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 • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

BTS Aéronautique

Sciences physiques et chimiques appliquées

Session 2017 • Code sujet : **AE3SCPC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude énergétique du taxiage électrique (9 questions) **Page 3**

2. Étude électrique du redresseur, du filtre et de l'onduleur (7 questions) **Page 6**

3. Étude chimique et bilan des émissions de CO_2 (5 questions) **Page 10**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://btsaeronautique.fr/assets/annales/bts-aeronautique/E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées/2017/BTS Aéronautique - E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées - Session 2017 - 1-Sujet.pdf

1. Étude énergétique du taxiage électrique

L'étude porte sur un avion moyen-courrier de masse maximale au décollage de 77 tonnes, déplacé au sol par deux moteurs électriques alimentés par l'APU. Il faut déterminer les puissances mécaniques nécessaires en accélération et en pente, puis la puissance électrique absorbée en tenant compte des rendements.

Démarrage depuis une vitesse nulle sur sol horizontal

Question Q.1. Montrer que la vitesse v_2 vaut 5,1 m·s⁻¹ en convertissant 10 nœuds, et poser puis expliquer le calcul réalisé.

Un nœud vaut un mille nautique par heure. On convertit donc la distance en mètres et l'heure en secondes : **$v_2 = 10 \times 1\,852 / 3\,600 = 5{,}144...$ m·s⁻¹**. À deux chiffres significatifs, comme dans la donnée attendue, cela donne 5,1 m·s⁻¹. La conversion utilise bien 1 mille nautique = 1 852 m et 1 h = 3 600 s.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour 10 nœuds, la vitesse vaut **$v_2 = 5{,}1$ m·s⁻¹**, à deux chiffres significatifs.

Question Q.2. Exprimer puis calculer l'énergie cinétique $E_{(C2)}$ de l'avion à la vitesse v_2.

L'énergie cinétique d'un corps de masse m à la vitesse v est donnée par **$E_C = \frac{1}{2}mv^2$**. La masse de l'avion est m = 77 tonnes = 77 000 kg et la vitesse retenue est v_2 = 5,1 m·s⁻¹.

On obtient $E_{C2} = \frac{1}{2} \times 77\,000 \times 5{,}1^2 = 1\,001\,385$ J. Avec la précision des données, cette énergie est voisine de 1,0 MJ.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'énergie cinétique de l'avion à 5,1 m·s⁻¹ est **$E_{C2} \approx 1{,}0$ MJ**.

Question Q.3. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique et en déduire le travail W_2 des forces engendrées par le dispositif de taxiage.

1. Le théorème de l'énergie cinétique énonce que la somme des travaux des forces appliquées est égale à la variation de l'énergie cinétique : $\Sigma W = \Delta E_C$.
2. L'avion partant du repos, $\Delta E_C = E_{C2} - 0$. Sur sol horizontal, le poids et la réaction du sol ne travaillent pas dans le sens du déplacement. Les frottements étant négligés, le travail du dispositif vaut donc la variation d'énergie cinétique calculée à la question précédente.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le travail du dispositif est **$W_2 = \Delta E_C \approx 1{,}0$ MJ**.

Question Q.4. À partir des résultats précédents, déduire que le dispositif doit fournir une puissance mécanique P_2 voisine de 50 kW.

La puissance mécanique étant constante pendant les 20 s d'accélération, elle vaut le travail fourni divisé par la durée : $P_2 = W_2 / \Delta t_2$. Avec $W_2 = 1\,001\,385$ J et $\Delta t_2 = 20$ s, $P_2 = 50\,069$ W, soit 50,1 kW. L'arrondi à deux chiffres significatifs donne la puissance voisine de 50 kW demandée dans l'énoncé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La puissance mécanique nécessaire à l'accélération est **$P_2 \approx 50$ kW**.

Pente montante à 1,5 %

Question Q.5. Calculer la variation de hauteur Δh de l'avion pendant 10 secondes, lorsqu'il monte la pente à une vitesse horizontale constante de 10 nœuds.

Donnée	Valeur
Vitesse horizontale	5,1 $m \cdot s^{-1}$
Durée	10 s
Pente	1,5 % = 0,015

La distance horizontale parcourue est $d = v_1 \Delta t_1 = 5{,}1 \times 10 = 51$ m. Le dénivelé représente 0,015 fois cette distance : $\Delta h = 0{,}015 \times 51 = 0{,}765$ m, soit environ 0,77 m.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> En 10 s sur la pente de 1,5 %, l'avion s'élève de **$\Delta h \approx 0{,}77$ m**.

Question Q.6. Exprimer la variation d'énergie potentielle de pesanteur $\Delta E_{(pp1)}$ en fonction de Δh, puis calculer sa valeur numérique.

La variation d'énergie potentielle de pesanteur est $\Delta E_{pp1} = mg\Delta h$. La masse doit être exprimée en kilogrammes : 77 tonnes = 77 000 kg. En utilisant $g = 9{,}8$ $N \cdot kg^{-1}$ et $\Delta h = 0{,}765$ m, on calcule $\Delta E_{pp1} = 77\,000 \times 9{,}8 \times 0{,}765 = 577\,269$ J. Cette variation est positive puisque l'avion monte.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'élévation augmente l'énergie potentielle de **$\Delta E_{pp1} \approx 5{,}8 \times 10^5$ J**.

Question Q.7. Montrer que, dans cette situation, le dispositif de taxiage doit fournir une puissance mécanique P_1 de 58 kW.

À vitesse constante et en négligeant les frottements, le dispositif fournit le travail nécessaire à l'augmentation de l'énergie potentielle de pesanteur. Sur la durée $\Delta t_1 = 10$ s, ce travail vaut donc $\Delta E_{pp1} = 577\,269$ J.

La puissance mécanique est $P_1 = \Delta E_{pp1} / \Delta t_1 = 577\,269 / 10 = 57\,726{,}9$ W. En kilowatts, cela donne 57,7 kW, soit 58 kW à l'unité près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour maintenir 10 nœuds sur la pente, la puissance mécanique requise est **$P_1 \approx 58$ kW**.

Puissance électrique nécessaire

Question Q.8. En fonction du cahier des charges, choisir entre P_1 et P_2 la puissance à retenir pour déterminer la puissance mécanique minimale que le dispositif doit fournir.

Le cahier des charges impose à la fois l'accélération jusqu'à 10 nœuds en 20 s et le maintien de cette vitesse sur une pente montante de 1,5 %. Le dispositif doit satisfaire les deux conditions. Il faut donc comparer les puissances calculées et retenir la plus élevée, qui assure le fonctionnement dans le cas le plus exigeant.

- Accélération : $P_2 \approx 50$ kW.
- Montée à vitesse constante : $P_1 \approx 58$ kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Retenir la puissance de montée, la plus élevée : la puissance mécanique minimale requise est **58 kW**.

Question Q.9. Déterminer la puissance électrique totale absorbée par les deux convertisseurs à partir de la puissance mécanique retenue et des rendements de la transmission, des moteurs et des convertisseurs.

La puissance mécanique retenue est $P_1 = 58$ kW. Les rendements de la transmission, des moteurs et des convertisseurs sont successivement $\eta_t = 0{,}96$, $\eta_m = 0{,}94$ et $\eta_c = 0{,}92$. Le rendement global vaut leur produit : $0{,}96 \times 0{,}94 \times 0{,}92$. La puissance électrique absorbée par les deux convertisseurs ensemble est donc $P_{élec} = 58\,000 / (0{,}96 \times 0{,}94 \times 0{,}92) \approx 69\,862$ W.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La puissance électrique totale absorbée par les deux convertisseurs est **$P_{élec} \approx 70$ kW**.

2. Étude électrique du redresseur, du filtre et de l'onduleur

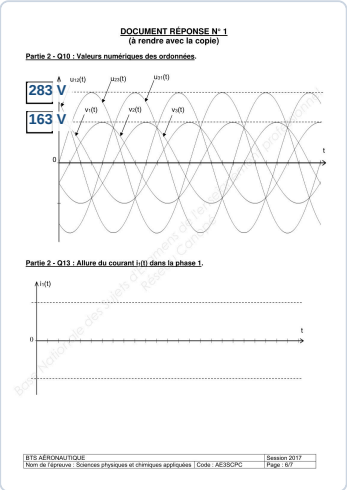
Le dispositif utilise un convertisseur à deux étages alimenté par le réseau triphasé 115/200 V - 400 Hz de l'avion : un redresseur commandé, un filtre LC et un onduleur triphasé. Les questions portent sur les tensions et courants du réseau, le filtrage et les formes d'onde appliquées au moteur synchrone autopiloté.

Étude du premier étage : conversion alternatif vers continu

Question Q.10. Sur le document réponse n° 1, indiquer dans les deux cases prévues les valeurs numériques des tensions correspondant aux ordonnées en pointillés des graphes.

Le réseau indique les valeurs efficaces des tensions : 200 V entre phases et 115 V entre phase et neutre. Les ordonnées pointillées marquent les valeurs maximales des sinusoïdes. Pour une tension sinusoïdale, la valeur maximale vaut la valeur efficace multipliée par $\sqrt{2}$. On applique cette relation aux deux catégories de tension représentées.

Valeurs à inscrire dans les cases du document réponse 1



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ordonnée composée : 283 V. Ordonnée simple : 163 V.

Question Q.11. Le redresseur commandé se comporte comme une charge résistive équilibrée et consomme une puissance active de 35 kW à puissance maximale. Déterminer et justifier son facteur de puissance.

Le redresseur se comporte comme une charge résistive équilibrée : sur chaque phase, le courant est en phase avec la tension simple. Le déphasage est donc $\varphi = 0$. Le facteur de puissance, égal à $\cos\varphi$, vaut 1. La puissance active consommée ne comporte ainsi aucune composante réactive due à un déphasage entre tension et courant.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Facteur de puissance : $\cos\varphi = 1$.

Question Q.12. Exprimer puis calculer la valeur efficace I_1 de l'intensité du courant i_1 appelé sur la phase 1.

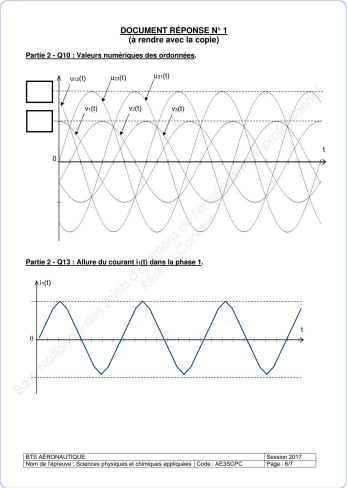
Pour un réseau triphasé équilibré, la puissance active vaut $P_C = \sqrt{3}\,U_{12} I_1 \cos\varphi$. Avec $P_C = 35\,000\,\text{W}$, $U_{12} = 200\,\text{V}$ et $\cos\varphi = 1$, on obtient $I_1 = P_C / (\sqrt{3}\,U_{12})$. Le courant efficace appelé sur la phase 1 est donc d'environ 101 A.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $I_1 \approx 101\,\text{A}$.

Question Q.13. Sur le document réponse n° 1, compléter le second graphe en représentant l'allure du courant i_1 dans la phase 1, en concordance de temps avec le premier graphe.

La charge résistive impose un courant en phase avec $v_1(t)$. Le courant est donc sinusoïdal, de même période et de même phase que la tension simple de la phase 1. Sa valeur maximale est $I_{1,\max} = \sqrt{2} I_1$, soit environ 143 A. Sur le document réponse, tracer une sinusoïde passant par zéro à l'origine avec une pente positive, et atteignant les deux pointillés.

Courant i1 complété sur le document réponse 1


DOCUMENT RÉPONSE N° 1
(à rendre avec la copie)

Partie 2 - Q10 : Valeurs numériques des ordonnées.

Partie 2 - Q13 : Allure du courant i1(t) dans la phase 1.

BTS AÉRONAUTIQUE | Session 2017
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées | Code : AE3SCPC | Page : 6/7

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Sinusoïde en phase avec $v_1(t)$, d'amplitude maximale $143\,\text{A}$ environ.

Question Q.14. Indiquer si la cellule LC doit réaliser un filtrage passe-bande, passe-bas ou passe-haut.

Le redresseur fournit une tension continue qui doit être conservée pour alimenter l'onduleur. Le filtre LC atténue les ondulations rapides superposées à cette composante continue. Il laisse donc passer les basses fréquences et réduit les hautes fréquences : c'est un filtrage passe-bas.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La cellule LC réalise un filtrage passe-bas.

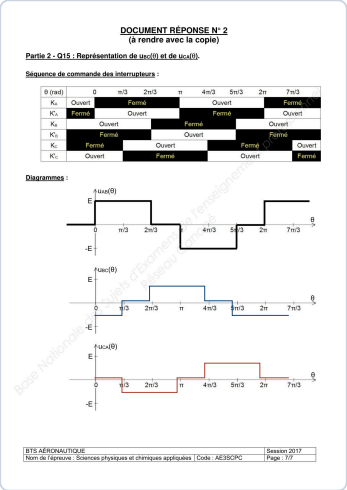
Étude du deuxième étage : conversion continu vers alternatif

Question Q.15. À partir de la séquence de commande des interrupteurs et du diagramme fourni pour uAB(θ), compléter le document réponse n° 2 en représentant les formes d'onde des tensions composées uBC(θ) et uCA(θ).

Les trois tensions composées sont décalées de $2\pi/3$ et vérifient $u_{AB} + u_{BC} + u_{CA} = 0$. En utilisant le diagramme fourni pour u_{AB} et la séquence de commande, on obtient les niveaux suivants sur les intervalles successifs de largeur $\pi/3$. Le motif se répète après 2π.

Intervalle de θ	u_{BC}	u_{CA}
0 à $\pi/3$	$-E$	0
$\pi/3$ à $2\pi/3$	0	$-E$
$2\pi/3$ à π	$+E$	$-E$
π à $4\pi/3$	$+E$	0
$4\pi/3$ à $5\pi/3$	0	$+E$
$5\pi/3$ à 2π	$-E$	$+E$

Tensions composées complétées sur le document réponse 2



✓ RÉPONSE À RETENIR

De 0 à 2π, niveaux de u_{BC} : $-E, 0, +E, +E, 0, -E$. Niveaux de u_{CA} : $0, -E, -E, 0, +E, +E$.

Question Q.16. Pour une tension continue E de 150 V, montrer que la valeur efficace UAB s’écrit E × √(2/3), puis effectuer l’application numérique.

Sur une période, u_{AB} vaut $+E$ pendant $2\pi/3$, puis $-E$ pendant $2\pi/3$, et zéro pendant le tiers restant. Ainsi, $U_{AB} = \sqrt{\frac{(2\pi/3)E^2 + (2\pi/3)E^2}{2\pi}} = E\sqrt{\frac{2}{3}}$. Pour $E = 150\,\mathrm{V}$, l’application numérique donne environ 122 V.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $U_{AB} = 150\sqrt{2/3} \approx 122\,\mathrm{V}$.

3. Étude chimique et bilan des émissions de CO_2

Cette partie examine l'affirmation du constructeur selon laquelle équiper un avion réduirait les émissions autant que retirer 400 voitures des routes. Le kérosène est assimilé au décane pour établir la combustion et comparer les consommations de carburant pendant le taxiage avec et sans le dispositif.

Combustion du kérosène

Question Q.17. Identifier le constituant de l'air qui intervient dans la combustion du kérosène.

La combustion nécessite un comburant. Dans l'air, le réactif qui permet la combustion du kérosène est le dioxygène, de formule O_2. Le diazote, bien qu'il soit le constituant majoritaire de l'air, ne participe pas à la réaction de combustion décrite dans cet exercice.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le constituant de l'air qui intervient dans la combustion est le dioxygène O_2.

Question Q.18. En considérant le kérosène comme du décane $C_{10}H_{22}$ et en sachant que sa combustion complète dans l'air produit du dioxyde de carbone et de l'eau, écrire et équilibrer l'équation chimique modélisant cette combustion.

La combustion complète du décane forme du dioxyde de carbone et de l'eau. On équilibre d'abord le carbone : 10 CO_2, puis l'hydrogène : 11 H_2O. Ces produits contiennent 31 atomes d'oxygène, donc il faut 31/2 O_2. En multipliant tous les coefficients par 2, on obtient l'équation équilibrée à coefficients entiers.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $2\ C_{10}H_{22} + 31\ O_2 \rightarrow 20\ CO_2 + 22\ H_2O$.

Question Q.19. En expliquant la démarche suivie, montrer que la combustion d'un kilogramme de kérosène rejette environ 3,1 kg de dioxyde de carbone.

La masse molaire du décane est $M(C_{10}H_{22}) = 10 \times 12{,}0 + 22 \times 1{,}00 = 142\ g{\cdot}mol^{-1}$. Une mole de décane produit 10 moles de CO_2, soit $10 \times 44{,}0 = 440$ g. Le rapport des masses produites vaut donc 440/142. Ainsi, pour 1 kg de kérosène assimilé au décane, la masse de CO_2 émise est d'environ 3,10 kg.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 1 kg de kérosène rejette environ 3,1 kg de CO_2.

Bilan de consommation

Question Q.20. À partir de la durée moyenne de taxiage de 14 minutes, des consommations des deux réacteurs et de celle de l'APU, montrer que le dispositif permet d'économiser en moyenne 123 kg de kérosène par vol.

Sans dispositif, les deux réacteurs consomment $2 \times 324 = 648$ kg·h^{-1}. Avec le dispositif, l'APU consomme 121 kg·h^{-1} : l'économie horaire est donc $648 - 121 = 527$ kg·h^{-1}. La durée de taxiage est 14/60 h. L'économie par vol vaut $527 \times 14/60 = 122{,}97$ kg, soit 123 kg au kilogramme près.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Économie moyenne : environ 123 kg de kérosène par vol.

Question Q.21. Déterminer le nombre annuel de vols nécessaire pour atteindre le chiffre annoncé dans la promotion, calculer le nombre moyen de vols par jour correspondant, puis commenter.

Les 400 voitures émettent $400 \times 120 \times 12\,000 = 576\,000\,000$ g, soit 576 000 kg de CO_2 par an. À partir de l'économie exacte de carburant par vol et du rapport de combustion 440/142, les émissions évitées sont environ 381,0 kg de CO_2 par vol. Il faut donc au moins 576 000/381,0, soit 1 512 vols par an. Cela représente $1\,512/365 \approx 4{,}14$ vols par jour : l'affirmation suppose une utilisation très intensive de l'avion.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il faut 1 512 vols par an, soit environ 4,14 vols par jour. Cela suppose une utilisation très intensive de l'avion.

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

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve U32 de sciences physiques et chimiques appliquées du BTS Aéronautique, session 2017, porte le code AE3SCPC, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie un dispositif de taxiage électrique pour avion moyen-courrier. Les compétences évaluées concernent les bilans énergétiques et électriques, les conversions triphasées, la combustion du kérosène et l'estimation des économies de carburant et des émissions de CO_2.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'énergie cinétique d'un mobile de masse m et de vitesse v vaut $E_c = 1/2\ mv^2$.
- La variation d'énergie potentielle de pesanteur vaut $\Delta E_{pp} = mg\Delta h$.
- Pour un réseau triphasé équilibré, la puissance active s'écrit $P = \sqrt{3}\ U\ I \cos \varphi$.
- La combustion complète du décane produit du dioxyde de carbone et de l'eau ; l'équation équilibrée conserve chaque type d'atome.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les nœuds en $m \cdot s^{-1}$ et distinguer la vitesse horizontale de la distance réellement parcourue sur la pente.
- Vérifier les unités et convertir les tonnes en kilogrammes ainsi que les minutes en heures dans les bilans.
- Pour les graphes triphasés, respecter les phases, les conventions de tension et la concordance temporelle.
- Dans les bilans de rendement, distinguer la puissance mécanique fournie de la puissance électrique absorbée.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment aborder un calcul de puissance à partir d'une variation d'énergie ?

Déterminez d'abord le travail ou la variation d'énergie sur la durée considérée. Pour obtenir une puissance moyenne, divisez cette énergie par le temps correspondant, en vérifiant que les unités sont cohérentes.

Q : Comment choisir le bon rendement dans la chaîne de conversion ?

Repérez le sens du transfert d'énergie et les étages traversés. Le rendement d'un étage est la puissance utile en sortie divisée par la puissance reçue en entrée ; pour remonter vers la puissance d'entrée, divisez par le rendement.

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

Le sujet annonce trois parties indépendantes, traitables dans l'ordre choisi. Parcourez toutes les questions, répartissez le temps entre les parties et gardez une marge pour les unités, les justifications et les documents réponse à rendre.

Q : Qu'attend le jury pour les questions demandant de montrer un résultat ?

Présentez une démarche lisible : formule adaptée, données avec leurs unités, calcul et résultat correctement arrondi. Pour les graphes, respectez les axes, les niveaux attendus et la concordance avec les signaux fournis.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsaeronautique.fr/assets/annales/bts-aeronautique/E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées/2017/BTS Aéronautique - E3.2 - Sciences physiques et chimiques appliquées - Session 2017 - 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.