

Brevet de technicien supérieur

Conception et réalisation de systèmes automatiques

SESSION 2017

SUJET

Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées

Durée : 2 heures

Barème sur 40 points

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire n°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

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

IMPORTANT

Ce sujet comporte 8 pages.

Les documents réponses 1 et 2, page 7 et 8, sont à remettre avec la copie.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 1/8

PROJET DE RÉHABILITATION D'UN FOYER DE JEUNES TRAVAILLEURS

Une association désire réhabiliter un foyer de jeunes travailleurs (FJT) dans le nord de la France, afin de diminuer les consommations énergétiques de l'établissement et d'améliorer le confort des occupants.

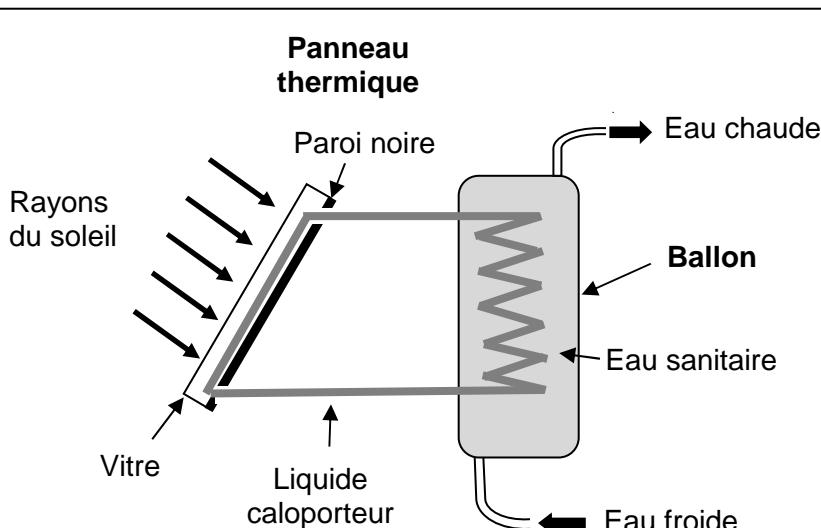
Certains éléments de cette réhabilitation sont exposés et étudiés dans cet énoncé.

A. Équipements économies en énergie pour l'eau chaude sanitaire (10 points)

I. Eau chaude sanitaire (6 points)

L'apport en énergie pour l'eau chaude dans l'établissement est essentiellement fourni par des panneaux solaires thermiques : les capteurs solaires sont associés à des ballons bivalents (qui peuvent aussi fonctionner avec l'ancienne chaudière en cas de besoin).

Le schéma de principe de cette association est représenté sur le **document 1** ci-dessous :



Un chauffe-eau solaire est un dispositif utilisant l'énergie solaire pour pouvoir disposer d'eau chaude sanitaire. Il est principalement constitué de deux éléments :

- des capteurs solaires thermiques (panneaux thermiques) qui captent l'énergie du rayonnement solaire en chauffant un liquide caloporteur (eau ou antigel) dans un circuit primaire ;
- un ballon d'eau chaude (ou réservoir d'eau chaude) dans lequel un volume d'eau est chauffé par le liquide caloporteur à travers un échangeur thermique, souvent un serpentin de cuivre.

Données :

- capacité calorifique massique de l'eau : $c_{eau} = 4\ 180\ J \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1\ 000\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- $1,00\ \text{W} \cdot \text{h} = 3\ 600\ \text{J}$;
- volume total des ballons d'eau chaude : 1 500 L ;
- énergie moyenne fournie par les panneaux (compte tenu du lieu et de l'inclinaison des panneaux) : 3,20 kW·h par m^2 et par jour ;
- énergie nécessaire pour éléver une masse (m) d'eau subissant une augmentation de température ($\Delta\theta$) : $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$.

1. Besoins

Les besoins en eau chaude sanitaire (ECS) pour les locaux du foyer pour un fonctionnement normal et une occupation moyenne sont donnés dans le **tableau 1** du **document réponse 1 page 7** à rendre avec la copie.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 2/8

1.1 Compléter ce tableau (**document réponse 1 page 7** à rendre avec la copie) en calculant les consommations journalières pour les douches ainsi que la consommation totale d'eau.

1.2 La capacité des ballons d'eau chaude choisie est-elle adaptée ?

2. Mode de transferts de chaleur

En vous appuyant sur le **document 1**, sachant que l'on suppose le ballon parfaitement isolé thermiquement, indiquer quel mode de transfert thermique intervient :

- entre le soleil et le panneau thermique ;
- entre le fluide caloporeur et l'eau contenue dans le ballon ;
- au sein du ballon d'eau chaude.

3. Dimensionnement

3.1. Calculer l'énergie nécessaire (Q) par jour à apporter à l'eau pour passer de 18 °C à 65 °C dans les ballons d'eau chaude, compte tenu de la consommation journalière en eau chaude du foyer. Exprimer ce résultat en kW·h.

3.2. Calculer le nombre de mètres carrés de panneaux à installer pour couvrir ces besoins.

II. Ballon d'eau chaude et corrosion (4 points)

La cuve d'un ballon est fabriquée en acier (constitué essentiellement de fer). Au contact de l'eau, le fer peut être oxydé par le dioxygène dissous dans l'eau. Pour éviter ou plutôt limiter ce phénomène, la cuve est recouverte d'une couche d'émail.

La porosité naturelle de l'émail permet malgré tout à l'eau d'entrer en contact avec l'acier à certains endroits. Aussi, si cette protection par émaillage est nécessaire, elle n'est pas suffisante et doit être couplée à une protection complémentaire.

Une des solutions consiste à placer une anode constituée d'un autre métal dans la cuve.

On donne le potentiel redox de différents couples oxydo-réducteur dans le **document 2**.

Document 2 Potentiel redox standard à 25 °C		
Oxydant	Potentiel (V)	Réducteur
O ₂	+ 1,23	H ₂ O
Ag ⁺	+ 0,80	Ag
Cu ²⁺	+ 0,34	Cu
Fe ²⁺	- 0,44	Fe
Mg ²⁺	- 2,37	Mg

1. Expliquer pourquoi l'émaillage de la cuve permet de limiter la corrosion de l'acier ?

2. Parmi les métaux argent, cuivre et magnésium, lequel choisir pour constituer l'anode afin de lutter contre la corrosion de l'acier ? Justifier la réponse en comparant au moins deux métaux.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 3/8

B. Confort des occupants (30 points)

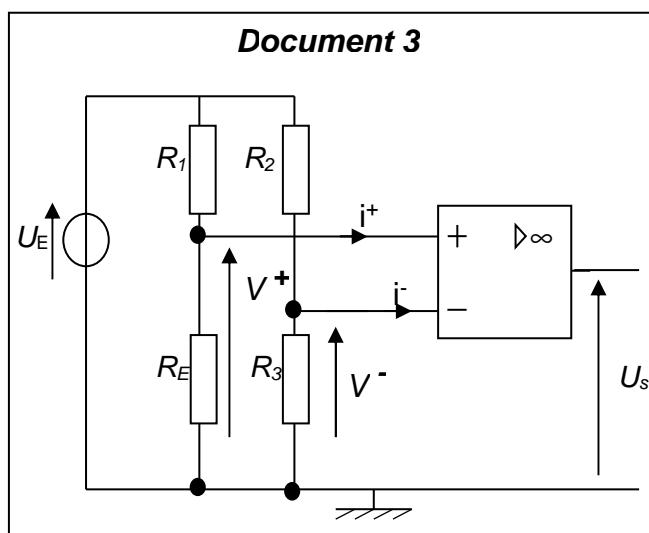
Nous nous intéressons maintenant à l'amélioration du confort du foyer jeunes travailleurs pour ses occupants.

Dans un premier temps, l'étude porte sur la mise en place d'un éclairage automatique extérieur et enfin celle de la motorisation de volets roulants.

I. Éclairage extérieur automatique (10 points)

L'accès à l'entrée du foyer est équipé de réverbères qui s'allument automatiquement dès que l'éclairage est inférieur à une valeur limite notée E_{min} .

Le circuit électronique de commande de l'allumage est représenté sur le **document 3**. Il est composé d'un amplificateur opérationnel (AOP) monté en comparateur et un capteur d'éclairage (photorésistance R_E) dont la caractéristique de transfert est donnée sur le **document 4** page 8, à rendre avec la copie.



On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait $i^+ = i^- = 0$.
 Si $V^+ > V^-$, $U_s = + V_{sat}$ (éclairage extérieur alimenté)
 Si $V^- > V^+$, $U_s = - V_{sat}$ (éclairage extérieur non alimenté)
 Données : $U_E = 15 \text{ V}$; $V_{sat} = 14 \text{ V}$,
 $R_1 = R_2 = 47 \text{ k}\Omega$
 R_E : résistance de la photorésistance (voir **document 4** page 8 : $R_E = f(E)$ où E désigne l'éclairage)

- Quelle doit être la valeur de la résistance R_3 pour que la tension V^- soit égale à 7,5 V ? Justifier.
- Établir l'expression littérale de V^+ en fonction de U_E , R_E et R_1 .
- Déterminer alors la valeur de R_E qui permet le basculement de la tension de sortie.
- Évolution de V^+ en fonction de la lumière

Donnée : les niveaux minimums requis pour l'éclairage public des rues, routes et autoroutes varient de 40 à 50 lux.

4.1. Lorsqu'il fait jour (éclairage E très grand) que peut-on dire de V^+ par rapport à V^- ? En déduire alors la valeur de U_s .

4.2. Lorsqu'il fait nuit (éclairage E très faible) que peut-on dire de V^+ par rapport à V^- ? En déduire alors la valeur de U_s .

4.3. Déterminer graphiquement la valeur numérique de l'éclairage limite E_{min} à partir duquel l'allumage des réverbères se produit. La détermination graphique doit de plus apparaître sur le **document 4 page 8** à rendre avec la copie.

4.4. La détection de l'éclairage extérieur automatique répond-elle aux besoins de ce foyer ? Justifier la réponse.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 4/8

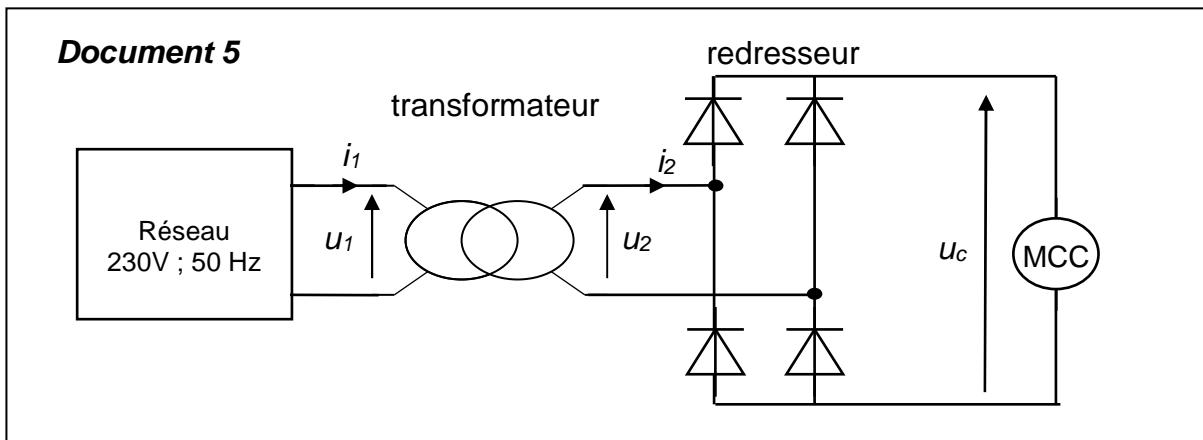
4.5. L'emploi d'un comparateur simple présente des inconvénients lorsque la luminosité est proche de la valeur qui provoque le basculement. Préciser ces inconvénients. Quel autre type de comparateur pourrait permettre d'y remédier ?

II. Volets roulants (20 points)

Les volets roulants sont actionnés à l'aide d'un moteur à courant continu couplé à un réducteur et alimenté par un transformateur et un pont redresseur.

1. Alimentation du moteur à courant continu (11 points)

L'alimentation du moteur à courant continu, commandant le mouvement des volets, est constituée des éléments présentés sur le **document 5** ci-dessous :



Le transformateur utilisé est supposé parfait.

Sa plaque signalétique indique : 230 V / 24,0 V ; 50,0 Hz ; 24,0 VA.

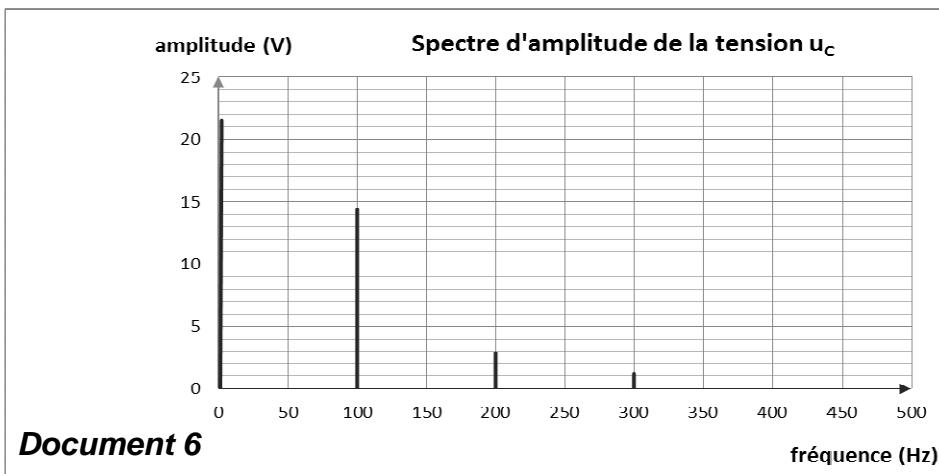
1.1. Étude du transformateur parfait.

- 1.1.1. Calculer son rapport de transformation m .
- 1.1.2. Quel est le lien existant entre les puissances au primaire et au secondaire ?
- 1.1.3. Calculer l'intensité du courant nominal au primaire (I_{1N}).
- 1.1.4. Représenter sur la **figure 1 du document réponse 1 page 7** à rendre avec la copie, le branchement de la voie 1 de l'oscilloscope, permettant de visualiser la tension au secondaire du transformateur (u_2).
- 1.1.5. Déterminer la valeur maximale et la période de la tension u_2 et reporter ces indications sur la **figure 2 du document réponse 1 page 7** à rendre avec la copie.
- 1.1.6. Représenter le spectre d'amplitude de la tension u_2 sur la **figure 3 du document réponse 2 page 8** à rendre avec la copie. Justifier la réponse.

1.2. Étude du pont redresseur.

- 1.2.1. Quel type de conversion effectue le pont redresseur ?
- 1.2.2. Pour lisser le courant dans l'induit du moteur, quel élément doit-on utiliser ? Faut-il le placer en série ou en parallèle de l'induit ?
- 1.2.3. Dessiner sur la **figure 2 du document réponse 1 page 7** à rendre avec la copie, l'allure de la tension u_c .
- 1.2.4. Déterminer la valeur moyenne de cette tension u_c notée $\langle u_c \rangle$ en utilisant le spectre des amplitudes de la tension u_c sur le **document 6 page 6**.
- 1.2.5. Expérimentalement, comment mesurer directement $\langle u_c \rangle$? Préciser le branchement de l'appareil à utiliser ainsi que le mode AC ou DC à sélectionner.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 5/8



2. Étude du moteur à courant continu (6,25 points)

Le moteur à courant continu est à aimants permanents. Les pertes fer et les pertes mécaniques dans le moteur seront négligées.

Les caractéristiques nominales du moteur à courant continu sont :

- tension aux bornes de l'induit : $U_N = 12 \text{ V}$
- courant induit : $I_N = 1,7 \text{ A}$
- résistance de l'induit : $R = 1,9 \Omega$
- fréquence de rotation : $n_N = 25 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$

2.1. Représenter sur un schéma le modèle électrique équivalent de l'induit du moteur à courant continu.

2.2. Calculer le courant d'induit au démarrage (pour $n = 0 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$) alimenté sous tension nominale.

2.3. On envisage d'entraîner un volet roulant exerçant un couple résistant de $9,5 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$.

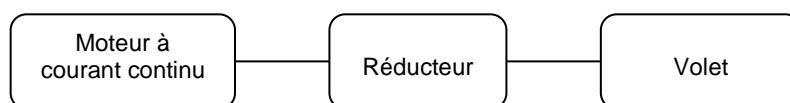
Montrer que ce moteur peut convenir pour actionner ce volet roulant.

La démarche suivie nécessite d'être correctement présentée.

On rappelle que la puissance utile (P_u en W) d'un moteur dépend de sa vitesse angulaire de rotation (Ω en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$) selon la relation $P_u = T_u \cdot \Omega$, où T_u (en N·m) représente le moment du couple utile du moteur.

3. Association moteur et volet roulant (2,75 points)

Pour actionner la montée ou la descente des volets roulants, en sortie du moteur on a placé un réducteur.



La valeur de la force nécessaire au déplacement du volet roulant vaut $F = 160 \text{ N}$ et le volet se déplace à la vitesse v constante de $50 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

La puissance mécanique en sortie du moteur est fixée à : $P_m = 15 \text{ W}$.

3.1. Calculer en W la puissance mécanique P_{mv} nécessaire au déplacement du volet.

On donne $P_{mv} = F \cdot v$.

3.2. En déduire le rendement mécanique du réducteur η_{red} .

3.3. Sous quelle forme d'énergie se manifestent les pertes de ce réducteur ?

3.4. Expliquer comment on peut inverser le sens de déplacement des volets.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 6/8

Document réponse 1
à rendre avec la copie

Tableau 1 (partie A.I.1.) :

Type d'appareil prévu	Consommation ($L \cdot min^{-1}$)	Durée (min)	Fréquence type d'utilisation moyenne journalière par occupant	Nombre d'occupants du bâtiment à utiliser l'équipement	Consommation d'eau de référence par jour (L/jour)
Douche	5	7	1	33
Autres usages					
Consommation d'eau chaude estimée (L/jour)				

Figure 1 : (partie B.II.) :

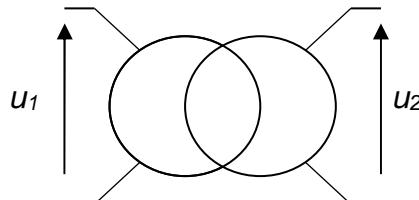
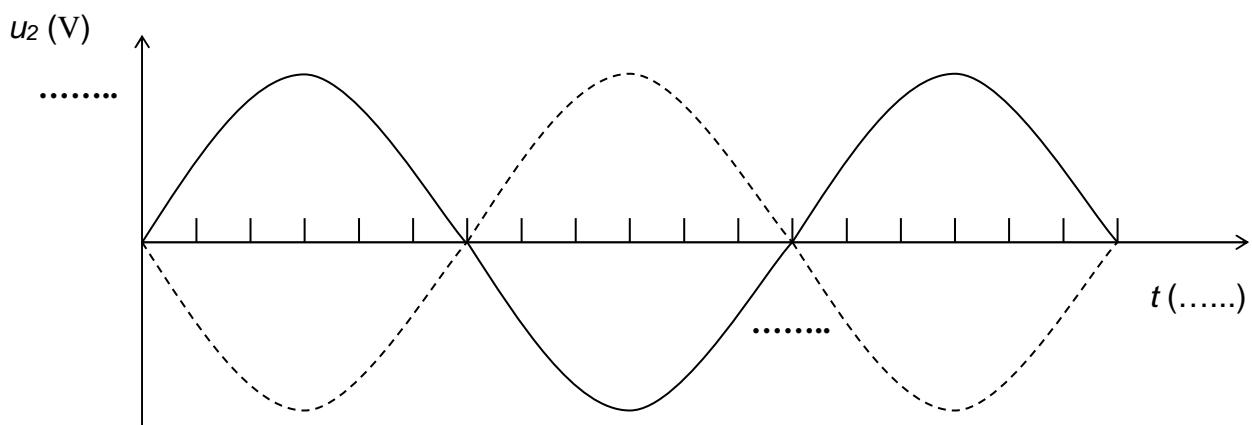
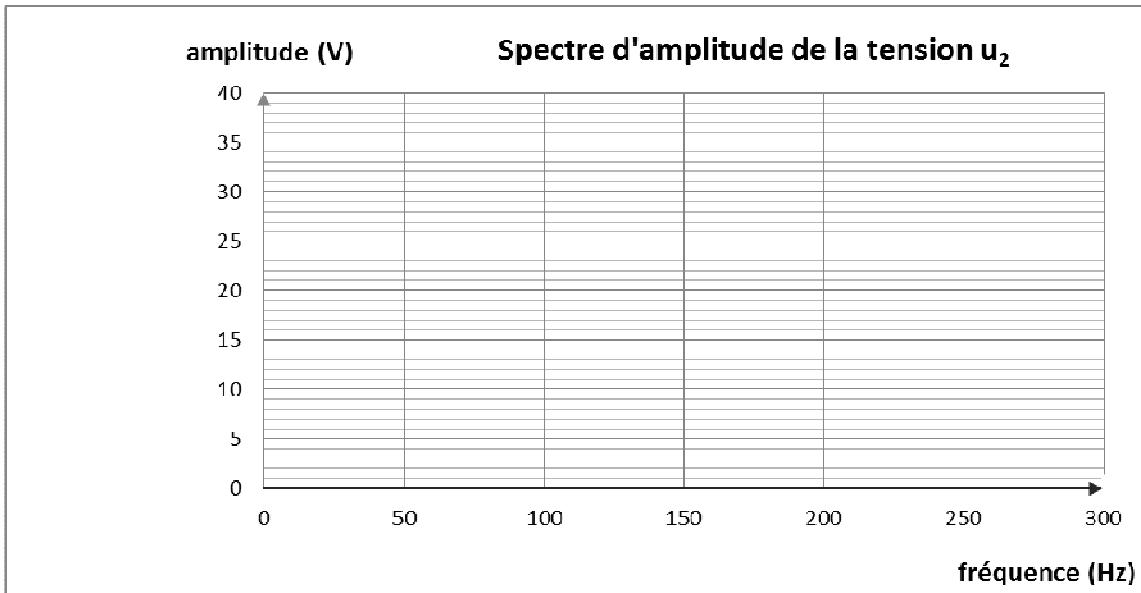


Figure 2 : (partie B.II.) :

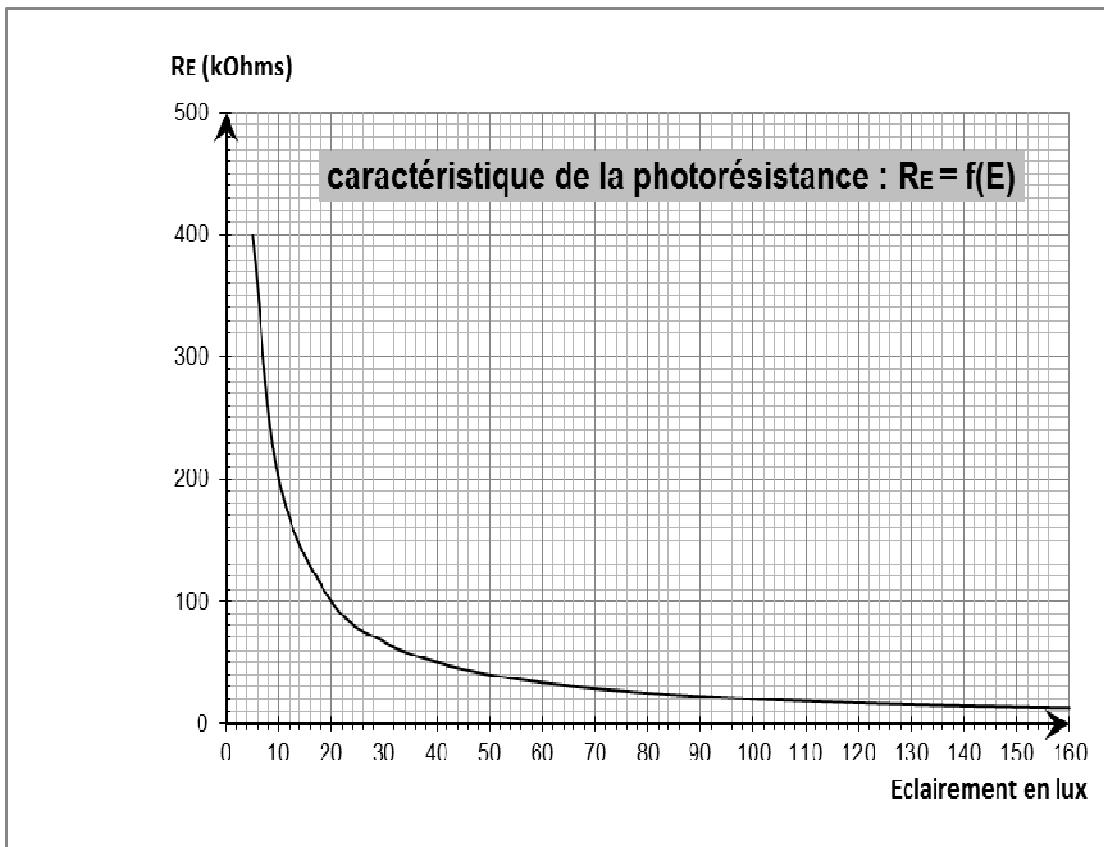


**Document réponse 2
à rendre avec la copie**

Figure 3 : (partie B.II.) :



Document 4 (partie B.I.) :



BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2017
Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 17-CSE3SPC-ME-1		Page 8/8