

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**Assistance Technique d'Ingénieur**  
**Mathématiques et sciences physiques**  
**ÉPREUVE E3 - UNITÉ U32**  
**Sciences physiques**

**SESSION 2020**

---

**Durée : 2 heures**

**Coefficient : 2**

**Matériel autorisé :**

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

**Documents 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.

**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.**

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 14

# VOLET ROULANT AUTONOME

## Introduction

L'objet de cette étude porte sur un volet roulant électrique autonome en énergie. La plupart des fabricants proposent cette solution technique qui facilite la pose lors d'une rénovation en évitant de tirer des câbles électriques. Cette solution permet d'accroître la performance énergétique des logements en associant une excellente isolation thermique du volet roulant avec une fermeture à commande crépusculaire.

Exemple :



Volet roulant autonome

Le sujet comporte 4 parties indépendantes :

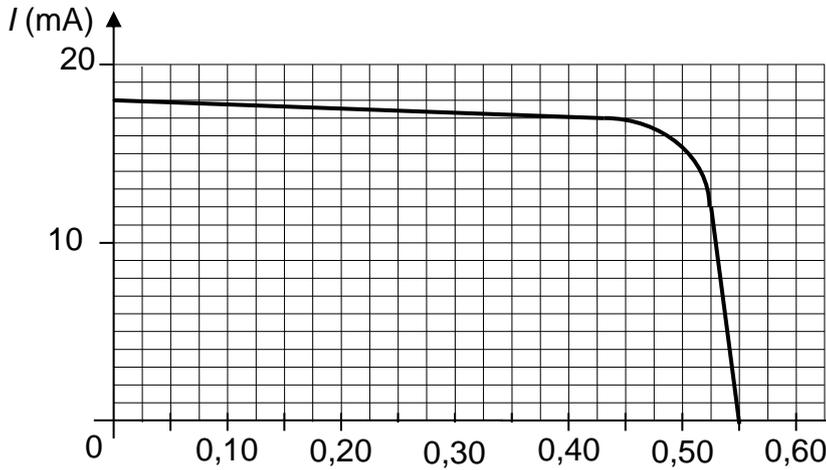
PARTIE 1 : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION	3,5 points
PARTIE 2 : ÉTUDE DU MOTEUR À COURANT CONTINU	5 points
PARTIE 3 : ÉTUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR	6,5 points
PARTIE 4 : ÉTUDE DU CAPTEUR CRÉPUSCULAIRE	5 points

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 14

## PARTIE 1 : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION (Barème : 3,5 points)

L'alimentation du volet roulant est constituée d'un panneau photovoltaïque associé à une batterie.

Le panneau solaire est modélisé par l'association série de plusieurs cellules de silicium. La tension à vide du panneau est  $U_{VP} = 13,2 \text{ V}$  à  $25 \text{ °C}$  pour une irradiance de  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Sur le document ci-dessous est représentée la caractéristique courant-tension d'une cellule de silicium étudiée dans les mêmes conditions.



Caractéristique courant-tension d'une cellule pour une irradiance de  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  et à  $25 \text{ °C}$

**Q1** – Déterminer la valeur de la tension à vide d'une cellule, et en déduire le nombre de cellules que comporte le panneau solaire.

En réalité, pour augmenter la valeur du courant délivré par le panneau solaire, l'association des cellules est plus complexe.

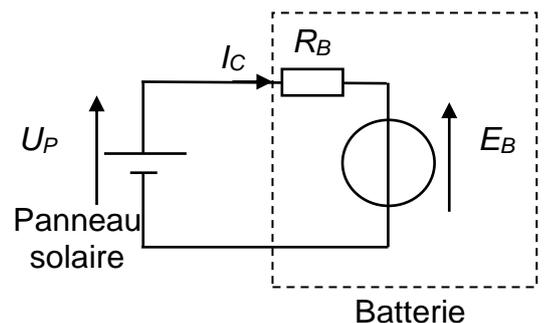
La batterie utilisée est de type NiMH, sa capacité est  $Q = I_c \times t = 2100 \text{ mAh}$ .

**Q2** – Le panneau solaire alimente une batterie dont le schéma équivalent est représenté sur le schéma 1.

On donne :

- f.é.m. de la batterie :  $E_B = 10,8 \text{ V}$  ;
- intensité du courant de charge :  $I_C = 300 \text{ mA}$  ;
- tension aux bornes du panneau :  $U_P = 11,0 \text{ V}$ .

Dans ces conditions d'utilisation, après avoir établi la relation entre  $U_P$ ,  $R_B$ ,  $E_B$  et  $I_C$ , déterminer la valeur de la résistance interne  $R_B$  de la batterie.



**Schéma 1**

**Q3** – Dans ces mêmes conditions, déterminer la durée nécessaire pour recharger complètement la batterie initialement déchargée.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 14

**Q4** – Afin de garantir de façon certaine l'autonomie du dispositif même en période durable de mauvais temps, le constructeur souhaite que la batterie permette plus d'une centaine de cycles ouverture-fermeture. Un cycle dure  $\Delta t_{cycle} = 40$  s et la batterie débite un courant d'intensité moyenne  $\langle i \rangle = 1,1$  A lorsque le volet fonctionne. La batterie étant totalement chargée, calculer la durée  $\Delta t$  pour la décharger complètement. En déduire le nombre de cycles possibles.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 14

## PARTIE 2 : ÉTUDE DU MOTEUR (Barème : 5 points)

Le volet roulant est mis en mouvement grâce à un motoréducteur constitué d'un moteur à courant continu à aimants permanents et d'un train épicycloïdal.

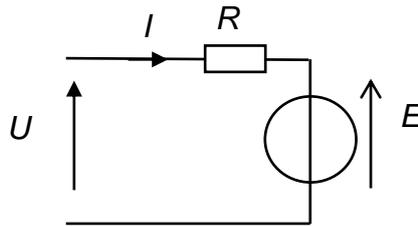
Ce moteur a les caractéristiques nominales suivantes :

$$U_N = 12,0 \text{ V} \quad n_N = 4310 \text{ tr/min} \quad I_N = 0,95 \text{ A} \quad T_{UN} = 18 \text{ mN}\cdot\text{m}$$

On désigne par  $E$  la fem du moteur, et on a ici  $E = k \times n$  où  $n$  désigne la fréquence de rotation du moteur en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ .

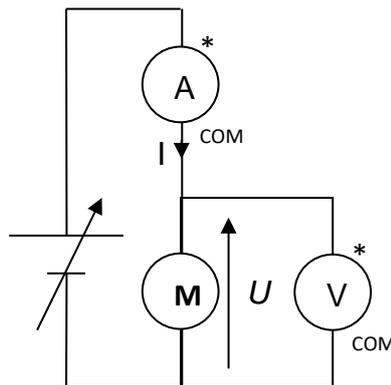
On donne le schéma électrique équivalent de l'induit du moteur :

**Schéma 2**



Pour déterminer la résistance de l'induit  $R$ , on réalise un essai à rotor bloqué au cours duquel, par la méthode voltampéremétrique (voir **schéma 3**), on mesure :  $U = 2,33 \text{ V}$  et  $I = 0,950 \text{ A}$ .

**Schéma 3**



**Q5** – Indiquer la valeur de la f.é.m.  $E$  lors de l'essai rotor bloqué.

**Q6** – Montrer que la résistance de l'induit a pour valeur  $R = 2,45 \Omega$ .

**Q7** – En utilisant les valeurs nominales, montrer que  $k = 2,24 \times 10^{-3} \text{ V}\cdot\text{min}\cdot\text{tr}^{-1}$ .

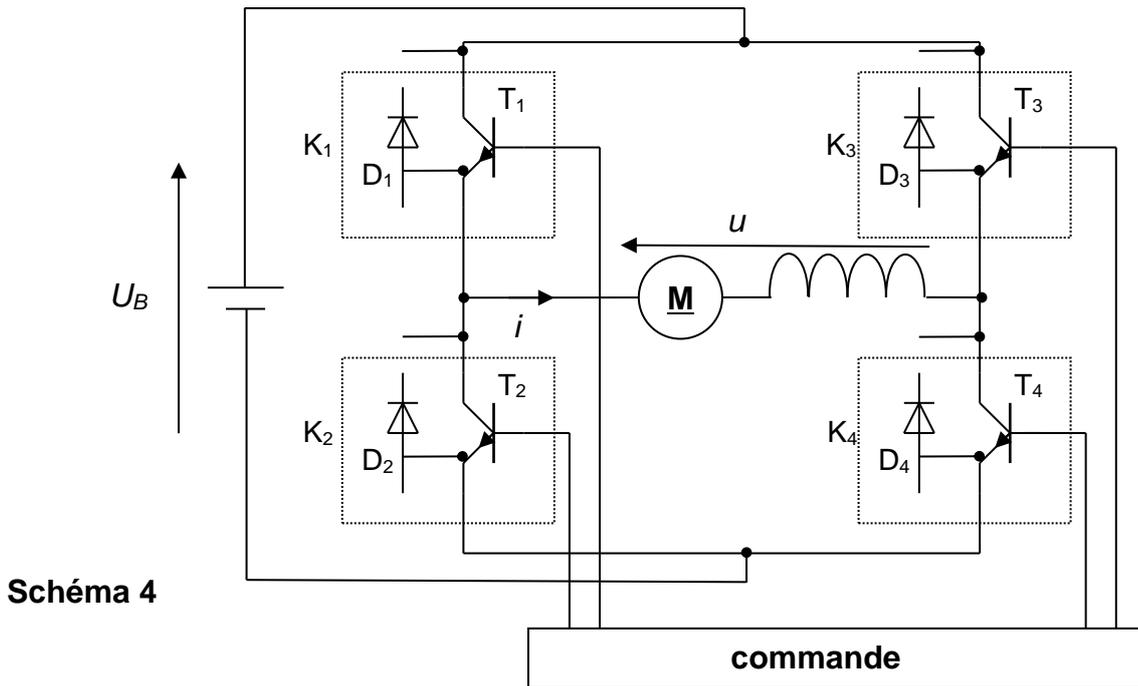
**Q8** – Le moteur approchant de la fin de course, on souhaite qu'il tourne à une fréquence de  $2100 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ . La charge impose un courant d'intensité  $I = 0,75 \text{ A}$ . Déterminer, dans ces conditions, la valeur de la tension  $U$  aux bornes de l'induit.

**Q9** – Dans ces conditions, le moteur absorbe une puissance  $P_A = 4,91 \text{ W}$  et tourne à  $n = 2100 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ . Le volet lui impose alors un couple résistant de moment  $T_R = 12,0 \text{ mN}\cdot\text{m}$ . Déterminer la valeur de la puissance utile du moteur dans ces conditions, ainsi que celle de son rendement.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 14

## PARTIE 3 : ÉTUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR (Barème : 6,5 points)

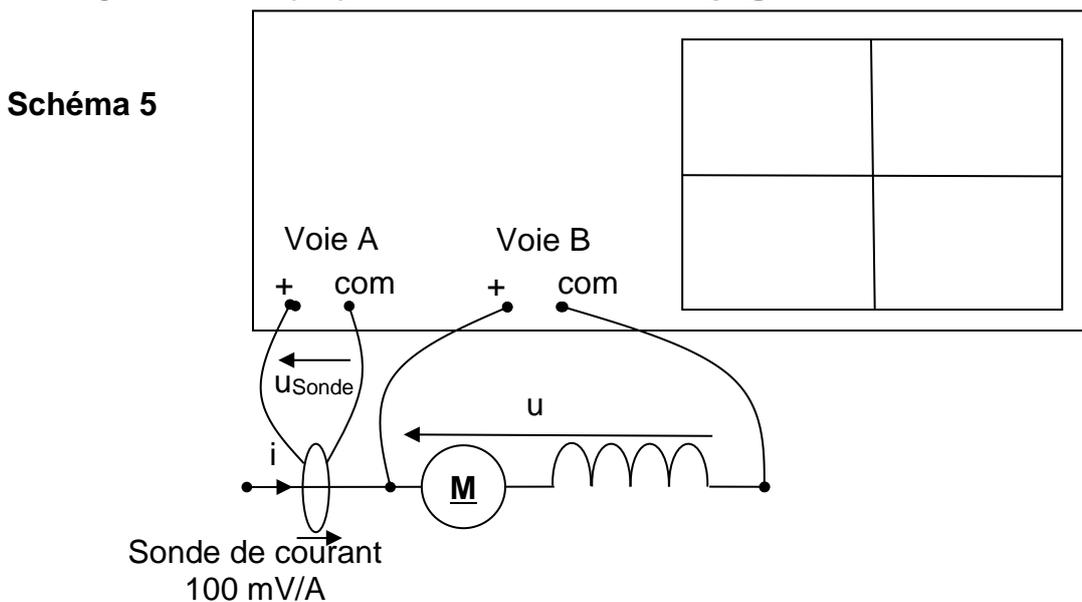
La commande de ce moteur est représentée sur le **schéma 4** :



Le volet roulant s'enroule lorsque la tension moyenne  $\langle u(t) \rangle$  est positive, et se déroule dans le cas contraire.

Les interrupteurs électroniques utilisés ici sont supposés parfaits, la valeur de l'inductance est suffisante pour considérer le courant  $i(t)$  dans la charge comme constant.

Afin d'étudier le fonctionnement de ce montage, on relève les oscillogrammes de la tension  $u(t)$  aux bornes de la charge et la tension  $u_{\text{Sonde}}(t)$  image du courant  $i(t)$ , à l'aide d'une sonde de courant, suivant le **schéma 5** ci-dessous. Une représentation schématisée de ces oscillogrammes est proposée sur le **document 1 page 11**.



BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 14

- Q10** – Préciser le type de conversion réalisée par ce convertisseur ainsi que son nom.
- Q11** – À l'aide de l'oscillogramme **document 1 page 11**, déterminer la période, la fréquence et le rapport cyclique de la tension  $u(t)$ .
- Q12** – La sensibilité de la sonde de courant utilisée est 100 mV/A ; à l'aide de l'oscillogramme du **document 1 page 11**, déterminer la valeur moyenne de l'intensité du courant dans le moteur.
- Q13** – Sur le **document réponse 1 page 12** représenter l'état des interrupteurs  $K_1$  à  $K_4$  pour les phases 1 et 2, et donner l'expression de  $u$  en fonction de  $U_B$  pour celles-ci.
- Q14** – À l'aide de l'oscillogramme du **document 1 page 11**, déterminer la valeur de la tension  $U_B$  délivrée par la batterie.
- Q15** – Préciser sur le **document réponse 1 page 12** les deux interrupteurs électroniques qui conduisent parmi T1, D1, T2, D2, T3, D3, T4 et D4 sur chaque phase.
- Q16** – À l'aide de l'oscillogramme du **document 1 page 11**, déterminer la valeur moyenne de la tension  $u(t)$ , et préciser si le volet s'enroule ou se déroule.

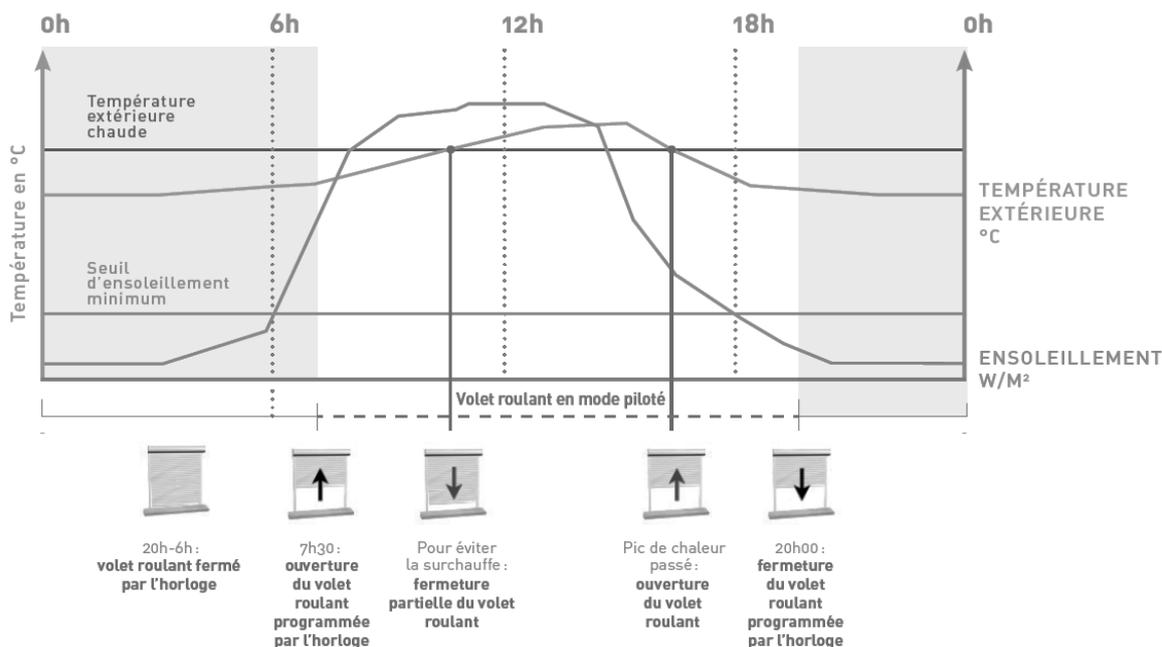
BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 14

## PARTIE 4 : ÉTUDE DE L'INTERRUPTEUR CRÉPUSCULAIRE (Barème : 5 points)

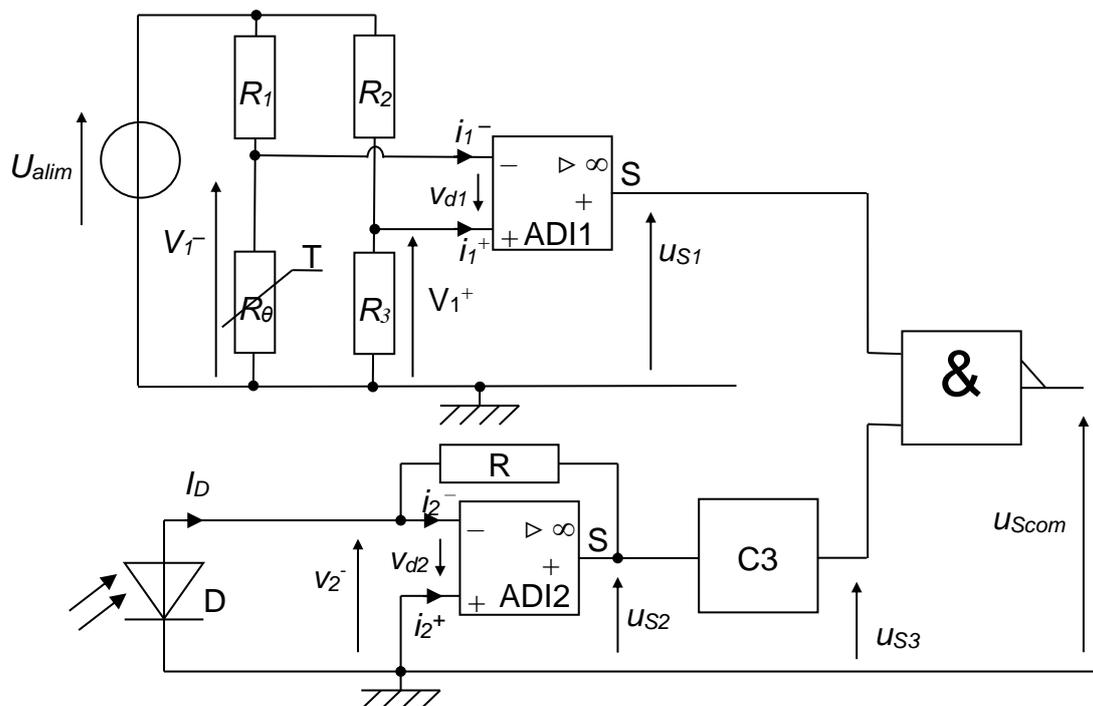
Les volets roulants les plus performants sont équipés d'interrupteurs crépusculaires automatiques. Afin de limiter le phénomène de surchauffe du logement dû aux apports solaires, ils s'occultent partiellement lorsque la température extérieure dépasse une valeur limite et que l'ensoleillement est important. Le volet roulant est alors en mode piloté.

Exemple de documentation commerciale.

Le volet descend automatiquement pour éviter la surchauffe, tout en maintenant un espace suffisant pour un apport lumineux naturel.



Dans cette partie, on étudie une partie de l'électronique de ce dispositif dont voici le schéma :



BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 14

D est une photodiode : le courant qui la traverse est d'intensité proportionnelle à l'éclairement  $E$  reçu. On a  $I_D = a \times E$ .

$R_\theta$  est une résistance dont la valeur dépend de la température.

Les ADI sont supposés parfaits ;  $i_1^+ = i_1^- = i_2^+ = i_2^- = 0$ ; et ils sont alimentés de façon non symétrique de sorte que  $V_{sat}^+ = U_{Alim} = 12 \text{ V}$  et  $V_{sat}^- = 0 \text{ V}$ .

### Étude du montage réalisé autour de l'ADI 1 contrôlant la température

**Q17** – Quel est le mode de fonctionnement de cet ADI ? Justifier la réponse.

**Q18** – Déterminer l'expression de la tension  $V_1^-$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_\theta$  et  $U_{alim}$ .

**Q19** – Le premier graphique du **document réponse 2 page 13** donne l'évolution de  $V_1^-$  en fonction de la température  $\theta$ . Les résistances  $R_2$  et  $R_3$  sont telles que  $V_1^+ = 5,8 \text{ V}$ .

Compléter le deuxième graphique de ce **document réponse** en représentant l'évolution de  $U_{S1}$  en fonction de la température  $\theta$ . Justifier.

### Étude du montage réalisé autour de l'ADI 2 contrôlant l'ensoleillement

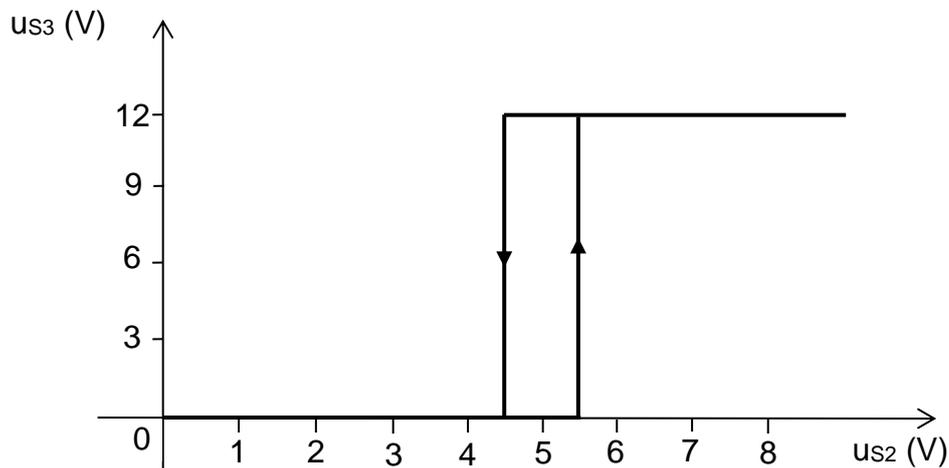
**Q20** – Quel est le mode de fonctionnement de cet ADI ? Justifier la réponse.

**Q21** – On rappelle que pour la photodiode utilisée on a  $I_D = a \times E$ .

Déterminer l'expression de  $u_{S2}$  en fonction de  $I_D$  et  $R$ , et montrer que cette tension est proportionnelle à l'éclairement  $E$ .

**Q22** – La courbe représentant l'évolution de  $u_{S2}$  en fonction du temps est donnée sur le **document réponse 3 page 14**. La tension  $u_{S2}$  est ensuite appliquée à l'entrée d'un montage comparateur C3.

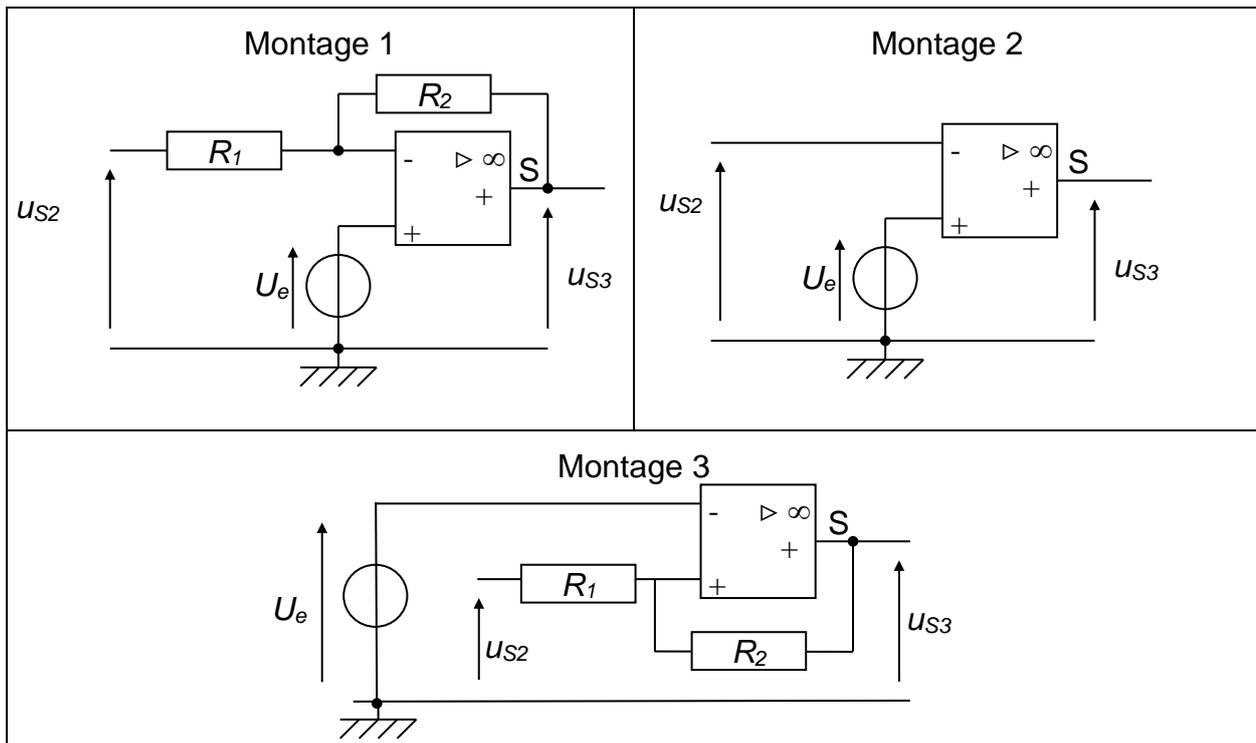
La caractéristique de transfert en tension de ce montage est donnée ci-dessous :



Indiquer les deux seuils de basculement  $u_{S2B}$  et  $u_{S2H}$  du comparateur C3.

Indiquer lequel des montages ci-après peut réaliser cette fonction en justifiant la réponse.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 14



**Q23** – Compléter  $U_{S3}$  en fonction du temps sur le **document réponse 3 page 14**.

**Q24** – La porte NON ET utilisée ici est de technologie CMOS. Lorsqu'elle est au niveau logique haut,  $U_{Scom} = 12 \text{ V}$ , et au niveau logique bas,  $U_{Scom} = 0 \text{ V}$ .

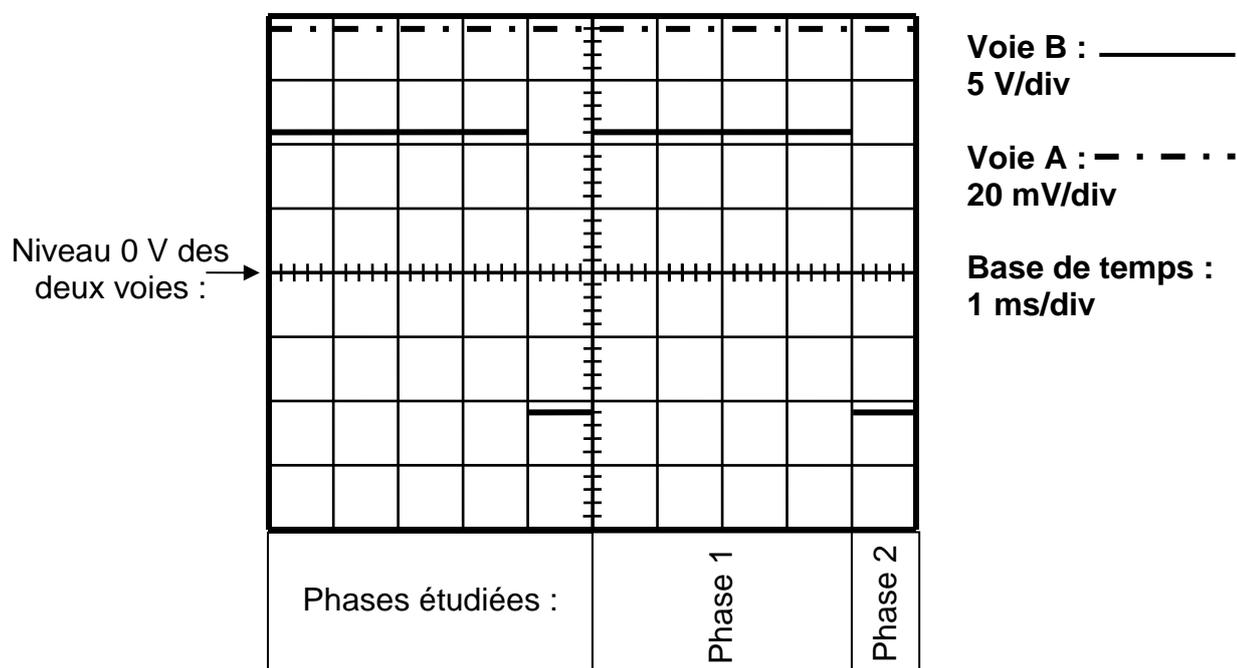
Compléter le **document réponse 3 page 14** en représentant l'évolution de  $U_{Scom}$  en fonction du temps.

**Q25** – Indiquer si la commande de la fermeture partielle du volet en mode piloté correspond à un niveau haut ou bas de la tension  $U_{Scom}$ .

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 14

## DOCUMENT N° 1

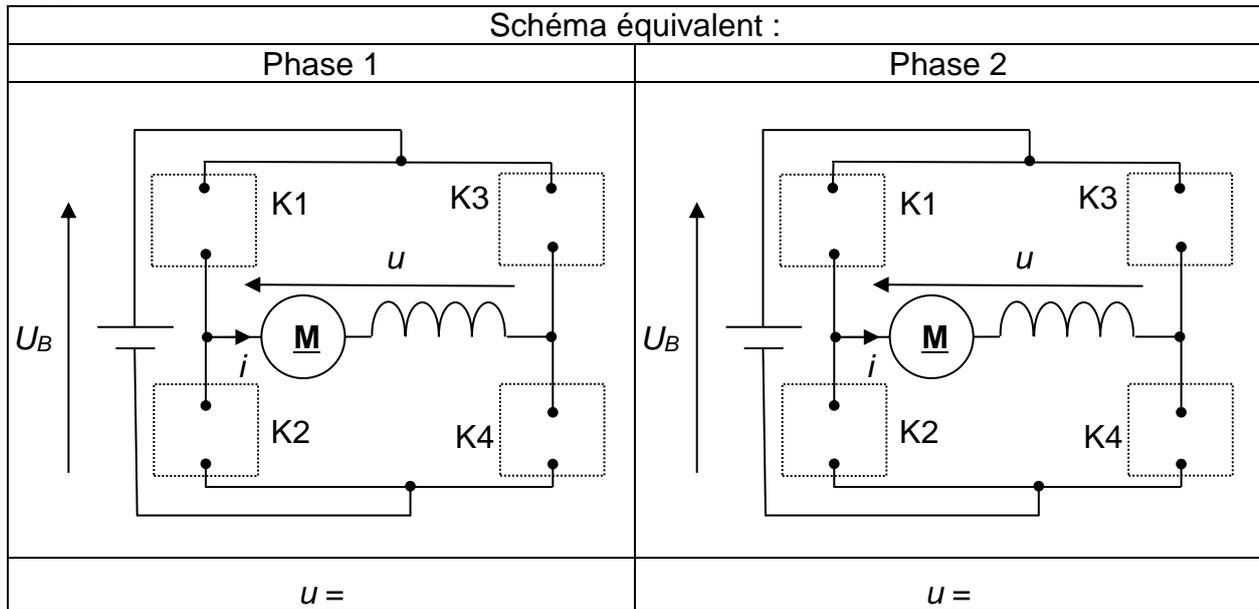
Représentation schématique des oscillogrammes des tensions  $U$  et  $U_{Sonde}$  :



BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 14

**DOCUMENT RÉPONSE N° 1**  
(à rendre avec la copie)

**Q13 –**

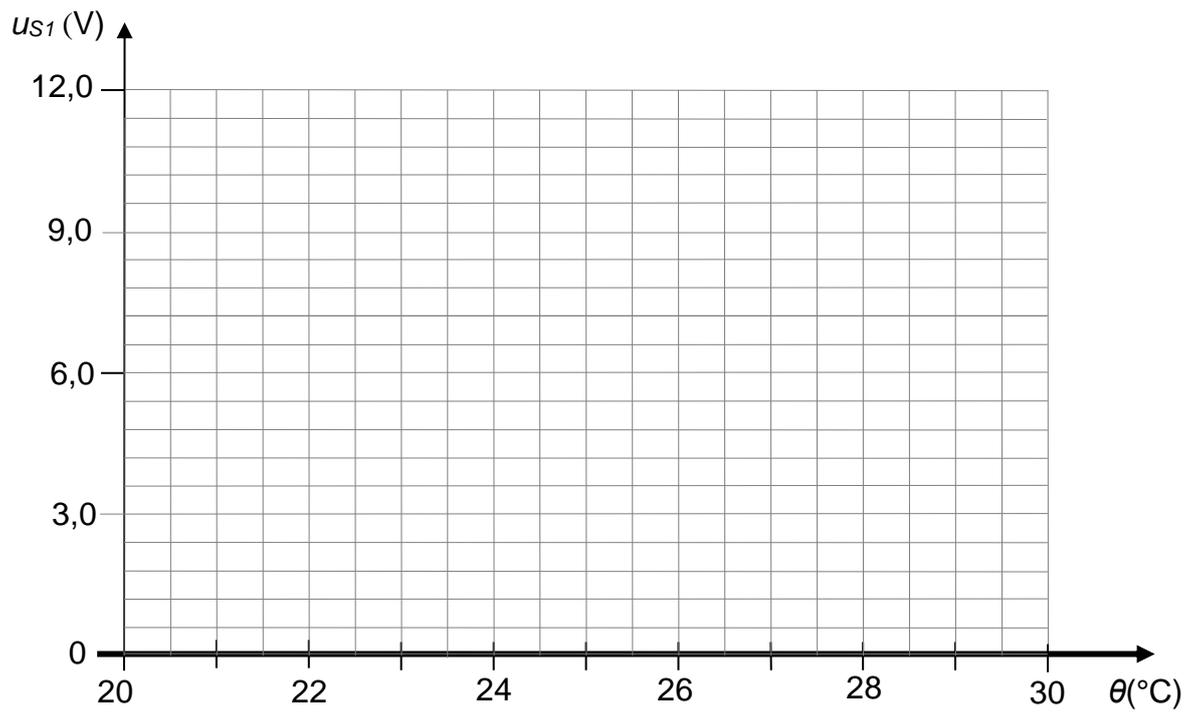
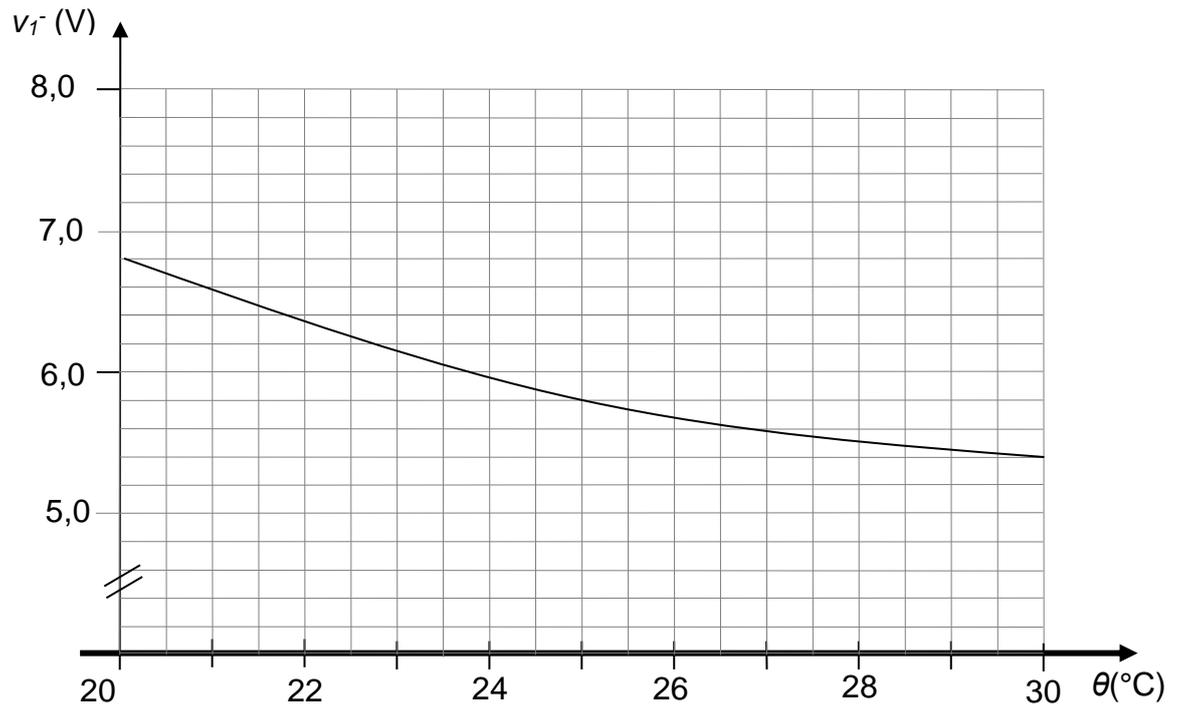


**Q15 –**

Phase étudiée	Phase 1	Phase 2
2 interrupteurs passants parmi T1, D1, T2, D2, T3, D3, T4 et D4.		

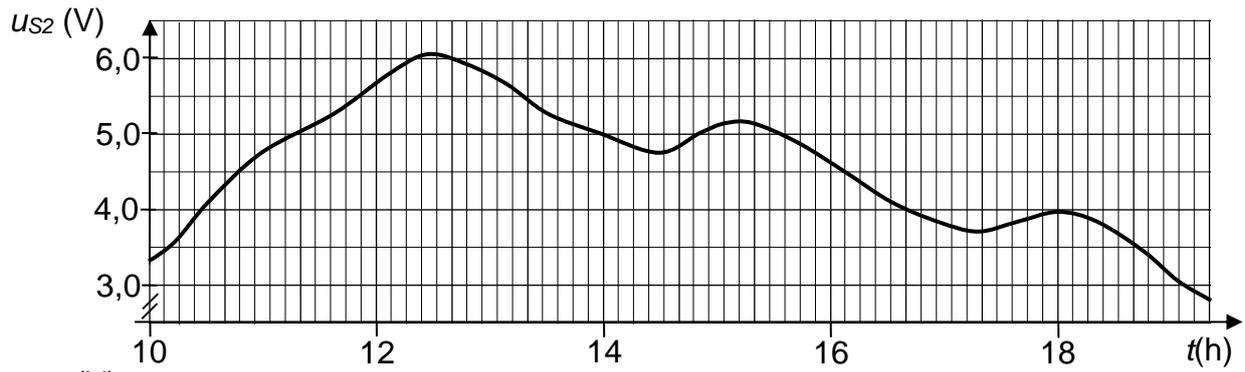
DOCUMENT RÉPONSE N° 2  
(à rendre avec la copie)

Q19 –

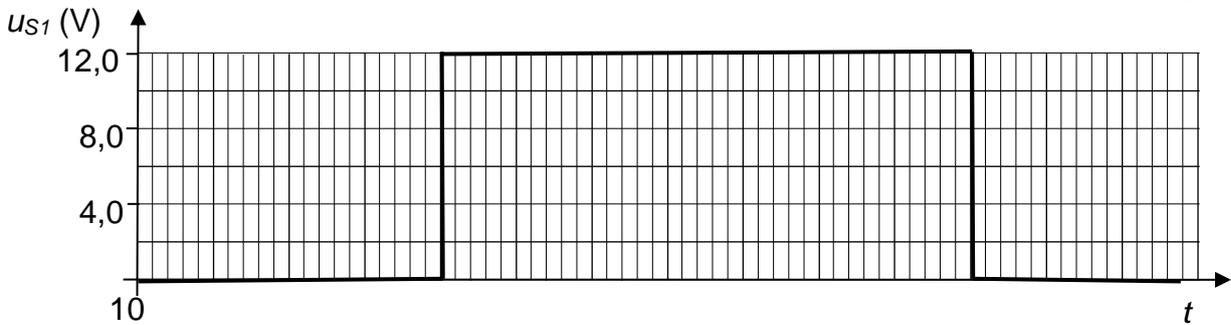
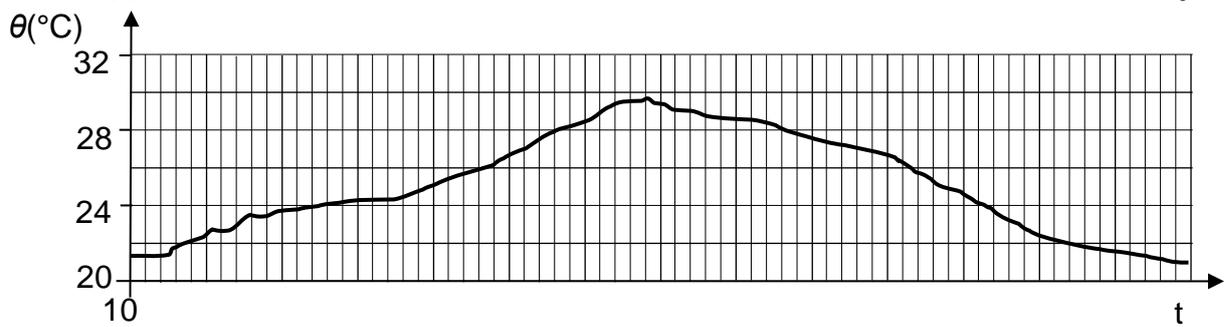
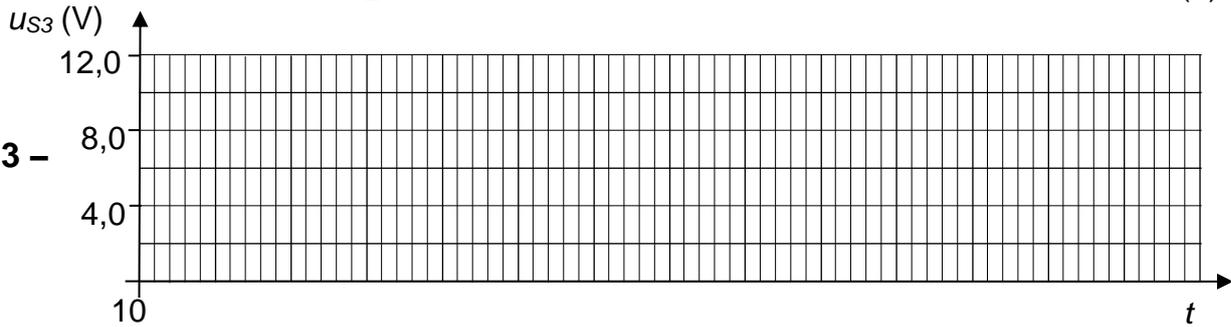


BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 13 sur 14

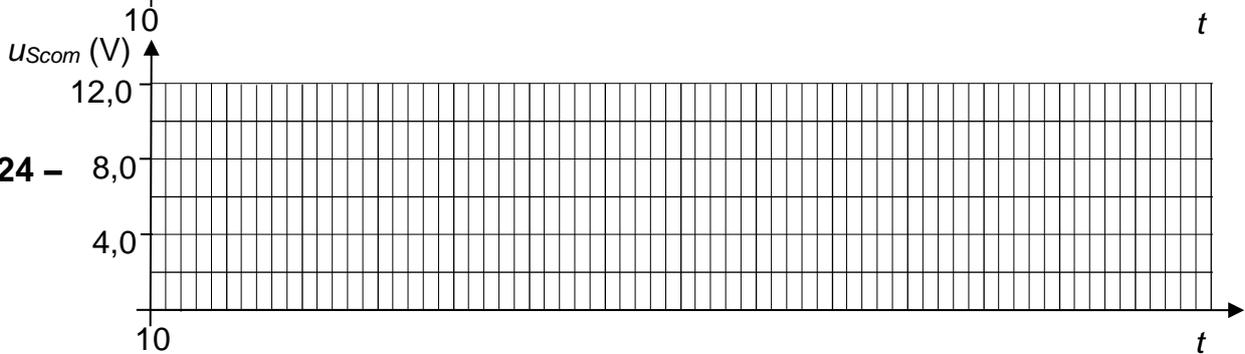
**DOCUMENT RÉPONSE N° 3**  
(à rendre avec la copie)



**Q23 –**



**Q24 –**



BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2020
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 14 sur 14