

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Conception et Industrialisation
en Microtechniques

ÉPREUVE E3

Mathématiques
et
sciences physiques appliquées

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUEES

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 :

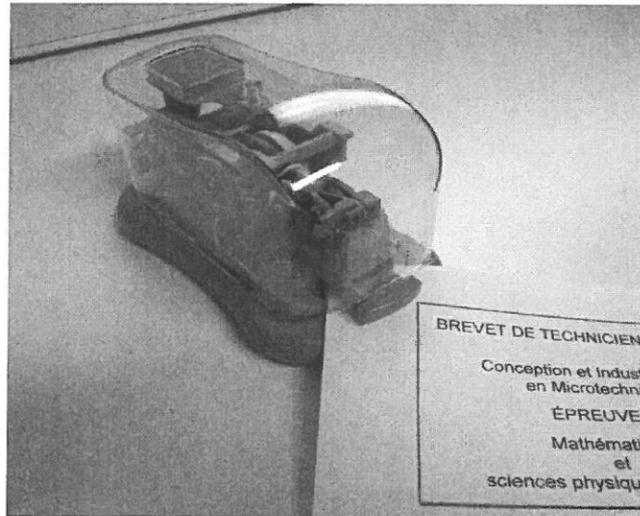
- Document Réponse n°1 page 14/16
- Document Réponse n°2 page 15/16
- Document Réponse n°3 page 16/16

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 16

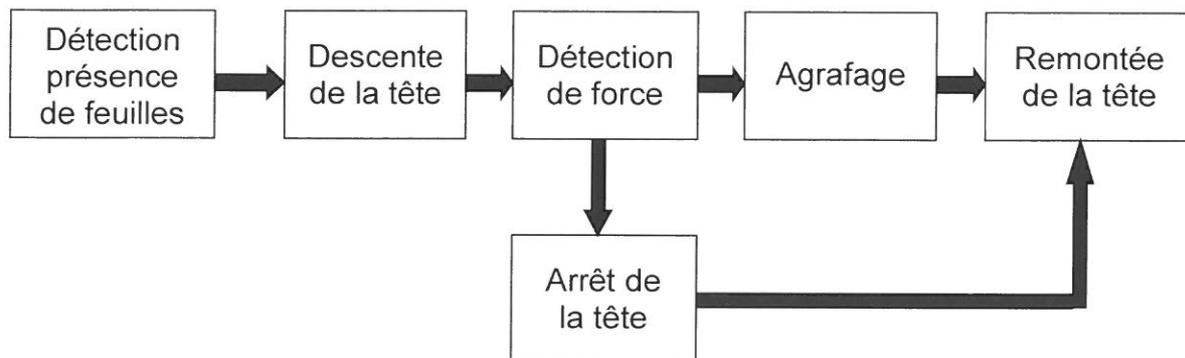
AGRAFEUSE AUTOMATIQUE

Introduction : cette agrafeuse électrique automatique effectue un travail rapide et efficace. La liasse de feuilles est approchée à deux mains. Un capteur détecte la présence des feuilles et déclenche la descente de la tête d'agrafage.



Source : agrafeuse REXEL

Si la liasse est trop épaisse ou si un dysfonctionnement a lieu, une détection de surintensité permet au système d'interrompre l'opération (cas d'une surcharge du moteur).



BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 16

L'étude de l'agrafeuse est composée de quatre parties indépendantes.

- Partie A : comment motoriser la tête de l'agrafeuse ? (6,5 points)
- Partie B : comment détecter la présence d'une feuille ? (2,5 points)
- Partie C : comment protéger le moteur d'une surcharge ? (8 points)
- Partie D : faut-il prévoir un interrupteur Marche/Arrêt pour l'alimentation de l'agrafeuse ? (3 points)

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 16

- Partie A : comment motoriser la tête de l'agrafeuse ? (6,5 points)

A.1 Étude mécanique de la tête d'agrafeuse.

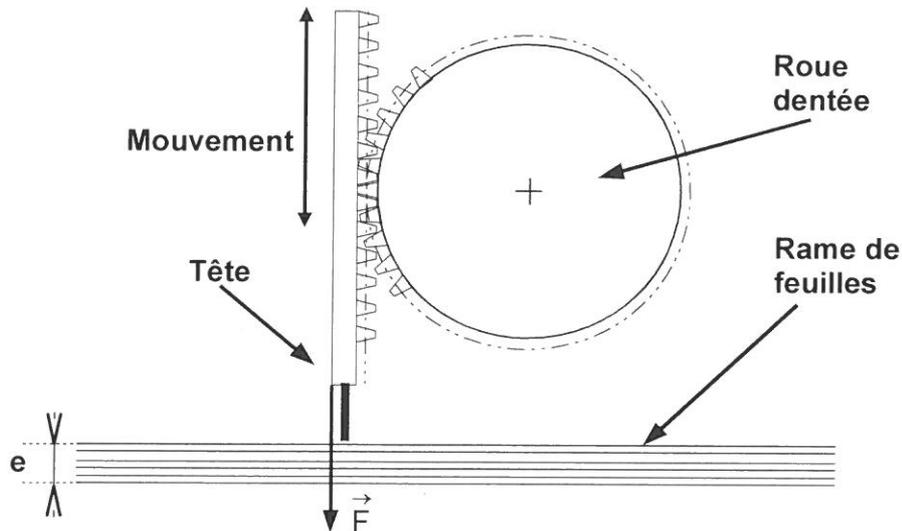


FIGURE 1

La tête de l'agrafeuse est liée à une crémaillère entraînée par une roue dentée de diamètre $D = 40 \text{ mm}$ qui assure la descente et la remontée de la tête. Des essais préalables ont montré qu'une force d'intensité $F = 53 \text{ N}$ était nécessaire pour agraffer un document d'épaisseur $e = 5 \text{ mm}$, celle-ci représentant la course utile de la tête.

- A.1.1 Montrer que la valeur du couple utile T_u transmis par la roue dentée à la tête vaut $1,06 \text{ N}\cdot\text{m}$.
- A.1.2 La course utile doit durer $\Delta t_u = 0,25 \text{ s}$.
- A.1.2.1 Calculer la vitesse v_u , supposée constante, de déplacement de la tête.
- A.1.2.2 Calculer la vitesse angulaire de rotation de la roue Ω en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.
- A.1.3 Calculer la puissance mécanique P_u mise en jeu pour agraffer un document.
- A.1.4 Entre la roue dentée et le moteur, on place un réducteur de rapport de réduction $r = 1/100$ et de rendement supposé égal à 1.
- A.1.4.1 Calculer la vitesse de rotation nominale nécessaire du moteur n_N en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$.
- A.1.4.2 Calculer le moment du couple utile nominal T_N fourni par le moteur.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 16

A.2 Étude du moteur à courant continu.

Celui-ci est à aimants permanents. Pour ce type de moteur :

- la f.é.m. E est liée à la vitesse angulaire de rotation Ω par la relation :

$$E = a \cdot \Omega ;$$

- le moment du couple électromagnétique T_e est lié à l'intensité du courant absorbé I par la relation : $T_e = a \cdot I$.

La valeur numérique de la constante a vaut 0,050 (U.S.I.).

La résistance de l'induit R vaut 5,0 Ω .

Les pertes collectives sont négligées.

On cherche dans cette partie à montrer que le moteur étudié est adapté à l'agrafage d'une liasse de 5 mm d'épaisseur.

A.2.1 Représenter le schéma électrique équivalent de l'induit en fléchant et nommant les grandeurs électriques. On désignera par I l'intensité du courant dans l'induit et par U la tension à ses bornes.

A.2.2 Calculer la f.é.m induite nominale E_N sachant que l'intensité du courant nominal est $I_N = 0,20$ A et la tension nominale aux bornes de l'induit U_N vaut 6,0 V.

A.2.3 Dédire de ce qui précède la vitesse de rotation nominale n_N que l'on exprimera en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

A.2.4 Calculer le moment du couple utile nominal T_{uN} du moteur.

A.2.5 Justifier que le moteur étudié est adapté à l'opération d'agrafage.

Une tolérance de 10 % sera acceptée lors de la comparaison de valeurs d'une même grandeur.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 16

- Partie B : comment détecter la présence d'une feuille ? (2,5 points)

Le dispositif étudié est représenté FIGURE 2.

La présence de feuilles est détectée par un photocoupleur constitué d'une diode électroluminescente (DEL) D_1 et d'un phototransistor T_1 .

Le constructeur donne, pour le photocoupleur utilisé, les caractéristiques suivantes :

D.E.L	Fréquence du rayonnement : $3,16 \cdot 10^{14}$ Hz
	Intensité du courant : $I_D = 5$ mA
	Tension de seuil : $U_D = 1,7$ V
Phototransistor	Tension de saturation : $U_{CESAT1} = 0$ V

Les feuilles se placent entre D_1 et T_1 selon les pointillés de la FIGURE 2. Le transistor T_2 fonctionne en commutation, ses tensions à saturation valent : $U_{BESAT2} = 0,65$ V et $U_{CESAT2} = 0$ V.

L'interrupteur K_1 reste ici fermé.

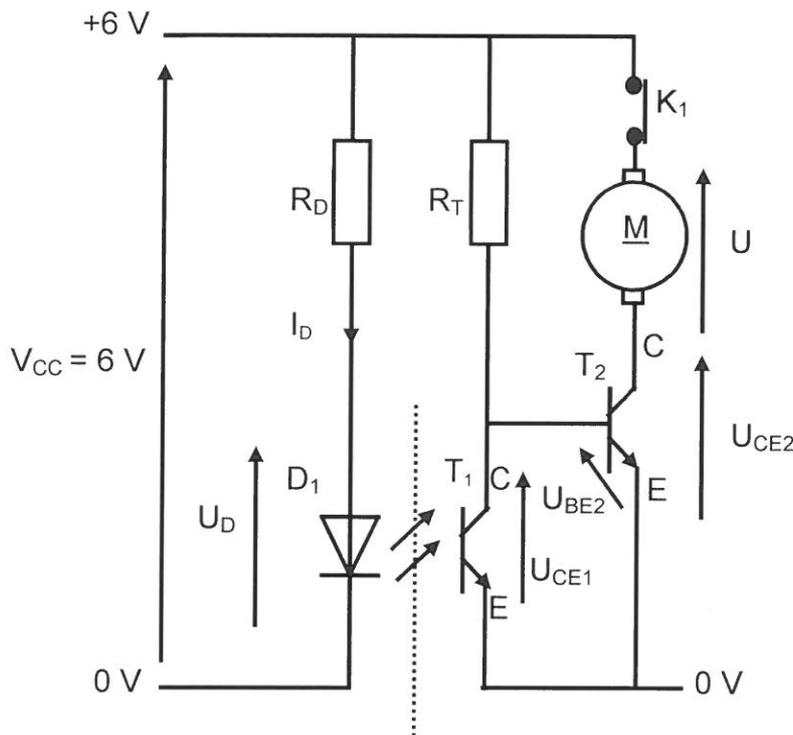


FIGURE 2

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 16

B.1 Caractéristique optique du capteur.

La relation qui lie la longueur d'onde, la période et la célérité de la lumière dans le vide est la suivante : $\lambda = c.T$ avec $c = 3,00.10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

B.1.1 Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis par la DEL.

B.1.2 Indiquer le domaine à laquelle l'onde émise appartient, en s'aidant de la FIGURE 3.

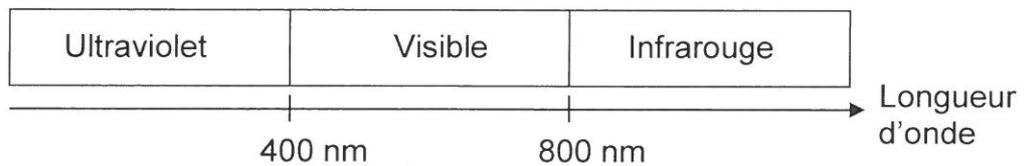


FIGURE 3

B.2 Choix de la résistance R_D .

Calculer la valeur de R_D qui permet d'avoir un courant d'intensité $I_D = 5 \text{ mA}$ dans la DEL.

B.3 Analyse du fonctionnement.

Compléter le tableau du DOCUMENT RÉPONSE N°1, en indiquant l'état (bloqué ou saturé) de T_1 , T_2 et l'état du moteur (marche ou arrêt).

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 16

- Partie C : comment protéger le moteur d'une surcharge ? (8 points)

On désire mesurer le moment du couple moteur. On rappelle que le moment du couple moteur T_u est lié à l'intensité du courant absorbé I par la relation : $T_u = 0,05 \cdot I$.

L'amplificateur de différence intégré noté A.D.I, supposé parfait, est alimenté entre 0 V et $V_{CC} = 6$ V.

$R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ et $R_3 = 5,6 \text{ k}\Omega$.

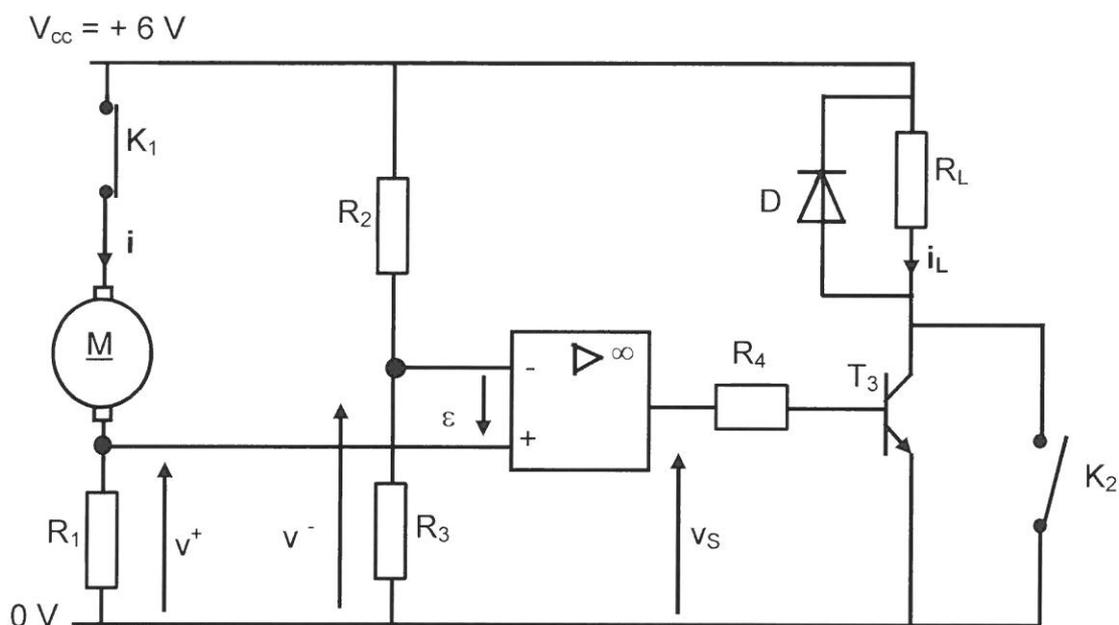


FIGURE 4

Le transistor T_3 commande un relais R_L qui actionne K_1 et K_2 simultanément. R_4 et T_3 sont choisis pour assurer le bon fonctionnement du relais selon le tableau ci-dessous :

i_L	K_1	K_2
= 0	fermé	ouvert
≠ 0	ouvert	fermé

C.1 Élaboration de la tension de mesure.

C.1.1 Donner la relation liant v^+ à R_1 et i .

C.1.2 Justifier que v^+ est proportionnelle au moment du couple moteur.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 16

C.2 Étude du détecteur de surcharge.

C.2.1 Exprimer \bar{v} en fonction de R_2 , R_3 et V_{CC} .

C.2.2 Montrer que $\bar{v} = 0,32 \text{ V}$.

C.2.3 Indiquer le régime de fonctionnement de l'A.D.I.

C.2.4 Donner les valeurs prises par v_S en fonction du signe de la tension différentielle d'entrée ε de l'A.D.I.

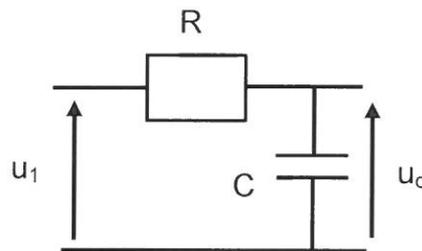
C.2.5 Compléter le tableau du DOCUMENT RÉPONSE N°1 pour les cas suivants :

- charge nominale du moteur : $i = 0,20 \text{ A}$.
- surcharge du moteur : $i = 1,20 \text{ A}$.

C.3 Amélioration du dispositif.

Afin de différencier la surintensité de courant dans le moteur lors du démarrage de celle correspondant à une surcharge, on insère dans le circuit une cellule RC (voir ANNEXE).

On désire étudier le rôle de la cellule RC :



$$R = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C = 10 \text{ }\mu\text{F}$$

FIGURE 5

C.3.1 Moteur en surcharge.

Lors d'une surcharge (surintensité de longue durée qui apparaît si la tête d'agrafage est bloquée ou si une surépaisseur de papier est détectée), l'allure des tensions u_1 et u_c est celle donnée sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2.

La tension u_c a pour expression : $u_c = 1,2 - e^{-t/\tau}$ avec $\tau = R.C$.

Déterminer graphiquement l'instant t_S pour lequel u_c atteint $0,32 \text{ V}$.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 16

C.3.2 Moteur au démarrage.

Au démarrage, il se produit une surintensité de courte durée, modélisée par une impulsion selon le DOCUMENT RÉPONSE N°3.

Pendant la durée de l'impulsion u_c s'écrit $u_c = 1,2 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$.

On a $U_1 = U_c = 0$ V avant l'instant $t = 0$.

C.3.2.1 Calculer la valeur de u_c aux instants $t_1 = 100$ ms et $t_2 = 200$ ms.

C.3.2.2 Tracer, sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3, l'allure de u_c entre 0 et 200 ms.

C.3.3 Synthèse.

On rappelle que la tension u_c correspond à la nouvelle tension v^+ de l'A.D.I.

C.3.3.1 Indiquer si la tension v^+ atteint le seuil de 0,32 V lors de la surcharge temporaire due au démarrage.

C.3.3.2 Préciser si la surintensité au démarrage va déclencher, ou non, le système de protection.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 16

- Partie D : faut-il prévoir un interrupteur Marche/Arrêt pour l'alimentation de l'agrafeuse ? (3 points)

La batterie est constituée de quatre accumulateurs NiMH (1,5 V, 2300 mA.h) montés en série. L'énergie totale E_{bat} qu'elle peut fournir vaut alors 49,7 kJ. L'énergie de la batterie est consommée par le moteur électrique lors des agrafages et par l'électronique quand l'appareil est sous tension.

Les échanges d'énergie sont représentés sur la FIGURE 6.

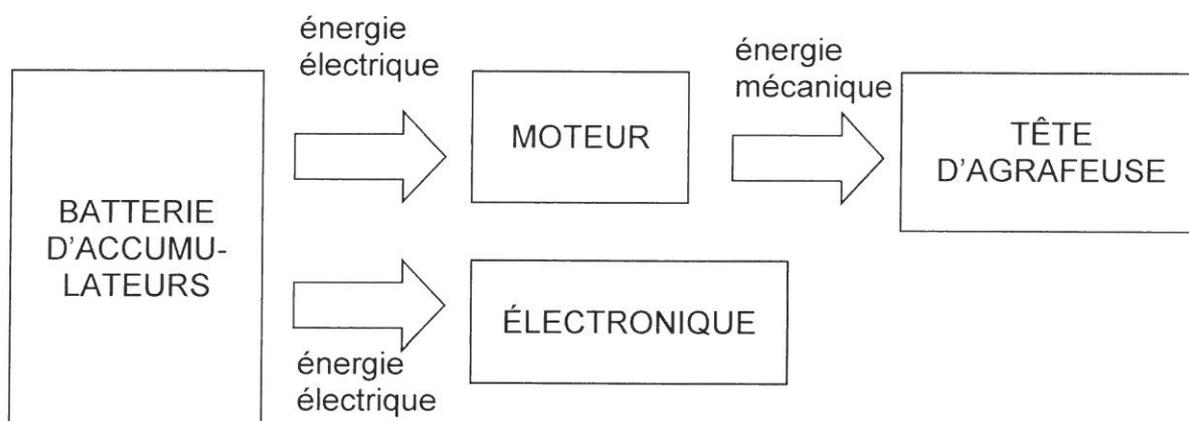


FIGURE 6

D.1 Consommation électrique du moteur lors de l'agrafage.

On rappelle que cette opération nécessite une puissance mécanique, notée P_u , de 1 W pendant une durée, notée Δt_u , de 0,25 s. De plus, le rendement de l'ensemble moteur-roue dentée-crémaillère est de 20 %.

D.1.1 Calculer l'énergie mécanique E_M nécessaire à cette phase d'agrafage.

D.1.2 Déduire l'énergie électrique E_E absorbée par le moteur lors de cette opération.

En l'absence d'opération d'agrafage, le circuit électronique absorbe un courant d'intensité $I_{\text{abs}} = 6 \text{ mA}$ sous une tension de $V_{\text{CC}} = 6 \text{ V}$.

D.2 Calculer la puissance absorbée $P_{\text{aé}}$ par ce circuit en l'absence d'opération d'agrafage.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 16

D.3 Synthèse.

- D.3.1 Déterminer le nombre n d'opérations d'agrafage que le moteur seul peut réaliser avec l'énergie stockée dans les batteries.
- D.3.2 Déterminer, en l'absence d'opération d'agrafage, l'autonomie Δt_{bat} des batteries.
- D.3.3 Discuter de l'intérêt d'insérer un interrupteur Marche-Arrêt en série avec les accumulateurs si l'on souhaite une autonomie, en absence d'agrafage, d'au moins 20 jours.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 16

ANNEXE

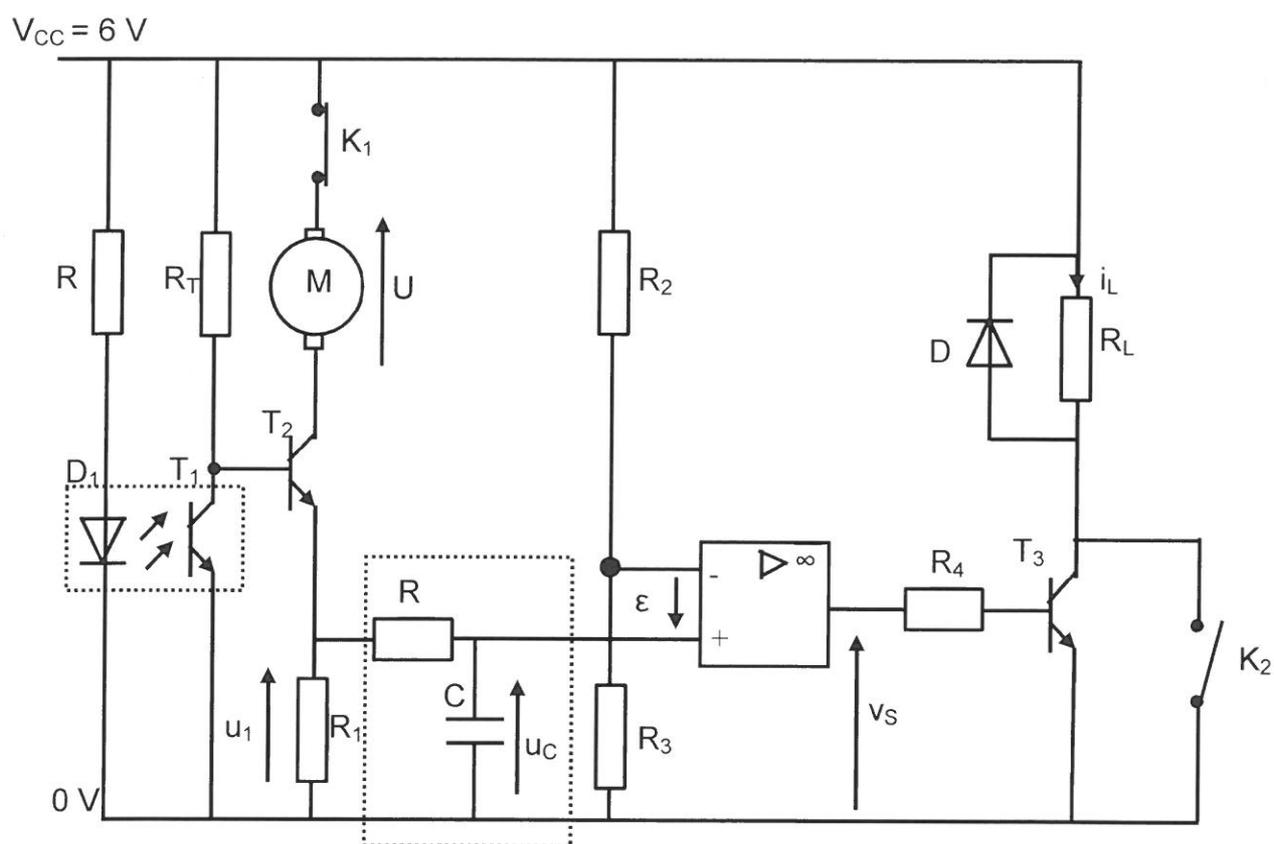


Schéma électrique de l'ensemble

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 16

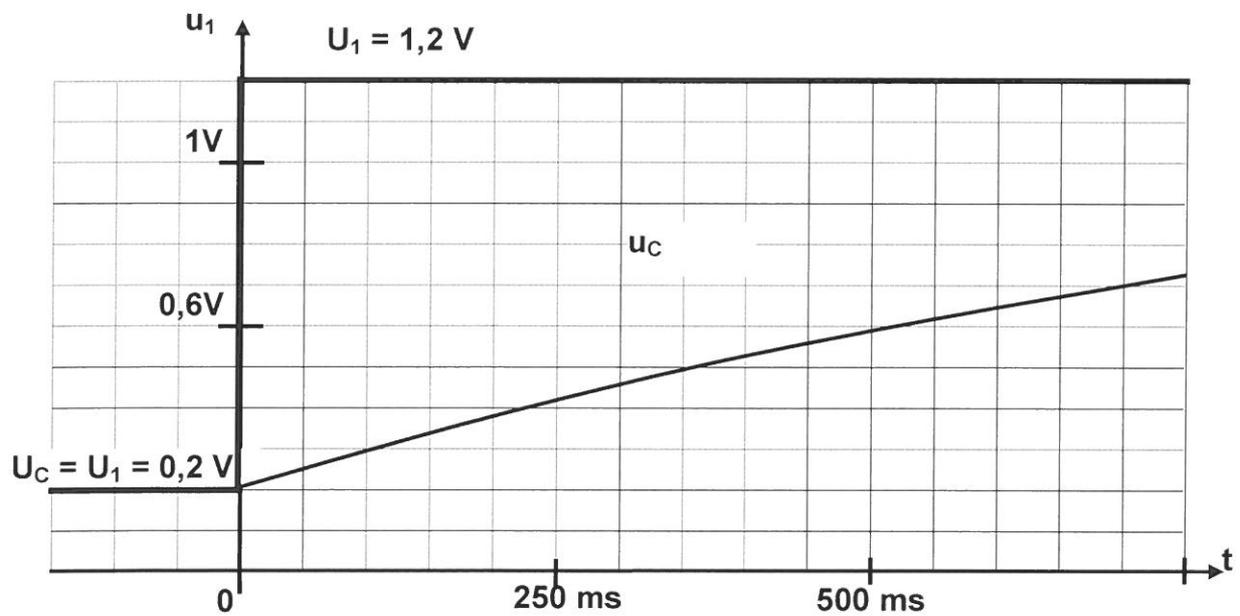
DOCUMENT RÉPONSE N°1
À rendre avec votre copie

	État de T_1	État de T_2	État du moteur
Absence de feuilles			
Présence de feuilles			

	Valeur de v^+	Signe de ε	Valeur de v_s	État de T_3	i_L	État de K_1	État de K_2	État du moteur
$i = 0,20 \text{ A}$	0,2 V			Bloqué				
$i = 1,20 \text{ A}$	1,2 V			Saturé				

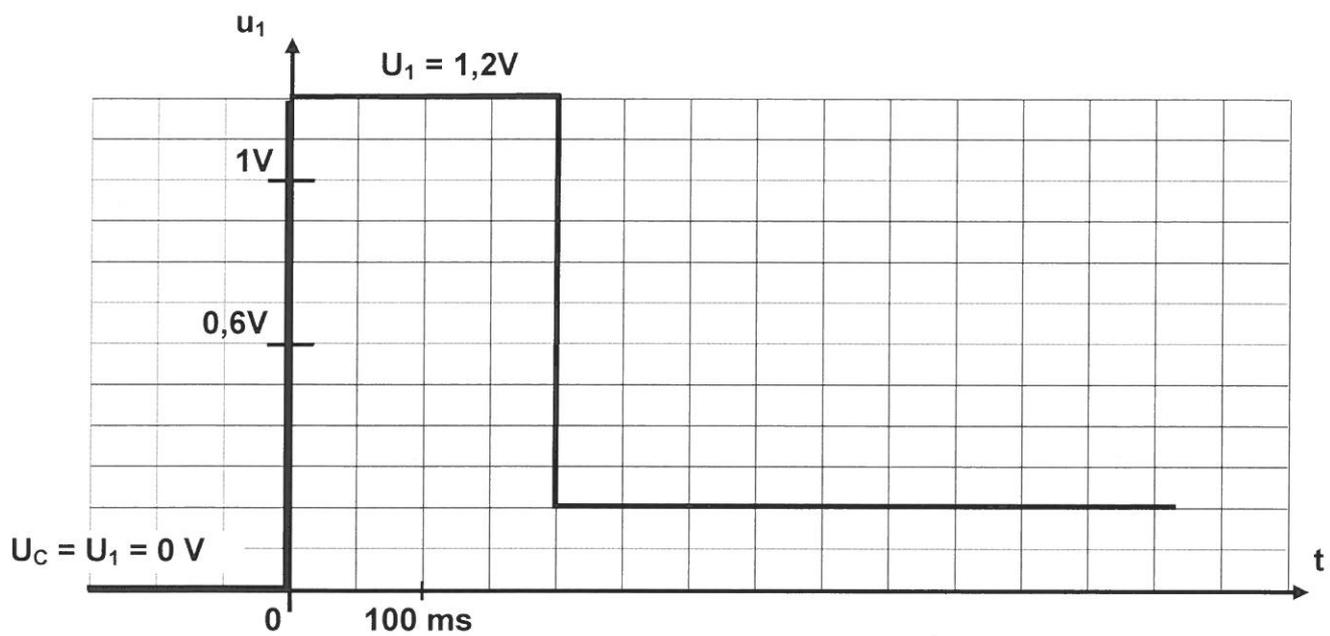
BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 16

DOCUMENT RÉPONSE N°2
À rendre avec votre copie



BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 15 sur 16

DOCUMENT RÉPONSE N°3
À rendre avec votre copie



BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2016
CODE SUJET : 16CDE3SC1	Coefficient : 1,5	Page 16 sur 16