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

BTS Aéronautique

Sciences physiques et chimiques appliquées

Session 2013 • Code sujet : **AE3SCPC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Génération du triphasé sur un A330 (4 questions) **Page 3**

2. Dégivrage d'une aile (7 questions) **Page 5**

3. Métallisation d'une pièce aéronautique (9 questions) **Page 8**

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

Sujet officiel (PDF) : https://btsaeronautique.fr/assets/annales/bts-aeronautique/E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées/2013/BTS Aéronautique - E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées - Session 2013 - 1-Sujet.pdf

1. Génération du triphasé sur un A330

Sur un A330, un alternateur génère le triphasé et la tension entre une phase et le neutre est observée à l'oscilloscope. L'oscillogramme et ses échelles servent à déterminer les valeurs électriques, la période, la fréquence et la vitesse de rotation de l'alternateur.

Question 1. À partir de l'oscillogramme, déterminer la valeur maximale Vmax de la tension simple v(t), puis en déduire sa valeur efficace V.

La valeur maximale se lit entre l'origine de la voie A et le sommet : l'écart est de 4 divisions. Avec la sensibilité verticale de 40 V par division, $V_{\max} = 4 \times 40 = 160$ V. Pour une tension sinusoïdale, la valeur efficace est $V = V_{\max}/\sqrt{2}$, soit 113 V à trois chiffres significatifs.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $V_{\max} = 160$ V ; $V \approx 113$ V.

Question 2. Calculer la valeur efficace U de la tension composée, mesurée entre deux phases.

Dans un système triphasé équilibré, la tension composée efficace est liée à la tension simple par $U = \sqrt{3}\,V$. En conservant la valeur non arrondie issue de l'oscillogramme, $U = \sqrt{3} \times 160/\sqrt{2}$. On obtient environ 196 V entre deux phases. Cette valeur est supérieure à la tension simple, comme attendu pour un réseau triphasé.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $U \approx 196$ V.

Question 3. Déterminer la période et la fréquence de la tension v(t) à l'aide de l'oscillogramme et de la base de temps.

La période se mesure entre deux maxima consécutifs : l'oscillogramme montre un écart de 5 divisions. Avec la base de temps de 0,5 ms par division, $T = 5 \times 0,5 = 2,5$ ms $= 2,5 \times 10^{-3}$ s. La fréquence est l'inverse de la période : $f = 1/T = 400$ Hz.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $T = 2,5$ ms ; $f = 400$ Hz.

Question 4. Sachant que l'alternateur est bipolaire, calculer sa fréquence de rotation ns en tours par minute.

Un alternateur bipolaire possède une seule paire de pôles : une période électrique correspond donc à un tour mécanique. Sa fréquence de rotation est ainsi 400 tr/s, d'après la fréquence déterminée précédemment. Pour convertir en tours par minute, on multiplie par 60 : $n_s = 400 \times 60$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$n_s = 24\,000$ tr/min.

2. Dégivrage d’une aile

L’exercice étudie le dégivrage du bord d’attaque d’une aile par un revêtement conducteur chauffant en carbone-graphite, alimenté par un alternateur dédié. Les questions portent sur la fusion du givre en laboratoire et en conditions réelles, les bilans thermiques et la comparaison des puissances nécessaires à la puissance fournie pour les deux ailes.

Test en laboratoire

Question 1.1. Pour une bande chauffante de 20 cm de large et 4,0 m de long recouverte de 1,0 mm de givre initialement à 0 °C, calculer la masse de glace mg et l’énergie thermique Eth1 nécessaire à sa fusion complète, en supposant la glace isolée de l’atmosphère environnante.

Le volume de givre vaut celui d’un parallélépipède : largeur × longueur × épaisseur. Ainsi, $V = 0{,}20 \times 4{,}0 \times 0{,}001 = 8{,}0 \times 10^{-4}$ m³, puis $m_g = \rho_g V$. La glace étant déjà à 0 °C, seule l’énergie de fusion est nécessaire : $E_{th1} = m_g L_f$, avec $L_f = 333\,000$ J·kg^{-1}.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $m_g = 0{,}734$ kg et $E_{th1} = 2{,}44 \times 10^5$ J, soit environ 244 kJ.

Question 1.2. Déduire de l’énergie calculée à la question 1.1 la puissance électrique P1 fournie par le système chauffant pour effectuer la fusion en deux minutes.

La puissance moyenne est l’énergie à fournir divisée par la durée : $P_1 = E_{th1}/\Delta t$. On convertit 2 min en 120 s, puis on applique la relation à l’énergie calculée pour la bande d’une aile. Ce calcul suppose que toute la puissance électrique est convertie en chaleur utile pour faire fondre le givre, sans pertes vers l’environnement.

$P_1 = (0{,}20 \times 4{,}0 \times 0{,}001 \times 917 \times 333\,000)/120$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_1 \approx 2{,}04 \times 10^3$ W, soit 2,04 kW pour une aile.

Question 1.3. Un morceau de glace de 10,0 g à 0,0 °C est placé dans un calorimètre contenant 250 g d’eau à 20,0 °C. En supposant négligeable la capacité calorifique du calorimètre, déterminer la température finale d’équilibre.

La chaleur cédée par l’eau sert à fondre la glace puis à réchauffer l’eau issue de sa fusion. Le bilan est donc : $m_e c_e(20 - \theta_f) = m_g L_f + m_g c_e \theta_f$. L’eau initiale peut fournir l’énergie de fusion, donc l’équilibre final est au-dessus de 0 °C. En kilogrammes, la résolution donne $\theta_f = (0{,}250 \times 4186 \times 20 - 0{,}0100 \times 333\,000)/(0{,}260 \times 4186)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La température finale d’équilibre est $\theta_f \approx 16{,}2$ °C.

Expérience in situ

Question 2.1. On répète l'expérience avec 10,0 g de givre prélevé sur une aile juste après l'atterrissage, en supposant que la glace ne s'est pas réchauffée après le vol. La température finale mesurée est inférieure à celle calculée à la question 1.3 : expliquer l'origine de cette différence.

Le givre prélevé juste après le vol est encore à une température négative. Contrairement à la glace de l'expérience de laboratoire, il faut d'abord le réchauffer jusqu'à 0 °C avant de le faire fondre. Cette étape supplémentaire absorbe l'énergie $m_g c_g(0 - \theta_i)$ provenant de l'eau du calorimètre.

- Le givre reçoit davantage d'énergie que la glace initialement à 0 °C.
- L'eau se refroidit donc davantage, ce qui explique la température finale mesurée plus basse.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le givre froid absorbe d'abord de l'énergie pour atteindre 0 °C, ce qui refroidit davantage l'eau et abaisse la température finale.

Question 2.2. Déterminer l'énergie thermique Eth2 nécessaire pour faire fondre les 734 g de givre déposés sur tout le bord d'attaque d'une aile, sachant que sa température en vol est de -20,0 °C.

Pour le givre à −20,0 °C, il faut fournir deux contributions : le réchauffer jusqu'à 0 °C, puis le faire fondre. La relation est $E_{th2} = m_g[c_g(0 - \theta_i) + L_f]$. Avec $m_g = 0{,}734$ kg, $c_g = 2060$ J·kg^{-1}·K^{-1} et $L_f = 333\,000$ J·kg^{-1}, on obtient l'énergie nécessaire pour une aile.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E_{th2} \approx 2{,}75 \times 10^5$ J, soit environ 275 kJ pour une aile.

Question 2.3. Déduire de l'énergie Eth2 la puissance électrique P2 à apporter au système chauffant pour effectuer la fusion en deux minutes.

La puissance moyenne nécessaire au dégivrage est l'énergie thermique divisée par la durée. Pour deux minutes, $\Delta t = 120$ s. En utilisant l'énergie calculée pour une aile, on obtient $P_2 = E_{th2}/\Delta t = [0{,}734 \times (2060 \times 20 + 333\,000)]/120$. Cette valeur est la puissance utile de fusion, sans compter les pertes vers l'environnement ni le chauffage de la structure.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_2 \approx 2{,}29 \times 10^3$ W, soit 2,29 kW pour une aile.

Question 2.4. Comparer la puissance de 7 500 W fournie par l'alternateur du système de dégivrage des deux ailes à celle calculée à la question 1.2, puis justifier la différence entre ces valeurs.

La puissance de 7 500 W concerne les deux ailes, tandis que $P_1 \approx 2\,036$ W correspond à une aile en laboratoire. En conditions réelles, le givre froid demande davantage : $P_2 \approx 2\,289$ W par aile.

- Pour deux ailes, la puissance utile calculée est environ $2 \times 2\,289 = 4\,578$ W.
- La puissance installée supérieure couvre notamment le chauffage de la structure et les pertes thermiques.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 7 500 W dépasse les 2 036 W de P_1 pour une aile et les quelque 4 578 W utiles requis pour deux ailes en conditions réelles, afin de couvrir les pertes.

3. Métallisation d’une pièce aéronautique

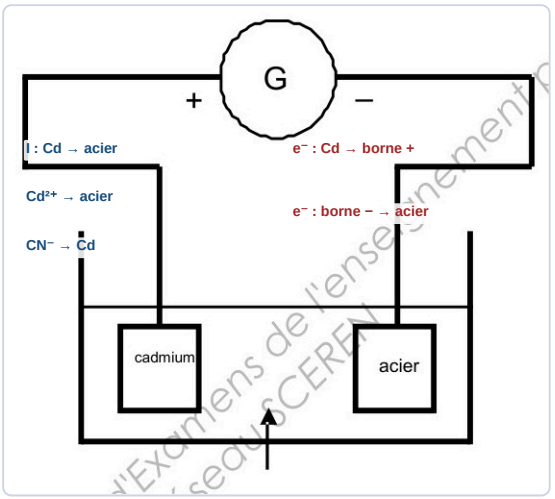
L’exercice porte sur le cadmiage par électrolyse d’une pièce en acier, procédé de protection contre la corrosion utilisé notamment pour les trains d’atterrissage. Il faut analyser le montage et les réactions électrochimiques, puis calculer la masse et l’épaisseur de cadmium déposées.

Étude du montage de l’électrolyse

Question 1.1. Sur le schéma de montage de l’annexe à rendre avec la copie, indiquer le sens conventionnel du courant ainsi que les sens de circulation des électrons et des ions.

Le cadmium est relié au pôle positif et l’acier au pôle négatif. Dans la solution, le courant conventionnel et les ions Cd^{2+} se déplacent du cadmium vers l’acier ; les ions CN^- se déplacent en sens inverse. Dans les fils, les électrons vont du cadmium vers la borne positive du générateur, puis de la borne négative vers l’acier.

Sens des courants et des ions



✓ RÉPONSE À RETENIR

Solution : courant et Cd^{2+} vers l’acier, CN^- vers le cadmium. Fils : électrons vers la borne + depuis le cadmium et depuis la borne − vers l’acier.

Question 1.2. La pièce en cadmium se désagrège. Écrire l’équation modélisant la réaction à sa surface en utilisant l’un des couples proposés : Cd2+(aq)/Cd(s), O2(g)/H2O(l) ou H+(aq)/H2(g).

La pièce de cadmium se désagrège : le cadmium métallique perd des électrons et passe en solution sous forme d’ions Cd^{2+}. C’est l’oxydation du couple $Cd^{2+}(aq)/Cd(s)$.

Équation équilibrée : $Cd(s) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + 2\ e^-$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Cd(s) \rightarrow Cd^{2+}(aq) + 2\ e^-$.

Question 1.3. Préciser à quelle électrode, celle de cadmium ou celle d'acier, a lieu l'oxydation et justifier la réponse.

L'oxydation a lieu à l'électrode de cadmium : c'est là que le métal libère des ions Cd^{2+} et des électrons. Cette électrode est l'anode de l'électrolyse et elle est reliée au pôle positif du générateur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'oxydation a lieu sur l'électrode de cadmium, l'anode reliée au pôle positif.

Question 1.4. Indiquer si la concentration en ions cadmium dans la solution aqueuse de cyanure de cadmium varie au cours de l'électrolyse et justifier la réponse.

Dans le bilan de l'électrolyse, la concentration en ions Cd^{2+} reste constante : l'oxydation de l'anode en produit, tandis que leur réduction à la cathode en consomme. Les quantités produites et consommées sont égales.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La concentration en Cd^{2+} reste constante : les ions produits à l'anode sont consommés à la cathode.

Détermination de la masse de cadmium déposée

Question 2.1. Pour la réaction Cd2+(aq) + 2 e- = Cd(s), établir la relation entre la quantité de matière nCd de cadmium formé et la quantité de matière ne- d'électrons échangés.

Selon $Cd^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightarrow Cd(s)$, deux moles d'électrons sont échangées pour former une mole de cadmium. La relation entre les quantités de matière est donc :

$n_{e^-} = 2\ n_{Cd}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_{Cd} = n_{e^-}/2$.

Question 2.2. Montrer que la masse de cadmium formée peut s'écrire mCd = I·Δt·M(Cd)/(2F).

La charge passée vaut $Q = I \cdot \Delta t$ et la quantité d'électrons échangés vaut $n_{e^-} = Q/F$. Or $n_{Cd} = n_{e^-}/2$ et $m_{Cd} = n_{Cd} \cdot M(Cd)$. En substituant, on obtient la relation demandée, avec Δt exprimée en secondes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $m_{Cd} = I \cdot \Delta t \cdot M(Cd)/(2F)$.

Question 2.3. **À l'aide de l'expression précédente, calculer la masse de cadmium formée pour I = 2,00 A et Δt = 40,0 min, avec M(Cd) = 112,4 g·mol-1 et F = 96 500 C·mol-1.**

On convertit d'abord la durée : $\Delta t = 40{,}0 \times 60 = 2\,400$ s. Avec la relation précédente, $m_{Cd} = (2{,}00 \times 2\,400 \times 112{,}4)/(2 \times 96\,500)$. La masse est obtenue en grammes puisque M(Cd) est donnée en $g \cdot mol^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $m_{Cd} = 2{,}80$ g.

Question 2.4.1. **Le cadmium se déposant uniformément et équitablement sur les deux faces d'une plaque d'acier carrée de côté 10,0 cm et d'épaisseur négligeable, calculer l'épaisseur déposée sur une face avec ρCd = 8,65 g·cm-3.**

Grandeur	Valeur
Masse déposée sur une face	$m_{Cd}/2$
Aire d'une face	$d^2 = 10{,}0^2$ cm²
Masse volumique	8,65 $g \cdot cm^{-3}$

Avec $m = \rho V$ et $V = d^2 e_1$, on trouve $e_1 = m_{Cd}/(2\rho_{Cd} d^2)$. On utilise la masse non arrondie obtenue à la question précédente.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $e_1 = 1{,}62 \times 10^{-3}$ cm sur une face.

Question 2.4.2. **Convertir en micromètres l'épaisseur calculée à la question 2.4.1 et indiquer si le résultat est conforme à la valeur d'une dizaine de micromètres annoncée dans le texte introductif.**

Comme 1 cm = 10 000 µm, l'épaisseur en centimètres est multipliée par 10 000 pour être convertie en micromètres. Le résultat est du même ordre de grandeur que la dizaine de micromètres annoncée dans le texte introductif.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $e_1 = 16{,}2$ µm : résultat conforme à l'ordre de grandeur annoncé.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2013)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de sciences physiques et chimiques appliquées du BTS Aéronautique, session 2013, porte le code AE3SCPC, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie la génération du triphasé sur un A330, le dégivrage d'une aile et le cadmiage électrolytique. Elle évalue la lecture de mesures, les bilans thermiques et l'exploitation de réactions électrochimiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une tension sinusoïdale, Veff = Vmax/√2 ; en triphasé équilibré, U = √3 V et f = 1/T.
- Pour chauffer une glace sous 0 °C puis la fondre, E = mCgΔT + mLf.
- La puissance moyenne nécessaire pour fournir une énergie E pendant une durée Δt est P = E/Δt.
- Pour Cd2+ + 2 e- → Cd, nCd = ne-/2 et mCd = IΔtM(Cd)/(2F).

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire les divisions de l'oscillogramme avec les échelles verticale et horizontale adaptées avant de calculer.
- Convertir les données dans des unités cohérentes, notamment les minutes en secondes et les grammes en kilogrammes si nécessaire.
- Dans un bilan thermique, distinguer le réchauffement de la glace jusqu'à 0 °C de l'énergie de fusion.
- En électrolyse, distinguer oxydation et réduction, et tenir compte du dépôt réparti sur les deux faces.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment passer de la valeur maximale à la valeur efficace d'une tension sinusoïdale ?

Pour une tension sinusoïdale, divisez la valeur maximale par √2 : Veff = Vmax/√2. Dans un réseau triphasé équilibré, la tension composée entre deux phases est √3 fois la tension simple efficace.

Q : Quelle énergie faut-il compter pour faire fondre un givre initialement sous 0 °C ?

Il faut d'abord réchauffer la glace jusqu'à 0 °C, avec E1 = mCg(0 - θi), puis la faire fondre, avec E2 = mLf. L'énergie totale est la somme de ces deux contributions.

Q : Comment organiser le temps pendant cette épreuve de deux heures ?

Le sujet ne fournit pas de répartition officielle du temps ni de barème par exercice. Parcourez les trois exercices, traitez d'abord les questions accessibles, puis gardez du temps pour vérifier les unités, les conversions et les calculs.

Q : Quels éléments doivent apparaître dans le calcul de la masse de cadmium déposée ?

Utilisez Q = IΔt, puis ne- = Q/F. La réaction consomme deux électrons par ion cadmium, donc nCd = ne-/2 et mCd = nCdM(Cd). Veillez à exprimer la durée en secondes.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsaeronautique.fr/assets/annales/bts-aeronautique/E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées/2013/BTS Aéronautique - E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées - Session 2013 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Aéronautique : 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.