

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Assistance Technique d'Ingénieur

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.

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

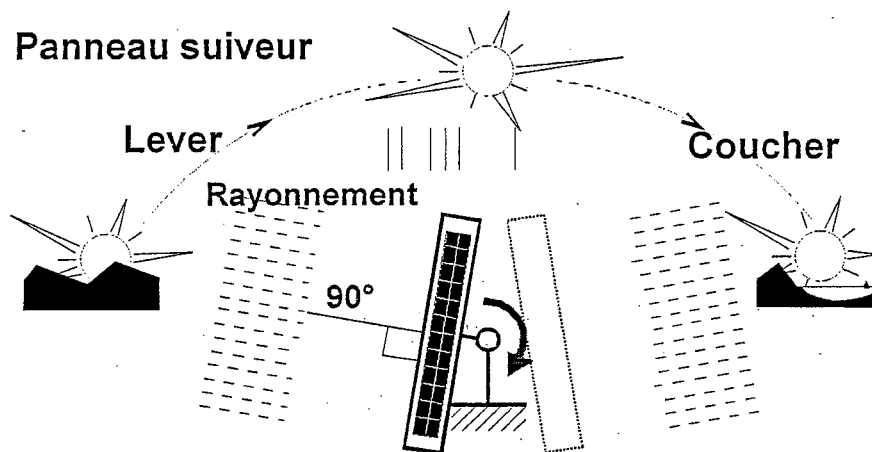
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 15

## SUIVEUR DE TRAJECTOIRE DU SOLEIL POUR PANNEAUX SOLAIRES

**INTRODUCTION** : L'objectif de ce sujet est d'étudier partiellement le fonctionnement d'un suiveur de trajectoire du soleil pour un panneau photovoltaïque afin d'optimiser son rendement.

Une partie de l'énergie électrique produite permet de recharger une batterie et d'alimenter le moteur à courant continu permettant la rotation du panneau solaire tandis que le reste de l'énergie produite est utilisé à usage domestique.



Le problème est composé de 4 parties indépendantes :

- Partie A : Étude d'une photopile (5 points).
- Partie B : Suivi du soleil avec capteur L.D.R. (5 points).
- Partie C : Détection jour-nuit (5 points).
- Partie D : Moteur à courant continu (5 points).

• **Partie A : Étude d'une photopile (5 points).**

Le panneau ou module photovoltaïque (solaire) est constitué d'une association de photopiles permettant de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie lumineuse reçue.

La caractéristique courant-tension d'une photopile élémentaire est représentée sur la figure 1 pour deux éclairagements différents.

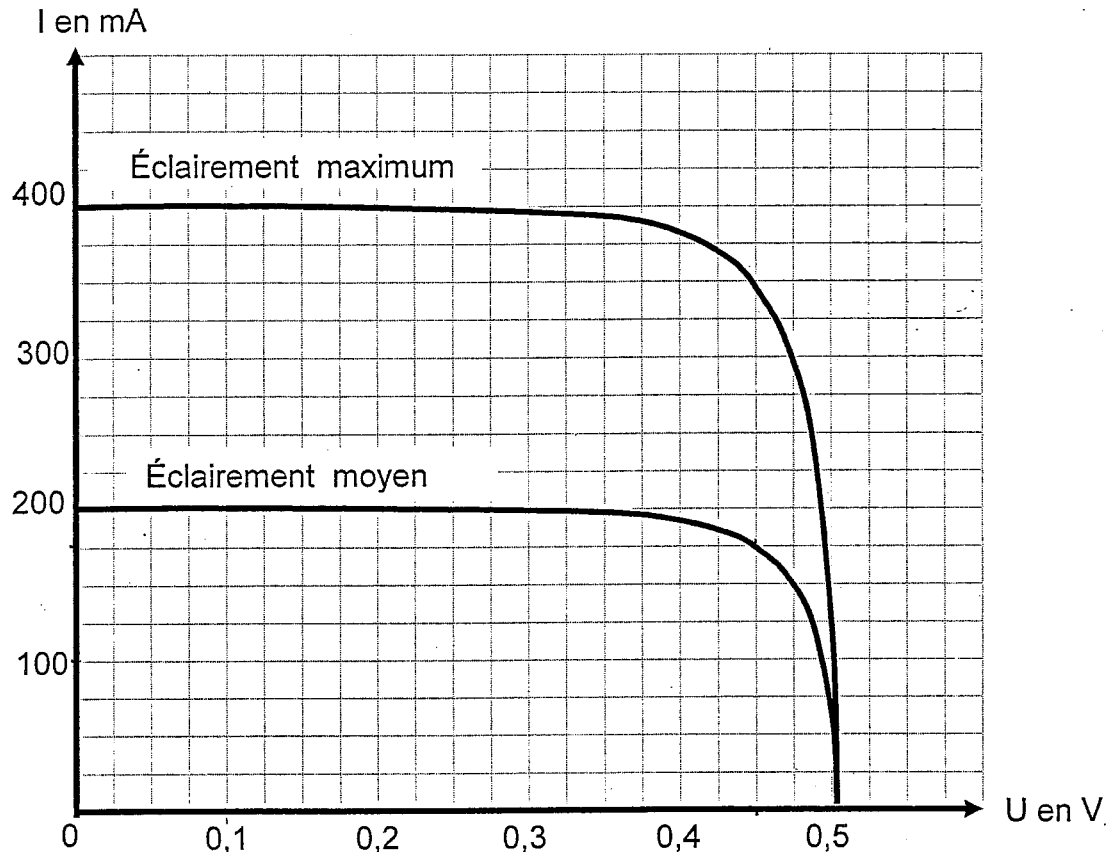


FIGURE 1

A.1 Étude de la caractéristique  $I = f(U)$ .

A.1.1 Déterminer la tension à vide  $U_0$  de la photopile.

A.1.2 Sous éclairage maximal, déterminer l'intensité de court-circuit  $I_{cc}$  de la photopile.

A.1.3 Dans le cas d'un ensoleillement plus faible (éclairage moyen), calculer la puissance fournie par la photopile pour une tension de fonctionnement  $U$  égale à 0,45 V.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 15

## A.2 Étude de l'association de photopiles toutes identiques.

### A.2.1 Association en série de photopiles.

A.2.1.1 Quelle est la grandeur électrique commune à toutes ces photopiles ?

A.2.1.2 Quelle grandeur augmente-t-on en associant ces photopiles en série ?

### A.2.2 Association en parallèle de photopiles.

A.2.2.1 Quelle est la grandeur électrique commune à toutes ces photopiles ?

A.2.2.2 Quelle grandeur augmente-t-on en associant ces photopiles en parallèle ?

A.3 Le module solaire que l'on souhaite réaliser à la caractéristique courant-tension représentée figure 2 pour un éclairage maximum.

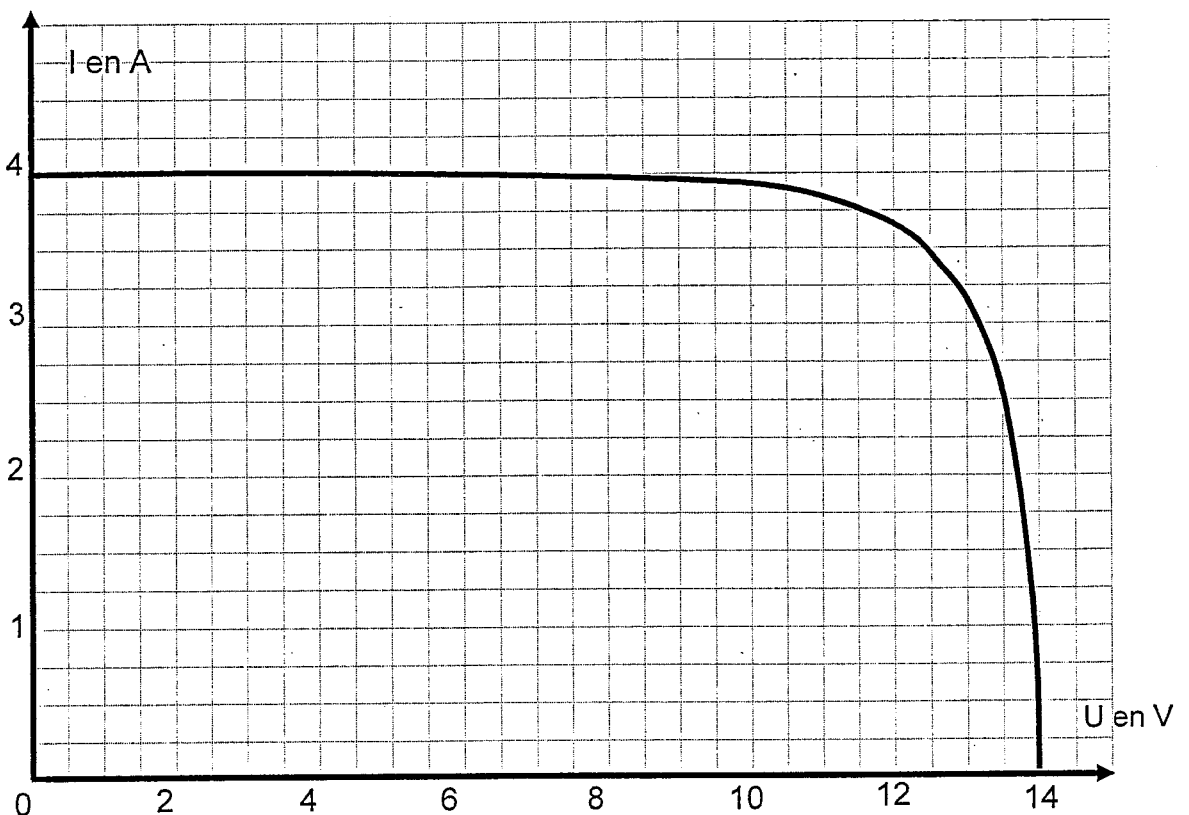


FIGURE 2

A.3.1 Combien de photopiles élémentaires a-t-on dû associer en série pour obtenir la caractéristique précédente ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 15

A.3.2 Combien d'associations séries précédentes de photopiles a-t-on dû associer en parallèle pour obtenir la caractéristique précédente ?

A.4 Recharge d'une batterie d'accumulateurs.

Le module solaire dont la caractéristique est représentée figure 2 alimente une batterie dont le modèle électrique est représenté par une f.e.m.  $E_{\text{BAT}} = 12 \text{ V}$  en série avec une résistance interne  $R_{\text{BAT}} = 0,6 \Omega$  (FIGURE 3).

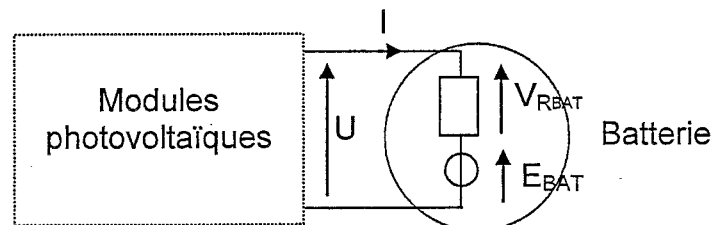


FIGURE 3

A.4.1 Démontrer que  $U$  peut se mettre sous la forme  $U = 12 + 0,6 \times I$ .

A.4.2. Représenter, sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1, la caractéristique de la batterie  $U = f(I)$ .

A.4.3. Étude du point de fonctionnement.

A.4.3.1 Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement.

A.4.3.2 Calculer la puissance  $P$  fournie à la batterie par le module solaire pour ce point de fonctionnement.

A.4.4. La batterie a une capacité de 15 A.h. Celle-ci est initialement chargée à 20 % de sa capacité maximale. Calculer le temps  $t_c$  qu'il lui faudra pour se recharger entièrement avec un courant d'intensité  $I$  constante à 2 A.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 15

• **Partie B : Suivi du Soleil (5 points).**

Le panneau photovoltaïque est équipé d'un capteur comprenant deux L.D.R. (Light Dependent Resistor ou photorésistance) comme l'indique la figure 4.

La différence d'éclairement des deux L.D.R. permet de commander un moteur qui orientera le panneau solaire afin d'obtenir une efficacité maximum.

Une photorésistance est un conducteur ohmique dont la résistance dépend de l'éclairement qu'elle reçoit.

Son symbole est :

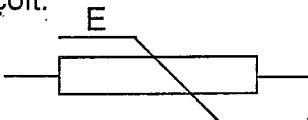
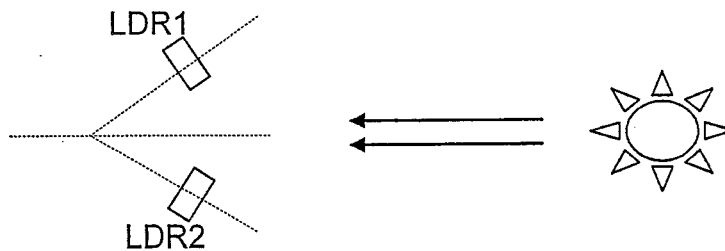



FIGURE 4

Le but de ces photorésistances est d'actionner le moteur si l'une des deux L.D.R. est plus éclairée afin de recentrer le panneau solaire par rapport au flux lumineux. Une temporisation permettra au panneau de ne pas tourner continuellement et, d'autre part, une détection de luminosité jour-nuit permettra de ne pas déclencher la rotation du panneau de nuit par une lumière parasite.

On peut résumer le fonctionnement ainsi :

- moteur au repos si  $V_{LDR1} = V_{LDR2}$  ou s'il fait nuit.
- moteur en action si  $V_{LDR1} \neq V_{LDR2}$  et s'il fait jour.

B.1 Étude du circuit de la figure 5.

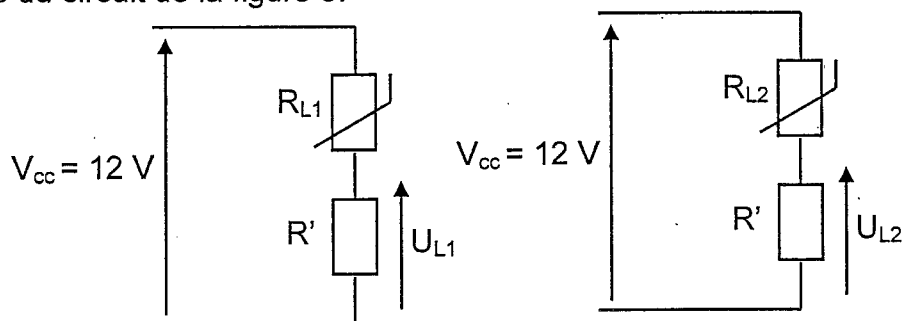


FIGURE 5

$R_{L1}$  et  $R_{L2}$  sont les résistances respectives des L.D.R.1 et L.D.R.2 et  $R'$  est une résistance de valeur constante.

B.1.1 Exprimer la tension  $U_{L1}$  en fonction de  $R_{L1}$ ,  $R'$  et  $V_{cc}$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 15

B.1.2 Montrer que la tension  $U_{L2}$  peut s'écrire :  $U_{L2} = \frac{R'}{R' + R_{L2}} \times V_{cc}$ .

B.2 Comparaison de  $U_{L1}$  et  $U_{L2}$ .

L'objectif de ce circuit est de mesurer la différence d'éclairement des deux L.D.R. afin de commander un moteur qui orientera le panneau solaire.

La différence d'éclairement entre les deux photorésistances est déterminée par le circuit Figure 6. Deux amplificateurs de différentiels intégrés (A.D.I.) montés en suiveur de tension (non représentés) reproduisent les tensions  $U_{L1}$  et  $U_{L2}$  aux entrées de l'amplificateur de différence.

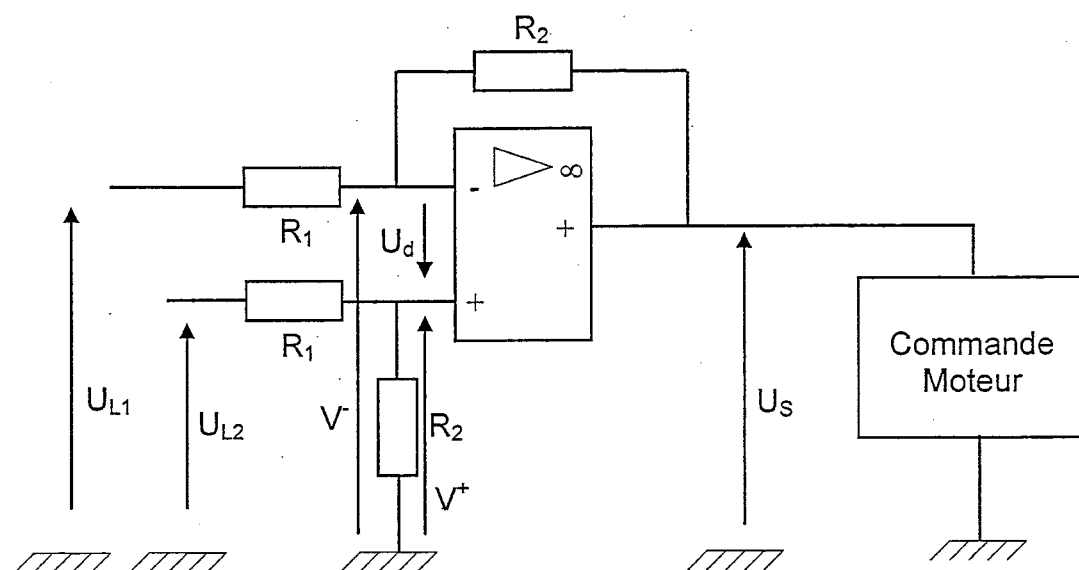


FIGURE 6

L'Amplificateur Différentiel Intégré est alimenté en  $-12\text{ V}$  et  $+12\text{ V}$ . Les tensions de saturations sont égales aux tensions d'alimentations.

B.2.1 Donner le régime de fonctionnement de l'A.D.I.

B.2.2 En déduire la valeur de la tension différentielle d'entrée  $U_d$  de l'Amplificateur Différentiel Intégré.

B.2.3 Déterminer l'expression littérale du potentiel  $V^+$  de l'entrée non inverseuse en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $U_{L2}$ .

B.2.4 Déterminer l'expression littérale du potentiel  $V^-$  de l'entrée inverseuse en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $U_{L1}$  et  $U_s$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 15

B.2.5 Détermination de l'expression de la tension de sortie.

B.2.5.1 Exprimer  $U_S$  en fonction de  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .

B.2.5.2 Exprimer  $U_S$  sous la forme  $U_S = A(U_{L2} - U_{L1})$  en précisant l'expression de  $A$  en fonction de  $R_1$  et  $R_2$ .

B.2.6 Calculer la valeur de  $R_2$  sachant que  $A$  vaut 20 et que la résistance  $R_1$  a pour valeur  $1 \text{ k}\Omega$ .

B.3 Synthèse sur le suivi du Soleil.

Compléter le tableau du DOCUMENT RÉPONSE N°1. Vous indiquerez si les grandeurs suivantes,  $R_{L2}$ ,  $U_{L1}$ ,  $U_{L2}$  et  $U_S$  augmentent ou diminuent quand  $R_{L1}$  augmente. On rappelle que  $R'$  est une résistance de valeur constante. Vous vous aiderez du schéma de la figure 4.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 15



• **Partie C : Détection jour-nuit (5 points).**

Si la luminosité ambiante n'est pas suffisante, dans un souci d'économie d'énergie, le panneau solaire ne devra pas pivoter pour suivre le Soleil. Les A.D.I. seront considérés idéaux ( $I^+ = I^- = 0$  A) et alimentés en 0 et + 12 V. Les tensions de saturations sont égales aux tensions d'alimentations.

C.1 Étude du convertisseur éclairement-tension de la figure 7.

D est une photodiode dont le courant  $I_D$  obéit à la loi de variation :  
 $I_D = I_0 + s \cdot E_{LUX}$  avec :

- $I_0$  = courant d'obscurité de la photodiode :  $I_0 = 500$  nA ;
- $s$  = sensibilité de la photodiode :  $s = 200$  nA.lx<sup>-1</sup> ;
- $E_{LUX}$  = éclairement reçu en lux (lx).

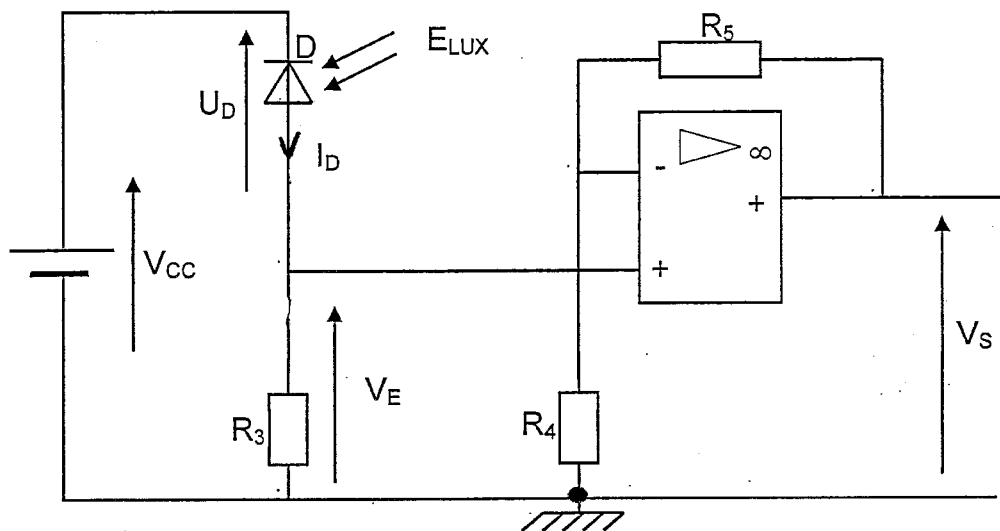


FIGURE 7

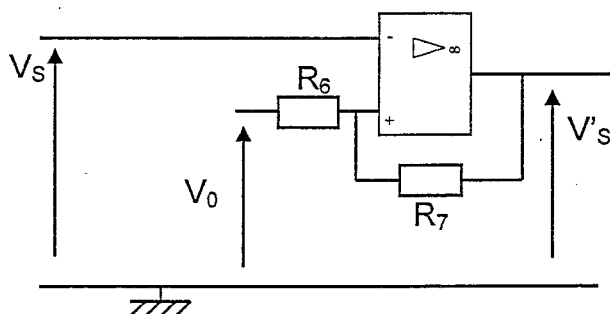
- C.1.1 Exprimer  $V_E$  en fonction de  $R_3$  et  $I_D$ .
- C.1.2 Montrer que, quand  $R_3$  vaut 100 kΩ, l'expression de  $V_E$  en fonction de l'éclairement  $E_{LUX}$  est la suivante :  $V_E = 0,05 + 0,02 \cdot E_{LUX}$ .
- C.1.3 L'Amplificateur Différentiel Intégré fonctionne en régime linéaire, exprimer  $V_S$  en fonction de  $V_E$ ,  $R_4$  et  $R_5$ .
- C.1.4 Montrer que  $V_S = 0,55 + 0,22 \cdot E_{LUX}$  si  $R_5 = 10 \cdot R_4$ .
- C.1.5 Calculer la valeur de  $V_S$  notée  $V_{S1}$  correspondant à un éclairement  $E_1 = 10$  lx (obscurité).
- C.1.6 Calculer la valeur de  $V_S$  notée  $V_{S2}$  correspondant à un éclairement  $E_2 = 40$  lx (lever du soleil).

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 15

C.1.7 Déterminer à partir de quel éclairement on aura  $V_S = V_{SAT.} = + 12 \text{ V}$ .

C.1.8 Tracer la courbe donnant les variations de  $V_S$  en fonction de  $E_{LUX}$ , sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2.

C.2 Comparateur à deux seuils de basculement (figure 8).



$$R_6 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_7 = 82 \text{ k}\Omega$$

$$V_0 = 6,1 \text{ V}$$

FIGURE 8

C.2.1 Donner le régime de fonctionnement de l'Amplificateur Différentiel Intégré. Quelles vont être les valeurs prises par  $V'_S$  ?

C.2.2 Déterminer l'expression littérale du potentiel  $V^+$  de l'entrée non inverseuse de l'Amplificateur Différentiel Intégré en fonction de  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $V_0$  et  $V'_S$ .

C.2.3 Lorsque  $V_S$  décroît, déterminer la valeur  $V_{SB}$  de  $V_S$  provoquant la bascule à 0 V de la sortie de l'Amplificateur Différentiel Intégré.

C.2.4 Lorsque  $V_S$  croît, déterminer la valeur  $V_{Sh}$  de  $V_S$  provoquant la bascule à 12 V de la sortie de l'Amplificateur Différentiel Intégré.

C.2.5 Tracer la caractéristique de transfert  $V'_S = f(V_S)$  sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2.

C.2.6 Synthèse sur la détection jour-nuit :

C.2.6.1 À midi l'éclairement  $E_{JOUR}$  vaut 100 lx. Déterminer la valeur de  $V'_S$  ?

C.2.6.2 À minuit l'éclairement  $E_{NUIT}$  vaut 3 lx. Déterminer la valeur de  $V'_S$  ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 15

• **Partie D : Moteur à courant continu (5 points).**

Le moteur à courant continu utilisé pour la rotation du panneau solaire est alimenté par l'intermédiaire d'un pont qui lui permet de tourner dans les sens horaire et anti-horaire. Un réducteur monté en bout d'arbre permet de diminuer la fréquence de rotation.

Le moteur a les caractéristiques suivantes :

- inducteur à aimants permanents
- tension nominale  $U_N = 12 \text{ V}$
- f.e.m. ( $E$  en V) =  $10^{-3} \times n$  avec  $n$  : fréquence de rotation en  $\text{tr.}\cdot\text{min}^{-1}$
- résistance de l'induit  $R = 3,5 \Omega$
- pertes collectives  $p_c = 1,6 \text{ W}$ .

Le moteur, figure 9, est alimenté par une batterie de fem 12V, de résistance interne négligeable.

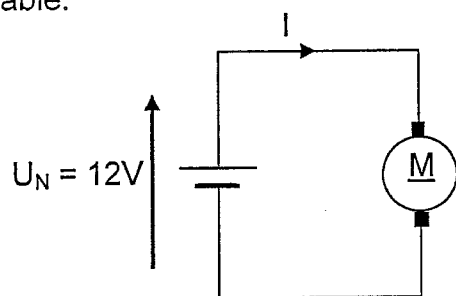


FIGURE 9.

D.1 Donner le schéma équivalent de l'induit du moteur fonctionnant en régime permanent, puis en déduire la relation entre  $U_N$ ,  $E$  et  $I$ .

D.2 Que se passe-t-il si on inverse le branchement du moteur ?

D.3 Calculer, pour un fonctionnement nominal du moteur en charge (il consomme alors  $0,83 \text{ A}$ ) :

D.3.1 la puissance absorbée  $P_a$ ,

D.3.2 les pertes par effet Joules  $P_J$ ,

D.3.3 la puissance électromagnétique  $P_{em}$ ,

D.3.4 la puissance utile nominale  $P_{uN}$ ,

D.3.5 le rendement maximal  $\eta$ ,

D.3.6 la f.e.m.  $E$  en charge nominale,

D.3.7 la fréquence de rotation en charge nominale  $n_N$ ,

D.3.8 le moment du couple électromagnétique  $T_{em}$ ,

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 15

D.3.9 le moment du couple utile nominal  $T_{uN}$ ,

D.3.10 le moment du couple de pertes collectives  $T_p$ .

D.4 Calculer l'intensité  $I_D$  du courant au démarrage.

On a mesuré la vitesse à vide du moteur  $n_0 = 11500 \text{ tr.min}^{-1}$ .

D.5 Tracer Sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3, la partie utile, supposée linéaire, de la caractéristique mécanique  $T_u = f(n)$  avec  $n$  fréquence de rotation en  $\text{tr.min}^{-1}$ .

D.6 Le moteur entraîne maintenant la charge dont le moment du couple résistant  $T_r$  est supposé constant égal à  $3,7 \text{ mN.m}$ .

D.6.1 Tracer  $T_r = f(n)$  sur le même graphe que  $T_u = f(n)$  sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3.

D.6.2 Étude du point de fonctionnement.

D.6.2.1 Déterminer la fréquence de rotation du moteur en charge  $n$ ,

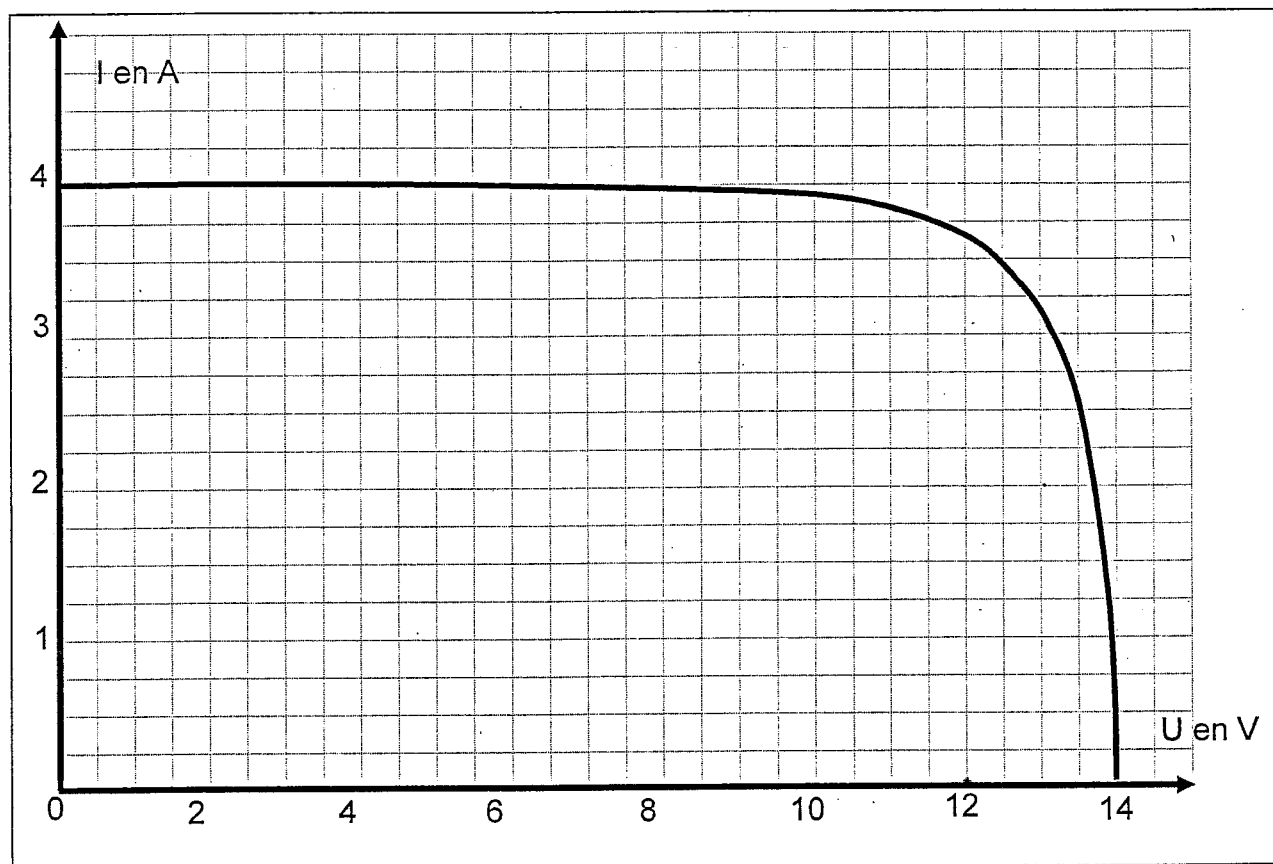
D.6.2.2 Déterminer la puissance utile du moteur  $P_u$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 12 sur 15

# DOCUMENT RÉPONSE N°1

## À rendre avec votre copie

Questions A.4.2 et A.4.3

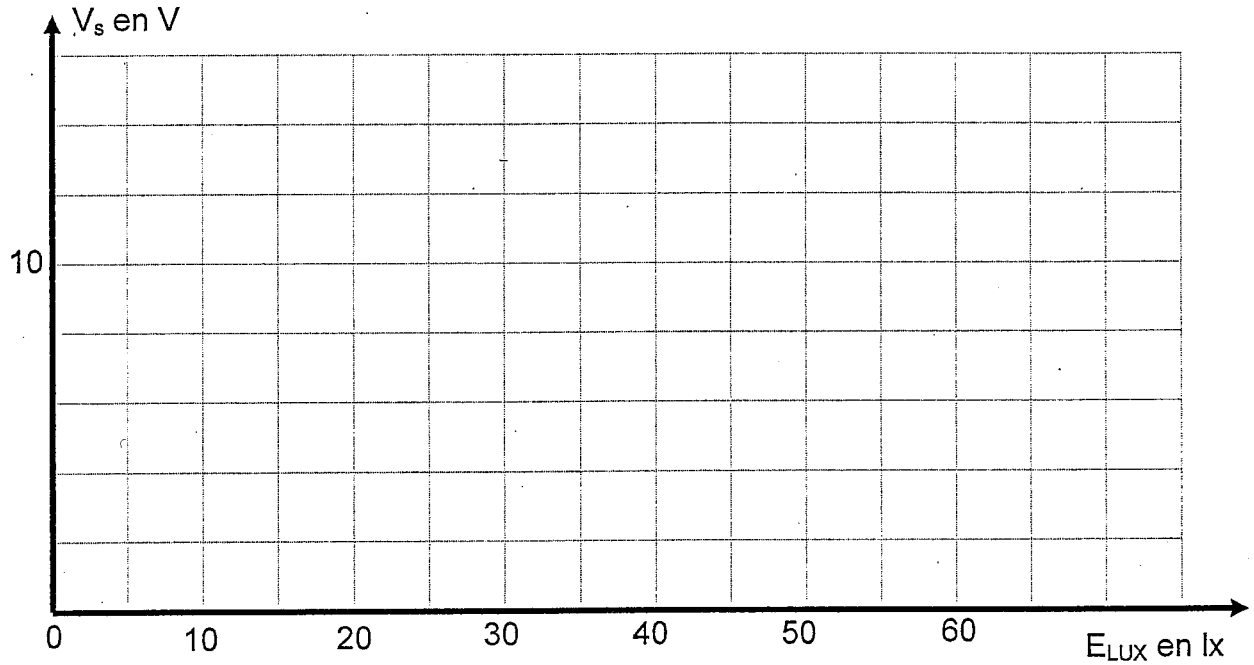


Question B.3

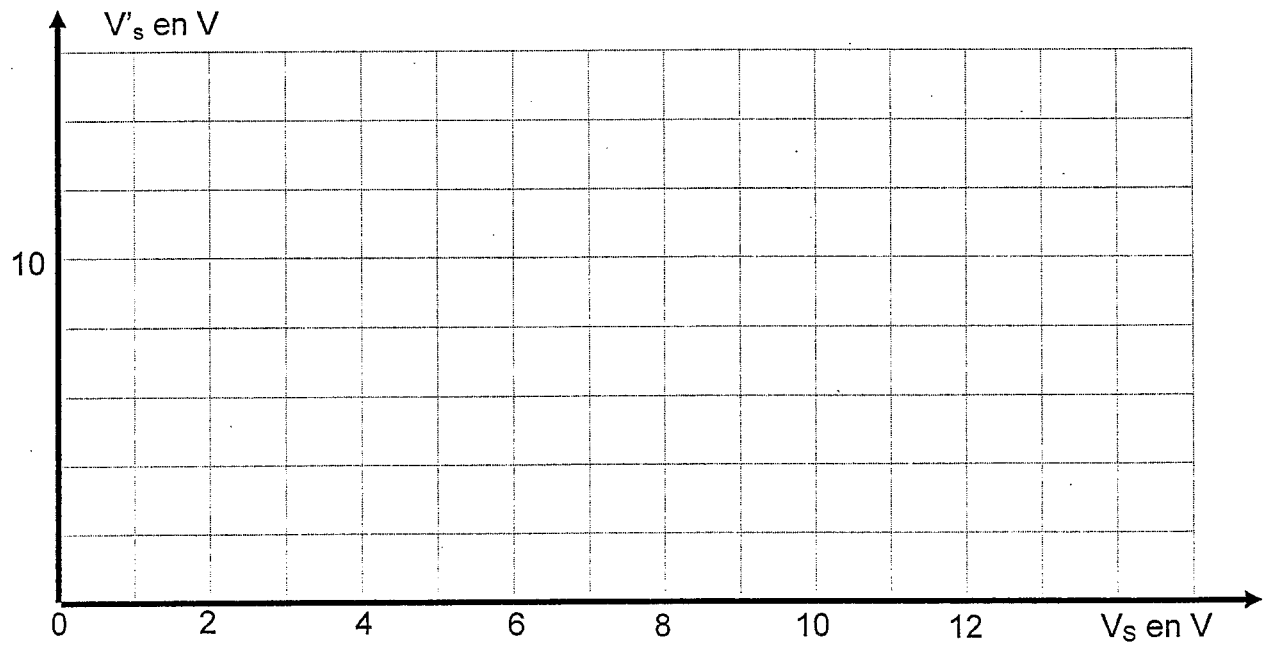
$R_{L1}$	$R_{L2}$	$U_{L1}$	$U_{L2}$	$U_s$
<b>Augmente</b>				

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

Question C.1.8



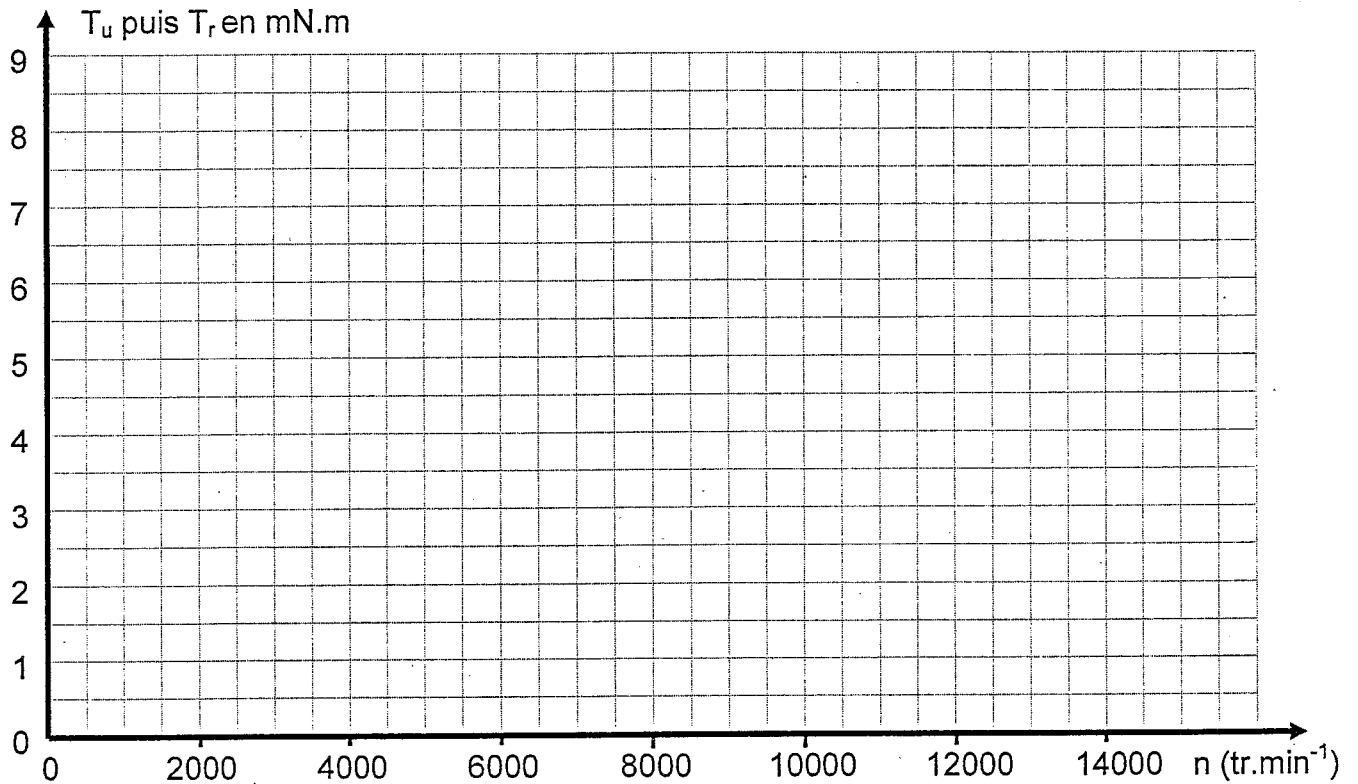
Question C.2.5



BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 14 sur 15

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

Questions D.5 et D.6.1



BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : 12NC-ATPHY	Coefficient : 2	Page 15 sur 15