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 2017 • Code sujet : **17TVE3SC1** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Les oscillations d'un pont (9 questions) **Page 3**

2. La dilatation thermique des tabliers (6 questions) **Page 10**

3. Le phénomène de corrosion des structures métalliques (6 questions) **Page 12**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2017/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2017 - 1-Sujet.pdf

1. Les oscillations d’un pont

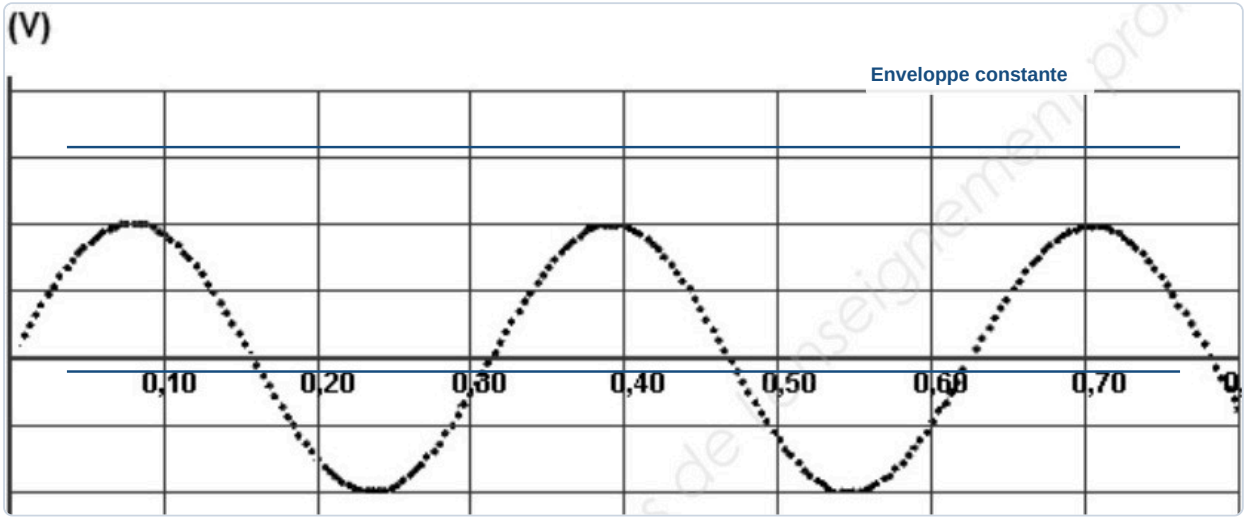
L’exercice étudie le comportement oscillatoire d’un système solide-ressort, puis la résonance entre deux pendules simples. Il analyse ensuite les oscillations du pont de Tacoma, la similitude entre le pont et sa maquette et les hypothèses liées aux tourbillons d’air et à l’inclinaison du tablier.

Partie A

Question Q1. Qualifier le type de régime oscillatoire associé à l’enregistrement du système solide-ressort, puis représenter l’évolution de l’amplitude sur une durée nettement plus longue.

Les maxima successifs gardent la même valeur : l’amplitude reste constante. L’enregistrement correspond donc à un régime périodique non amorti à l’échelle observée. Sur une durée plus longue, l’amplitude reste constante, avec des extrema à environ +2 V et −2 V.

Amplitude constante prolongée



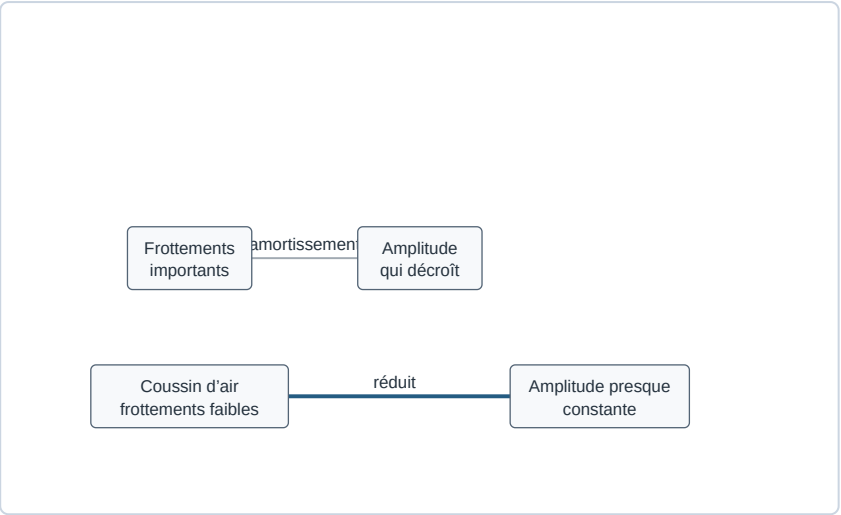
✓ RÉPONSE À RETENIR

Régime périodique non amorti : amplitude constante.

Question Q2. Expliquer, en justifiant la réponse, sur quel paramètre le banc à coussin d’air agit pour conduire à l’enregistrement où l’amplitude ne semble pas varier.

Le banc à coussin d’air réduit les frottements entre le solide et son support. Il diminue ainsi l’amortissement et les pertes d’énergie mécanique à chaque oscillation. L’amplitude décroît alors très peu et semble constante pendant les 0,80 s observées. Le banc n’entretient pas le mouvement par une excitation périodique : il agit principalement sur les frottements.

Effet du coussin d’air



Le coussin d’air réduit les pertes d’énergie par frottement.

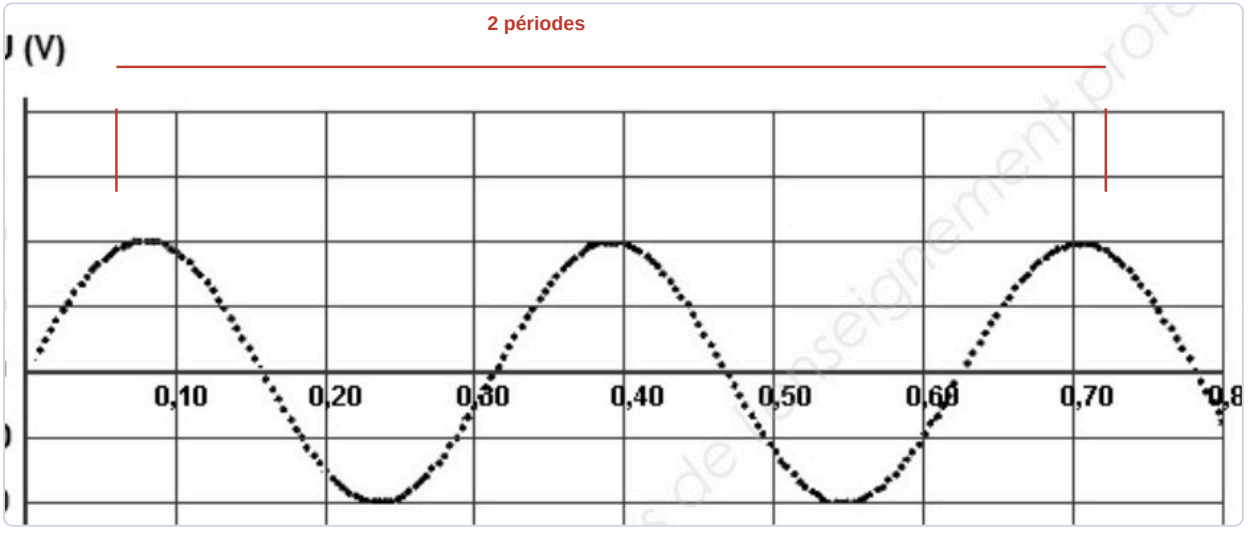
✓ RÉPONSE À RETENIR

Le banc réduit l’amortissement en diminuant les frottements.

Question Q3. À partir de l’enregistrement 2, déterminer la valeur de la période propre T_0 du système solide-ressort étudié.

On mesure l’intervalle entre le premier et le troisième maximum de l’enregistrement 2 : environ 0,70 − 0,08 = 0,62 s, soit deux périodes. Ainsi, **T_0 = 0,62/2 = 0,31 s.**

Lecture de deux périodes



✓ RÉPONSE À RETENIR

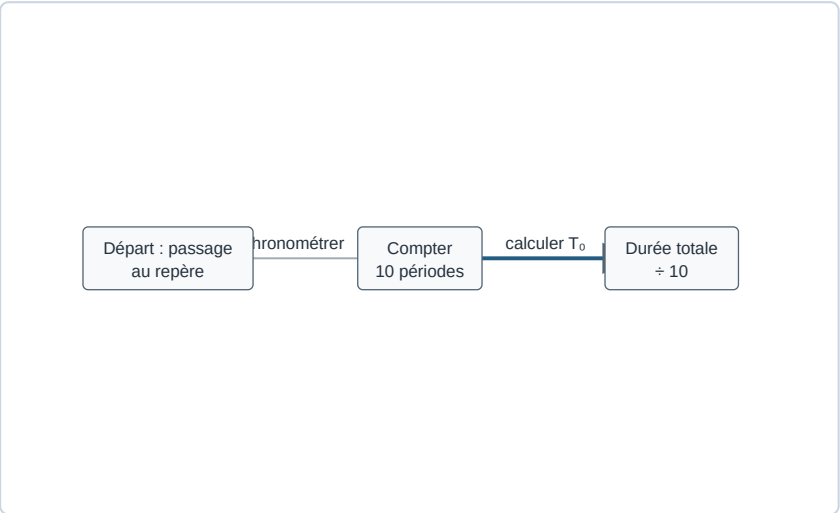
$T_0 \approx 0{,}31$ s.

Question Q4. Indiquer si une montre battant les secondes serait adaptée pour vérifier la période propre du pendule 1. Si oui, détailler le protocole à suivre ; sinon, expliquer pourquoi.

Oui. Pour le pendule 1, de longueur 0,20 m, la relation du pendule simple donne une période proche de 0,90 s. Mesurer plusieurs oscillations permet de réduire l'incertitude de chronométrage.

1. Écarter légèrement le pendule puis le lâcher sans le pousser.
2. Avec la montre, chronométrer 10 allers-retours complets en repérant toujours le même passage.
3. Diviser la durée mesurée par 10 pour obtenir la période moyenne.

Protocole de mesure de la période



Une période correspond à un aller-retour complet.

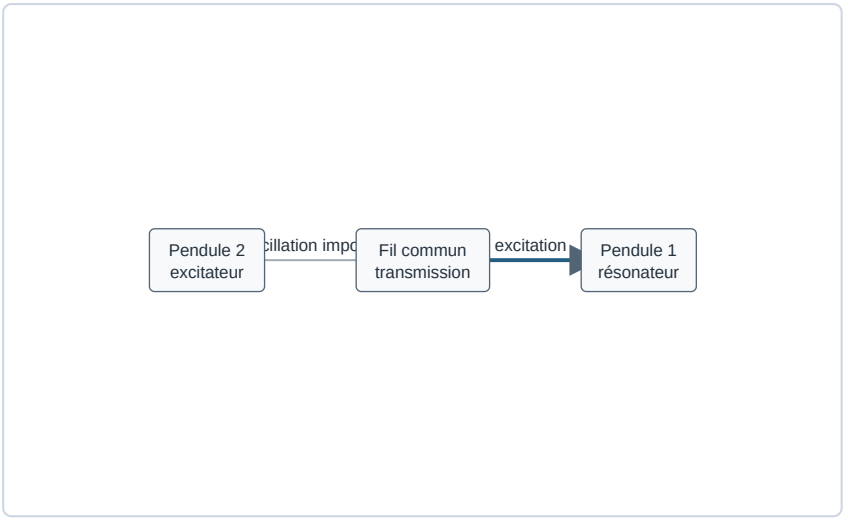
✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui : chronométrer plusieurs allers-retours, puis diviser la durée par leur nombre.

Question Q5. Dans l'expérience précédente des deux pendules, identifier lequel est l'excitateur et lequel est le résonateur.

Le pendule 2, mis en oscillation, transmet une excitation périodique au pendule 1 par le fil commun : c'est l'excitateur. Le pendule 1 reçoit cette excitation et se met à osciller : c'est le résonateur. Sa longueur reste fixe tandis que celle du pendule 2 varie.

Rôle des deux pendules



Le pendule 2 entraîne le pendule 1 par le fil commun.

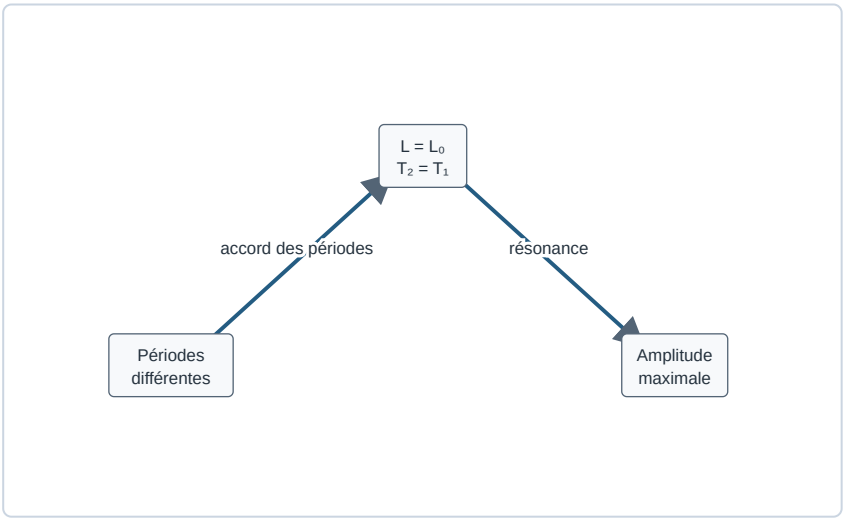
✓ RÉPONSE À RETENIR

Pendule 2 : excitateur. Pendule 1 : résonateur.

Question Q6. Expliquer en quoi l'expérience des deux pendules illustre le phénomène de résonance mécanique.

Le pendule 2 excite périodiquement le pendule 1. Lorsque sa longueur L vaut L_0, les deux pendules ont la même longueur et donc la même période propre, puisque celle-ci dépend de la longueur du fil. Le graphe montre alors que l'amplitude du pendule 1 est maximale : l'excitation est accordée à sa période propre. C'est la résonance mécanique.

Résonance lorsque les périodes coïncident



Le maximum d'amplitude est observé pour la longueur L_0.

✓ RÉPONSE À RETENIR

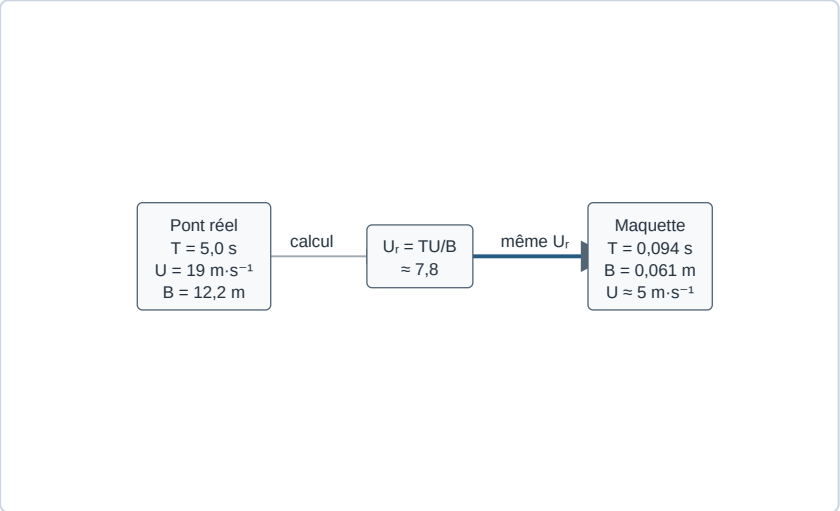
Pour $L = L_0$, l'amplitude du pendule 1 est maximale : il y a résonance.

Partie B

Question Q7. Calculer la vitesse réduite pour le pont de Tacoma, puis montrer que, pour respecter les règles de similitude, il faut régler la soufflerie afin d'obtenir un vent de 5 m·s⁻¹ pour que la maquette simule la destruction du pont.

L'annexe donne $U_r = TU/B$. Pour le pont, $U_r = 5{,}0 \times 19/12{,}2 = 7{,}8$. La similitude impose la même vitesse réduite pour la maquette. Avec B = 6,1 cm = 0,061 m et T = 0,094 s, $U = U_r B/T = 7{,}7869 \times 0{,}061/0{,}094 = 5{,}05$ m·s^{-1}, soit environ 5 m·s^{-1}.

Similitude de vitesse réduite



La maquette reproduit le phénomène si la vitesse réduite est conservée.

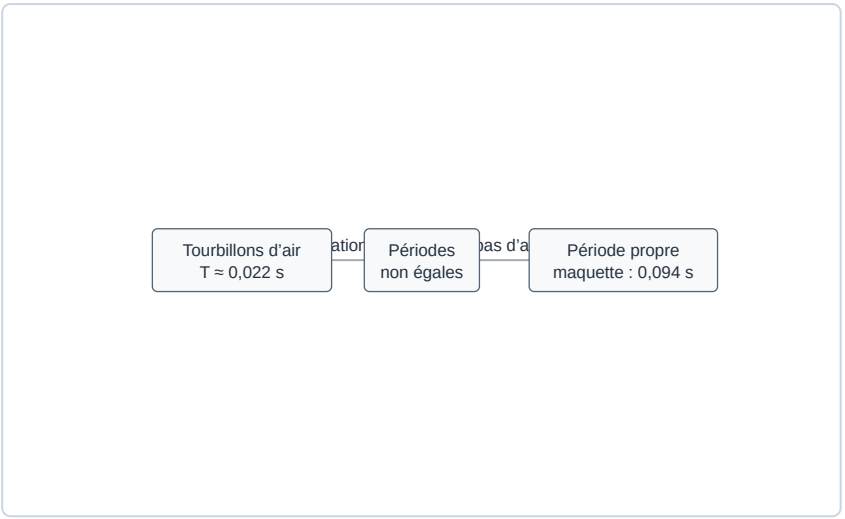
✓ RÉPONSE À RETENIR

U_r du pont ≈ 7,8 ; vitesse de soufflerie ≈ 5 m·s^{-1}.

Question Q8. Sachant que la maquette a une épaisseur de 1,2 cm, montrer que la période des tourbillons d'air ne permet pas l'entrée en résonance de la maquette et ne confirme donc pas l'hypothèse proposée pour expliquer la destruction du pont de Tacoma.

Le nombre de Strouhal vérifie St = D/(UT), donc T = D/(StU). Avec D = 1,2 cm = 0,012 m, St = 0,11 et U = 5 m·s^{-1}, la période des tourbillons vaut $T = 0{,}012/(0{,}11 \times 5) \approx 0{,}022$ s. Elle diffère nettement de la période propre de la maquette, 0,094 s : les tourbillons ne provoquent pas sa résonance.

Comparaison des périodes



La résonance exige l'accord des périodes.

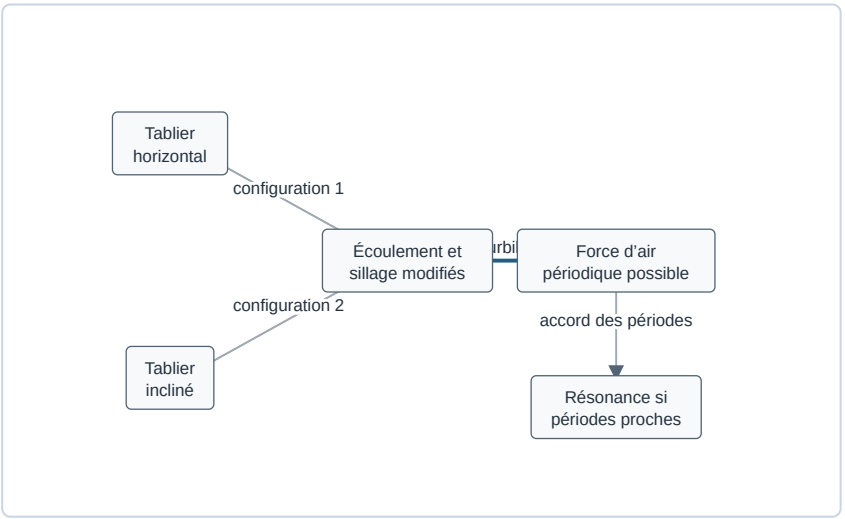
✓ RÉPONSE À RETENIR

$T_{tourbillons}$ ≈ 0,022 s, contre 0,094 s pour la maquette : pas de résonance.

Question Q9. À l'aide du modèle du tablier soutenu par quatre ressorts et des documents présentant l'écoulement autour du tablier horizontal ou incliné, expliquer pourquoi l'hypothèse d'une mise en résonance liée au changement d'inclinaison du vent semble cohérente.

Le tablier, soutenu par quatre ressorts, peut osciller et se tordre. Les documents montrent que son inclinaison modifie l'écoulement de l'air et les tourbillons formés autour de lui. Il peut en résulter une force aérodynamique périodique sur le tablier. Si sa période est proche de la période propre du tablier, cette force peut amplifier les oscillations par résonance. L'hypothèse est donc cohérente.

Effet de l'inclinaison sur l'écoulement



L'inclinaison change l'écoulement autour du tablier et peut modifier les forces aérodynamiques.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L’inclinaison modifie l’écoulement et peut créer une excitation périodique capable d’amplifier les oscillations par résonance.

2. La dilatation thermique des tabliers

L'exercice porte sur le tablier en béton armé du viaduc de Millau, long de 2 460 m, et sur les variations de température auxquelles il est soumis. Il traite de la dilatation linéaire, de la compatibilité entre béton et acier, du calcul de variation de longueur et du rôle des joints de dilatation.

Question Q10. Expliquer le terme « dilatation linéaire » d'un matériau.

La dilatation linéaire est la variation de longueur d'un matériau lorsque sa température change. Elle concerne une seule dimension, contrairement à la dilatation volumique, qui concerne le volume. Lorsqu'il est chauffé, un matériau se dilate généralement et sa longueur augmente ; lorsqu'il est refroidi, il se rétracte et sa longueur diminue. L'ampleur de cette variation dépend notamment de la longueur initiale et du matériau considéré.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La dilatation linéaire désigne la variation de longueur d'un matériau dans une seule direction lorsque sa température change.

Question Q11. Indiquer ce qui pourrait se passer pour le béton armé d'armatures en acier si les coefficients de dilatation du béton et de l'acier étaient très différents.

Une même variation de température provoquerait des variations de longueur différentes dans le béton et les armatures en acier. Comme ces deux matériaux sont solidaires dans le béton armé, ils ne pourraient pas se dilater ou se contracter librement l'un par rapport à l'autre. Cela créerait des contraintes internes dans le tablier, susceptibles de l'endommager.

- Le béton pourrait se fissurer.
- Les armatures pourraient perdre leur adhérence au béton.
- Le tablier pourrait se déformer ou s'affaiblir.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Des coefficients différents créeraient des contraintes internes, pouvant fissurer le béton ou désolidariser les armatures.

Question Q12. Préciser dans quelles conditions de température le tablier du pont va se rétracter ou se dilater.

La dilatation ou la rétraction s'apprécie par rapport à la température initiale du tablier. Si sa température augmente, l'allongement thermique est positif : le tablier se dilate. Si sa température baisse, la variation de longueur est négative : il se rétracte. Pour le viaduc de Millau, le tablier est donc plus court à −17,5 °C qu'à +37,5 °C.

La température de référence détermine la longueur initiale, mais le sens du phénomène dépend de l'augmentation ou de la diminution de température.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le tablier se dilate quand sa température augmente et se rétracte quand elle diminue.

Question Q13. En supposant le tablier constitué d'un matériau uniforme, calculer sa variation de longueur dans les conditions de températures extrêmes du viaduc de Millau. Utiliser le coefficient commun du béton et de l'acier $\alpha = 1{,}2 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$.

La loi de dilatation est $L = L_0 \times \alpha \times T$. Entre les extrêmes, $T = 37{,}5 - (-17{,}5) = 55$ °C. Avec $L_0 = 2\,460$ m et $\alpha = 1{,}2 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$, on obtient $L = 2\,460 \times 1{,}2 \times 10^{-5} \times 55 = 1{,}6236$ m. L'écart de longueur entre ces deux températures vaut donc environ 1,6 m. Le tablier est plus long à la température maximale.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Entre −17,5 °C et +37,5 °C, la longueur du tablier augmente d'environ 1,6 m.

Question Q14. Justifier l'intérêt de poser des joints de dilatation entre la route sur les collines et le tablier du pont.

Le tablier se dilate ou se rétracte avec les variations de température, tandis que la route sur les collines est un ouvrage distinct. Sans dispositif adapté à leur jonction, les mouvements du tablier pourraient exercer des efforts dommageables sur la route ou sur le pont. Le joint permet de conserver une liaison praticable tout en laissant le tablier bouger.

- Il absorbe l'ouverture ou la fermeture de l'espace entre les ouvrages.
- Il limite les contraintes, les fissures et les déformations à la jonction.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le joint laisse le tablier varier en longueur sans endommager la jonction avec la route des collines.

Question Q15. Donner un argument possible pour justifier le choix du modèle B parmi les deux modèles de joints présentés.

Le modèle B présente des éléments métalliques en forme de peigne qui s'emboîtent. Cette géométrie peut accompagner les déplacements relatifs des deux parties du joint lorsque le tablier se dilate ou se rétracte. Elle permet ainsi de maintenir le passage entre le tablier et la route malgré les variations de longueur.

Un argument possible est que ce joint conserve une surface de roulement plus continue et limite les ressauts et les chocs au passage des véhicules.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le modèle B permet le mouvement thermique tout en assurant un passage plus continu pour les véhicules.

3. Le phénomène de corrosion des structures métalliques

L'exercice étudie la corrosion des caissons en acier du viaduc de Millau, les protections prévues et les expériences de corrosion réalisées sur des clous en acier. Il demande d'identifier les facteurs influençant la rouille, d'écrire des réactions d'oxydoréduction et d'expliquer la formation d'une couche protectrice à partir du minium de plomb.

Question Q16. Expliquer pourquoi l'huile se dispose au-dessus de l'eau dans la boîte 2.

L'eau et l'huile ne sont pas miscibles : elles forment deux couches distinctes. Leur densité explique leur position : celle de l'huile vaut 0,92, contre 1,00 pour l'eau. L'huile, moins dense, flotte donc sur l'eau dans la boîte 2.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'huile, moins dense que l'eau, se place au-dessus.

Question Q17. Au vu des expériences proposées et de leurs résultats, identifier les facteurs qui ont une influence sur la formation de la rouille.

Dans la boîte 1, le chlorure de calcium absorbe l'eau et aucune rouille n'apparaît : l'humidité favorise donc la corrosion. Les boîtes 2 et 3, qui contiennent de l'eau, rouillent. La boîte 2 contient de l'eau bouillie, désaérée et recouverte d'huile ; la rouille y est moins visible qu'en boîte 3. Le dioxygène favorise donc aussi la formation de rouille.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'eau et le dioxygène favorisent la formation de rouille.

Question Q18. Citer les dispositions prises sur le viaduc qui permettent de limiter la formation de la rouille.

Le sujet indique trois protections contre la corrosion des caissons en acier. La peinture forme une barrière entre le métal et son environnement. La ventilation par de l'air sec réduit l'humidité à l'intérieur des caissons. Enfin, le système de récupération des eaux de ruissellement limite le contact de l'acier avec l'eau. Ces mesures réduisent ainsi les conditions favorables à la formation de rouille.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Peinture, ventilation par air sec et récupération des eaux de ruissellement.

Question Q19. Écrire la demi-équation électronique du couple Fe^{2+}/Fe. Préciser, en justifiant, quelle espèce est l'oxydant et quelle espèce est le réducteur dans ce couple.

La demi-équation du couple s'écrit **$Fe^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Fe$**. Dans ce sens, l'ion Fe^{2+} capte des électrons : il est réduit et constitue l'oxydant. Dans le sens inverse, le fer métallique cède des électrons : il est oxydé et constitue le réducteur. Les deux espèces du couple sont donc Fe^{2+} (oxydant) et Fe (réducteur).

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Fe^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Fe$; oxydant : Fe^{2+} ; réducteur : Fe.

Question Q20. En vous aidant de la question précédente, indiquer dans l'ordre les équations bilans des trois réactions mises en jeu dans la corrosion du fer.

En suivant l'ordre donné dans le sujet, on écrit d'abord la formation de Fe^{2+} avec dégagement de dihydrogène, puis son oxydation par le dioxygène en hydroxyde de fer(III), et enfin la décomposition de cet hydroxyde en oxyde de fer(III). Les équations ci-dessous sont équilibrées en atomes et en charges :

1. $Fe + 2\ H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$.
2. $4\ Fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$.
3. $2\ Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3\ H_2O$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Fe + 2\ H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$; $4\ Fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$; $2\ Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3\ H_2O$.

Question Q21. Sachant que, dans les conditions de pH de la peinture, les couples mis en jeu sont Pb_3O_4/PbO et FeO/Fe, expliquer la formation d'une couche protectrice constituée d'oxyde de plomb II PbO et d'oxyde de fer II FeO.

Le potentiel du couple Pb_3O_4/PbO (+0,25 V) est supérieur à celui du couple FeO/Fe (-0,50 V). Le minium est donc réduit et le fer est oxydé. En additionnant la demi-équation de réduction $Pb_3O_4 + 2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow 3\ PbO + H_2O$ et la demi-équation inverse $Fe + H_2O \rightarrow FeO + 2\ H^+ + 2\ e^-$, les électrons et ions H^+ s'éliminent. Les oxydes formés composent la couche protectrice.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Pb_3O_4 + Fe \rightarrow 3\ PbO + FeO$.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2017)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Travaux publics, U3.2 Sciences physiques appliquées, session 2017, code 17TVE3SC1, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie les oscillations et la résonance des ponts, notamment Tacoma, la dilatation thermique du tablier du viaduc de Millau et la corrosion des structures métalliques. Les compétences évaluées mobilisent modèles, mesures, calculs et équations chimiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour un pendule simple, la période propre est $T_0 = 2\pi\sqrt{(L/g)}$; elle dépend de la longueur du fil et de l'intensité de la pesanteur.
- La résonance mécanique se produit lorsque l'excitation correspond à la période propre du résonateur, ce qui peut amplifier son mouvement.
- La variation de longueur thermique se calcule par $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$, avec ΔT exprimée en °C ou en K.
- Les expériences montrent que l'humidité et le dioxygène favorisent la rouille ; un air sec limite sa formation.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire l'échelle des graphiques et distinguer la période propre de la période d'excitation.
- Pour la similitude, convertir les longueurs en mètres et appliquer la même vitesse réduite au pont et à la maquette.
- Pour la dilatation, utiliser l'écart entre les températures extrêmes et présenter la variation avec son unité.
- Équilibrer les équations en vérifiant la conservation des atomes et des charges.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer la période d'un oscillateur à partir d'un enregistrement ?

Repérez deux maxima successifs, deux minima successifs ou deux états identiques du mouvement, puis mesurez l'intervalle de temps qui les sépare. Pour améliorer la précision, mesurez plusieurs cycles et divisez leur durée totale par leur nombre.

Q : Comment vérifier si les tourbillons d'air peuvent mettre la maquette en résonance ?

Calculez la période des tourbillons avec la relation de Strouhal et les données de vitesse du vent et d'épaisseur. Comparez-la à la période propre de la maquette : leur concordance peut conduire à la résonance.

Q : Comment répartir le temps entre les exercices ?

L'épreuve dure 2 heures et comporte trois exercices indépendants, notés respectivement sur 8, 5 et 7 points. Répartissez le temps selon ces barèmes, tout en gardant quelques minutes pour vérifier les unités et les chiffres significatifs.

Q : Qu'attend le jury dans la présentation des calculs et des explications ?

Le sujet insiste sur les unités et le nombre de chiffres significatifs. Présentez la relation utilisée, les valeurs substituées et le résultat avec son unité ; justifiez également les conclusions physiques et chimiques.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstp.fr/assets/annales/bts-tp/E3.2 - Physique chimie/2017/BTS TP - E3.2 - Physique chimie - Session 2017 - 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.