

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 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 15

ÉTUDE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME

INTRODUCTION : On étudie une installation photovoltaïque autonome (figure 1) vendue en kit dans le commerce et destinée à alimenter en 230 V - 50 Hz de petites applications privées ou industrielles : éclairage d'une serre, alimentation d'une pompe, camping-car, ...

Le kit solaire est constitué des éléments suivants :

- un panneau photovoltaïque polycristallin PX 55 (55 W),
- un régulateur de charge pour la batterie,
- une batterie au plomb 12 V (24 Ah),
- un convertisseur 12 V continu / 230 V alternatif (150 W).

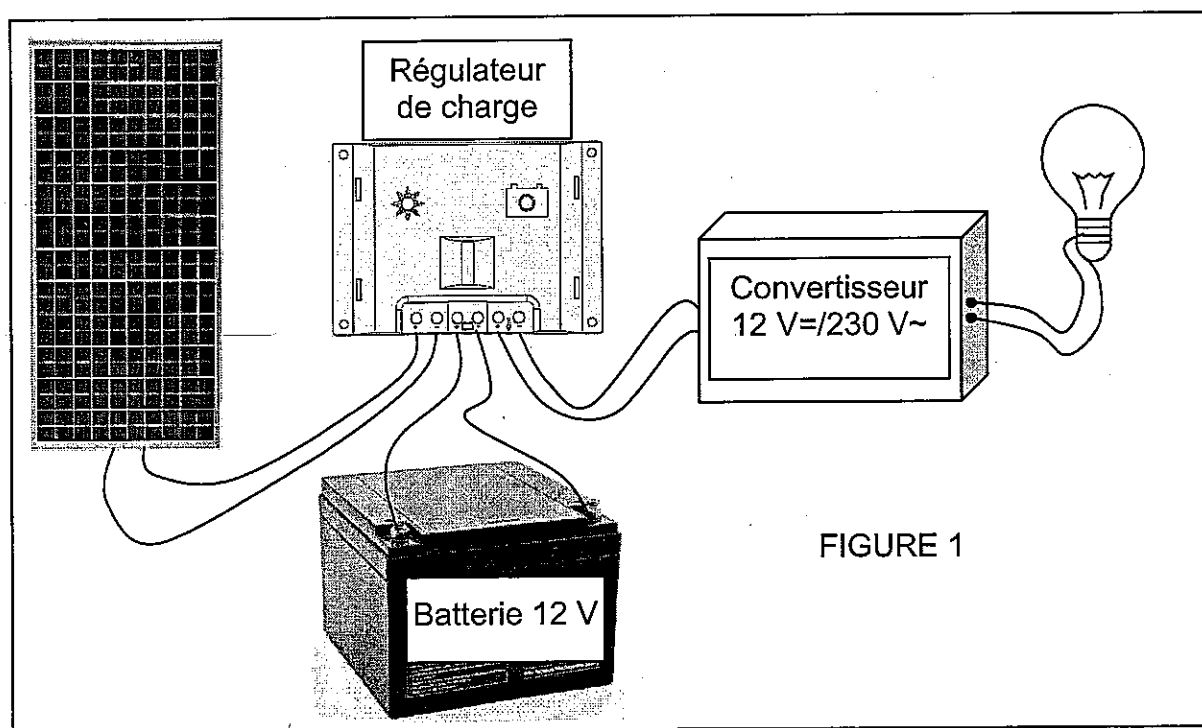


FIGURE 1

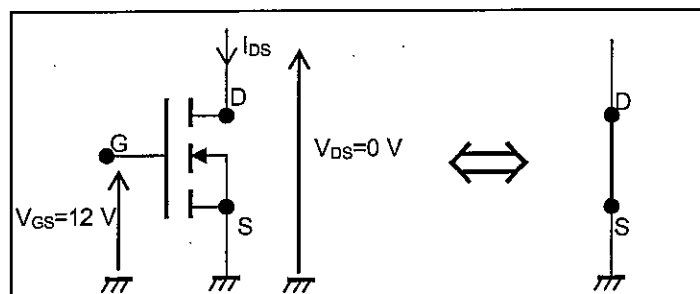
Le problème est composé de 4 parties indépendantes :

- Partie A : Panneau solaire (5,5 points).
- Partie B : Étude des phases de fonctionnement du régulateur (6 points).
- Partie C : Convertisseur 12 V = / 230 V~50 Hz (6,5 points).
- Partie D : Étude globale du système (2 points).

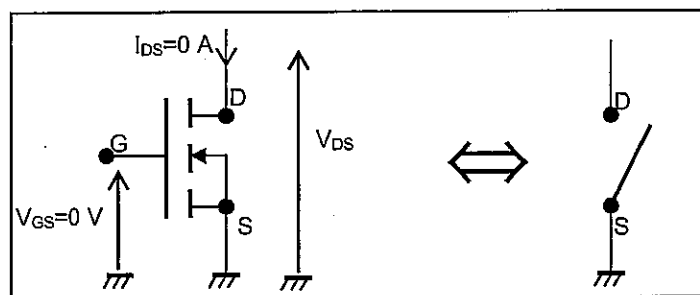
BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 15

Remarque importante : Les transistors figurant dans les schémas sont des transistors MOSFET (canal N) de puissance. Ces transistors fonctionnent en commutation et ils sont supposés idéaux.

- Si $V_{GS} > 4 \text{ V}$, le transistor est saturé et $V_{DS} = 0 \text{ V}$. Le transistor est équivalent à un interrupteur fermé.



- Si $V_{GS} = 0 \text{ V}$, le transistor est bloqué et $I_{DS} = 0 \text{ A}$. Le transistor est équivalent à un interrupteur ouvert.



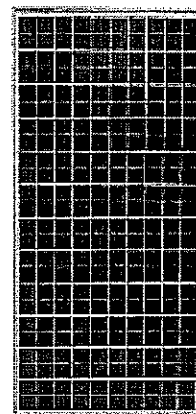
Les diodes ne sont pas considérées comme idéales.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 15

• **Partie A : Panneau solaire (5,5 points).**

On réalise quelques essais et mesures sur le panneau photovoltaïque.

Le panneau (5,5 kg, 0,98 m x 0,45 m) est constitué de 36 cellules de silicium polycristallin. Le constructeur, sous un éclairement nominal de 112 000 lx, donne les caractéristiques suivantes:



Puissance nominale P_n	55,00	(W)
Courant nominal I_n	3,20	(A)
Tension nominale U_n	17,10	(V)
Courant court-circuit I_{cc}	3,50	(A)
Tension à vide U_{vide}	21,30	(V)

A.1 Caractéristique du panneau photovoltaïque.

On désire tracer la caractéristique $U = f(I)$ du panneau.

A.1.1 Sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1, figure 9, on a commencé à tracer le schéma de mesures permettant de relever la caractéristique $U = f(I)$. Compléter celui-ci en plaçant le voltmètre et la sonde de courant et en fermant le (ou les) interrupteur(s) nécessaire(s).

A.1.2 Calculer la valeur de la résistance R_c pour obtenir le fonctionnement nominal.

A.1.3 Pour relever la caractéristique, il est nécessaire de faire varier la résistance de la charge R_c . Choisir la charge adéquate dans la liste du TABLEAU 1 sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1 et justifier le choix.

A.1.4 Donner l'état des interrupteurs K1 et K2 (Fermé ou Ouvert) figurant sur le schéma (figure 9) pour relever la tension à vide U_{vide} .

A.1.5 Sur le schéma de la figure 10 du DOCUMENT RÉPONSE N°1, fermer le (ou les) interrupteur(s) nécessaire(s) et placer la sonde de courant pour relever le courant de court-circuit.

A.1.6 La caractéristique a été tracée dans de bonnes conditions d'ensoleillement, mais pas optimales.

On a mesuré un éclairement E égal à 92000 lx. Le tracé de la caractéristique est donné figure 11, sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2. Sur ce document, relever la tension à vide U_{vide} et le courant de court-circuit I_{cc} et les reporter dans le TABLEAU 2 du DOCUMENT RÉPONSE N°2.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 15

A.2 Courant de court-circuit et éclairement.

Une autre série de mesures a permis de relever l'évolution du courant de court-circuit I_{cc} quand l'éclairement E varie. Cette courbe (figure 2) montre que ce courant est proportionnel à E selon une loi $I_{cc} = a \cdot E$.

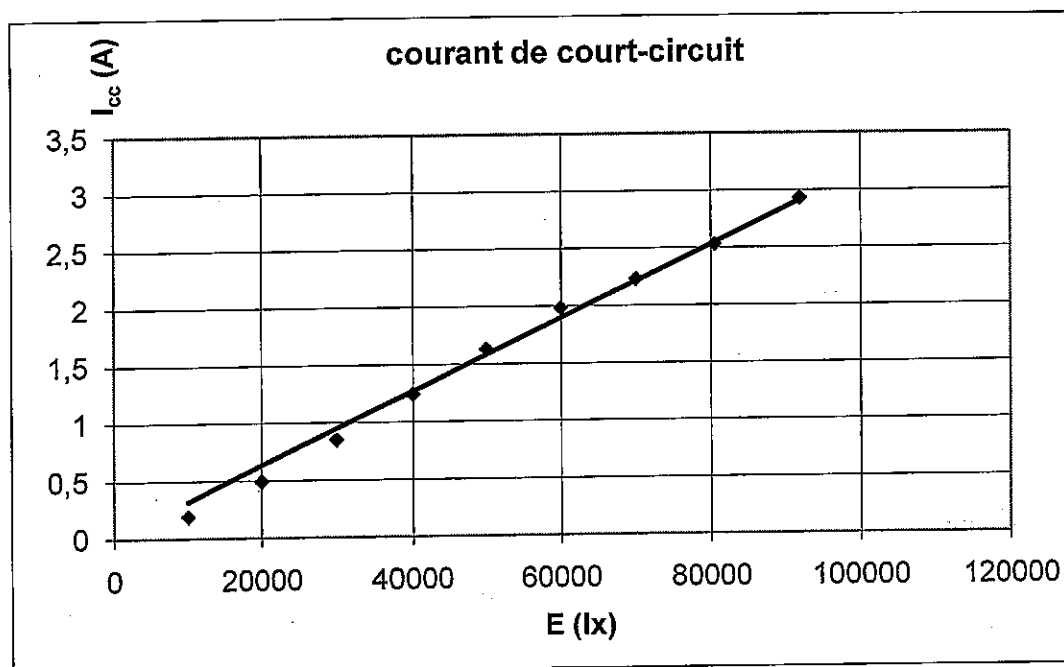


FIGURE 2

A.2.1 Déterminer a . Préciser son unité.

A.2.2 Quel éclairement E est nécessaire pour obtenir le courant nominal de court-circuit prévu par le constructeur ?

A.2.3 Justifier la valeur du courant de court-circuit I_{cc} trouvée à la question A.1.6.

A.3 Puissance.

Sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2, figure 11, l'évolution de la puissance P fournie par le panneau solaire à la charge, sous un éclairement $E = 92000$ lx, est représentée.

A.3.1 Sur la caractéristique $U = f(I)$ de la figure 11, relever les valeurs de U_{max} et I_{max} qui correspondent au maximum de puissance et les reporter dans le TABLEAU 3 du DOCUMENT RÉPONSE N°2.

A.3.2 Comparer les résultats de la question précédente aux données du constructeur.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 15

• **Partie B : Étude des phases de fonctionnement du régulateur (6 points).**

Le constructeur fournit le schéma de l'installation figure 3. On a relevé les chronogrammes des courants I_{sol} et I_{bat} (figure 4) et des tensions U_{sol} et U_{bat} (figure 5) dans des conditions d'ensoleillement $E = 80000 \text{ lx}$. La caractéristique $U = f(I)$ a donc changé et figure sur le DOCUMENT RÉPONSE N°3 figure 12.

La batterie étant en cycle de fin de charge, le régulateur hache périodiquement le courant. Sur les chronogrammes, pendant une période, on identifie deux phases de fonctionnement notées 1 et 2.

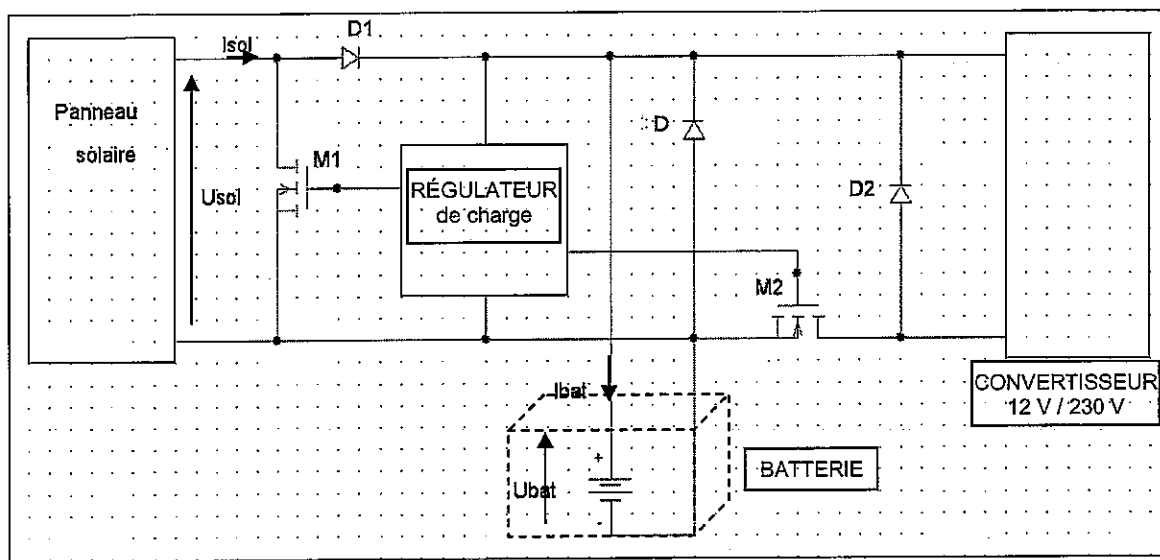


FIGURE 3

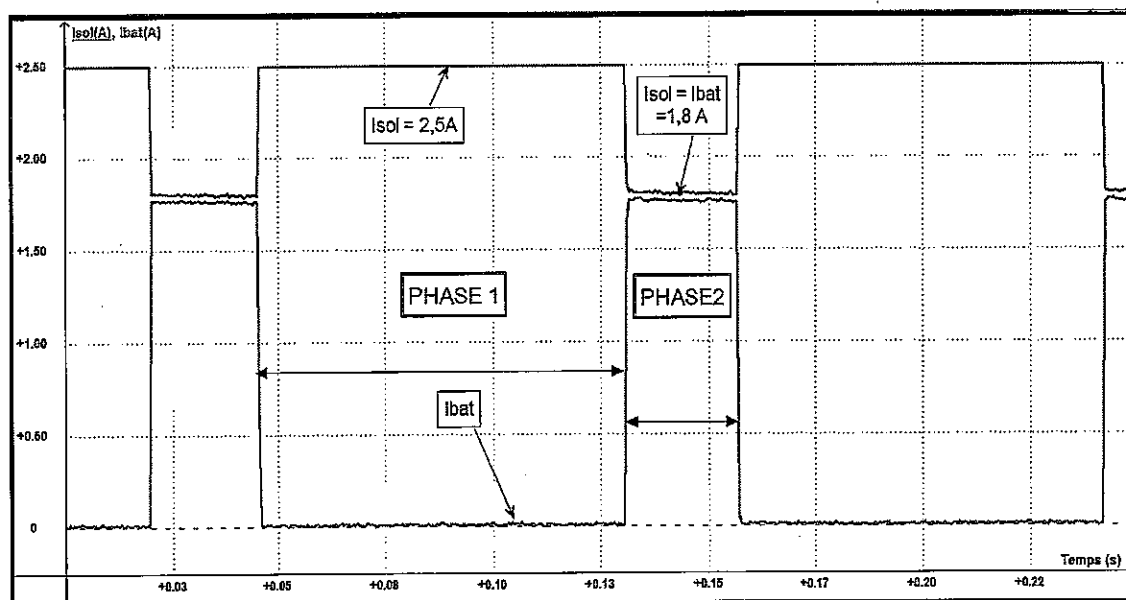


FIGURE 4

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 15

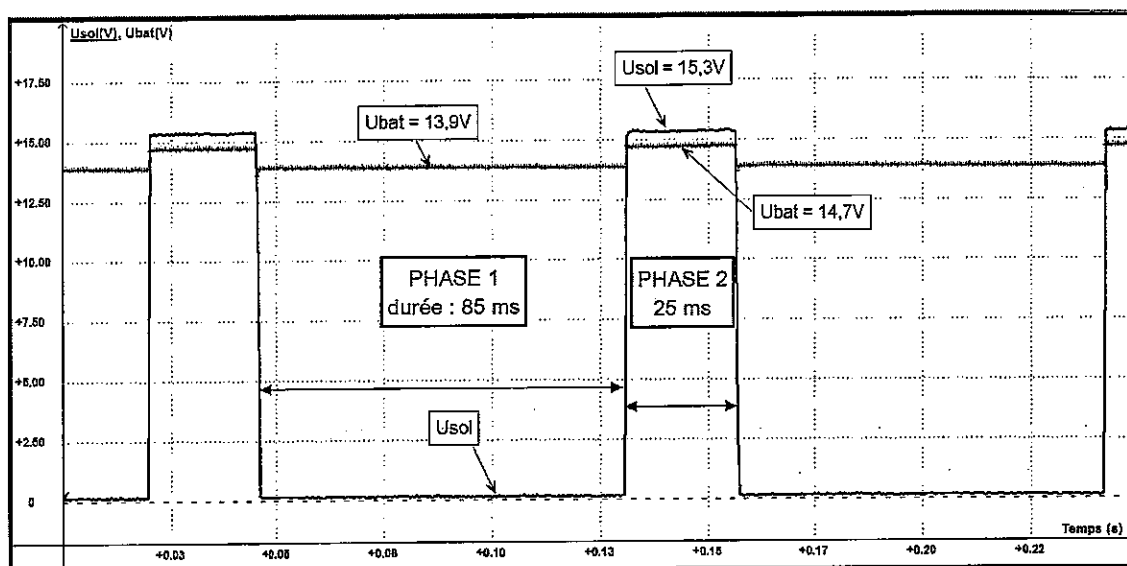


FIGURE 5

B.1 Étude de la phase 1.

Pendant la phase 1, $U_{bat} = 13,9$ V et $I_{sol} = 2,5$ A. Remplir le TABLEAU 4 du DOCUMENT RÉPONSE N°3 avec les valeurs manquantes (U_{sol} et I_{bat}) et indiquer l'état du transistor MOSFET M1 (B pour Bloqué ou S pour Saturé) et l'état de la diode D1 (P pour Passante ou B pour bloquée).

B.2 Étude de la phase 2.

B.2.1 Pendant la phase 2, $U_{bat} = 14,7$ V et $U_{sol} = 15,3$ V. $I_{sol} = I_{bat} = 1,8$ A. Déduire de ce qui précède, l'état du transistor MOS M1 et celui de la diode D1 dans le TABLEAU 4 du DOCUMENT RÉPONSE N°3.

B.2.2 Quel composant fait chuter la tension du panneau de $U_{sol} = 15,3$ V à $U_{bat} = 14,7$ V aux bornes de la batterie ?

B.3 Modèle équivalent de la batterie.

Le modèle de celle-ci sera défini par la connaissance de deux paramètres : la Force Électro-Motrice E et la résistance interne r comme l'indique la figure 13 du DOCUMENT RÉPONSE N°3.

B.3.1 Détermination de la tension à vide aux bornes de la batterie.

B.3.1.1 En utilisant le TABLEAU 4 du DOCUMENT RÉPONSE N°3, donner la valeur du courant de batterie I_{bat} quand le convertisseur n'est pas directement alimenté par le panneau solaire (autrement dit en phase 1).

B.3.1.2 Que vaut, dans ces conditions, la valeur de la tension aux bornes de la batterie ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 15

B.3.2 Modèle équivalent complet.

Compléter le schéma équivalent de la batterie sur la figure 13 du DOCUMENT RÉPONSE N°3, en précisant la valeur de la force électromotrice et en fléchant la tension aux bornes de la batterie.

B.3.3 Fonctionnement en générateur de la batterie.

B.3.3.1 Quelle est la valeur du courant qui fera chuter la tension U_{bat} à la valeur de 12 V ?

B.3.3.2 Montrer que, dans les conditions précédentes, la puissance P_{bat} fournie par la batterie vaut 51,8 W.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 15

• **Partie C : Convertisseur 12 V = / 230 V~50 Hz (6,5 points).**

Le convertisseur 12 V / 230 V / 50 Hz comprend deux parties. La première partie élève la tension U_{bat} de la batterie à $U_{\text{dec}} = 300 \text{ V}$ continu. La seconde partie permet l'étude de la conversion de la tension continue $U_{\text{dec}} = 300 \text{ V}$ en une tension alternative u_{ond} .

Pour observer la tension u_{ond} à la sortie du convertisseur, on utilise une sonde différentielle 1/200, qui produit la tension u_s .

C.1 Étude du chronogramme.

Sur le chronogramme figure 6, les échelles sont les suivantes :

5 ms/division en abscisse et 500 mV/division en ordonnée.

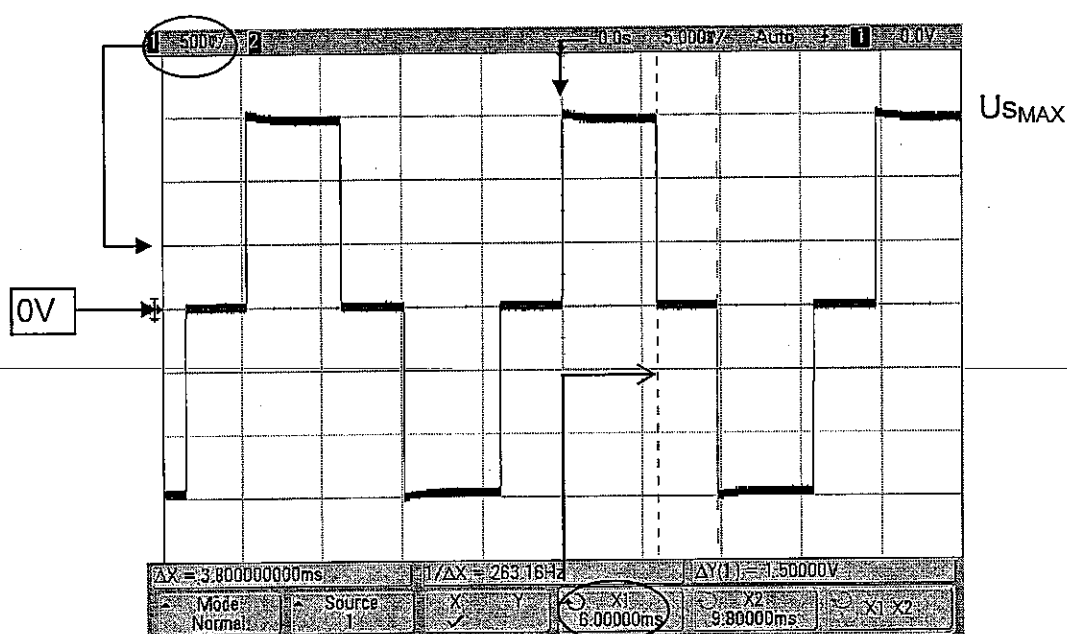


FIGURE 6

C.1.1 Détermination de la fréquence de fonctionnement du convertisseur.

C.1.1.1 Quelle est la période du signal représenté figure 6 ?

C.1.1.2 Dédire de ce qui précède la fréquence du signal.

C.1.1.3 La présence de la sonde a-t-elle une influence sur la fréquence du signal u_{ond} ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 15

C.1.2 Détermination de la valeur maximale du signal en sortie du convertisseur.

C.1.2.1 Mesurer la valeur maximale $U_{s\text{MAX}}$.

C.1.2.2 Déduire de ce qui précède la valeur maximale de U_{ond} .

C.1.2.3 À l'aide des mesures de temps effectuées avec les curseurs sur le chronogramme de la figure 6, calculer la valeur efficace $U_{\text{ond eff}}$ de U_{ond} .

C.1.2.4 L'utilisateur souhaite disposer d'une tension dont la valeur efficace est égale à 230 V. La valeur trouvée à la question précédente est-elle compatible avec ce souhait ?

C.2 Étude du spectre.

Le spectre du signal de la figure 6 est représenté figure 7. Les échelles sont les suivantes : 50 Hz/division en abscisse (0 Hz à gauche, fréquence centrale 250 Hz) et 10 dB/division en ordonnée.

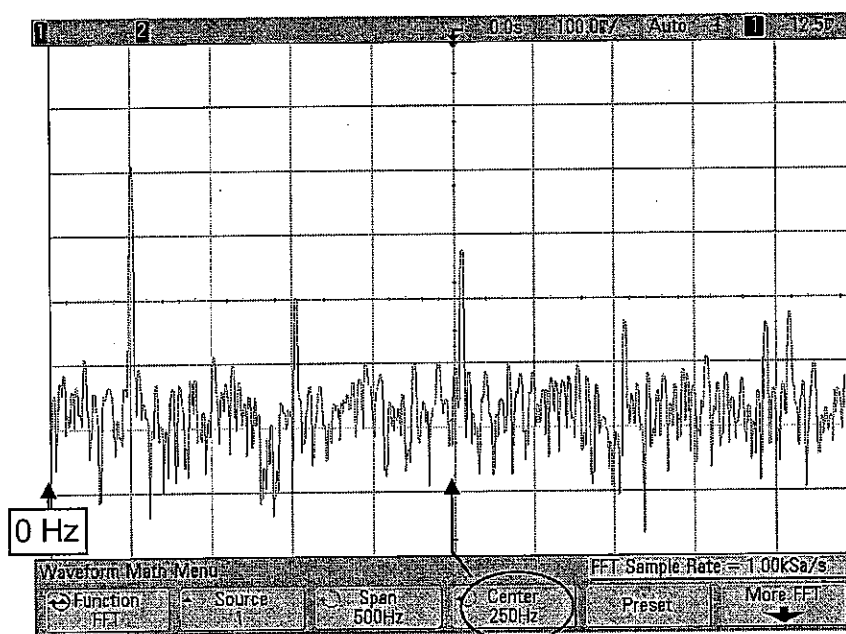


FIGURE 7

C.2.1 Élaboration du cahier des charges.

C.2.1.1 Quelle doit être la forme du signal mis à la disposition de l'utilisateur pour respecter le cahier des charges ?

C.2.1.2 Quelle doit être la fréquence du signal décrit à la question précédente pour respecter le cahier des charges ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 15

C.2.2 Analyse du signal de la figure 7.

C.2.2.1 Quelle est la valeur de la fréquence fondamentale ?

C.2.2.2 Quel est l'écart, exprimé en dB, entre l'amplitude de composante fondamentale à la fréquence définie à la question précédente et celle de l'harmonique de rang 3 ?

C.3 Filtrage.

L'utilisateur désire que la tension u_{ond} soit purement sinusoïdale.

On utilise un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure est telle que :
 $50 \text{ Hz} < f_c < 150 \text{ Hz}$

La structure du filtre étudié est donnée figure 8

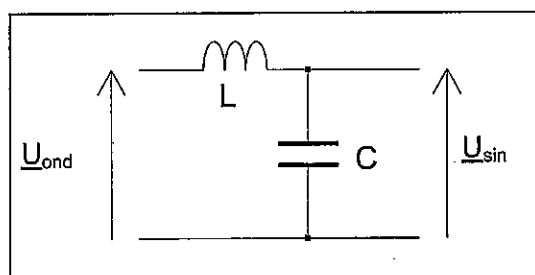


FIGURE 8

La fonction de transfert du filtre précédent est la suivante :

$$T = \frac{U_{\text{sin}}}{U_{\text{ond}}} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}.$$

Son module vaut alors : $T_f = \left| \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2} \right|.$

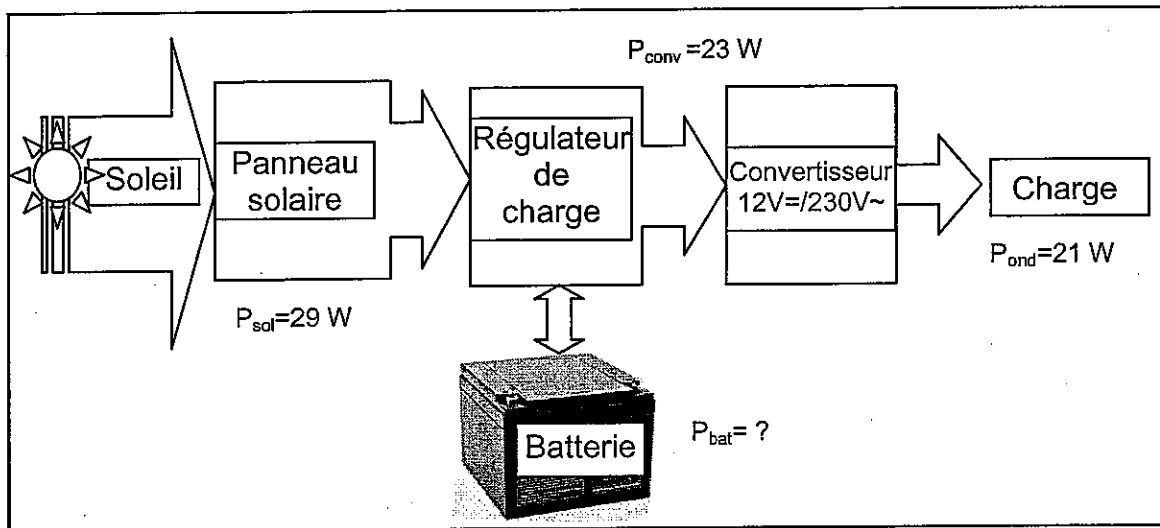
C.3.1 La fréquence f_0 vaut 35,4 Hz, calculer le module T_{50} de T pour $f = 50 \text{ Hz}$, puis T_{150} pour $f = 150 \text{ Hz}$.

C.3.2 À partir des questions précédentes, conclure sur le respect du cahier des charges.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 15

• **Partie D : Étude globale du système (2 points).**

Le kit solaire est utilisé pour alimenter un petit appareillage électrique. On relève alors certaines puissances échangées ainsi que leur sens de transfert :



D.1 Calculer le rendement η_{conv} du convertisseur 12 V / 230 V. Par la suite on supposera ce rendement constant.

D.2 Étude de P_{bat} .

D.2.1 En supposant le régulateur de charge sans pertes, calculer la puissance P_{bat} échangée avec la batterie.

D.2.2 Cette puissance est-elle absorbée ou fournie par la batterie ?

D.2.3 La batterie est-elle en charge ou non ?

D.3 Étude complète de l'installation.

En plus de l'appareillage qui consomme toujours 21 W et P_{sol} valant toujours 29 W, l'utilisateur prévoit l'usage d'un moteur pour puiser de l'eau. Ce moteur consomme 44 W.

D.3.1 Quelle est la puissance P_{conv} que devra fournir le convertisseur ?

D.3.2 L'ensoleillement étant le même, quelle est la puissance que doit fournir la batterie que l'installation fonctionne ?

D.3.3 Les caractéristiques de cette batterie sont-elles compatibles avec la question précédente ?

D.3.4 La batterie est-elle en charge ou non ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 12 sur 15

DOCUMENT RÉPONSE N°1

À rendre avec votre copie

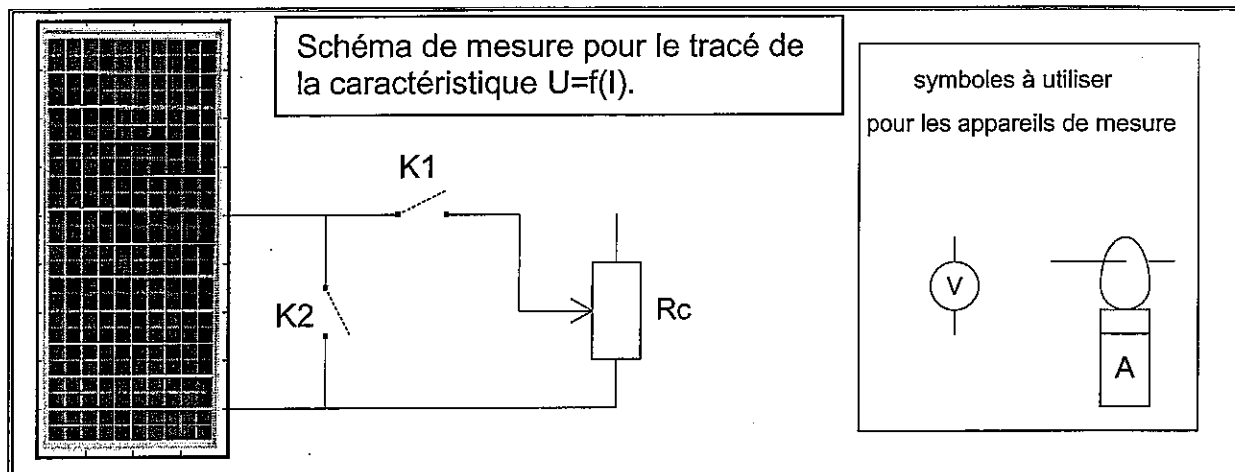


FIGURE 9

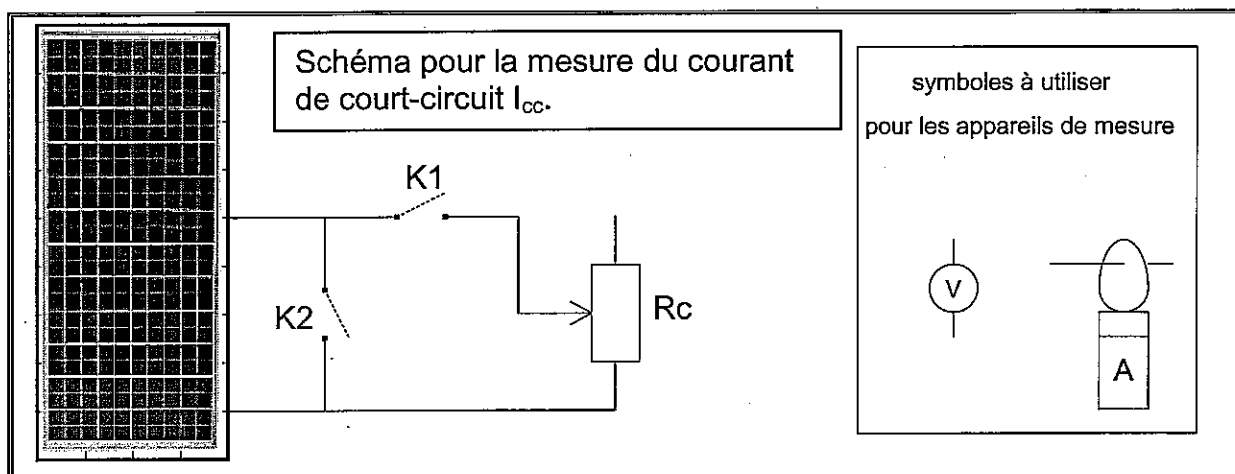


FIGURE 10

	Potentiomètre 100Ω - 500 mW	Rhéostat 4 Ω - 10 A	Rhéostat 32 Ω - 3,5 A
Choix retenu			
Justification			

TABLEAU 1

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 13 sur 15

DOCUMENT RÉPONSE N°2

À rendre avec votre copie

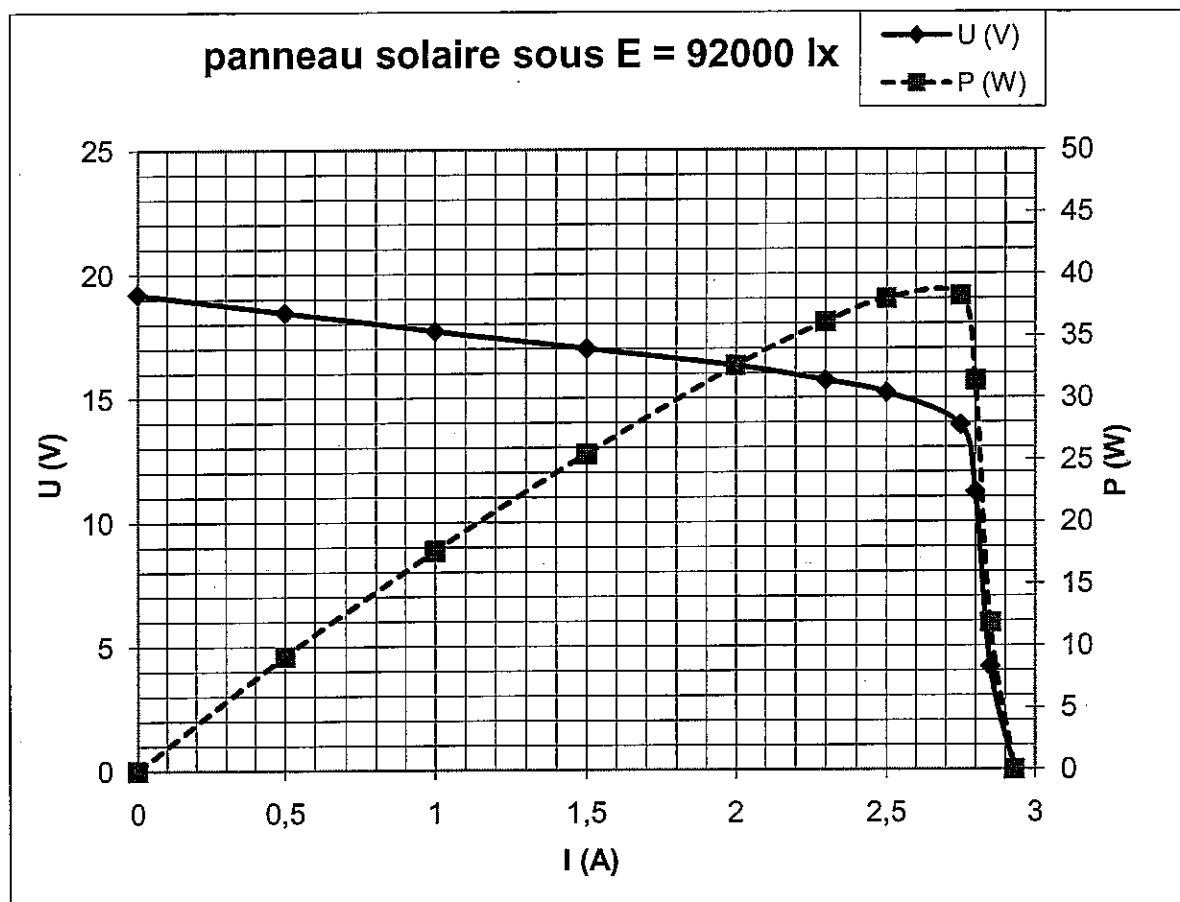


FIGURE 11

U_{vide}		(V)
I_{cc}		(A)

TABEAU 2

U_{max}		(V)
I_{max}		(A)

TABEAU 3

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 14 sur 15

DOCUMENT RÉPONSE N°3
À rendre avec votre copie

panneau solaire sous $E = 80000 \text{ lx}$

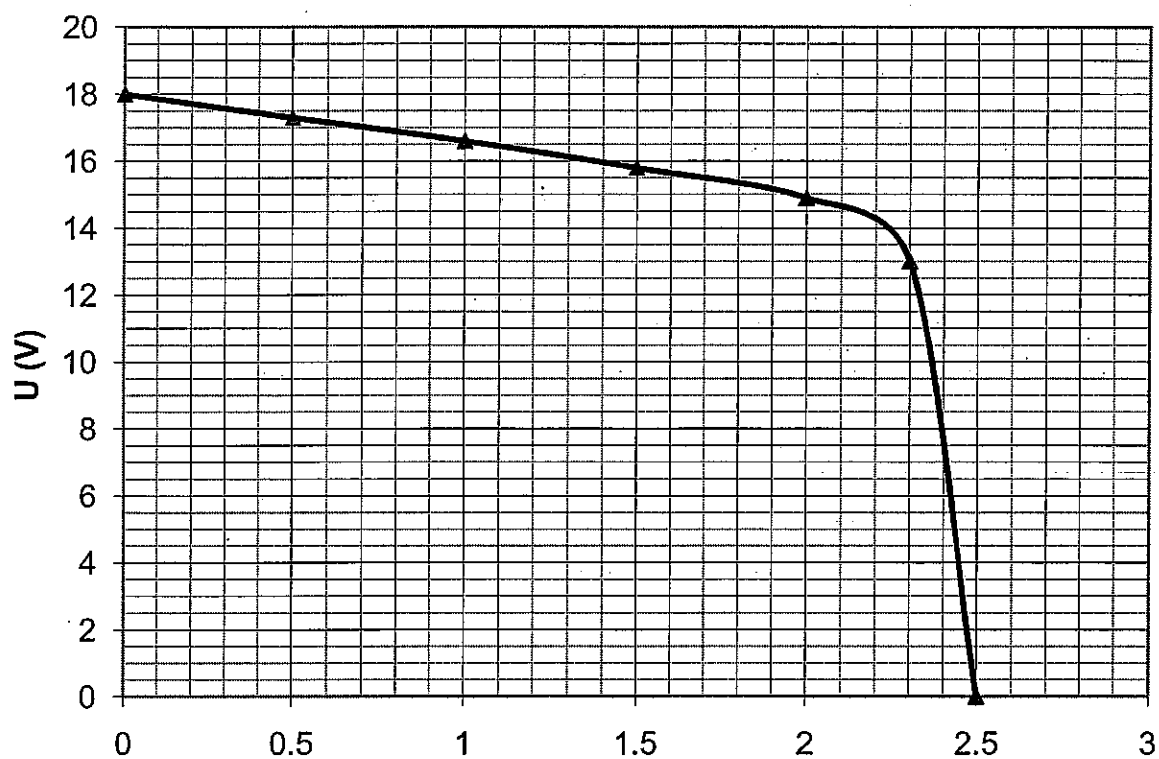


FIGURE 12

	Phase 1	Phase 2
U_{bat}	13,9 V	14,7 V
U_{sol}		15,3 V
I_{bat}		1,8 A
I_{sol}	2,5 A	1,8 A
M1		
D1		

TABLEAU 4

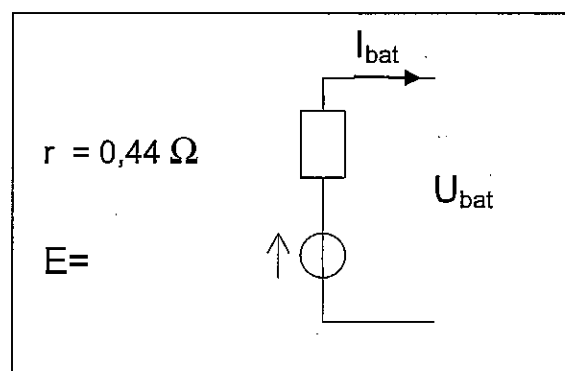


FIGURE 13

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 15 sur 15