



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](http://www.formav.co/explorer)

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Conception et Industrialisation en Microtechniques

### Mathématiques Physique Appliquée

#### ÉPREUVE E3

#### 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.

Document à rendre avec la copie :

- Document Réponse n°1 page 12/14
- Document Réponse n°2 page 13/14
- Document Réponse n°3 page 14/14

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 14

## MACHINE A PAIN

**INTRODUCTION** : Une machine à pain est un appareil permettant d'effectuer automatiquement les différentes étapes nécessaires à la confection de pain : mélange des ingrédients, pétrissage de la pâte, contrôle de la température lors de la levée puis de la cuisson.

Les dimensions de la machine étudiée sont relativement réduites : 40 cm de largeur, 20 cm de profondeur et 25 cm de hauteur.

L'appareil comporte :

- une interface électronique pour communiquer avec l'utilisateur ;
- un moteur pour pétrir la pâte ;
- une résistance de chauffe pour chauffer la pâte ;
- un capteur de température pour contrôler la température ;
- un microcontrôleur qui commande l'ensemble de ces fonctions.

Le problème est composé de 5 parties indépendantes :

- Partie A : Étude de la partie mécanique (3 points).
- Partie B : Étude du moteur (4,5 points).
- Partie C : Circuit de commande du sens de rotation du moteur (4 points).
- Partie D : Étude du système de chauffe (3 points).
- Partie E : Acquisition de la température (5,5 points).

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 14

## SCHEMATISATION RAPIDE DE LA MACHINE :

La pâte à pain, mélange de farine, de levain et d'eau, est placée dans une cuve ouverte sur le dessus. Les figures 1 et 2 schématisent la machine en vue de dessus et en vue de face. On ne met en évidence que les principaux organes de puissance :

- Un moteur et son système de transmission (composé de courroies et de roues) permettent la mise en rotation de pétrins situés au fond de la cuve. Les deux pétrins permettent de mélanger et de pétrir la pâte à pain.
- Une résistance de chauffe entoure la cuve et permet de chauffer et de cuire la pâte après qu'elle soit correctement pétrie.

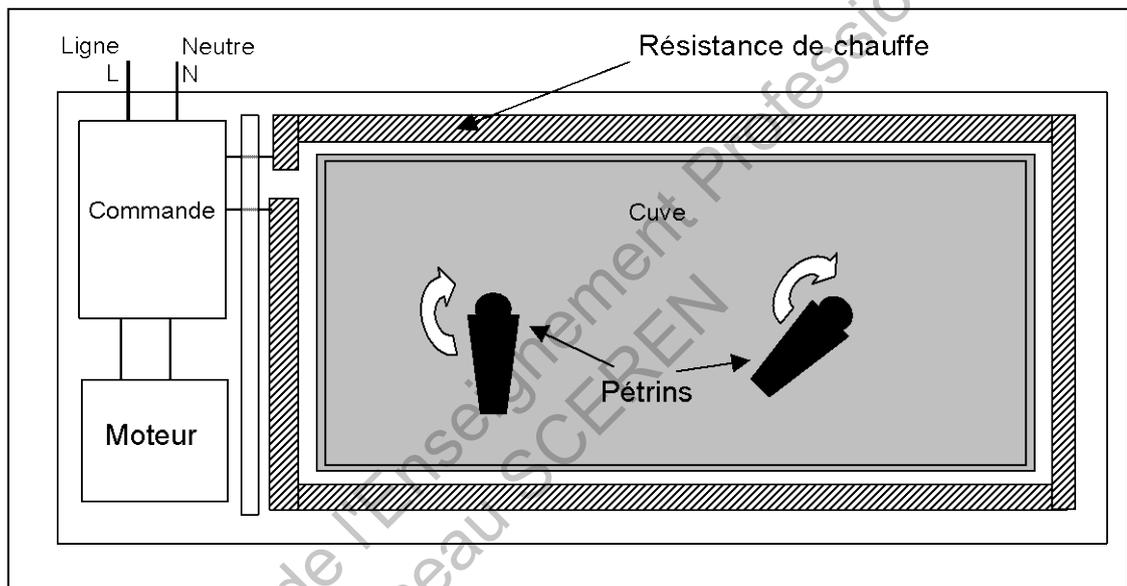


FIGURE 1 : Vue de dessus

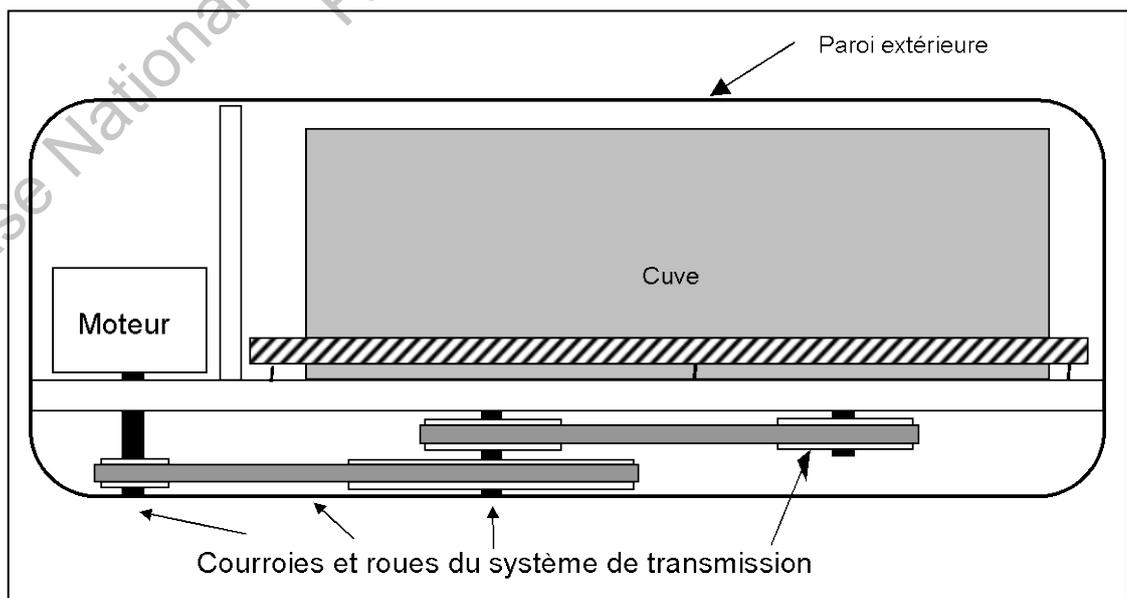


FIGURE 2 : Vue de face

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 14

• **Partie A : Étude de la partie mécanique (3 points).**

La figure 3 représente le système de transmission moteur-pétrins.

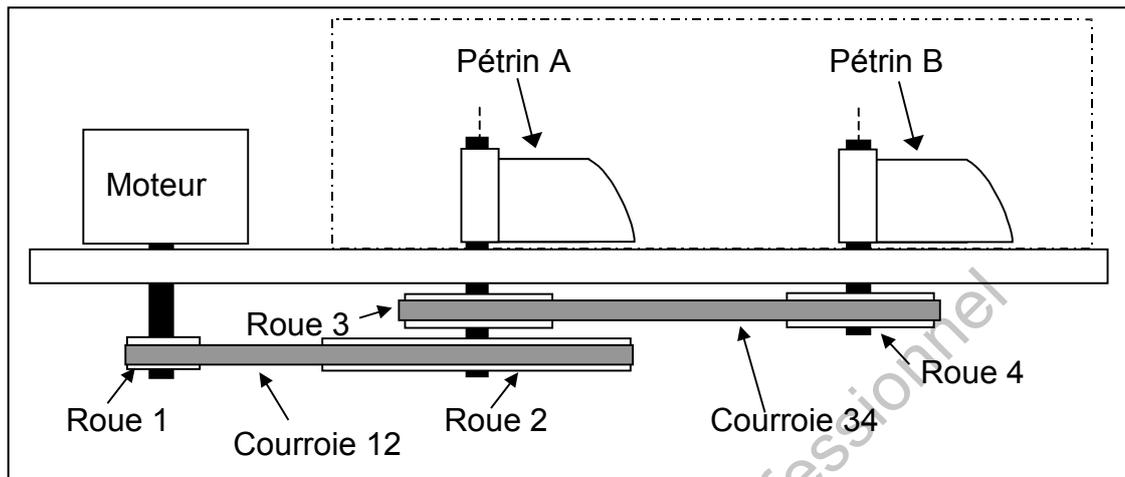


FIGURE 3

La courroie 12 relie :

- La roue 1 de rayon  $R_1 = 0,80$  cm, placée sur l'arbre moteur.
- La roue 2 de rayon  $R_2 = 6,9$  cm, placée sur l'arbre du pétrin A.

La courroie 34 relie :

- La roue 3 de rayon  $R_3 = 3,1$  cm, placée sur l'arbre du pétrin A.
- La roue 4 de rayon  $R_4 = 3,1$  cm, placée sur l'arbre du pétrin B.

A.1 Vérification de la vitesse de rotation des pétrins.

Pour que la pâte soit correctement pétrie, la vitesse de rotation des pétrins doit être comprise entre  $150 \text{ tr.min}^{-1}$  et  $180 \text{ tr.min}^{-1}$ . On considèrera que la vitesse de rotation de l'arbre moteur est  $n_M = 1450 \text{ tr.min}^{-1}$ .

A.1.1 Calculer la vitesse  $v$  (en  $\text{cm.s}^{-1}$ ) de la courroie 12.

A.1.2 Déterminer la fréquence de rotation  $\Omega_A$  (en  $\text{rad.s}^{-1}$ ) du pétrin A.

A.1.3 Dédurre de  $\Omega_A$  la vitesse de rotation  $n_A$  (en  $\text{tr.min}^{-1}$ ) du pétrin A.

A.1.4 Comparer les rayons des roues 3 et 4 puis donner la relation liant la vitesse de rotation  $n_B$  du pétrin B à la vitesse de rotation  $n_A$ .

A.2 Recherche de la puissance mécanique  $P_{MECA}$  que devra fournir le moteur.

Lors du pétrissage de la pâte, chaque pétrin exerce un couple de moment :  $T_P = 1,0$  Nm et tourne à la vitesse de rotation  $n_P = 169 \text{ tr.min}^{-1}$ .

A.2.1 Montrer que la puissance mécanique  $P_{TOTALE}$  exercée par les deux pétrins vaut 35,4 W.

A.2.2 Déterminer la puissance mécanique  $P_{MECA}$  que devra fournir le moteur si le rendement  $\eta_T$  de la transmission moteur-pétrins est de 93 %.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 14

• **Partie B : Étude du moteur (4,5 points).**

Le moteur utilisé sur la machine à pain est un moteur asynchrone monophasé. Aucune connaissance spécifique au caractère monophasé de ces moteurs n'est requise pour résoudre cette partie.

B.1 Choix du nombre de paires de pôles.

On choisit d'alimenter ce moteur par une tension  $v(t)$ , sinusoïdale, monophasé, de valeur efficace  $U = 230 \text{ V}$  et de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$ .

B.1.1 Calculer les vitesses de synchronisme  $n_S$  (en  $\text{tr.min}^{-1}$ ) correspondant à des moteurs asynchrones possédant une paire de pôles, deux paires de pôles et trois paires de pôles.

Pour que la pâte soit correctement mélangée, on désire que le moteur tourne en charge à une vitesse de rotation  $n_M$  de  $1450 \text{ tr.min}^{-1}$ .

B.1.2 Comparer, à l'aide d'une inégalité, la vitesse de rotation  $n_M$  d'un moteur asynchrone en charge à sa vitesse de synchronisme  $n_S$ . Choisir le nombre de paires de pôles compatible avec  $n_M = 1450 \text{ tr.min}^{-1}$ .

B.2 Étude au point de fonctionnement.

L'allure du moment du couple résistant  $T_R$  imposé par la charge est représentée sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1 pour des vitesses comprises entre  $1400 \text{ tr.min}^{-1}$  et  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$ .

L'essai du moteur à vide montre que sa vitesse de rotation à vide  $n_O$  reste très proche de  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$ . On prendra :  $n_O \approx 1500 \text{ tr.min}^{-1}$ .

L'essai du moteur en régime nominal donne les résultats suivants :  $n_N = 1400 \text{ tr.min}^{-1}$  et  $T_{UN} = 0,50 \text{ Nm}$ .

B.2.1 Donner la valeur du moment du couple utile  $T_{UO}$  lors de l'essai à vide. Tracer la caractéristique mécanique du moteur sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1 en considérant qu'elle est linéaire entre les points représentant les fonctionnements à vide et nominal.

B.2.2 Recherche du point de fonctionnement.

B.2.2.1 Placer le point de fonctionnement P sur la caractéristique mécanique du DOCUMENT RÉPONSE n°1.

B.2.2.2 Déterminer graphiquement la vitesse de rotation  $n_M$  de l'arbre moteur.

B.2.2.3 Déterminer graphiquement le moment du couple utile  $T_U$  fourni par le moteur.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 14

### B.3 Bilan de puissance.

On note  $P_{ABS}$  la puissance absorbée par le moteur,  $P_U$  la puissance utile fournie par le moteur et  $P_{TOTALE}$  la puissance fournie aux pétrins.

On représente l'arbre des puissances de l'ensemble moteur-transmission sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1. Le rendement  $\eta_T$  de la transmission est de 93%.

B.3.1 Établir la relation littérale reliant  $P_U$ ,  $P_{TOTALE}$  et  $p_2$ .

B.3.2 Établir la relation littérale reliant  $P_{ABS}$ ,  $P_U$  et  $p_1$ .

B.3.3 Compléter l'arbre des puissances du DOCUMENT RÉPONSE n°1 en y indiquant les valeurs de  $P_U$  et  $p_1$ .

B.3.4 Calculer le rendement  $\eta_M$  du moteur.

### B.4 Circuit de puissance.

Le circuit de puissance du moteur est représenté sur le DOCUMENT RÉPONSE n°2.

B.4.1 Associer, à l'aide d'une flèche, les affirmations de la colonne de gauche avec l'affirmation correspondante du tableau B.4.1 du DOCUMENT RÉPONSE N°2.

B.4.2 Associer, à l'aide d'une flèche, chaque appareil présenté figure 4 à l'affirmation correspondante du tableau B.4.2 du DOCUMENT RÉPONSE N°2. L'interrupteur K est fermé.

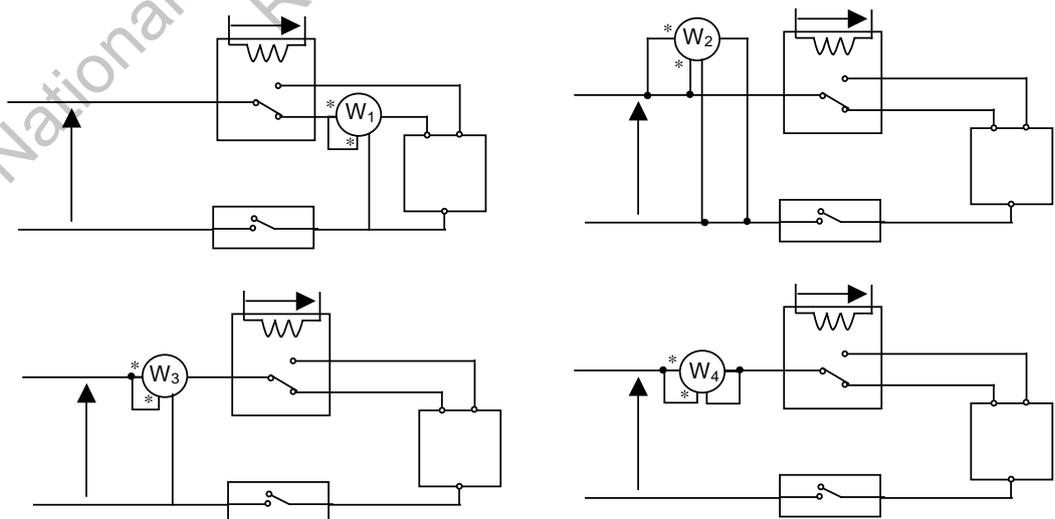


FIGURE 4

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 14

• **Partie C : Circuit de commande du sens de rotation du moteur (4 points).**

Le circuit de commande du relais commandant le sens de rotation du moteur est représenté figure 5.

La tension  $U_1$  est la tension appliquée aux bornes de la bobine du relais  $REL_1$ .  
Si  $U_1 = 9V$ , le relais adopte la position 2 et le moteur tourne en sens anti-horaire.  
Si  $U_1 = 0V$ , le relais adopte la position 1 et le moteur tourne dans le sens horaire.

Toutes les tensions appliquées sur ce circuit sont des tensions continues. On veut déterminer les résistances  $R_{11}$  et  $R_{12}$  permettant de commander correctement le relais  $REL_1$ .

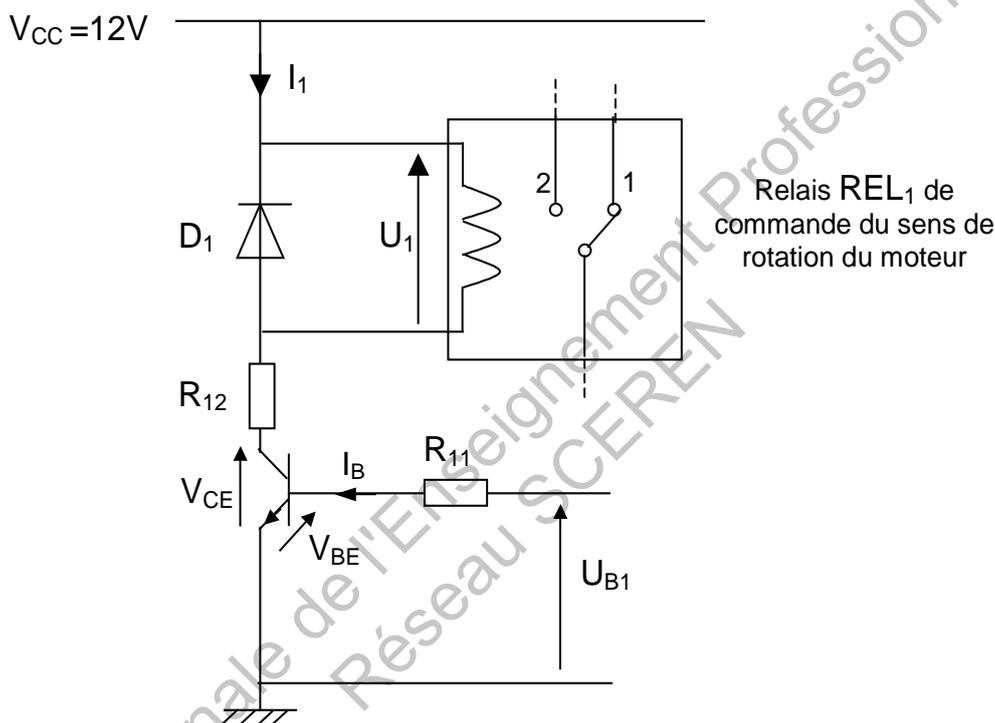


FIGURE 5

On dispose des données suivantes :

- Pour le relais  $REL_1$  : La résistance de la bobine vaut  $R_{REL} = 225 \Omega$ .
- Pour le transistor :  $I_{BSAT} = 1 \text{ mA}$  ;  
 $V_{CESAT} = 0 \text{ V}$  ;  
 $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$ .

C.1 Recherche de  $R_{11}$ .

C.1.1 Appliquer la loi des mailles pour obtenir une relation entre  $U_{B1}$ ,  $R_{11}$ ,  $I_B$  et  $V_{BE}$ .

C.1.2 Calculer la résistance  $R_{11}$  permettant de saturer le transistor lorsque  $U_{B1} = 5 \text{ V}$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 14

C.2 Recherche de  $R_{12}$ .

C.2.1 Exprimer la tension  $U_1$  en fonction de  $I_1$  et  $R_{REL}$ .

C.2.2 Compléter le tableau C.2.2 du DOCUMENT RÉPONSE N°3.

C.2.3 Appliquer la loi des mailles pour obtenir une relation entre  $V_{CC}$ ,  $I_1$ ,  $U_1$ ,  $R_{12}$  et  $V_{CE}$ .

C.2.4 Calculer, lorsque le transistor est saturé, la résistance  $R_{12}$  permettant d'obtenir  $U_1 = 9V$  quand  $I_1 = 40 \text{ mA}$ .

C.3 Donner le rôle de la diode  $D_1$ .

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel  
Réseau SCEREN

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 14

• **Partie D : Étude du système de chauffe (3 points).**

Le cahier des charges impose une élévation d'au moins  $7^{\circ}\text{C}$  par minute lors du début de la phase de cuisson.

La résistance de chauffe  $R$  est alimentée par une tension  $v(t)$ , sinusoïdale, monophasé, de valeur efficace  $U = 230\text{ V}$  et de fréquence  $f = 50\text{ Hz}$ . Le circuit de puissance est représenté figure 6.

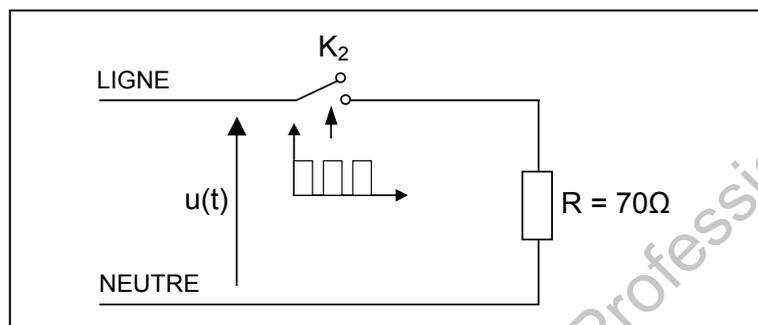


FIGURE 6

D.1 Puissance dissipée par la résistance  $R$ .

Calculer la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule par la résistance lorsque  $I_1 = 3,3\text{ A}$ .

D.2 Étude simplifiée des transferts thermiques en phase de cuisson.

L'interrupteur  $K_2$  est commandé par un signal modulé. Deux commandes possibles de  $K_2$  sont représentées sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3.

D.2.1 Donner la relation permettant de déterminer l'énergie  $E$  fournie par effet Joule pendant une durée  $\Delta t$  lorsqu'on fournit une puissance  $P_J$  constante. Noter les unités pour obtenir  $E$  en joule.

D.2.2 Compléter le tableau D.2.2 sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3.

Seule une partie de l'énergie  $E$  parvient effectivement à chauffer la pâte. Lors de la première minute de cuisson, la pâte reçoit une énergie  $E_2 = 22700\text{ J}$ .

D.2.3 Calculer l'élévation de température  $\Delta T$  en utilisant  $E_2 = 2500 \Delta T$  ( $\Delta T$  pourra s'exprimer en  $^{\circ}\text{C}$ ). Conclure sur le respect ou non du cahier des charges.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 14

• **Partie E : Acquisition de la température (5,5 points).**

Une programmation numérique est nécessaire pour permettre de vendre une machine capable de cuire plusieurs types de pains différents. L'interrupteur  $K_2$  permettant l'alimentation de la résistance de chauffe  $R$  est commandé par un microcontrôleur. On lui fournit l'image de la température à l'aide d'une CTN.

On s'intéresse à l'échantillonnage de la tension  $v_E(t)$  portant l'information « température ». On schématise le circuit d'échantillonnage sur la figure 7.

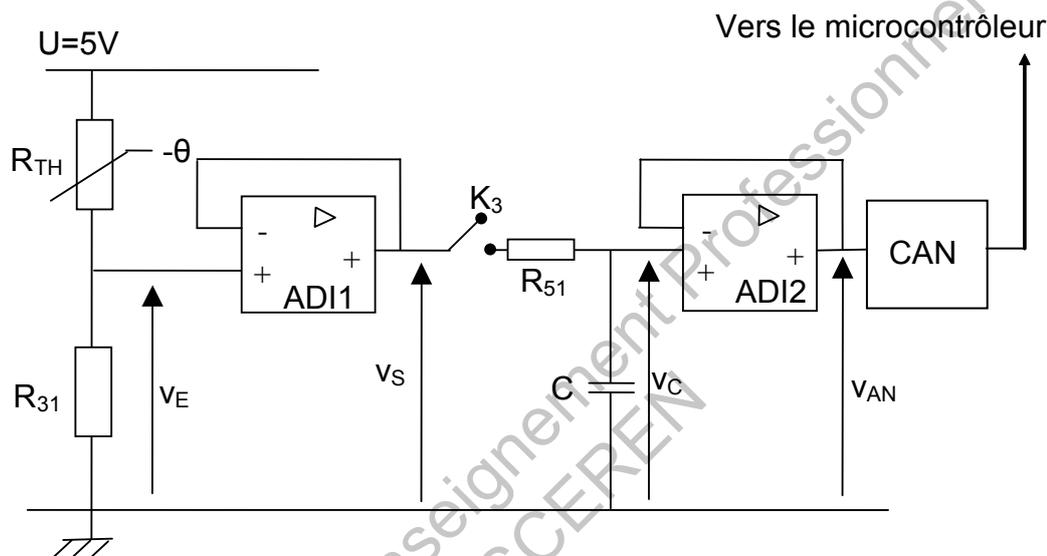


FIGURE 7

Les amplificateurs différentiels intégrés sont alimentés par des tensions d'alimentation +5V et +0V. Ils sont considérés parfaits.

On donne :  $R_{31} = 10 \text{ k}\Omega$  ,  $R_{51} = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $C = 2,0 \text{ nF}$ .

E.1 Obtention et évolution de la tension  $v_S$ .

E.1.1 Exprimer la tension  $v_E$  en fonction de  $R_{TH}$ ,  $R_{31}$  et  $U$ .

E.1.2 Calculer  $v_E$  lorsque  $R_{TH} = 40 \text{ k}\Omega$  pour une température de  $50^\circ\text{C}$ .

E.1.3 Calculer  $v_E$  lorsque  $R_{TH} = 3,0 \text{ k}\Omega$  pour une température de  $200^\circ\text{C}$ .

E.1.4 Décrire le sens d'évolution de  $v_E$  lorsque la température augmente.

E.1.5 Donner la relation liant  $v_S$  et  $v_E$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 14

## E.2 Étude du temps nécessaire à l'acquisition et au blocage.

E.2.1 Exprimer la constante de temps  $\tau$  caractérisant la charge du condensateur C à travers la résistance  $R_{51}$ .

E.2.2 Montrer que le temps de charge à 5% près du condensateur C à travers  $R_{51}$  est  $t_{5\%} = 6,0 \mu\text{s}$ .

La période d'échantillonnage  $T_E$  vaut  $100 \mu\text{s}$ . On commande l'interrupteur  $K_3$  à la fermeture pendant une partie de cette période  $T_E$  (Voir la figure 8).

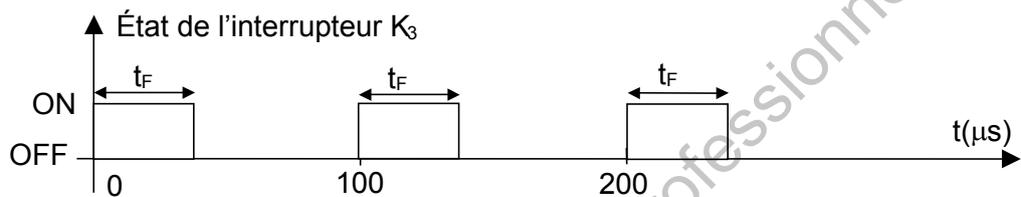


FIGURE 8

E.2.3 Choisir, parmi les durées proposées, une durée  $t_F$  de fermeture de  $K_3$  compatible avec le temps de charge  $t_{5\%} = 6,0 \mu\text{s}$  et la période d'échantillonnage  $T_E = 100 \mu\text{s}$  :  $t_F = 700 \text{ ns}$ ,  $t_F = 7,0 \mu\text{s}$  ou  $t_F = 700 \mu\text{s}$  ?

E.2.4 Expliquer pourquoi la tension  $v_C$  reste constante lorsque  $K_3$  est ouvert si on considère que les composants sont parfaits.

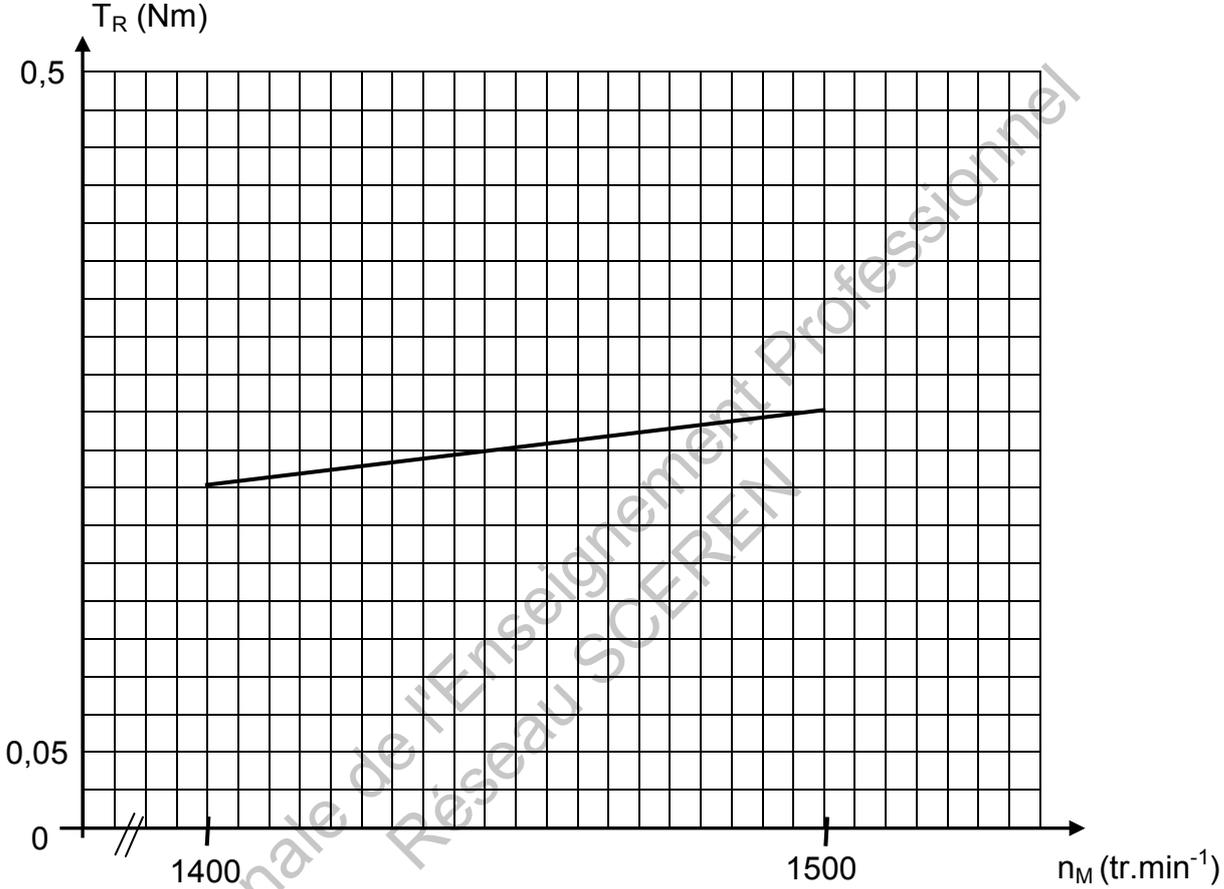
En réalité, le condensateur C se décharge, lorsque  $K_3$  est ouvert, au bout d'une durée de  $200 \text{ ms}$ .

E.2.5 Conclure sur la compatibilité entre cette durée de décharge et la période d'échantillonnage  $T_E$ .

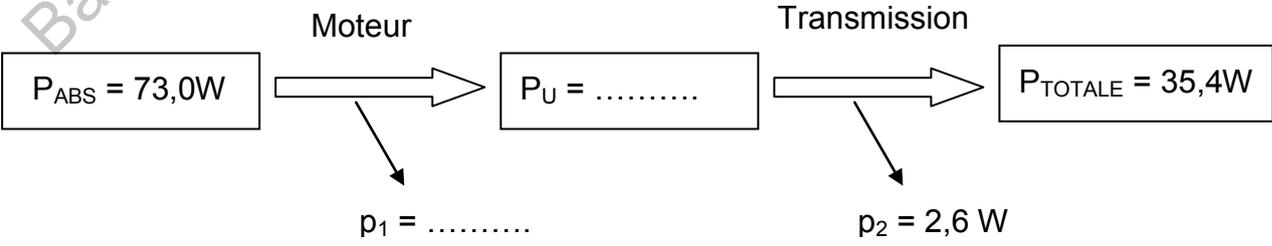
BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 14

**DOCUMENT RÉPONSE N°1**  
**À rendre avec votre copie**

Question B.2 - Caractéristique mécanique :



Question B.3 - Arbre des puissances :

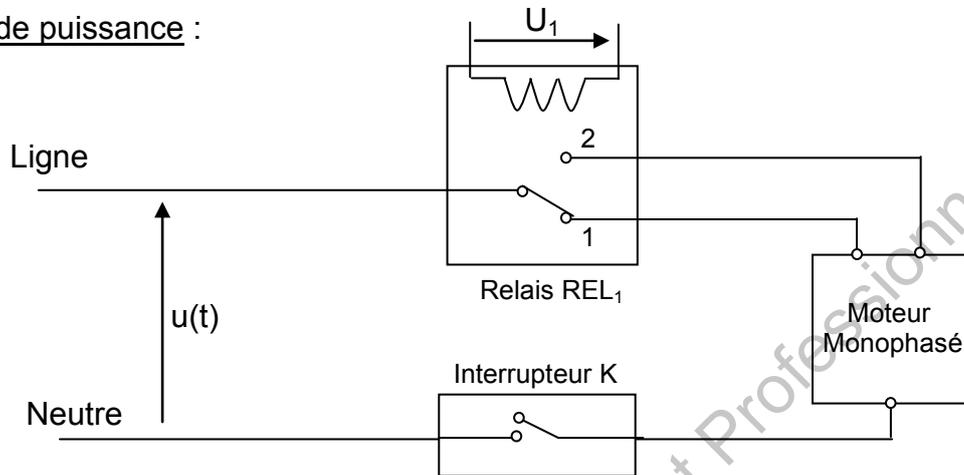


BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 14

# DOCUMENT RÉPONSE N°2

## À rendre avec votre copie

Circuit de puissance :



Le relais  $REL_1$  permet de commander le sens de rotation du moteur.  
 En position 1, il tourne en sens horaire.  
 En position 2, il tourne dans l'autre sens.  
 L'interrupteur K est considéré parfait.

Question B.4.1 :

K ON – $REL_1$ en position 1	Le moteur ne tourne pas
K OFF – $REL_1$ en position 2	Le moteur tourne dans le sens horaire
K ON – $REL_1$ en position 2	Le moteur tourne dans le sens anti-horaire

Question B.4.2 :

Appareil $W_1$	Provoque un courant de court-circuit
Appareil $W_2$	Indique 73 W ou 0 W suivant le sens de rotation
Appareil $W_3$	Indique 0 W dans les deux sens de rotation
Appareil $W_4$	Indique 73 W dans les deux sens de rotation

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 14

## DOCUMENT RÉPONSE N°3

### À rendre avec votre copie

Question C.2.2 :

Position du relais	Tension $U_1$ (V)	Intensité $I_1$ (mA)	État du transistor
Position 1	0		
Position 2	9		

Question D.2.2 :

Commande de l'interrupteur $K_2$		
Phase	Phase de cuisson	Phase de maintien au chaud
Durée $\Delta t$ pendant laquelle $K_2$ est à l'état ON sur une période de 60s		
Énergie $E$ (J) émise pendant une durée de 60s		

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : MCE3SC	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 14