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 :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AÉRONAUTIQUE

ÉPREUVE E3 - MATHÉMATIQUES - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES APPLIQUÉES

SOUS-ÉPREUVE U32 - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES APPLIQUÉES

SESSION 2018

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

_____

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Documents à rendre et à agrafer avec la copie :

- Documents réponses nos 1 et 2 ..... page 9/10
- Document réponse n° 3 ..... page 10/10

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 1 : ÉTUDE DES ÉQUIPEMENTS DE PARE-BRISE POUR AÉRONEF (13 points)

Pour s'assurer d'une bonne visibilité, on équipe les pare-brises d'un aéronef des trois dispositifs suivants :

- Un élément chauffant utilisé pour le dégivrage du pare-brise.
- Un système de chauffage en continu contrôlé par un calculateur W.H.C. (Window Heat Computer) empêchant le givrage.
- Des essuie-glaces entraînés par un motoréducteur à courant continu permettant d'évacuer l'eau de pluie ainsi que le givre fondu.

EXERCICE 1 : ÉTUDE DU SYSTÈME DE DÉGIVRAGE

Il est constitué de deux bandes résistives (Heating elements) disposées en haut et en bas du pare-brise comme le montre la **figure 1** ci-dessous.

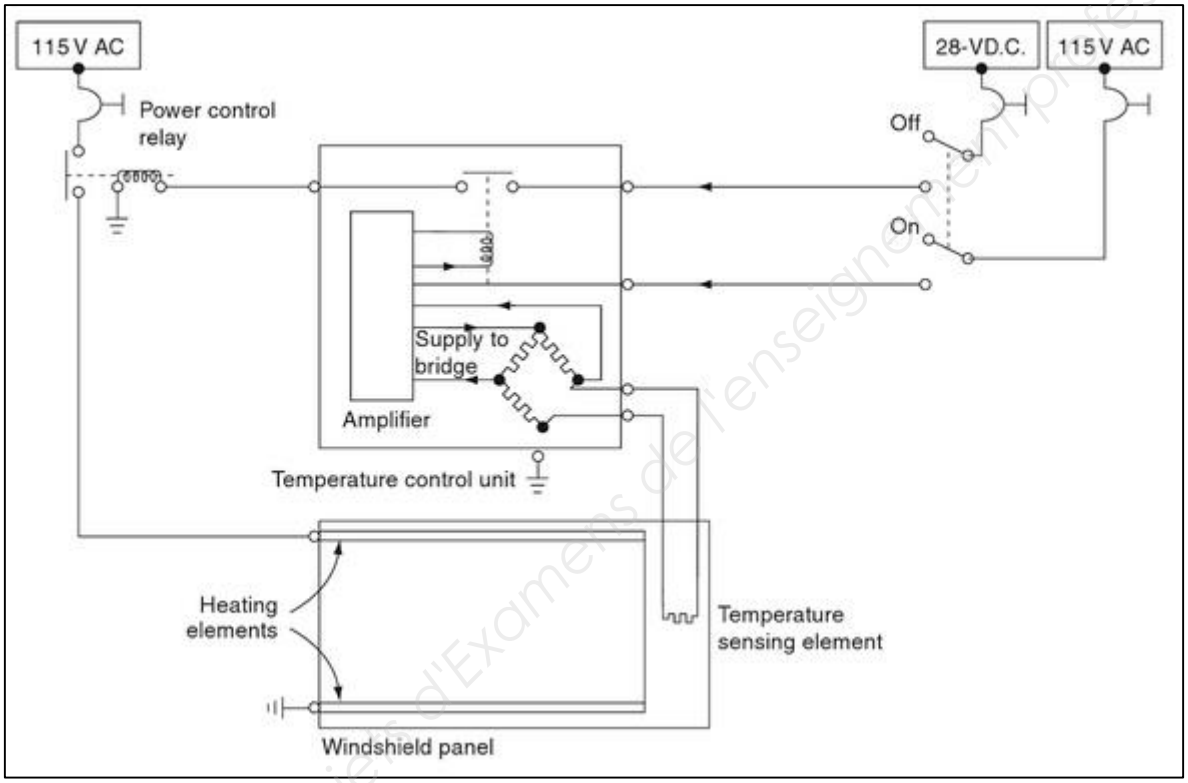


Figure 1 : schéma du dispositif de dégivrage

Afin de s'assurer de l'efficacité de ce système, le test suivant a été effectué : on mesure la durée $\Delta t = 50$ *s* nécessaire pour faire fondre une épaisseur e = 0,20 mm de givre uniformément déposé sur la surface du pare-brise à la température initiale de - 10°C.

Données *:*

Aire de la surface d'un pare-brise : S = 0,40 m².
Capacité calorifique de la glace : C_g = 2060 J·kg^{-1}·K^{-1}
Chaleur latente de fusion de la glace : L_f = 333 kJ·kg^{-1}
Masse volumique de la glace : μ_g = 917 kg·m^{-3}
Indication : on considère que la glace fond à 0°C

Q.1 -

Q.1.1 - Calculer l'énergie nécessaire pour amener la couche de givre depuis la température de - 10°C à celle de 0°C.

Q.1.2 - Calculer l'énergie nécessaire pour faire fondre la couche de givre à la température de 0°C.

Q.1.3 - En déduire que l'énergie totale nécessaire pour faire fondre la couche de givre initialement à la température de - 10°C est voisine de 26 kJ.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Q.2 - En déduire la puissance P_u utile au dégivrage du pare-brise.

Ce dispositif est alimenté par le réseau 115 V de l'aéronef.

Q.3 - Calculer la résistance R_{cal} de l'élément chauffant devant fournir la puissance P_u.

On mesure la résistance de l'élément chauffant et on trouve R_{mes} = 20 Ω.

Q.4 - Calculer alors la puissance réelle P_{re} fournie par le dispositif.

Q.5 - Justifier l'écart observé entre R_{cal} et R_{mes}.

Q.6 - Calculer le rendement de l'opération.

EXERCICE 2 : CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE DES PARE-BRISE.

Le système de chauffage en continu maintient la température des pare-brises et des fenêtres latérales dans l'intervalle entre 35 et 42°C interdisant ainsi le givrage dans certaines conditions de vol.

Le contrôle de la température est assuré par un calculateur (W.H.C. : Window Heat Controler).

À la sortie du potentiomètre de la figure (2) comportant une thermistance, une tension U_{th} dépendant de la température du pare-brise est envoyée vers le calculateur via un C.A.N. 10 bits.

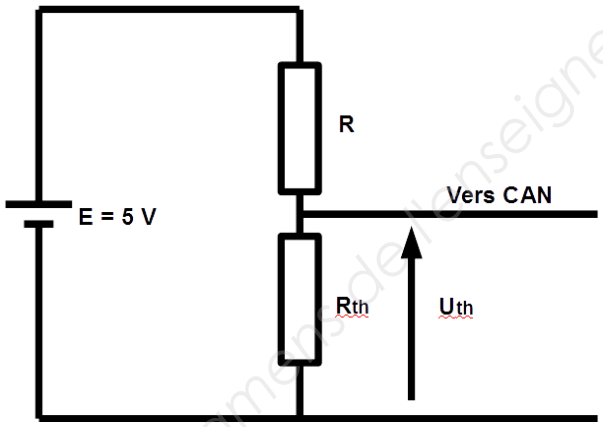


Figure 2 : schéma du montage potentiométrique

La caractéristique de la thermistance de résistance R_{th} figure sur **l'annexe 1 (page 8/10)**.

Q.7 - La tension U_{th} est donnée par l'expression : $U_{th} = \frac{R_{th}}{R_{th}+R} \times E$

Avec : R = 10 kΩ et E = 5 V

Justifier l'expression ci-dessus.

Dans les conditions normales de fonctionnement du dispositif, la température T du pare-brise doit être maintenue entre 35 et 42°C.

La caractéristique de la thermistance donnée en **annexe 1** a pour équation : $R_{th} = 38 \times e^{-0,05 \times T}$ avec T en °C et R_{th} en kΩ.

Q.8 - Déterminer les valeurs extrêmes de R_{th} dans les conditions normales de fonctionnement.

Q.9 - En déduire les valeurs extrêmes $U_{th\,min}$ et $U_{th\,max}$ prises par la tension U_{th} dans ces conditions.

La chaîne de mesure du capteur principal est équipée d'un convertisseur analogique numérique (CAN) 10 bits dont la tension de pleine échelle est de 5,00 V.

Q.10 - Déterminer le quantum q (résolution) de ce CAN à 10^{-5} V près.

Q.11 - Montrer que le mot binaire 0101011101 correspond à une température normale de fonctionnement.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

EXERCICE 3 : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION DU MOTORÉDUCTEUR À COURANT CONTINU

Par temps de pluie ou pour évacuer le givre fondu sur les pare-brise, on peut être amené à utiliser les essuie-glaces. Les balais sont mis en mouvement par un moteur à courant continu associé à un réducteur de vitesse comme le montre la **figure 3**.

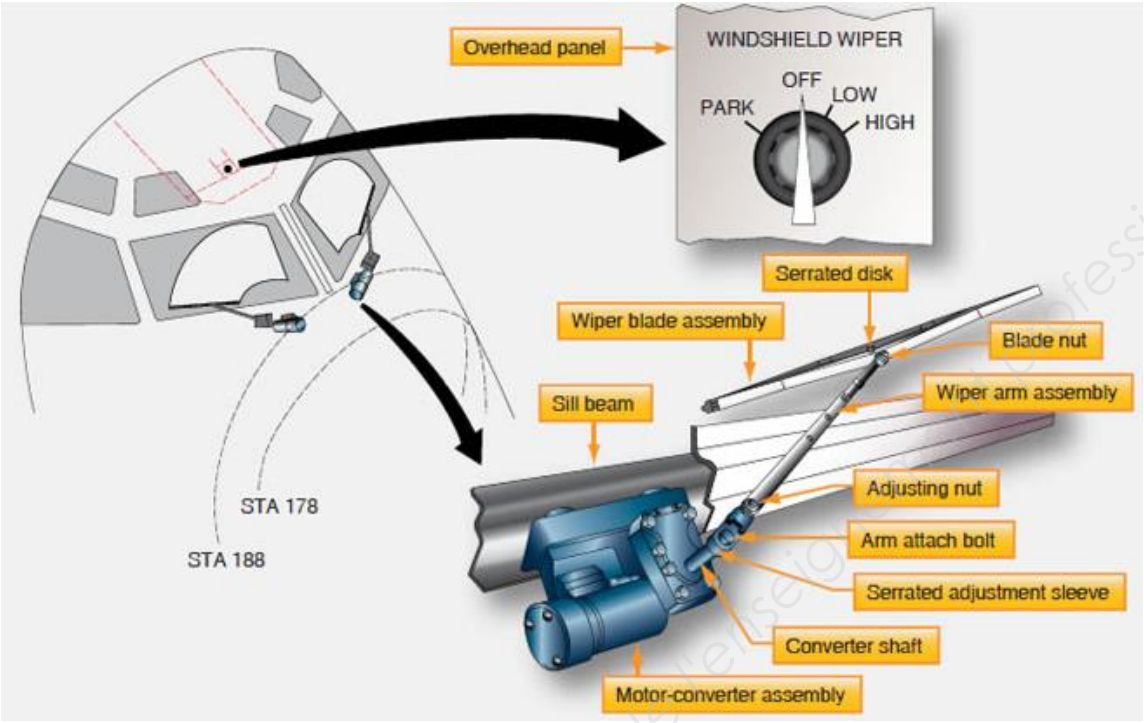
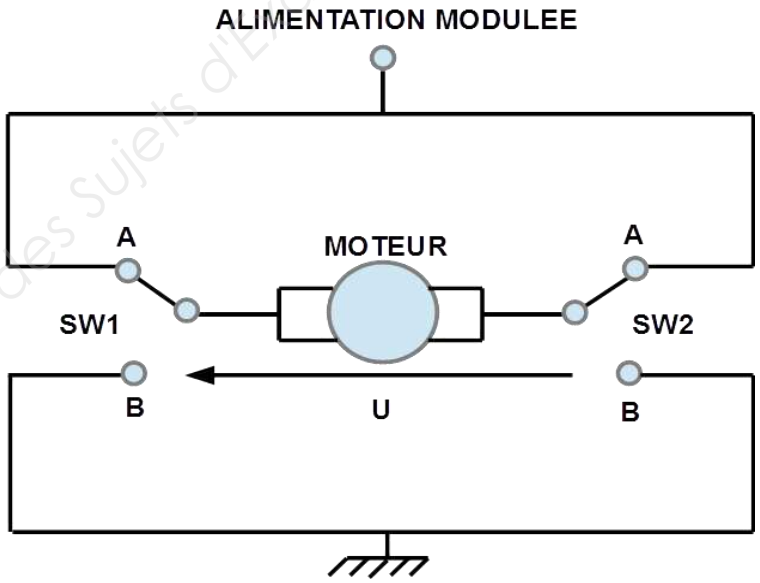


Figure 3 : essuie-glaces, motorisation et commandes

Le changement du sens de rotation des balais est commandé par deux interrupteurs électroniques SW_1 et SW_2 comme indiqué dans le montage ci-dessous. L'alimentation modulée délivre une tension positive.

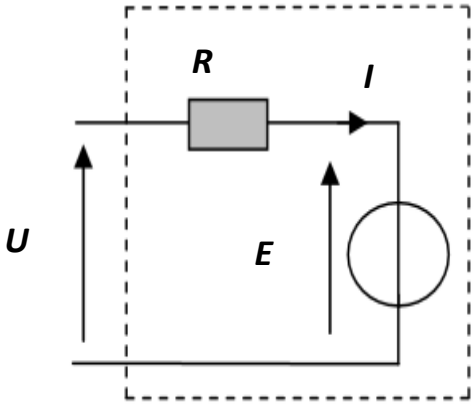


Q.12 - Déterminer sur le **document réponse DR1** de **l'annexe 2 à rendre avec la copie (page 9/10)**, en les entourant, les bonnes positions des interrupteurs SW_1 et SW_2 permettant le fonctionnement suivant :

- $U > 0$ (aller balai essuie-glace)
- $U < 0$ (retour balai essuie-glace)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Les caractéristiques électromécaniques du motoréducteur sont données ci-dessous :



Couple nominal C_n = 0,642 N·m.

Résistance de l'induit R = 0,375 Ω.

Coefficient de fem et de couple k = 0,08 V·s·rad^{-1}.

Rapport de réduction m = 1/60

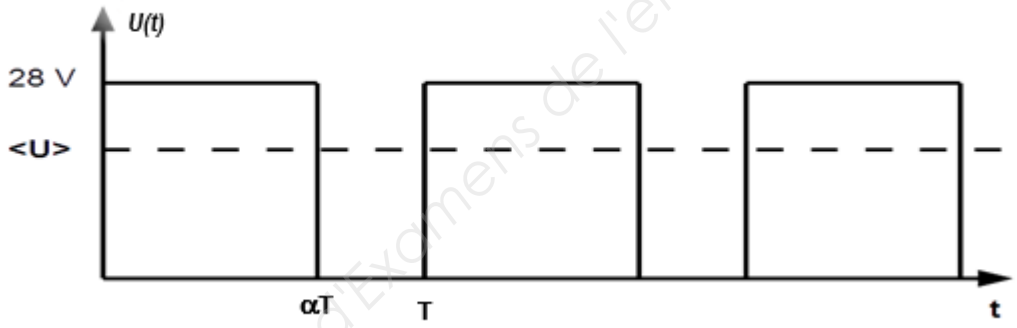
On rappelle que m désigne le rapport de fréquence de rotation des essuie-glaces à celle du moteur.

Formules utiles : $U = E + R \times I$ $\quad C_n = k \times I$ $\quad E = k \times \Omega$

avec Ω est la vitesse de rotation angulaire du moteur.

Q.13 - Déterminer la tension U permettant d'avoir une vitesse de balayage de 30 cycles par minute.

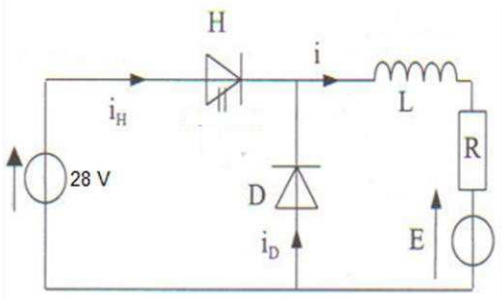
On se propose d'améliorer ce dispositif en offrant au pilote la possibilité de faire varier la vitesse de balayage continuellement de zéro jusqu'à sa valeur maximale. Pour cela, le motoréducteur sera alimenté par la tension moyenne <*U*> obtenue à la sortie d'un hacheur alimenté par le bus 28 V. La tension *U(t)* est représentée ci-dessous.



Q.14 - Calculer le rapport cyclique α correspondant à une tension moyenne de 18 V.

Q.15 - Donner le nom de l'appareil qui permet de mesurer la valeur moyenne de la tension. Préciser le réglage (AC, DC, ...)

Le schéma du montage est le suivant :



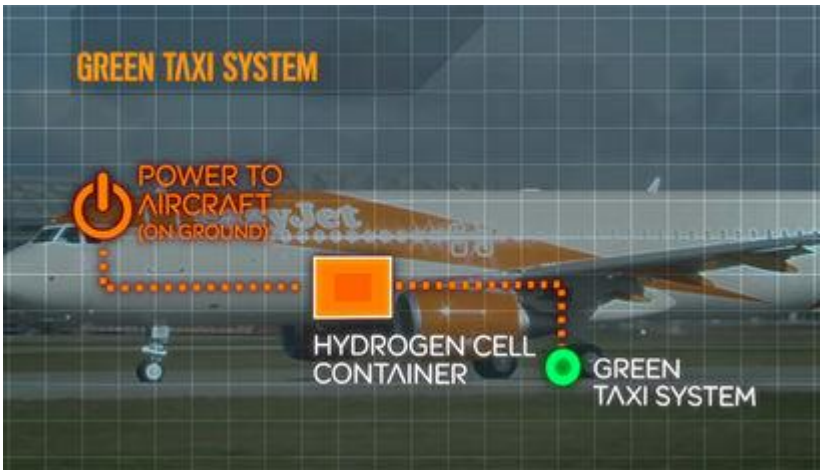
Q.16 - Comment appelle-t-on la diode D ? Quel est son rôle ?

Q.17 - Quel est le rôle de la bobine ?

Q.18 - En observant les chronogrammes de **l'annexe 2 à rendre avec la copie**, associer chacun d'entre eux à l'un des courants I_H, I et I_D, sur le **document réponse DR2**.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

PARTIE 2 : ÉTUDE D'UN DISPOSITIF DE TAXIAGE ÉCOLOGIQUE (7 points)



Un concept d'avion hybride dont les trajets au sol seraient alimentés par une pile à combustible a été dévoilé par Easyjet, et mis au point en partenariat avec l'université de Cranfield.

Le système vise à utiliser l'énergie récupérée lors de l'atterrissage pour faire ensuite rouler l'avion. Il s'agit d'un système similaire au système de récupération de l'énergie cinétique qui a été développé pour les Formule 1. Une partie de l'énergie cinétique transformée lors du freinage est récupérée au lieu d'être dissipée sous forme de chaleur. ***Une sorte de dynamo convertit l'énergie mécanique en énergie électrique, qui est ensuite stockée sous forme d'hydrogène grâce à un dispositif situé dans la soute. Lors du roulage, le processus inverse reconvertit l'hydrogène en électricité.*** L'avion serait équipé de moteurs dans chaque roue, tandis que des dispositifs d'électronique de puissance et des systèmes de commande assureraient aux pilotes une parfaite maîtrise de la vitesse, de la direction et du freinage de l'appareil durant les manœuvres. L'eau produite lors de la génération d'électricité serait aussi réutilisable pour remplir le système d'alimentation en eau de l'appareil au long du vol.

Source : https://www.industrie-techno.com

Q.19 - Dans la phrase en gras et en italique, l'auteur fait allusion à un dispositif qui "stocke l'énergie électrique sous forme d'hydrogène". Comment appelle-t-on ce dispositif ?

Q.20 - Dans la même phrase, il parle d'un dispositif qui "convertit l'hydrogène en électricité". De quel dispositif s'agit-il ?

Q.21 - Citer un avantage et un inconvénient majeurs d'un tel procédé.

Un schéma descriptif d'une pile connue est présenté sur le **document réponse DR3** en **annexe 3, à rendre avec la copie (page 10/10)**.

Q.22 - Écrire la demi-équation de la réaction se produisant à l'électrode 1 en indiquant s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

Q.23 - Écrire la demi-équation de la réaction se produisant à l'électrode 2 en indiquant s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

Q.24 - Laquelle des deux électrodes 1 ou 2 est l'anode ? Laquelle est la cathode ? Justifier.

Q.25 - Laquelle des deux électrodes 1 ou 2 est le pôle + ? Justifier.

Q.26 - Indiquer, sur ce le **document réponse DR3 en annexe 3, à rendre avec la copie**, en utilisant trois couleurs différentes, le sens de circulation des électrons, celui du courant électrique et le sens de circulation des protons H^+.

On suppose que la pile débite un courant d'intensité de valeur $I = 100$ A pendant $\Delta t = 8{,}0$ h.

Q.27 - Montrer que la charge électrique débitée par la pile est $Q = 2{,}9 \times 10^6$ C.

Q.28 - Calculer que le nombre de moles d'électrons ayant circulé dans le circuit.

Q.29 - En déduire le nombre de moles de dihydrogène $n(H_2)$ consommé puis la masse correspondante $m(H_2)$.

La masse volumique du dihydrogène dans les conditions standards de température et de pression est $\mu(H_2) = 0{,}090$ kg/m^3.

Q.30 - Calculer le volume de dihydrogène consommé $V(H_2)$.

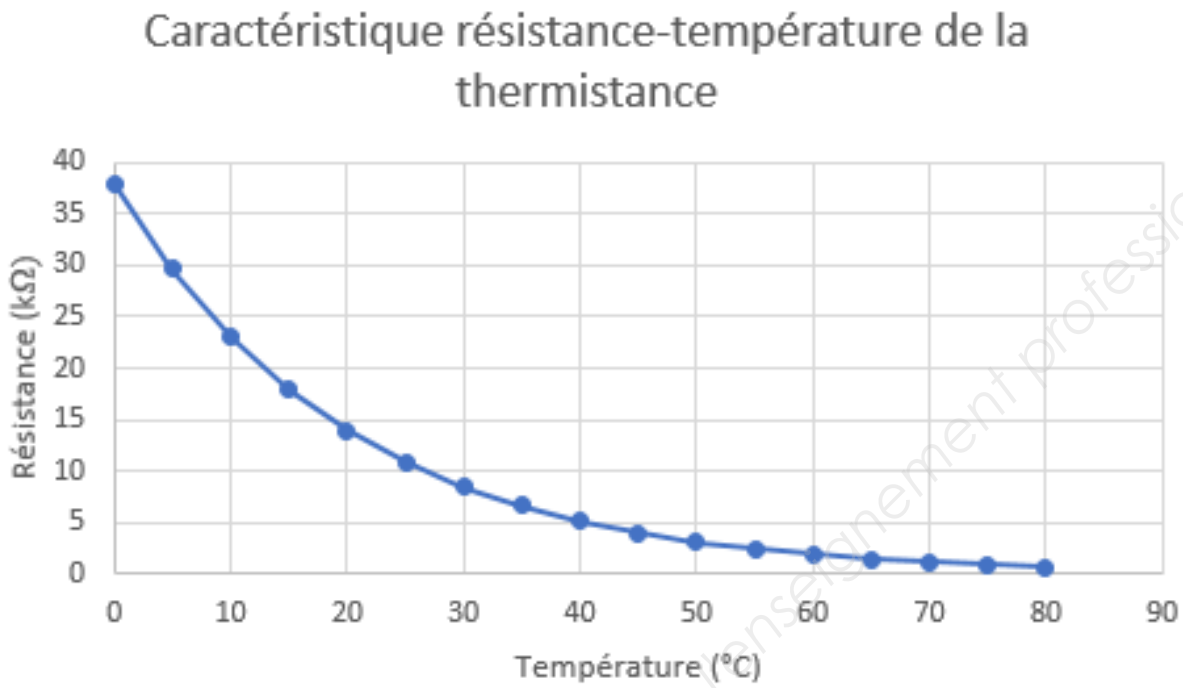
Q.31 - Compte tenu du résultat de la question **Q.30**, sous quelle condition faut-il stocker le dihydrogène pour minimiser son volume ?

<u>Données</u> :

Constante de Faraday : $F = 96500$ C.mol^{-1}.
La masse molaire de l'hydrogène : $M(H) = 1{,}00$ g.mol^{-1}.
Couples rédox : $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$ et $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 1

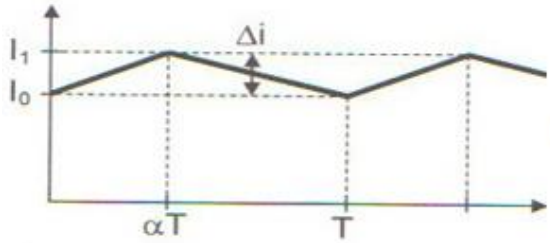


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

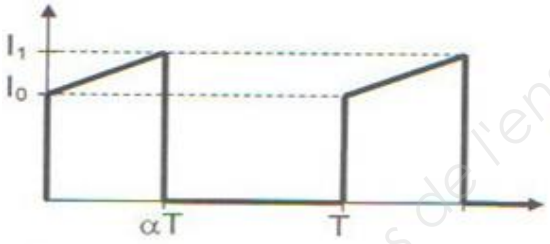
ANNEXE 2 : documents réponses
À rendre avec la copie

Document réponse DR1 (question Q12)

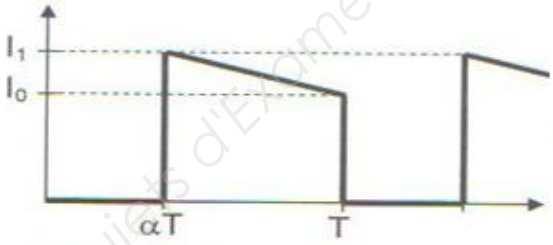
	SW1		SW2	
U > 0	A	B	A	B
U < 0	A	B	A	B



Chronogramme A



Chronogramme B



Chronogramme C

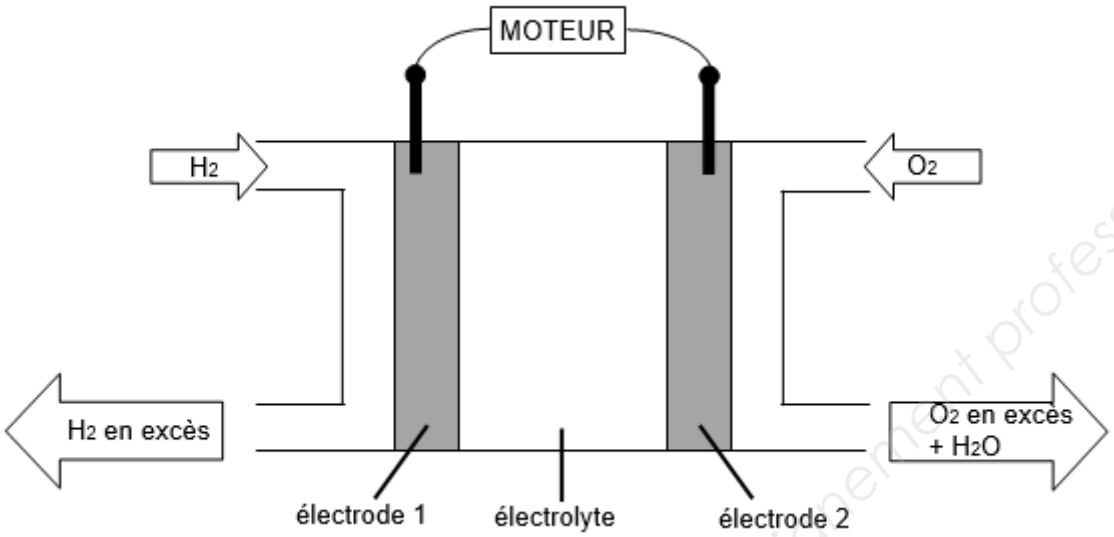
Document réponse DR2 (question Q18)

Chronogramme	Courant attribué
A	
B	
C	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

ANNEXE 3 : document réponse
À rendre avec la copie

Document réponse DR3 (question Q26)



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.