



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été numérisé par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception et Industrialisation  
en Microtechniques

ÉPREUVE E3

Mathématiques  
et  
sciences physiques appliquées

UNITÉ U32

Sciences physiques appliquées

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse n°1 page 13/15.
- Document réponse n°2 page 14/15.
- Document réponse n°3 page 15/15.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

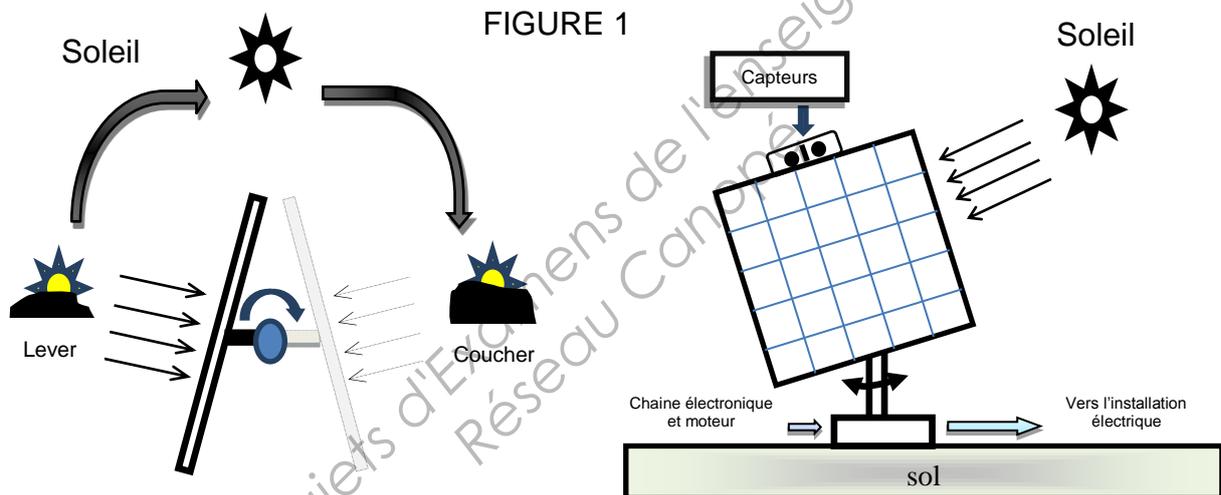
|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 1 sur 15 |

## ÉTUDE SIMPLIFIÉE D'UN « SUIVEUR SOLAIRE »

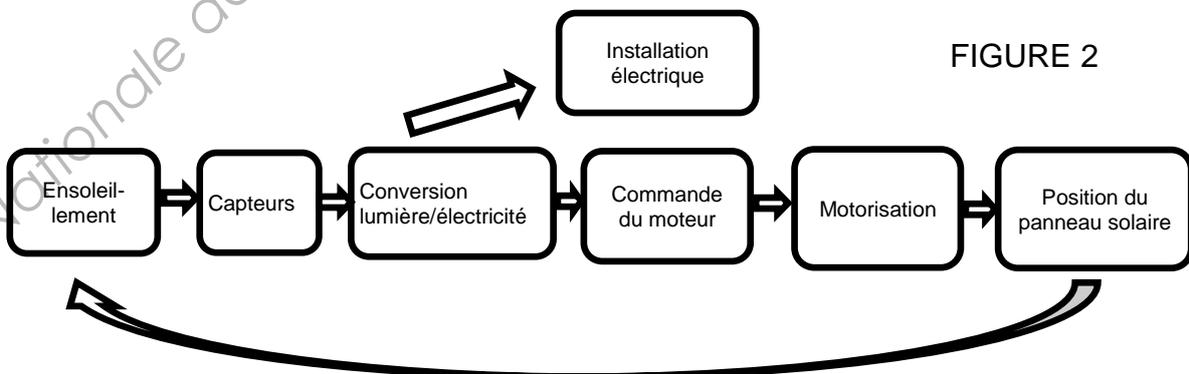
**INTRODUCTION :** L'énergie solaire est une source d'énergie disponible en tout point de la planète. Les panneaux solaires photovoltaïques (appelés panneaux solaires) seront les seuls abordés dans le sujet. Ils assurent la conversion d'énergie solaire en énergie électrique.

Lorsqu'un panneau photovoltaïque est fixe par rapport au sol et orienté vers le sud, son rendement énergétique n'est pas constant au cours de la journée. En début et en fin de celle-ci, le rendement de la production électrique diminue car l'orientation du panneau n'est pas optimale.

Lorsqu'un « SUIVEUR SOLAIRE », comme l'indique la figure 1, oriente le panneau solaire en le faisant pivoter en direction du soleil, la production électrique du panneau est alors améliorée.



La chaîne d'information du système d'étude est précisée figure 2.



|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 2 sur 15 |

Le sujet est composé de 4 parties principales indépendantes :

- Partie A : de l'énergie solaire à l'énergie électrique (4 points).
- Partie B : étude de la commande du moteur (6 points).
- Partie C : étude du moteur et de son alimentation (8 points).
- Partie D : seuil de rentabilité énergétique (2 points).

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

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 3 sur 15 |

- Partie A : de l'énergie solaire à l'énergie électrique (4 points).

Pour pouvoir piloter le système, il est nécessaire de disposer d'une information électrique qui dépend directement de l'ensoleillement.

### A.1 Étude de la lumière reçue.

Dans de bonnes conditions d'ensoleillement et en orientant convenablement face au soleil le panneau solaire, celui-ci reçoit un flux lumineux solaire de  $1\,000\text{ W.m}^{-2}$ . La transformation en puissance électrique se fait avec un rendement de 20 %.

Le rendement précédent s'explique en partie par le fait que le panneau solaire n'est sensible qu'à une certaine gamme de rayonnement. En effet, il ne réagit que pour des ondes électromagnétiques de fréquences supérieures à  $f_{\min} = 266\text{ THz}$  ( $1\text{ THz} = 10^{12}\text{ Hz}$ ).

A.1.1 Calculer la longueur d'onde maximale  $\lambda_{\max}$  du rayonnement transformé par le panneau solaire sachant que la relation liant  $\lambda$ , la longueur d'onde,  $T$ , la période de l'onde et  $c$ , la célérité de la lumière, est la suivante :  $\lambda = c.T$ . Rappel  $c = 3,0.10^8\text{ m.s}^{-1}$ .

A.1.2 Définir, en s'aidant de l'échelle de longueurs d'onde donnée figure 3, la bande de longueurs d'onde à laquelle  $\lambda_{\max}$  appartient.

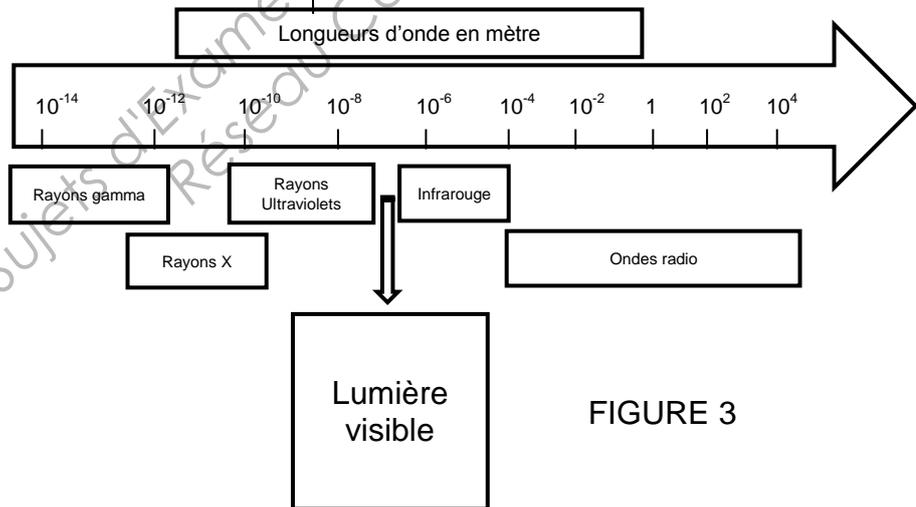


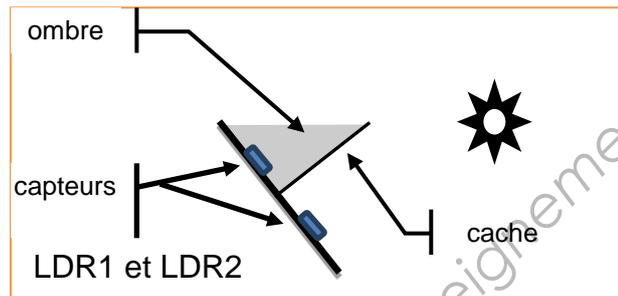
FIGURE 3

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 4 sur 15 |

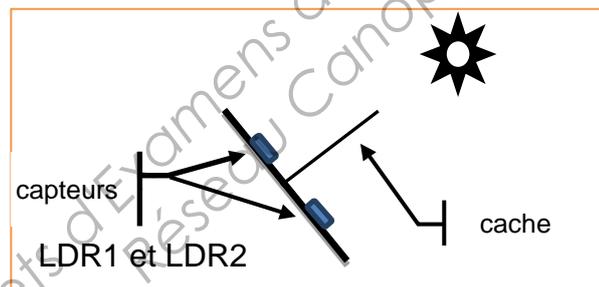
## A.2 Étude des capteurs.

Pour positionner au mieux le panneau solaire, on utilisera comme capteurs deux photorésistances, nommées LDR1 et LDR2, de résistance respective  $R_1$  et  $R_2$  et placées de chaque côté d'un cache selon le schéma de la figure 4.

Le panneau solaire est convenablement orienté lorsque les deux photorésistances sont éclairées de la même manière, sinon le cache produit de l'ombre sur l'une d'entre elles. La détection de cette ombre permettra de déclencher le moteur pour positionner correctement le panneau solaire.



Panneau solaire à positionner

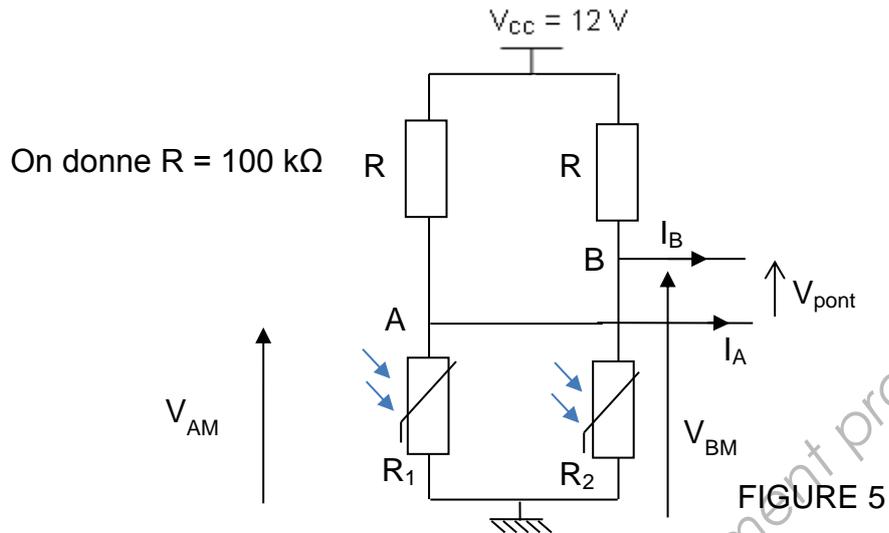


Panneau solaire correctement positionné

FIGURE 4

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 5 sur 15 |

Les capteurs LDR sont utilisés dans un circuit en pont (figure 5).



A.2.1 Donner les valeurs des intensités des deux courants  $I_A$  et  $I_B$  sachant que « le pont fonctionne à vide ».

A.2.2 Expression de  $V_{\text{pont}}$ .

A.2.2.1 Exprimer  $V_{\text{pont}}$  en fonction de  $V_{\text{AM}}$  et  $V_{\text{BM}}$ .

A.2.2.2 Exprimer  $V_{\text{AM}}$  en fonction de  $R$ ,  $R_1$  et  $V_{\text{CC}}$ .

A.2.2.3 Montrer que l'expression de la tension  $V_{\text{pont}}$  peut se mettre sous la forme :

$$V_{\text{pont}} = \left[ \frac{R_2}{R + R_2} - \frac{R_1}{R + R_1} \right] \cdot V_{\text{CC}}$$

A.2.3 Applications numériques : remplir avec les valeurs numériques le DOCUMENT RÉPONSE N°1 en s'appuyant sur la caractéristique d'une photorésistance sachant que  $R = 100 \text{ k}\Omega$  et  $V_{\text{CC}} = 12 \text{ V}$ .

A.2.4 Expliquer, en utilisant les résultats précédents, qu'il est possible de disposer d'une information électrique qui dépend directement de l'ensoleillement.

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 6 sur 15 |

- Partie B : étude de la commande du moteur (6 points).

Suivant l'orientation relative du soleil et du panneau, celui-ci doit pouvoir se déplacer. Pour cela un circuit élabore deux tensions, notées  $V_{\text{sens1}}$  et  $V_{\text{sens2}}$ . Appliquées aux bornes de la commande du moteur, elles permettent à celui-ci de tourner dans un sens ou dans l'autre ou éventuellement de ne pas bouger. Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

La tension  $V_{\text{pont}}$  est appliquée à l'entrée du circuit de la figure 6.

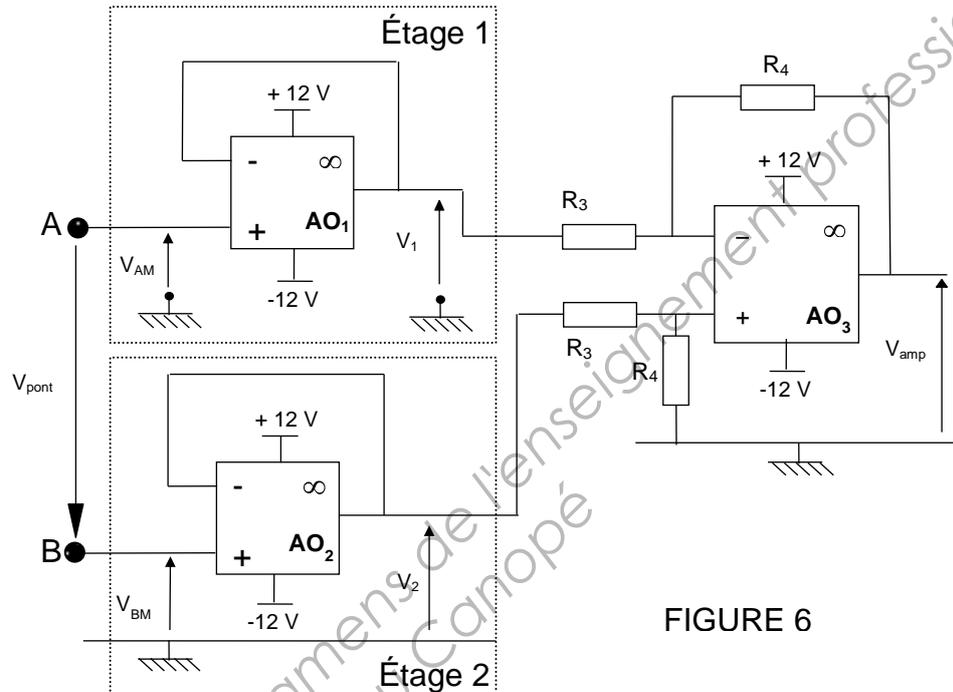


FIGURE 6

On donne  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$ .

B.1 Définir le régime de fonctionnement des amplificateurs opérationnels.

B.2 Étude de la fonction réalisée par l'étage 1.

B.2.1 Déterminer l'expression de  $V_1$  en fonction de  $V_{\text{AM}}$ .

B.2.2 Donner le rôle de l'étage 1.

L'étage 2 réalise la même fonction que celle remplie par l'étage 1.

B.3 Étude de la relation entre  $V_{\text{amp}}$  et  $V_{\text{pont}}$ .

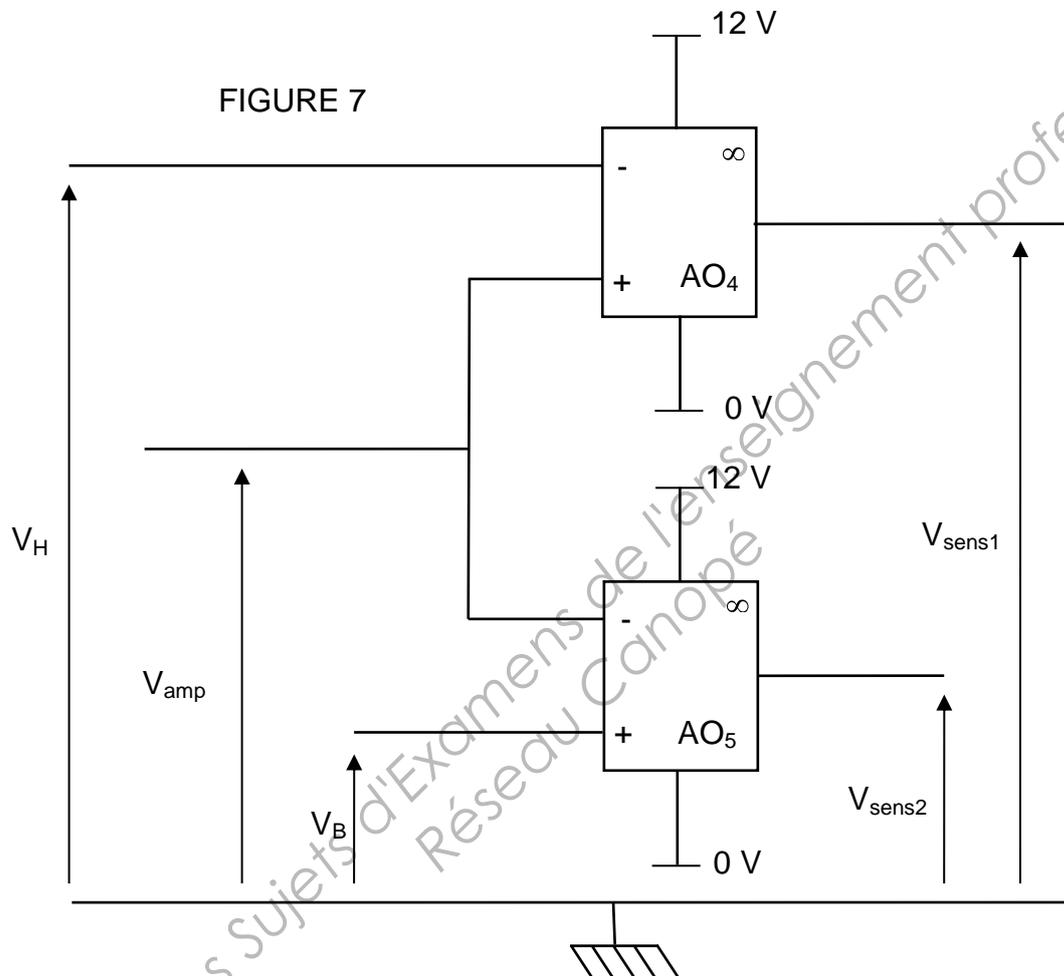
Déterminer, sachant que  $V_{\text{amp}} = \frac{R_4}{R_3} V_{\text{BM}} - V_{\text{AM}} = \frac{R_4}{R_3} \cdot V_{\text{pont}}$ , la valeur du coefficient d'amplification en tension de ce circuit.

B.4 Donner la fonction remplie par le circuit complet.

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 7 sur 15 |

## B.5 Élaboration de la commande du moteur.

Le circuit de la figure 7 est placé à la suite de celui de la figure 6. Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits et fonctionnent en régime non linéaire. Leurs tensions de saturation sont égales à leurs tensions d'alimentation, soit 0 V ou 12 V. On prendra pour  $V_H$  et  $V_B$  les valeurs suivantes :  $V_H = 1 \text{ V}$  et  $V_B = -1 \text{ V}$ .



B.5.1 Donner les valeurs possibles de  $V_{\text{sens1}}$  et de  $V_{\text{sens2}}$ .

B.5.2 Valeurs de  $V_{\text{sens1}}$  et de  $V_{\text{sens2}}$  en fonction de  $V_{\text{amp}}$ .

B.5.2.1 Si la tension  $V_{\text{amp}}$  est supérieure à la valeur  $V_H$ , quelle est la valeur prise par  $V_{\text{sens1}}$  ?

B.5.2.2 Si la tension  $V_{\text{amp}}$  est supérieure à la valeur  $V_B$ , quelle est la valeur prise par  $V_{\text{sens2}}$  ?

B.5.3 Remplir le tableau du DOCUMENT RÉPONSE N°2, en précisant les valeurs numériques et les unités.

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 8 sur 15 |

B.5.4 Montrer, en utilisant les résultats de la question précédente, que les tensions  $V_{\text{sens1}}$  et  $V_{\text{sens2}}$  permettent de commander un dispositif de pilotage du panneau.

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

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014  |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 9 sur 15 |

- Partie C : Étude du moteur et de son alimentation (8 points).

Le moteur servant à actionner le panneau solaire est un moteur à courant continu (M.C.C) à aimant permanent. Lorsque la tension à ses bornes est positive, celui-ci tourne dans le sens horaire. L'utilisateur souhaite que le rendement soit supérieur à 60 %.

### C.1 Étude du moteur en fonctionnement nominal.

Les caractéristiques du moteur sont :

- Résistance de l'induit du moteur :  $R_{\text{ind}} = 1 \Omega$ .
- Tension d'induit :  $U = 12 \text{ V}$ .
- Intensité du courant d'induit :  $I = 2 \text{ A}$ .
- Vitesse de rotation du rotor :  $n = 1\,000 \text{ tr.min}^{-1}$ .

Le modèle équivalent de l'induit du moteur, dans le cas le plus général, est donné figure 8.

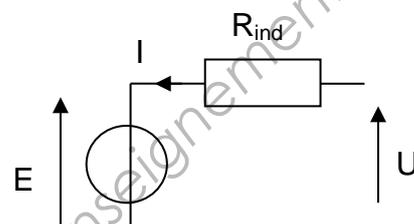


FIGURE 8

- C.1.1 Calculer la force électromotrice  $E$  du moteur.
- C.1.2 Calculer la puissance  $P$  absorbée par le moteur.
- C.1.3 Calculer la puissance  $P_j$  dissipée par effet Joule au niveau de l'induit.
- C.1.4 Calculer la puissance utile  $P_u$  fournie par le moteur sachant que les pertes collectives s'élèvent à  $5 \text{ W}$ .
- C.1.5 Déduire le moment du couple utile  $T_u$ .
- C.1.6 Calculer le rendement  $\eta$  du moteur.
- C.1.7 Montrer que le rendement obtenu est compatible avec les exigences de l'utilisateur.

### C.2 Étude du réducteur.

Lors d'une journée d'été, l'ensoleillement peut durer 15 heures. Lors de cette journée, le panneau solaire doit tourner d'environ  $150^\circ$ . Pour orienter celui-ci de manière précise et éviter des mouvements brusques, un réducteur est placé après le moteur.

- C.2.1 Montrer que la vitesse de rotation du panneau solaire  $n_{\text{min}}$ , dans le cas où le panneau serait continuellement en rotation dans les conditions citées ci-dessus, vaut environ  $4,6 \cdot 10^{-4} \text{ tr.min}^{-1}$ .

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014   |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 10 sur 15 |

C.2.2 Expliquer, en comparant  $n_{\min}$  à la vitesse nominale de rotation  $n$  du moteur, pourquoi un motoréducteur est nécessaire plutôt qu'un moteur seul.

Au démarrage du système, la mise en position du panneau solaire nécessite d'avoir une vitesse de rotation plus élevée que lors de la poursuite. Celle souhaitée, en sortie du réducteur, notée  $n_r$ , aura pour valeur  $1 \text{ tr.min}^{-1}$ .

C.2.3 Calculer le rapport de réduction nécessaire, défini par :  $k = \frac{n_r}{n}$ .

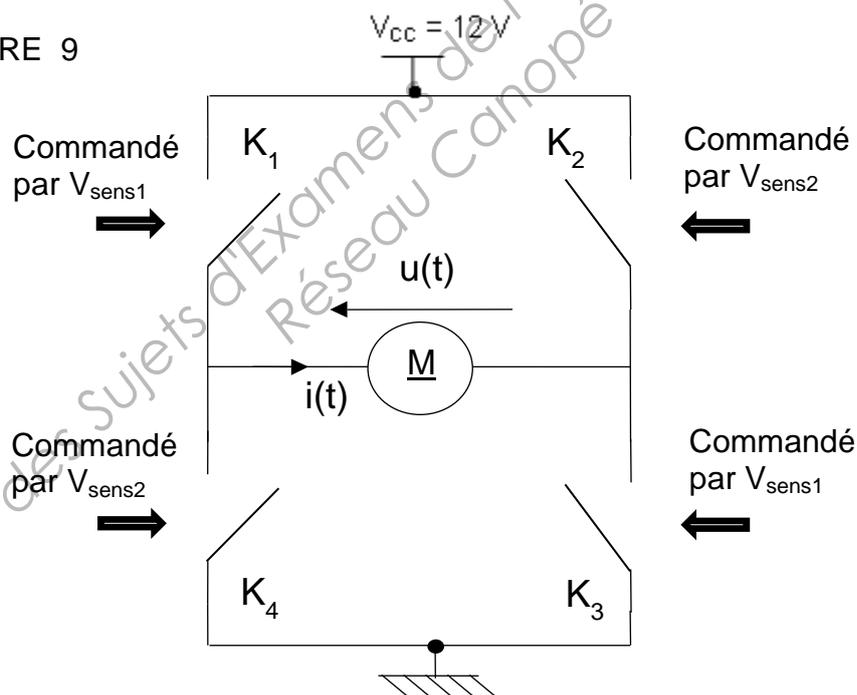
Un couple dont le moment vaut  $50 \text{ N.m}$  est nécessaire pour la mise en rotation du panneau solaire. Le moment du couple utile du moteur seul  $T_{M.C.C.}$ , dans des conditions nominales, vaut  $143.10^{-3} \text{ N.m}$

C.2.4 Montrer que l'ensemble moteur-réducteur pourra entraîner le panneau solaire.

### C.3 Alimentation du moteur.

Le moteur, précédemment étudié, est commandé par un pont en H (figure 9). Le sens du courant dans le moteur et la tension aux bornes de celui-ci sont imposés. Les interrupteurs  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  et  $K_4$  sont commandés soit par  $V_{\text{sens1}}$ , soit par  $V_{\text{sens2}}$ . L'interrupteur est fermé si  $V_{\text{sens}} = 12 \text{ V}$  et ouvert si  $V_{\text{sens}} = 0 \text{ V}$ .

FIGURE 9



C.3.1 Compléter le DOCUMENT RÉPONSE N°3 en plaçant convenablement les interrupteurs (ouverts ou fermés) et compléter le tableau.

C.3.2 Discuter de l'intérêt du choix de cette structure d'alimentation du moteur.

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014   |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 11 sur 15 |

- Partie D : seuil de rentabilité énergétique (2 points).

Du point de vue énergétique, la technologie avec « SUIVEUR SOLAIRE » ne se justifie qu'à la condition où la commande des mouvements de suivi ne consomme pas une partie importante du surplus de l'énergie photovoltaïque produite.

L'ensemble de la chaîne d'information consomme une énergie d'environ 0,5 kW.h sur une journée.

Durant une journée d'été de 15 heures d'ensoleillement, le rendement moyen du panneau solaire, lorsqu'il est fixe, vaut 11% ( $\eta_1$ ) et 16% ( $\eta_2$ ), quand il est mobile.

La puissance solaire reçue par le panneau solaire vaut 4 kW.

D.1 Calcul des puissances électriques suivant le type de panneau.

D.1.1 Calculer la puissance électrique  $P_{elec1}$  créée lorsque le panneau solaire est fixe.

D.1.2 Calculer la puissance électrique  $P_{elec2}$  créée lorsque le panneau solaire est mobile.

D.2 Calcul des énergies suivant le type de panneau.

D.2.1 Calculer l'énergie électrique  $W_1$  (en kW.h) produite sur une journée d'été lorsque le panneau solaire est fixe.

D.2.2 Calculer l'énergie électrique  $W_2$  (en kW.h) produite sur une journée d'été lorsque le panneau solaire est mobile.

D.3 Montrer que l'utilisation d'un « SUIVEUR SOLAIRE » est rentable quand l'ensoleillement dure 15 h.

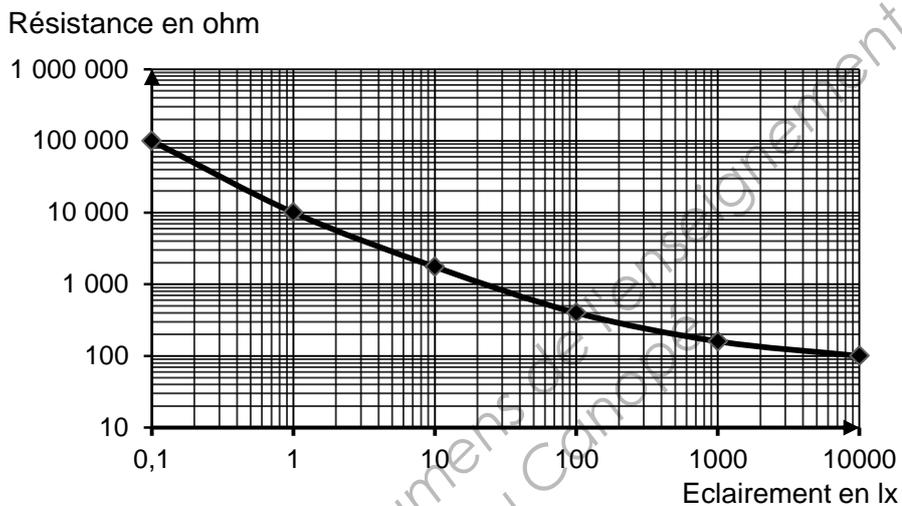
D.4 Calculer la durée minimale pendant laquelle le soleil doit briller pour que l'installation avec un « SUIVEUR SOLAIRE » soit rentable d'un point de vue énergétique.

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014   |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 12 sur 15 |

# DOCUMENT RÉPONSE N°1

## À rendre avec votre copie

### Caractéristique d'une photorésistance (LDR) échelle logarithmique



Une LDR est éclairée si elle reçoit un éclairement de 10 000 lx.  
 Une LDR est à l'ombre si elle reçoit un éclairement de 10 lx.

|   | LDR1 éclairée<br>LDR2 à l'ombre | LDR1 à l'ombre<br>LDR2 éclairée | LDR1 éclairée<br>LDR2 éclairée | LDR1 à l'ombre<br>LDR2 à l'ombre |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Valeur de la résistance<br>$R_1$ en $\Omega$    | 100                             |                                 | 100                            | 2000                             |
| Valeur de la résistance<br>$R_2$ en $\Omega$    | 2000                            | 100                             | 100                            |                                  |
| Valeur de la tension<br>$V_{\text{pont}}$ en mV |                                 |                                 |                                | 0                                |

**DOCUMENT RÉPONSE N°2**  
**À rendre avec votre copie**

On rappelle :  $V_H = 1 \text{ V}$      $V_B = -1 \text{ V}$

|                              | $V_{\text{sens1}}$ | $V_{\text{sens2}}$ |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| $V_{\text{amp}} < V_B$       |                    |                    |
| $V_B < V_{\text{amp}} < V_H$ |                    |                    |
| $V_H < V_{\text{amp}}$       |                    |                    |

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

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014   |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 14 sur 15 |

**DOCUMENT RÉPONSE N°3**  
**À rendre avec votre copie**

| $V_{\text{sens1}} = 12 \text{ V}$<br>$V_{\text{sens2}} = 0 \text{ V}$ |  | $V_{\text{sens1}} = 0 \text{ V}$<br>$V_{\text{sens2}} = 12 \text{ V}$ |  |
|---|--|---|--|
|   |  |   |  |
| Valeur de $u(t)$  |  | Valeur de $u(t)$  |  |
| Sens de rotation  |  | Sens de rotation  |  |

Quand la tension  $u(t)$  est positive le moteur tourne dans le sens horaire. Dans le cas contraire il tourne dans le sens antihoraire.

|   |                   |                |
|---|-------------------|----------------|
| BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées | Durée : 2 h       | Session 2014   |
| CODE SUJET : 14MCE3SC-1                           | Coefficient : 1,5 | Page 15 sur 15 |