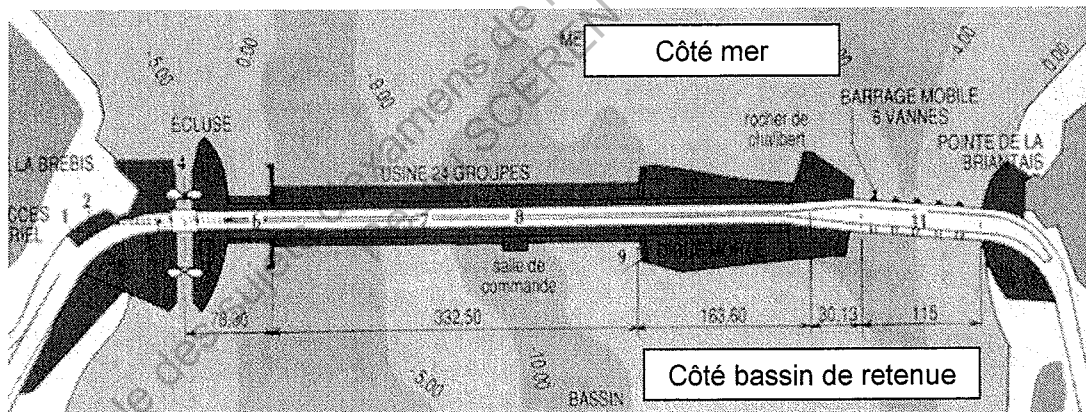


FIGURE 1

Données :

- Masse volumique de l'eau de mer : $\rho_{\text{eau salée}} = 1030 \text{ kg/m}^3$
- Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Pression atmosphérique $P_0 = 1,01 \text{ bar}$ avec $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascal}$.
- Hypothèse d'étude (figure 2) : on considèrera que pendant la phase 1, les niveaux d'eau restent constants : altitude des points :
 $z_A = 6,70 \text{ m}$, $z_B = z_C = -5,75 \text{ m}$, $z_D = 3,00 \text{ m}$
- Diamètre de la conduite au point B : $D_B = 8,50 \text{ m}$.
 Diamètre de la conduite au point C : $D_C = 5,50 \text{ m}$.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 2 sur 8

- Partie A : Mécanique des fluides (7 points).

L'usine ne fonctionne que par intermittence car le remplissage du bassin de retenue est soumis au rythme des marées. On distingue trois phases dans son fonctionnement :

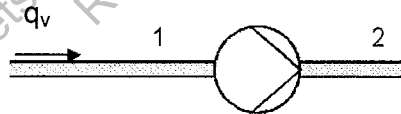
- Phase 1 : production d'énergie électrique quand l'eau s'écoule du bassin vers la mer lors de la marée descendante : environ 6,20 h par jour.
- Phase 2 : production d'énergie électrique quand l'eau s'écoule de la mer vers le bassin lors de la marée montante : environ 1,10 h par jour.
- Phase 3 : consommation d'énergie électrique pour pomper l'eau de mer vers le bassin pendant les heures dites «creuses» afin de fournir plus d'énergie électrique lors des heures dites de «pointe» : environ 0,68 h par jour.

L'usine comporte 24 turbines, fonctionnant simultanément. Chacune d'elles est couplée à un alternateur produisant de l'électricité. En phase 1, 2 ou 3, le débit de l'eau de mer au niveau de chacune des turbines est q_v égal à $275 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

- L'équation de Bernoulli généralisée sans turbine ou pompe est rappelée ci-dessous :

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = 0$$

- L'équation de Bernoulli généralisée avec turbine ou pompe est rappelée ci-dessous :



$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P_H}{q_v}$$

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 3 sur 8

Mise en situation d'une turbine et visualisation des points A, B, C et D sur la figure 2.

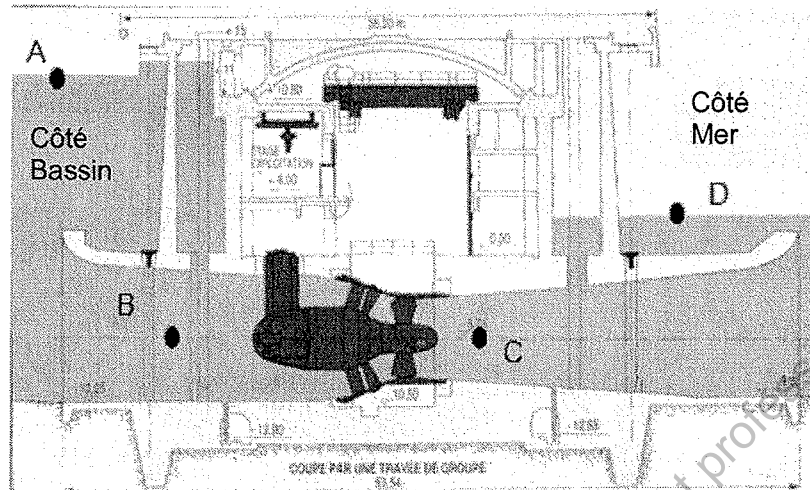


FIGURE 2

- 1 Calculer le volume d'eau transitant par jour et pour l'ensemble de l'usine pendant la phase 1.
- 2 Rappeler dans quelles conditions on peut exploiter l'équation de Bernouilli généralisée.
- 3 Dans la suite de l'exercice, on considère ces conditions remplies et on se place pendant la phase 1.
 - 3.1 Calculer la vitesse V_B de l'eau salée au point B.
 - 3.2 Calculer la vitesse V_C de l'eau salée au point C.
 - 3.3 Expliquer l'intérêt du rétrécissement de la conduite en C.
 - 3.4 En appliquant l'équation de Bernouilli généralisée entre A et B, calculer la pression p_B au point B.
 - 3.5 En appliquant l'équation de Bernouilli généralisée entre C et D, calculer la pression p_C au point C.
 - 3.6 En appliquant l'équation de Bernouilli généralisée entre B et C, calculer la puissance hydraulique P_H d'une turbine.
- 4 Pour évaluer le potentiel d'un barrage hydraulique, on utilise classiquement la formule : $P_H = \rho.g.H.q_v$ où H est la hauteur de chute de l'eau. Démontrer cette égalité en appliquant l'équation de Bernouilli généralisée entre A et D.
- 5 Faire l'application numérique pour une turbine du barrage de la Rance.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 4 sur 8

- 6 En reprenant le résultat de la question 3.6, calculer la puissance électrique totale P_e de l'usine sachant que le rendement n'est que de 70%.
- 7 Pendant la phase 2, on suppose que les 24 turbines récupèrent une puissance électrique identique à celle de la phase 1. Pendant la phase 3, les 24 turbines consomment une puissance électrique de 240 MW. En tenant compte des 3 phases de fonctionnement, calculer l'énergie électrique E en Wh fournie par l'usine pendant une année de 365,25 jours.

Cette énergie correspond à la consommation annuelle d'une ville de 250 000 habitants.

• Partie B : Chimie oxydoréduction (6,5 points).

Le problème le plus important rencontré par les ingénieurs lors de la conception du barrage de la Rance a été de faire face à la corrosion.

Deux types de protection ont été envisagés :

- par anode sacrificielle,
- par courant imposé.

Données :

- Les potentiels standards d'oxydoréduction : $E_0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44\text{V}$ et $E_0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{V}$.
- Masse molaire atomique : $M_{\text{fer}} = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{zinc}} = 65,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- 1 mole d'électrons correspond à une charge $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Le pouvoir corrosif de l'eau de mer sur le fer est de $p = 0,18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ (gramme par mètre carré et par heure).
- La surface totale S du fer à protéger (constitué de 24 turbines, de 6 vannes et une écluse) est égale à 260 m^2 .

1 Protection par anode sacrificielle.

1.1 Donner les demi-équations électroniques des couples Fe^{2+}/Fe et Zn^{2+}/Zn .

1.2 Expliquer par une phrase l'expression : « anode sacrificielle ».

1.3 Faire un schéma de principe de ce type de protection. Indiquer l'anode, la cathode, le fer, le zinc, le sens de circulation des électrons et le sens du courant.

1.4 Sans protection, quelle masse de fer m_{Fe} disparaîtrait par an ?

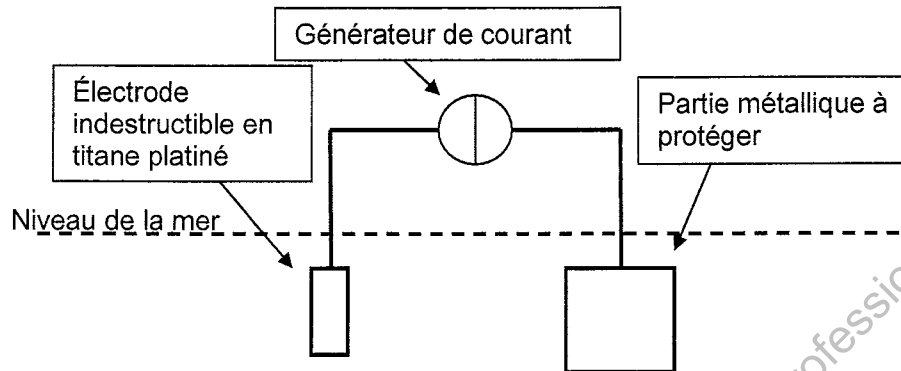
1.5 Avec protection, quelle masse de zinc m_{Zn} passerait en solution par an ?

Les coûts de maintenance et d'arrêt de production pour le remplacement des plots de zinc étant trop importants, cette solution n'a pas été retenue.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 5 sur 8

2 Protection par courant imposé.

2.1 A l'aide du schéma ci-dessous, expliquer le fonctionnement de ce type de protection.



2.2 Calculer l'intensité I du courant débité par le générateur pour assurer la même protection.

2.3 La tension d'alimentation choisie est égale à 24 V. On rappelle qu'en électricité, en régime continu, la puissance se calcule à l'aide de la relation : $P = U.I$. Calculer l'énergie électrique en Wh nécessaire par an pour la protection du barrage.

C'est cette solution qui a été retenue malgré le coût de l'installation et notamment des électrodes indestructibles en titane platiné. Environ 1000 électrodes ont été installées sur l'ensemble du barrage.

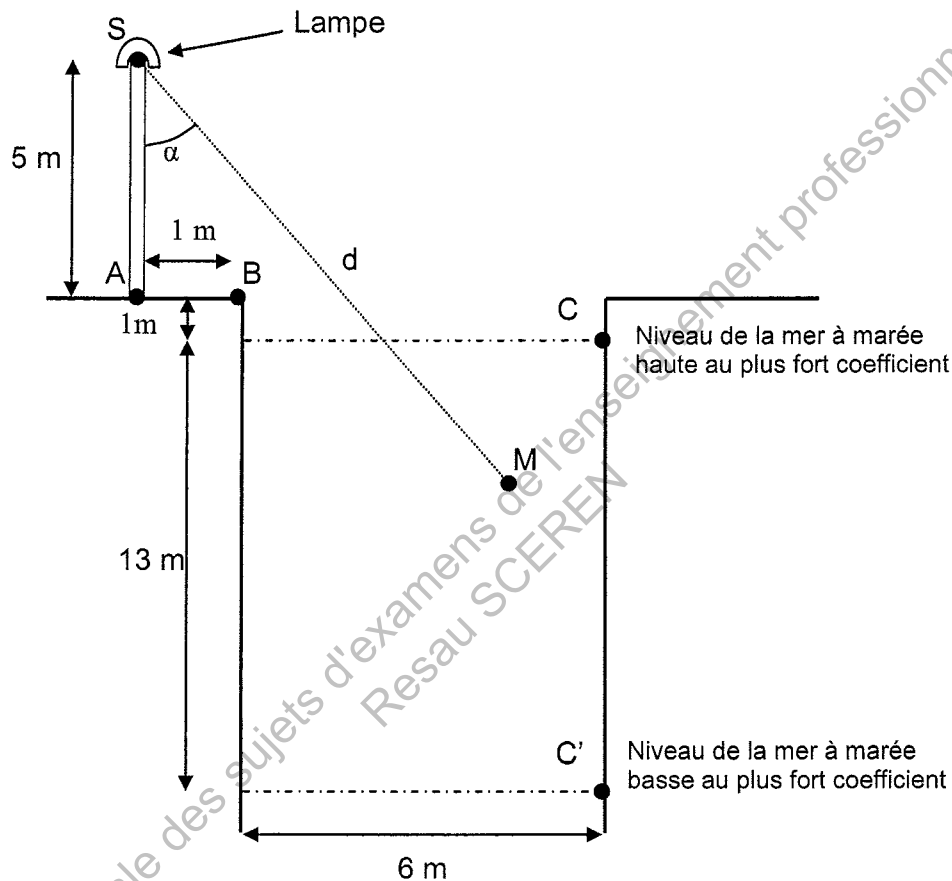
Base Nationale des sujets d'examen de l'enseignement professionnel
Resau SCITEN

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 6 sur 8

- Partie C : Éclairage (6,5 points).

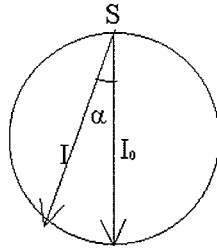
Le barrage obstruant l'entrée de la Rance, une écluse a été mise en place pour le passage des bateaux. Cette écluse fonctionnant de jour comme de nuit, un éclairage a été installé pour la manœuvre des bateaux.

Voici le schéma en coupe de l'écluse. Il faut éclairer le quai aux points A et B et l'eau aux points C ou C' en fonction du niveau de la mer.



- Donner l'expression littérale de l'éclairement E au point M (sur une surface horizontale) en fonction de la distance $d = SM$, de l'angle α et de l'intensité lumineuse I_α de la lampe dans la direction α .
- L'intensité lumineuse du lampadaire n'est pas la même dans toutes les directions. La surface indicatrice d'intensité lumineuse est une sphère passant par la lampe, le centre de la sphère étant sur la verticale de la lampe.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 7 sur 8



En déduire que l'intensité lumineuse I_α dans une direction quelconque faisant l'angle α par rapport à la verticale est $I_\alpha = I_0 \cdot \cos(\alpha)$ (I_0 étant la valeur de l'intensité lumineuse à la verticale de la lampe).

- 3 Donner l'expression littérale de l'éclairement E au point M en fonction de la distance d , de l'angle α et de l'intensité lumineuse à la verticale I_0 .
- 4 Pour respecter la réglementation, l'éclairement aux points A , B , C et C' doit être au minimum de 25 lux. Déterminer l'intensité minimum I_{0min} .
- 5 Pour ce type de lampe, le flux lumineux s'exprime par la relation $F = I_0 \cdot \pi$. Calculer le flux minimum que doit posséder la lampe.
- 6 On propose 2 lampes :

Type de la lampe	Flux en lm	Efficacité en lm/W
iodure métallique à brûleur céramique	40 000	90
halogène	38 000	30

Ces deux lampes peuvent-elles convenir ? Expliquer.

- 7 Calculer la puissance électrique consommée par chacune des lampes.
- 8 D'un point de vue écologique, quel critère doit-on prendre en compte pour le choix de la lampe ?

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 8 sur 8