Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS TP, veuillez visiter :
btstp.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS TRAVAUX PUBLICS • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences physiques appliquées

Session 2019 • Code sujet : **19TVE3SC1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude de la statique et de la dynamique de l'eau du barrage (8 questions) **Page 3**

2. La surveillance du barrage (5 questions) **Page 6**

3. Le béton du barrage (5 questions) **Page 8**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2019/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

1. Étude de la statique et de la dynamique de l'eau du barrage

L'étude porte sur le barrage poids de Sarrans, ses dimensions et les caractéristiques de l'eau et du béton. Elle examine la pression exercée sur l'ouvrage et sa stabilité, puis l'écoulement dans une turbine et sa puissance utile.

Question 1.1. Exprimer, puis calculer la pression relative de l'eau à la base du barrage, au point B.

En hydrostatique, la pression relative à une profondeur H est donnée par $p = \rho_{eau} g H$. Au point B, $H = 95{,}0\ \text{m}$, $\rho_{eau} = 1000\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ainsi, $p_B = 1000 \times 9{,}81 \times 95{,}0$. La pression relative ne comprend pas la pression atmosphérique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Au point B : $p_B = 9{,}32 \times 10^5\ \text{Pa}$, soit $0{,}932\ \text{MPa}$ de pression relative.

Question 1.2. Montrer que la valeur de la force pressante F exercée par l'eau sur la paroi verticale du barrage est d'environ 1 × 10¹⁰ N.

Grandeur	Calcul	Valeur
Surface immergée	$225 \times 95{,}0$	$21375\ \text{m}^2$
Pression à mi-profondeur	$1000 \times 9{,}81 \times 95{,}0/2$	$465975\ \text{Pa}$
Force pressante	Pression × surface	$9{,}96 \times 10^9\ \text{N}$

La pression est évaluée à la mi-profondeur, conformément à l'annexe 1.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La force exercée par l'eau vaut $F \approx 9{,}96 \times 10^9\ \text{N}$, soit environ $1 \times 10^{10}\ \text{N}$.

Question 1.3. Indiquer les caractéristiques de cette force pressante : son sens, sa direction et son point d'application.

La force résultante est perpendiculaire à la paroi verticale : sa direction est donc horizontale. Son sens va de l'amont vers l'aval, car l'eau pousse le barrage. Elle s'applique au centre de pression de la surface immergée, au milieu de la longueur du barrage. La pression étant croissante avec la profondeur, ce point se situe à $2H/3$ sous la surface libre, soit à $H/3$ au-dessus du fond.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Force horizontale, dirigée de l'amont vers l'aval, appliquée au centre de pression : à $63{,}3\ \text{m}$ sous la surface, au milieu de la longueur.

Question 1.4. **L'épaisseur du barrage est environ 3,5 fois supérieure à l'épaisseur minimale BCmin nécessaire à sa stabilité. Vérifier que le barrage respecte cette condition de stabilité.**

Grandeur	Relation ou valeur	Résultat
Force de l'eau	Valeur calculée en 1.2	$9{,}96 \times 10^9$ N
Poids minimal du béton	$P = \rho_{béton} g L (AB)(BC_{min})/2 = F$	$BC_{min} \approx 21{,}5$ m
Rapport réel/minimal	$75/21{,}488$	$3{,}49$

L'épaisseur réelle est donc bien environ 3,5 fois l'épaisseur minimale requise.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $BC_{min} \approx 21{,}5$ m et $BC/BC_{min} \approx 3{,}49$: l'épaisseur satisfait la condition annoncée.

Question 1.5. **Calculer le débit volumique Dv de l'eau à la sortie d'une des trois turbines identiques installées dès l'origine.**

Pour l'eau, le débit massique et le débit volumique sont liés par $D_m = \rho_{eau} D_v$. L'annexe 2 donne, pour chacune des trois turbines identiques, $D_m = 5{,}0 \times 10^4$ kg\cdotps^{-1}. Avec $\rho_{eau} = 1000$ kg\cdotpm^{-3}, on divise le débit massique par la masse volumique. Il s'agit du débit d'une seule turbine.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le débit volumique à la sortie d'une turbine est $D_v = 50$ m^3\cdotps^{-1}.

Question 1.6. **Montrer que la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau veau dans une canalisation est proche de 7 m·s⁻¹.**

1. Le débit vérifie $D_v = S v_{eau}$, donc $v_{eau} = D_v / S$.
2. La canalisation a un diamètre de 3 m, donc un rayon de $1{,}5$ m et une section $S = \pi (1{,}5)^2$ m^2.
3. Avec le débit d'une turbine, $D_v = 50$ m^3\cdotps^{-1}, on obtient la vitesse moyenne demandée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dans la canalisation, $v_{eau} = 50/[\pi (1{,}5)^2] \approx 7{,}1$ m\cdotps^{-1}, soit près de 7 m\cdotps^{-1}.

Question 1.7. **En appliquant la relation de Bernoulli, calculer la puissance utile d'une turbine. Prendre comme point d'entrée E un point à la surface de l'eau de la retenue et comme point de sortie S un point à la surface de la Truyère, en sortie de canalisation, avec vS non nul. Choisir comme origine des altitudes un point à la surface de la Truyère.**

Aux deux surfaces libres, $P_E = P_S$. Avec l'origine à la surface aval, $z_E = 95\ \text{m}$, $z_S = 0$ et $v_E \approx 0$. La relation de Bernoulli donne $P_u = D_v[\frac{1}{2}\rho v_S^2 - \rho g(95)]$. On prend $D_v = 50\ \text{m}^3\backslash\text{cdotps}^{-1}$ et $v_S = 7{,}07\ \text{m}\backslash\text{cdotps}^{-1}$. Le signe négatif indique que l'eau cède de l'énergie à la turbine ; la puissance utile reçue par celle-ci est $|P_u|$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La turbine reçoit une puissance utile d'environ $4{,}5 \times 10^7\ \text{W}$, soit $45\ \text{MW}$.

Question 1.8. **Citer une cause expliquant que la puissance utile calculée à la question 1.7 soit supérieure à la puissance annoncée pour chacune des trois turbines.**

Le calcul de 1.7 repose sur le modèle d'un fluide parfait et ne prend pas en compte les dissipations de l'installation réelle. Dans les conduites et la turbine, les frottements et les turbulences entraînent des pertes d'énergie. De plus, la conversion de l'énergie hydraulique en énergie mécanique puis électrique n'a pas un rendement de 100 %. Ces effets réduisent la puissance réellement fournie par rapport à la valeur calculée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les frottements, les turbulences et le rendement inférieur à 100 % diminuent la puissance réelle de la turbine.

2. La surveillance du barrage

La surveillance du béton du barrage s'appuie sur une méthode non destructive utilisant des ultrasons, dont le principe est présenté en annexe. Les questions portent sur les ondes et sur l'interprétation d'un échogramme pour déterminer une épaisseur et repérer des défauts.

Question 2.1. Sans tenir compte des différences de célérité, rappeler la différence majeure entre une onde électromagnétique et une onde sonore.

Une onde sonore est une onde mécanique : elle correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel et ne se propage donc pas dans le vide. Une onde électromagnétique n'a pas besoin d'un support matériel et peut se propager dans le vide. La différence majeure demandée porte ainsi sur la nécessité d'un milieu de propagation, sans tenir compte de la célérité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une onde sonore nécessite un milieu matériel pour se propager ; une onde électromagnétique peut se propager dans le vide.

Question 2.2. Les sons audibles par l'Homme ont une fréquence comprise entre 2 × 10¹ Hz et 2 × 10⁴ Hz. Les ultrasons utilisés pour le contrôle du béton ont une période de 0,2 millionième de seconde. Justifier qu'ils ne sont pas audibles par les techniciens.

La période vaut $T = 0{,}2 \times 10^{-6}\,\mathrm{s} = 2{,}0 \times 10^{-7}\,\mathrm{s}$. La fréquence est l'inverse de la période : $f = 1/T = 5{,}0 \times 10^{6}\,\mathrm{Hz}$. Or les sons audibles ont une fréquence au plus égale à $2 \times 10^{4}\,\mathrm{Hz}$. La fréquence des ultrasons est donc très supérieure à cette limite : les techniciens ne peuvent pas les entendre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La fréquence ultrasonore est $5{,}0 \times 10^{6}\,\mathrm{Hz}$, au-dessus de la limite audible de $2 \times 10^{4}\,\mathrm{Hz}$: elle est inaudible.

Question 2.3. À partir de l'échogramme obtenu avec une sensibilité horizontale de 0,55 ms/div et du principe de mesure présenté en annexe 3, déterminer l'épaisseur de la zone de béton étudiée.

Sur l'échogramme, le pic d'interface et le pic de fond sont séparés de 9 divisions. Le temps mesuré pour l'aller-retour est donc $\Delta t = 9 \times 0{,}55\,\mathrm{ms} = 4{,}95\,\mathrm{ms}$. Le béton est indiqué de bonne qualité, donc sa célérité vaut $4000\,\mathrm{m\backslash cdot ps}^{-1}$. Comme l'onde parcourt deux fois l'épaisseur, $e = v\Delta t/2 = 9{,}9\,\mathrm{m}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'épaisseur de béton étudiée, obtenue en tenant compte de l'aller-retour de l'onde, est de $9{,}9\,\mathrm{m}$, soit environ $10\,\mathrm{m}$.

Question 2.4. **Justifier la différence d’amplitude des deux pics extrêmes de l’échogramme.**

Les deux pics extrêmes correspondent au signal d’émission à l’interface et à l’écho réfléchi par le fond du béton. Pour produire l’écho de fond, l’onde traverse le matériau jusqu’à son extrémité puis revient au transducteur. Une partie de son énergie est absorbée ou dissipée pendant ce trajet. Le pic de fond présente donc une amplitude plus faible que le pic d’émission.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le pic d’écho du fond est moins ample que celui de l’interface, car l’onde perd de l’énergie durant son aller-retour dans le béton.

Question 2.5. **Déterminer combien de défauts comporte le barrage dans la zone étudiée et justifier la réponse.**

L’échogramme présente deux pics intermédiaires entre le pic d’interface et le pic de fond. Selon l’annexe 3, lorsqu’une onde ultrasonore rencontre un défaut, elle est réfléchie et le transducteur détecte un écho, visible sous la forme d’un pic. Les pics intermédiaires correspondent donc aux échos de défauts dans la zone de béton contrôlée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La zone étudiée comporte 2 défauts, repérés par les deux pics intermédiaires entre les échos d’interface et de fond.

3. Le béton du barrage

Cette partie étudie le ciment, liant du béton du barrage, et sa teneur en calcium. Un titrage complexométrique des ions calcium est réalisé sur une solution préparée à partir d'un échantillon de ciment, selon le protocole fourni en annexe.

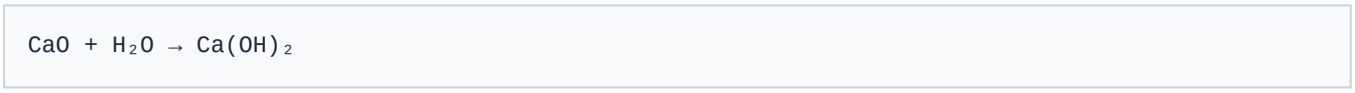
Question 3.1. L'hydratation du ciment est exothermique. Définir ce qualificatif.

Une réaction exothermique libère de l'énergie thermique vers le milieu extérieur. Pour l'hydratation du ciment, cette énergie est transférée sous forme de chaleur, ce qui peut entraîner une élévation de température.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une réaction exothermique libère de la chaleur vers le milieu extérieur.

Question 3.2. Écrire l'équation d'hydratation de la chaux vive, aussi appelée réaction d'extinction, qui conduit à la formation d'hydroxyde de calcium.

La chaux vive réagit avec l'eau pour former l'hydroxyde de calcium. L'équation équilibrée de la réaction d'extinction est :



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

Question 3.3. Vérifier que la concentration molaire en ions calcium dans la solution de ciment est de 8,0 × 10^{-3} mol·L^{-1}, à partir du protocole et des mesures du titrage.

La réaction de titrage est de proportion 1:1. À l'équivalence, la quantité de calcium dans les 20 mL prélevés est donc égale à la quantité d'EDTA versée :

$n(Ca^{2+}) = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 16{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}60 \times 10^{-4}$ mol ; $C = n/V = (1{,}60 \times 10^{-4})/(20{,}0 \times 10^{-3}) = 8{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $C(Ca^{2+}) = 8{,}0 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}.

Question 3.4. Déduire de la question précédente la masse d'ions calcium dans la solution de ciment.

La solution de ciment préparée à partir de l'échantillon a un volume de 1,0 L. La quantité totale de calcium vaut donc C × V. En multipliant par la masse molaire du calcium, 40 g·mol^{-1}, on obtient :

$m(Ca^{2+}) = 8{,}0 \times 10^{-3} \times 1{,}0 \times 40 = 0{,}32$ g.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La solution contient 0,32 g d’ions calcium.

Question 3.5. Déterminer si le ciment utilisé pour construire le barrage est de bonne qualité et justifier, sachant qu’un ciment est considéré de bonne qualité si son pourcentage massique de calcium est supérieur à 30 %.

La solution contient le calcium extrait de 1,0 g de ciment. Le pourcentage massique de calcium dans l’échantillon est :

(0,32 / 1,0) × 100 = 32 %.

Cette valeur dépasse le seuil de 30 % défini pour un ciment de bonne qualité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui, le ciment est de bonne qualité : sa teneur massique en calcium est de 32 %.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Travaux publics, U3.2 Sciences physiques appliquées, est celle de la session 2019, code 19TVE3SC1, d'une durée de deux heures et de coefficient 2. Autour du barrage hydroélectrique de Sarrans, elle évalue la statique et la dynamique de l'eau, le contrôle du béton par ultrasons et l'analyse du ciment par titrage des ions calcium.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La pression relative dans un liquide au repos augmente avec la profondeur : $p = \rho g h$.
- Pour une paroi verticale, la force pressante se calcule avec la pression à mi-profondeur multipliée par la surface.
- En régime permanent, le débit volumique dans une conduite vérifie $Dv = S \times v$.
- Au titrage des ions Ca^{2+} par l'EDTA, la réaction 1:1 implique l'égalité des quantités de matière à l'équivalence.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités et convertir les volumes, masses et puissances avant les calculs.
- Pour la stabilité, comparer le poids du barrage à la force pressante selon le critère $P \geq F$.
- Sur l'échogramme, tenir compte de l'aller-retour de l'onde pour relier la durée mesurée à la profondeur ou à l'épaisseur.
- Pour calculer le pourcentage massique de calcium, comparer la masse obtenue à la masse initiale de ciment de 1,0 g.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment utiliser la relation de Bernoulli pour déterminer la puissance de la turbine ?

Écrire Bernoulli entre les points d'entrée et de sortie en conservant les termes de pression, d'altitude et de vitesse. Isoler la puissance échangée Pu, puis interpréter son signe : pour une turbine, Pu est négative car le fluide lui fournit de la puissance.

Q : Pourquoi faut-il tenir compte d'un aller-retour pour exploiter l'échogramme ultrasonore ?

L'écho revient au transducteur après réflexion sur une interface ou un défaut. Le temps mesuré correspond au trajet aller-retour de l'onde ; pour obtenir la profondeur, on utilise la moitié de la distance parcourue dans le béton.

Q : Comment organiser les deux heures de cette épreuve ?

Les trois parties indépendantes valent 7,5, 6,5 et 6 points. Répartir le temps en fonction des points, commencer par les questions maîtrisées et garder un moment pour vérifier les unités, les conversions et la rédaction.

Q : Quels critères de qualité faut-il vérifier dans le titrage du calcium ?

Utiliser les volumes en litres et la concentration de l'EDTA, puis appliquer la proportion stœchiométrique 1:1 à l'équivalence. Calculer le pourcentage massique de calcium dans le ciment et le comparer au seuil strictement supérieur à 30 %.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2019/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Travaux Publics : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.