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 en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

Physique-Chimie

Session 2002 • Code sujet : **CNPHY** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Élévation de la température du fuel** (2 questions) **Page 3**

2. **Coefficient de transmission thermique** (2 questions) **Page 4**

3. **Pertes thermiques et dimensionnement des serpentins** (3 questions) **Page 5**

4. **Modélisation du système de réchauffage** (6 questions) **Page 6**

5. **Moteur asynchrone de la pompe à condensat** (4 questions) **Page 9**

6. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) **Page 11**

Sujet officiel (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E3 - Mathématiques - Sciences physiques/2002/BTS CICN - E3 - Mathématiques - Sciences physiques - Session 2002 - 1-Sujet.pdf

1. Élévation de la température du fuel

Le sujet porte sur le dimensionnement du réchauffage d'une citerne de pétrolier qui contient un fuel lourd et visqueux. Le volume, la masse volumique et la chaleur massique du fuel sont fournis, et les pertes sont supposées nulles pour ces calculs.

Question A.1. Calculer l'énergie thermique W à fournir pour élever la température du fuel de 0 °C à 50 °C, en supposant les pertes de chaleur nulles.

La masse de fuel est $m = \rho V = 940 \times 3\,900 = 3\,666\,000$ kg. Sans pertes, l'énergie reçue vaut $W = mc\Delta\theta$. L'écart de température est $\Delta\theta = 50 - 0 = 50$ K. Donc $W = 3\,666\,000 \times 2\,000 \times 50 = 3{,}666 \times 10^{11}$ J.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Énergie thermique nécessaire pour porter le fuel de 0 °C à 50 °C : **$3{,}666 \times 10^{11}$ J**.

Question A.2. Calculer la puissance thermique Pth nécessaire pour élever la température du fuel de 7 °C par jour, toujours en supposant les pertes nulles.

Pour une hausse de 7 °C en une journée, on détermine l'énergie puis la puissance moyenne. La masse reste $m = 3\,666\,000$ kg et la durée d'une journée vaut $24 \times 3\,600 = 86\,400$ s.

1. $W = mc\Delta\theta = 3\,666\,000 \times 2\,000 \times 7 = 5{,}1324 \times 10^{10}$ J.
2. $P_{th} = W/\Delta t = 5{,}1324 \times 10^{10}/86\,400 \approx 5{,}94 \times 10^{5}$ W.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance thermique moyenne nécessaire pour une élévation de 7 °C par jour : **environ 594 kW**.

2. Coefficient de transmission thermique

L'étude porte sur la paroi séparant le ballast B1B, contenant de l'air, de la citerne C2B, contenant le fuel. Le sujet fournit l'épaisseur et la conductivité de la paroi, les températures des milieux et la somme des résistances superficielles.

Question B.1. En régime permanent, exprimer la puissance thermique échangée entre l'air du ballast et le fuel à travers l'interface fuel-paroi, l'interface air-paroi et la paroi.

En régime permanent, la puissance traversant chaque couche est la même. Le transfert se fait du fuel à 50 °C vers l'air du ballast à 5 °C. Pour une surface d'échange commune S, les écarts de température sont pris dans le sens du transfert :

- Interface fuel-paroi : $P = H_F S(\theta_F - \theta_{SF})$.
- Paroi : $P = \dfrac{\lambda S}{e}(\theta_{SF} - \theta_{SA})$.
- Interface paroi-air : $P = H_A S(\theta_{SA} - \theta_A)$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$P = H_F S(\theta_F - \theta_{SF}) = \dfrac{\lambda S}{e}(\theta_{SF} - \theta_{SA}) = H_A S(\theta_{SA} - \theta_A)$. La puissance est identique dans les trois couches et va du fuel vers l'air.

Question B.2. Établir la relation entre le coefficient global K, les coefficients de transmission superficiels, l'épaisseur et la conductivité de la paroi, puis calculer la valeur numérique de K.

Les résistances thermiques surfaciques des deux interfaces et de la paroi s'additionnent, car les couches sont traversées successivement par la même puissance. Ainsi, la résistance globale vaut la somme des résistances de chaque couche, ce qui donne :

$\dfrac{1}{K} = \dfrac{1}{H_F} + \dfrac{e}{\lambda} + \dfrac{1}{H_A}$.

Avec $\dfrac{1}{H_A} + \dfrac{1}{H_F} = 0{,}007$, $e = 0{,}1\ \mathrm{m}$ et $\lambda = 0{,}66\ \mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$, on obtient $K = \dfrac{1}{0{,}007 + 0{,}1/0{,}66}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le coefficient global de transmission thermique est $K \approx 6{,}31\ \mathrm{W\,m^{-2}\,K^{-1}}$.

3. Pertes thermiques et dimensionnement des serpentins

Le candidat étudie les pertes thermiques de la citerne C2B à partir des surfaces, températures et coefficients globaux indiqués sur le schéma, les transferts vers les citernes adjacentes étant nuls. Il dimensionne ensuite la surface de chauffe et la longueur des serpentins alimentés en vapeur.

Question C.1. Calculer la puissance thermique nécessaire pour compenser l'ensemble des pertes sur les surfaces de la citerne C2B, selon les conditions et les données du schéma.

Pour chaque surface, la perte vaut **P = K × S × (θfuel − θmilieu)**. Les échanges avec les citernes adjacentes sont nuls.

Surface	Calcul	Perte
Pont	6 × 220 × [50 − (−1)]	67 320 W
Mer	10 × 540 × (50 − 2)	259 200 W
Ballast B1B	4,5 × 195 × (50 − 5)	39 487,5 W

La puissance de compensation est la somme des pertes indiquées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> P_{pertes} = 366,0075 kW, soit environ 366 kW.

Question C.2. À partir de la puissance thermique à fournir, du coefficient global d'échange entre la vapeur et le fuel et de leurs températures, calculer la surface de chauffe nécessaire des serpentins.

La puissance échangée vérifie $\mathbf{P_S = K_S \times S \times (\theta_V - \theta_F)}$. L'écart de température vaut 135 − 50 = 85 K. Ainsi, avec P_S = 366 kW :

S = 366 000 ÷ (110 × 85) = 39,14 m^2.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> S ≈ 39,1 m^2.

Question C.3. Déduire la longueur totale des serpentins à partir de leur diamètre et de la surface de chauffe nécessaire.

La surface latérale des serpentins cylindriques vaut **S = π × D × L**. Avec D = 40 mm = 0,040 m :

L = 39,144 ÷ (π × 0,040) ≈ 311,5 m.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L ≈ 312 m.

4. Modélisation du système de réchauffage

Le système thermique est mis en analogie avec un circuit électrique comprenant une source, un condensateur et une résistance. Les questions portent sur l'équation différentielle, l'évolution temporelle de la température du fuel et la représentation graphique de cette évolution.

Question D.1. Montrer que la tension u(t) est solution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre de la forme indiquée, puis préciser les expressions littérales de τ et E.

Dans le circuit parallèle, la loi des nœuds donne le courant source comme somme du courant dans le condensateur et dans la résistance : $I = C\,\dfrac{du}{dt} + \dfrac{u}{R}$. L'analogie thermique remplace I, C, R par P_{th}, C_{th}, R_{th}. Après multiplication par R_{th}, on obtient $u + R_{th}C_{th}\dfrac{du}{dt} = P_{th}R_{th}$. L'identification avec la forme demandée fournit directement la constante de temps et la valeur limite de la tension.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $u(t) + \tau u'(t) = E$, avec $\tau = R_{th}C_{th}$ et $E = P_{th}R_{th}$.

Question D.2. À partir de l'équation différentielle établie et de la condition initiale u(0) = 0, déterminer l'expression temporelle de la tension u(t).

1. Une solution particulière constante de l'équation est $u = E$. La solution de l'équation homogène est $Ae^{-t/\tau}$, donc $u(t) = E + Ae^{-t/\tau}$.
2. La condition $u(0) = 0$ impose $A = -E$. La tension croît ainsi depuis zéro et tend vers la valeur limite E, avec une évolution exponentielle de constante de temps τ.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $u(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$.

Question D.3. En reprenant l'analogie entre le système thermique et le circuit électrique, donner l'expression temporelle de la température du fuel θ(t), avec θ(0) = 0 °C.

> Dans l'analogie, la température correspond à la tension, la puissance thermique au courant, la capacité thermique au condensateur et la résistance thermique à la résistance électrique. On reprend donc la solution de la question précédente en remplaçant u par θ, avec $E = P_{th}R_{th}$ et $\tau = R_{th}C_{th}$. La condition initiale est $\theta(0) = 0\ ^\circ\mathrm{C}$; le temps t de cette expression est en secondes.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\theta(t) = P_{th}R_{th}\left(1 - e^{-t/(R_{th}C_{th})}\right)$, avec t en secondes.

Question D.4. Calculer en nombre de jours la constante de temps τ du système thermique à partir des valeurs fournies.

Étape	Calcul	Résultat
Constante de temps	$R_{th}C_{th}$	$615\,720\ \mathrm{s}$
Conversion en jours	$615\,720 / 86\,400$	$7{,}13\ \mathrm{jours}$

On utilise les valeurs fournies en unités SI : $R_{th} = 8{,}4 \times 10^{-5}\ \mathrm{K\,W^{-1}}$ et $C_{th} = 7{,}33 \times 10^{9}\ \mathrm{J\,K^{-1}}$. La seconde est la durée d'un jour.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\tau \approx 7{,}13\ \mathrm{jours}$.

Question D.5. Calculer la température maximale du fuel θmax.

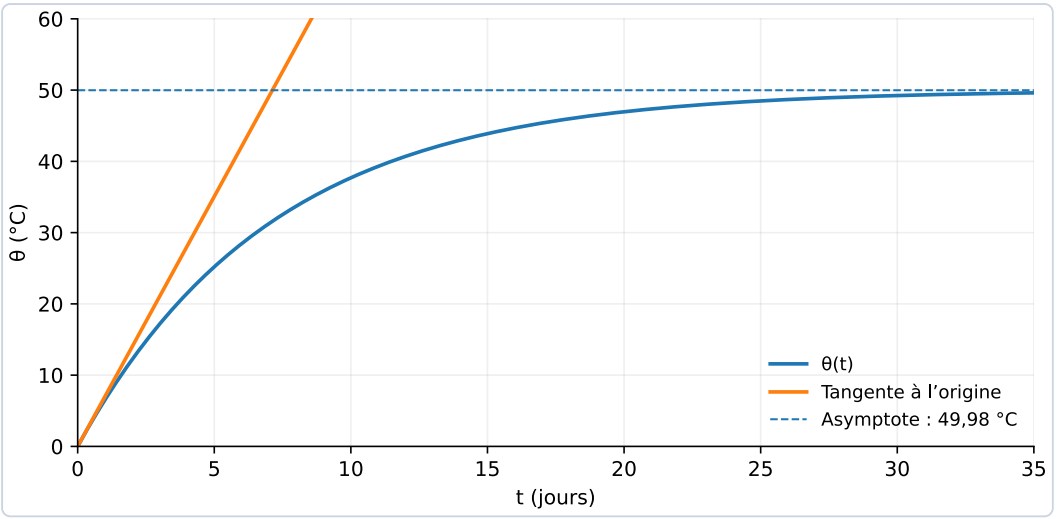
La température maximale est atteinte lorsque t tend vers l'infini : le terme exponentiel tend alors vers zéro. La valeur limite est donc $P_{th}R_{th}$. Avec $P_{th} = 595\ \mathrm{kW} = 595\,000\ \mathrm{W}$, le calcul donne une élévation de température de $49{,}98\ \mathrm{K}$. Comme la température initiale donnée est $0\ ^\circ\mathrm{C}$, la valeur maximale correspond numériquement à environ $50\ ^\circ\mathrm{C}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\theta_{max} = 49{,}98\ ^\circ\mathrm{C} \approx 50\ ^\circ\mathrm{C}$.

Question D.6. Sur le document réponse, tracer l'asymptote de θ(t) lorsque t tend vers l'infini et la tangente à l'origine, déterminer la valeur particulière θ(τ), puis en déduire l'allure du tracé de θ(t).

La courbe part de $(0;0)$, est croissante et concave vers le bas. La tangente à l'origine a pour pente P_{th}/C_{th} en secondes, soit $7{,}013\ ^\circ\mathrm{C}$ par jour. Pour le tracé, elle s'approche de l'asymptote horizontale correspondant à la température maximale.

- Asymptote : $\theta = 49{,}98\ ^\circ\mathrm{C}$.
- À une constante de temps : $\theta(\tau) = 49{,}98(1 - e^{-1}) \approx 31{,}59\ ^\circ\mathrm{C}$.



La courbe part de (0 ; 0), passe par (τ ; 31,59 °C) avec τ ≈ 7,13 jours et tend vers 49,98 °C.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Asymptote : $49{,}98\ ^\circ\mathrm{C}$. Tangente : $\theta \approx 7{,}013t$, avec t en jours. $\theta(\tau) \approx 31{,}59\ ^\circ\mathrm{C}$.

5. Moteur asynchrone de la pompe à condensat

La vapeur est condensée en fin de circuit et le condensat est pompé vers une chaudière par une pompe entraînée par un moteur asynchrone. La plaque signalétique du moteur et les caractéristiques du réseau triphasé servent à étudier son couplage et son fonctionnement nominal.

Question E.1. Indiquer le couplage à réaliser au stator pour alimenter le moteur avec le réseau triphasé 380 V - 50 Hz, tension composée.

La plaque indique deux couplages : **Δ 220 V** et **Y 380 V**. Le réseau fournit 380 V entre phases. En étoile, chaque enroulement reçoit la tension simple, soit $380/\sqrt{3} \approx 219\ \mathrm{V}$, valeur compatible avec les 220 V nominaux de l'enroulement. Le couplage à réaliser est donc l'étoile.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Couplage étoile (Y).

Question E.2. Déterminer le nombre de paires de pôles p du stator.

1. La plaque donne une vitesse nominale de $1430\ \mathrm{tr/min}$, légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme à cause du glissement.
2. À $50\ \mathrm{Hz}$, la vitesse de synchronisme la plus proche supérieure est $n_s = 1500\ \mathrm{tr/min}$. Ainsi, $p = 60f/n_s = 60 \times 50/1500 = 2$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nombre de paires de pôles : $p = 2$.

Question E.3. Pour un fonctionnement nominal, calculer le moment Tu du couple utile nominal du moteur.

La puissance utile nominale lue sur la plaque est $P_u = 12\ \mathrm{kW}$, et la vitesse nominale est $n = 1430\ \mathrm{tr/min}$. Avec $T_u = P_u/\omega$ et $\omega = 2\pi n/60$, on obtient directement $T_u = 9550 P_u/n$, en $\mathrm{N \cdot m}$ lorsque P_u est en kW. L'application numérique donne $9550 \times 12/1430$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Couple utile nominal : $T_u \approx 80,1\ \mathrm{N \cdot m}$.

Question E.4. Calculer le rendement du moteur à son régime nominal.

1. La plaque donne, pour le couplage étoile à 380 V, $I = 27,46\ \mathrm{A}$, $\cos\varphi = 0,83$ et $P_u = 12\ \mathrm{kW}$.
2. La puissance active absorbée vaut $P_a = \sqrt{3}\,UI\cos\varphi$. Le rendement est donc $\eta = P_u/P_a = 12000/(\sqrt{3} \times 380 \times 27,46 \times 0,83)$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rendement nominal : $\eta \approx 80,0\ \%$.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2002)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de physique-chimie, repérée CNPHY, étudie le réchauffage du fuel lourd dans une citerne de pétrolier. La session, l'année, la durée et le coefficient ne sont pas indiqués dans les pages fournies. Les cinq parties évaluent les bilans énergétiques, les échanges et pertes thermiques, le dimensionnement des serpentins, la modélisation du régime transitoire et les caractéristiques nominales d'un moteur asynchrone.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La chaleur nécessaire au réchauffement s'écrit $W = mc\Delta T$, avec $m = \rho V$.
- Pour des résistances thermiques en série, $1/K = 1/HF + e/\lambda + 1/HA$.
- La puissance échangée s'écrit $P = KS\Delta T$; calculer séparément les échanges associés à chaque surface.
- Le modèle thermique du premier ordre a pour constante de temps $\tau = RthCth$ et tend vers une température limite.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les volumes, durées et puissances dans des unités cohérentes avant les calculs.
- Distinguer les températures des milieux de celles des surfaces et respecter l'ordre des résistances thermiques.
- Pour les pertes, tenir compte des surfaces et conditions du schéma, sans inclure les transferts déclarés nuls.
- Pour le moteur, lire la plaque et distinguer tension composée, couplage, puissance utile et puissance absorbée.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'énergie nécessaire pour réchauffer le fuel ?

Déterminer d'abord la masse avec $m = \rho V$, puis appliquer $W = mc\Delta T$. La variation de température peut être exprimée en kelvins ou en degrés Celsius, car l'écart numérique est identique dans les deux unités.

Q : Comment obtenir le coefficient global de transmission thermique de la paroi ?

Additionner les résistances de convection côté fuel et côté air ainsi que la résistance conductrice de la paroi : $1/K = 1/HF + e/\lambda + 1/HA$. Vérifier que les unités des termes sont cohérentes.

Q : Quelle durée prévoir pour les différentes parties de l'épreuve ?

La durée officielle n'est pas indiquée dans les pages fournies. Le barème des parties A à E totalise 20 points ; en l'absence de durée connue, répartir le temps selon les points et garder un moment pour vérifier les unités et les résultats.

Q : Quels éléments faut-il faire apparaître dans le tracé de la modélisation ?

Le sujet demande l'asymptote à long terme, la tangente à l'origine, la valeur particulière $\theta(\tau)$ et l'allure de la température au cours du temps. Présenter un tracé lisible et repérer clairement ces éléments.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E3 - Mathématiques - Sciences physiques/2002/BTS CICN - E3 - Mathématiques - Sciences physiques - Session 2002 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale : 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.