

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

« Génie Électronique »

Session 2002

Épreuve : PHYSIQUE APPLIQUÉE

Durée de l'épreuve : 4 heures - Coefficient : 5

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

Éclairage halogène de confort

Les lampes halogènes basse tension sont de plus en plus utilisées pour des raisons de sécurité (tension admise même dans les pièces d'eau) mais aussi pour la lumière chaleureuse qu'elles procurent. Le dispositif étudié agrmente encore leur utilisation en produisant un allumage et une extinction progressive ainsi qu'un réglage de l'intensité lumineuse en fonction de l'éclairage ambiant. Le synoptique présente globalement les fonctions intervenant dans ce système.

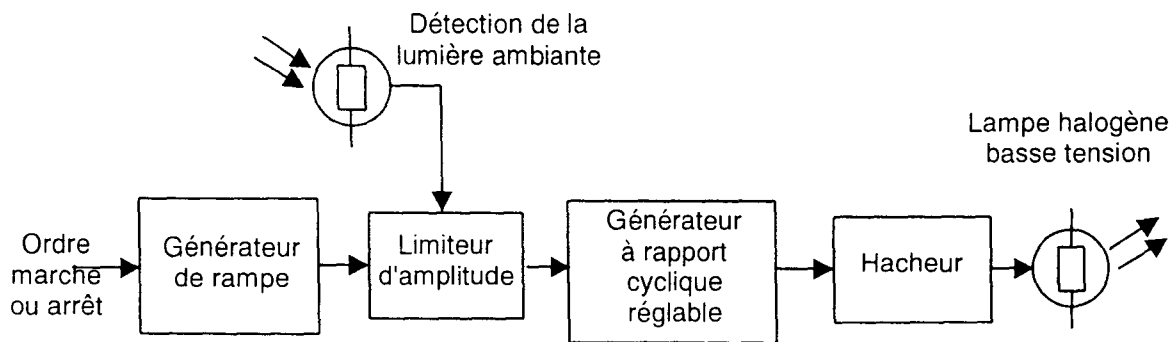


Figure 1

Indications : tous les composants sont considérés comme parfaits :

- Notation des valeurs instantanées des grandeurs variables au cours du temps : v pour $v(t)$, i pour $i(t)$, ...
- Les circuits intégrés ont une impédance d'entrée infinie et une impédance de sortie nulle
- Les amplificateurs opérationnels ont leurs tensions de saturation confondues avec les tensions d'alimentation
- Les tensions d'alimentation sont les suivantes :

Pour les amplificateurs opérationnels : $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$.

Pour le circuit logique : $V_{CC} = 15 \text{ V}$.

Pour le hacheur : $V_{DD} = 12 \text{ V}$.

Sauf quelques cas particuliers dont la synthèse, les différentes parties du problème sont indépendantes.

Les documents réponses 1 à 4 sont à rendre avec la copie.

1. Étude de la lampe en régime continu

La lampe halogène **LH** soumise à une tension continue **U**, traversée par un courant d'intensité **I**, absorbe une puissance **P** et produit un flux lumineux Φ . Le constructeur indique les caractéristiques nominales suivantes :

U	P	Φ
12 V	36 W	3000 lumens (lm)

Une étude expérimentale de la lampe alimentée sous tension variable a permis d'obtenir la courbe **U(I)** représentée Figure 2.

Par ailleurs, une mesure qualitative du flux lumineux montre que celui-ci croît avec la tension appliquée à la lampe.

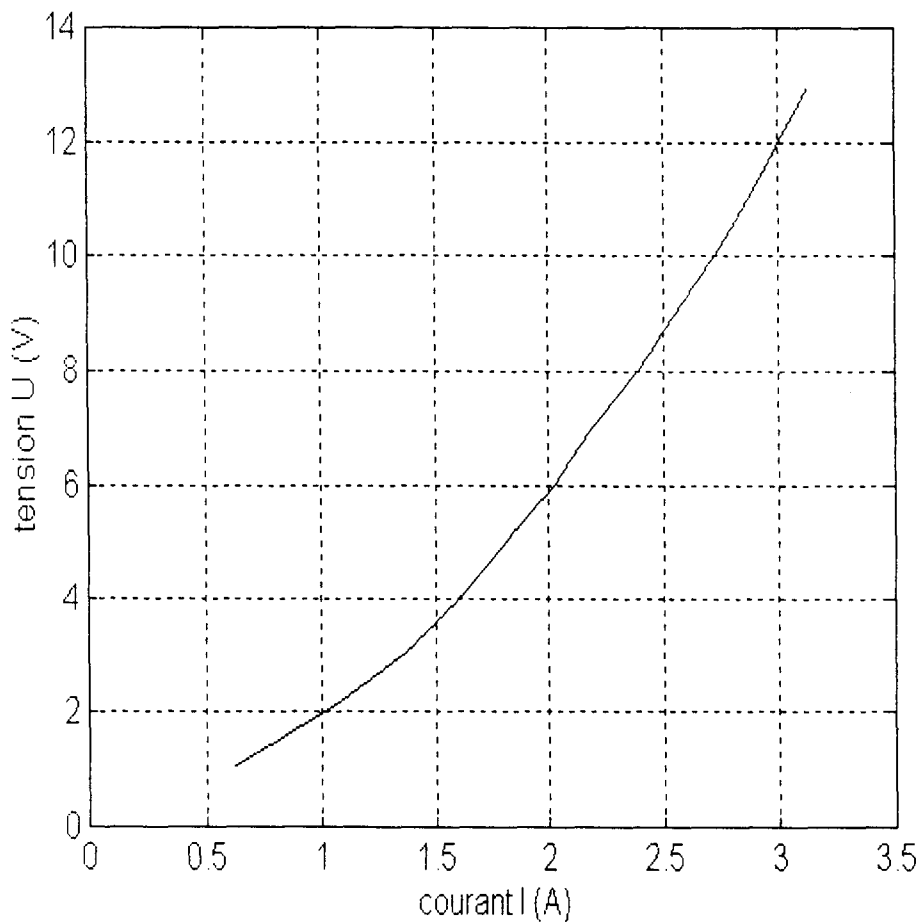


Figure 2

- 1.1. A partir des données constructeur, calculer l'intensité du courant **I** pour une tension continue **U** de 12 V.

1.2. D'après la caractéristique $U(I)$

- peut-on considérer la lampe comme un dipôle linéaire ? Justifier.
- Que peut-on alors dire de sa résistance ?

1.3. Compléter le tableau du **document réponse 1** en relevant les valeurs de l'intensité du courant I et en calculant la puissance P correspondante.

1.4. Ordonner les flux lumineux $\Phi_{\max}$, Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 du tableau par valeurs croissantes.

2. Étude de l'étage de puissance : le hacheur

La lampe est alimentée par un hacheur dont le schéma est donné **Figure 3**.

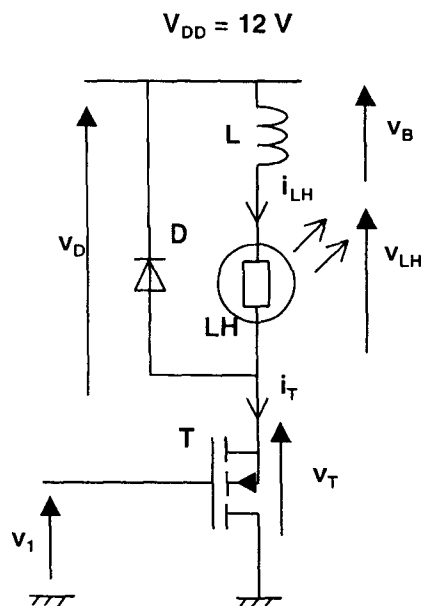


Figure 3

Le transistor T fonctionne en commutation et se comporte comme un interrupteur à savoir :

- si $v_1 > 3V$, $v_T = 0V$ (interrupteur fermé)
- si $v_1 = 0V$, $i_T = 0A$ (interrupteur ouvert).

La bobine d'inductance L maintient le courant i_{LH} toujours strictement positif.

La diode D , supposée parfaite, se comporte comme un interrupteur ouvert ou fermé.

2.1. Écrire la relation entre les tensions v_D , v_{LH} , et v_B .

Notation : $\langle v \rangle$ désigne la valeur moyenne de la tension v .

2.2. Sachant que $\langle v_B \rangle = 0$, montrer que les valeurs moyennes des tensions v_D et v_{LH} sont égales.

2.3. La tension de commande v_1 est représentée sur le **document réponse 1**. Compléter les chronogrammes en traçant les tensions v_T et v_D .

2.4. Montrer que $\langle v_D \rangle$ est proportionnelle au rapport cyclique α de la tension v_1 .

2.5. Application : dans les conditions du **document réponse 1**

- déterminer la valeur du rapport cyclique α ,
- en déduire la valeur de $\langle v_D \rangle$,
- à l'aide du tableau du **document réponse 1**, indiquer la valeur que prend le flux lumineux ($\Phi_{\max}$, Φ_1 , Φ_2 ou Φ_3)

3. Étude de la commande du hacheur

La tension v_1 de commande du hacheur est délivrée par le dispositif représenté **Figure 4**.

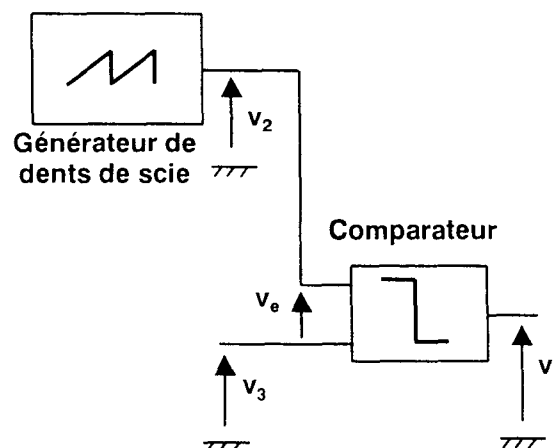


Figure 4

3.1. Ce dispositif comporte un comparateur dont la caractéristique $v_1 = f(v_e)$ est représentée **Figure 5**. Le comparateur est-il inverseur ou non inverseur ? Justifier.

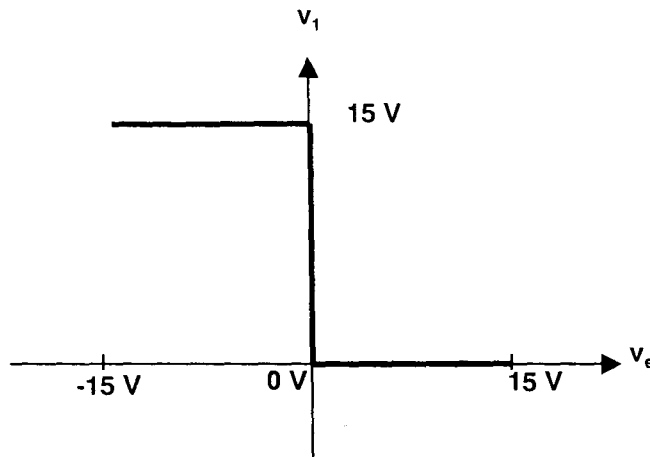


Figure 5

- 3.2. Exprimer la tension v_e en fonction des tensions v_2 et v_3 .
- 3.3. Les tensions v_2 et v_3 sont représentées sur le **document réponse 2**. Tracer les tensions v_e puis v_1 en graduant les axes.
- 3.4. Dans l'intervalle $[0 ; T]$, la tension v_2 s'écrit $v_2 = a \times t + b$. Calculer les valeurs numériques de a et b en précisant leurs unités.
- 3.5. L'instant t_1 est défini par $v_2(t_1) = v_3$. Exprimer littéralement t_1 en fonction de a et v_3 .
- 3.6. En déduire l'expression du rapport cyclique α de la tension v_1 et montrer qu'il est proportionnel à la tension v_3 .
- 3.7. Calculer la valeur numérique de α .
- 3.8. Que vaut le rapport cyclique α si la valeur de v_3 dépasse **12 V** ?

Dans un premier temps, on admet que le limiteur de tension ne joue aucun rôle. Par conséquent, la totalité du courant constant I_0 circule à travers le condensateur.

- Rappeler la relation différentielle qui lie l'intensité I_0 et la tension v_3 .
- En déduire la relation $\frac{dv_3}{dt} = \frac{K}{C_1} v_6$.
- On donne $C_1 = 250 \mu\text{F}$. Pour $v_6 = 15 \text{ V}$, calculer le terme $\frac{K}{C_1} v_6$ en précisant son unité. Quelle est l'allure de la tension v_3 au cours du temps ? Que représente le terme $\frac{K}{C_1} v_6$ pour la tension v_3 ?
- Le limiteur de tension est maintenant actif. Il empêche la tension v_3 de dépasser la tension $V_{\max}$ indiquée sur le **document réponse 3**. Dans l'intervalle $[0 ; 1 \text{ s}]$ la tension v_3 est nulle. Compléter le tracé de la tension v_3 dans l'intervalle de temps $[1 \text{ s} ; 6 \text{ s}]$.
- Reprendre la question c) pour $v_6 = -15 \text{ V}$.
- Le limiteur de tension empêche aussi la tension v_3 de devenir négative. A l'instant $t = 6 \text{ s}$, on a $v_3 = V_{\max}$. Tracer la tension v_3 pour $t > 6 \text{ s}$.

4.4. Étude de la source de courant commandée

La source de courant utilisée pour charger le condensateur est réalisée selon le schéma de la **Figure 7**.

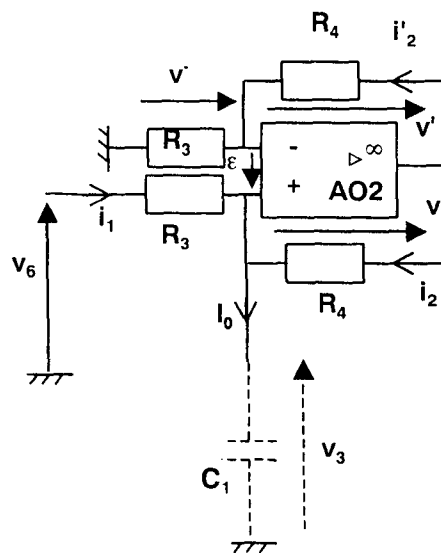


Figure 7

On se propose d'exprimer le courant I_0 lorsque l'amplificateur fonctionne en régime linéaire. La capacité C_1 du condensateur et la tension v_3 à ses bornes n'interviennent pas dans ce calcul.

- Exprimer l'intensité I_0 en fonction de i_1 et i_2 .

- b) Exprimer l'intensité i_1 en fonction des tensions v_6 et v' .
- c) Justifier que les tensions v et v' sont égales. En déduire la relation entre les intensités i_2 et i'_2 .
- d) Exprimer i'_2 en fonction de v' et R_3 .
- e) Montrer alors la relation $I_0 = \frac{v_6}{R_3}$.
- f) Calculer la valeur à donner à R_3 pour avoir $I_0 = 50 \times 10^{-6} v_6$.
- g) On rappelle que la tension v_6 est produite par le dispositif **Figure 6**. Pour quelle raison peut-on dire que v_6 est issue d'une source idéale de tension ?

5. Élaboration de la tension $V_{\max}$

Le circuit qui délivre la tension $V_{\max}$ est représenté **Figure 8**.

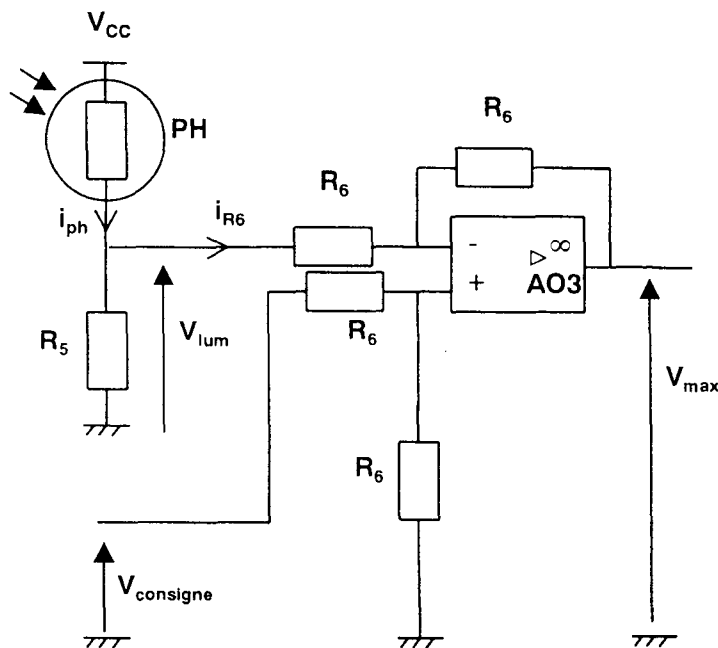


Figure 8

La tension $V_{\max}$ dépend de la consigne de l'utilisateur d'une part et de l'intensité lumineuse ambiante d'autre part. Une photorésistance **PH** sert de capteur d'éclairement mesuré en lux. Sa résistance R_{PH} varie en fonction de l'éclairement. Le constructeur indique les caractéristiques suivantes :

Éclairement	R_{PH}
obscurité	1 M Ω
10 lux	9 k Ω
1000 lux	400 Ω

4. Élaboration de la tension v_3

Le dispositif délivrant la tension v_3 est représenté Figure 6.

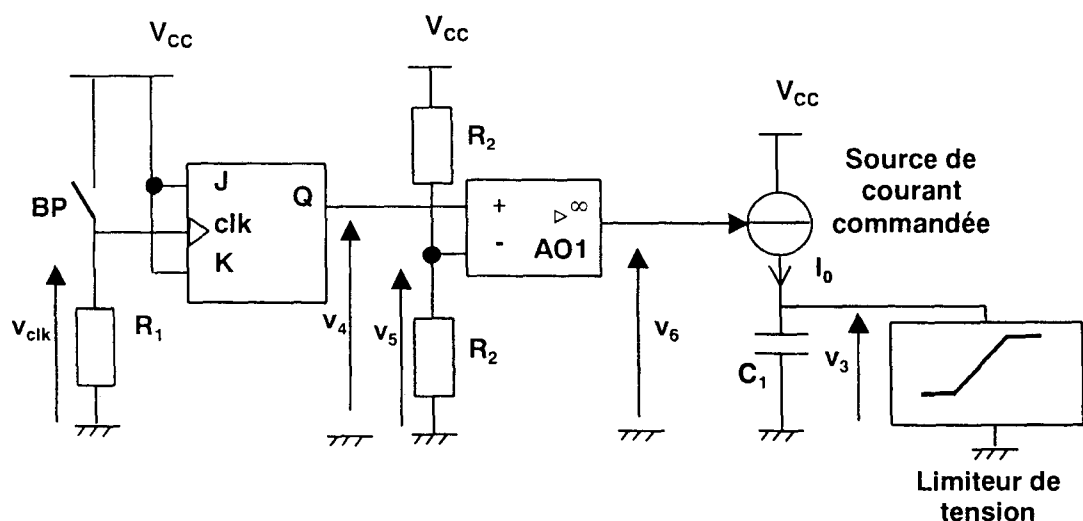


Figure 6

4.1. Étude de la tension v_4

La table de vérité d'une bascule JK est rappelée ci-contre. Le signal appliqué à l'entrée **clk** est actif sur front montant.

BP désigne le bouton poussoir actionné par l'utilisateur de l'éclairage halogène.

Un cycle d'états de ce bouton (lâché ou appuyé) est indiqué sur le **document réponse 3**.

J	K	Q_n
0	0	Q_{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}_{n-1}$

a) Représenter la tension v_{clk} sur le **document réponse 3**.

b) La tension v_4 est initialement nulle. A l'aide de la table de vérité de la bascule JK, compléter le chronogramme de la tension v_4 .

4.2. Étude de la tension v_6

a) Quel est le mode de fonctionnement du circuit **AO1** ? Justifier.

b) Quelle est la fonction du circuit **AO1** ?

c) Calculer numériquement la tension v_5 .

d) Compléter le **document réponse 3** en traçant la tension v_6 .

4.3. Étude de la charge du condensateur

Le condensateur est chargé à courant constant I_0 par une source commandée par la tension v_6 , telle que $I_0 = K \times v_6$ avec $K = 50 \times 10^{-6} \Omega^{-1}$.

5.1. Étude de la conversion éclairage - tension

La photorésistance est insérée dans un pont diviseur de tension. On suppose le courant i_{R6} négligeable devant i_{ph} .

Calculer la valeur de la résistance R_5 pour qu'un éclairage de **1000 lux** produise une tension V_{lum} de **12 V**.

5.2. Le circuit construit autour de **AO3** est un soustracteur.

a) D'après le schéma donner la relation entre les tensions V_{max} , V_{lum} et $V_{consigne}$.

b) Calculer la tension V_{max} pour un éclairage de **1000 lux** et une tension de consigne $V_{consigne} = 15 \text{ V}$.

6. Synthèse

On se propose d'examiner la situation suivante :

En plein jour (éclairage de **1000 lux**), un utilisateur donne un ordre de mise en marche de la lampe par une action sur le bouton poussoir **BP**. La tension de consigne est préréglée à $V_{consigne} = 15 \text{ V}$.

6.1. En exploitant les résultats trouvés précédemment, décrire comment évolue le flux lumineux produit par la lampe.

6.2. Combien de temps faut-il au flux lumineux pour se stabiliser ?

6.3. Compléter le premier tableau du **document réponse 4**.

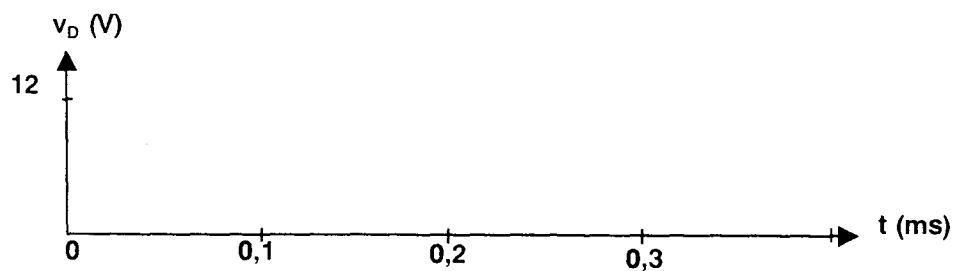
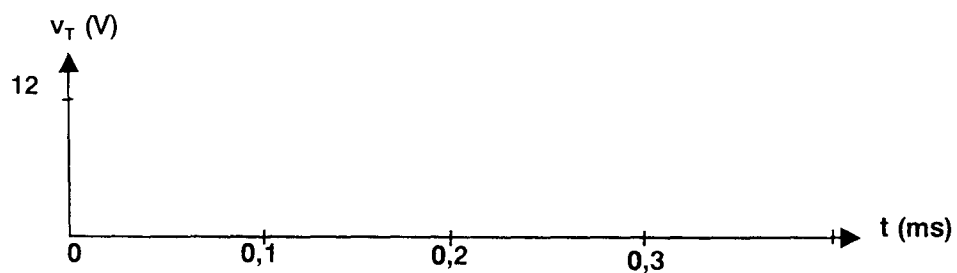
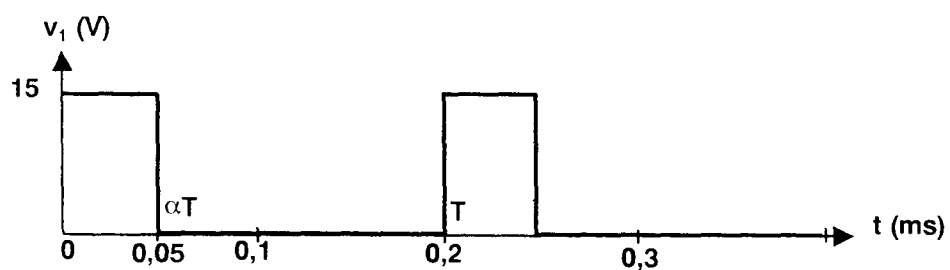
6.4. Progressivement la lumière ambiante baisse jusqu'à l'obscurité complète. Compléter le deuxième tableau du **document réponse 4**. Décrire brièvement comment réagit le système.

Document réponse 1

Réponse à la question 1.3

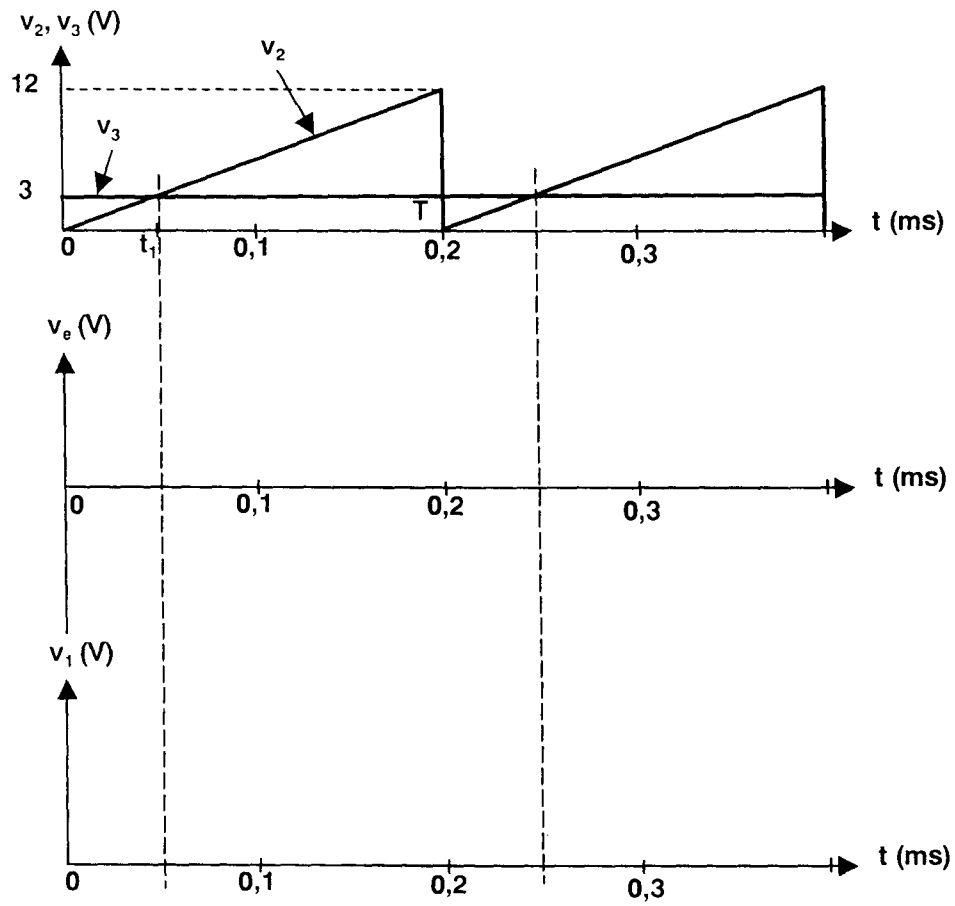
Puissance P	Flux lumineux Φ	Tension U	Intensité I
36 W	$\Phi_{\max} = 3000 \text{ lm}$	12 V	
	Φ_1	6 V	
	Φ_2	4 V	
	Φ_3	3 V	

Réponse à la question 2.3



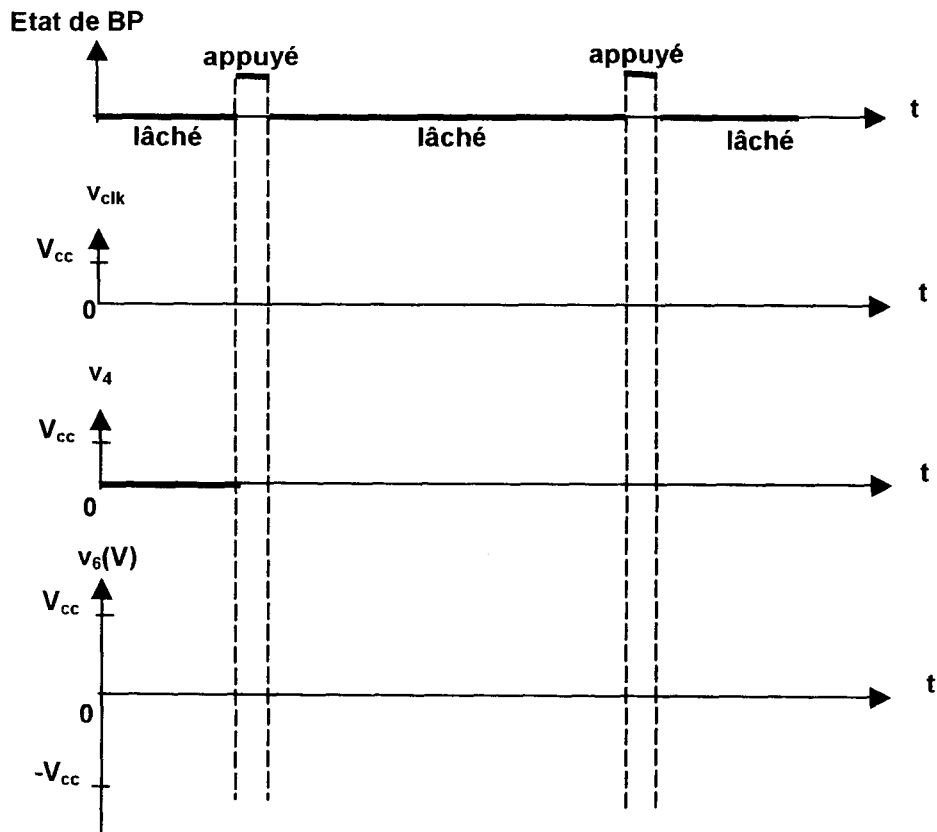
Document réponse 2

Réponse à la question 3.3

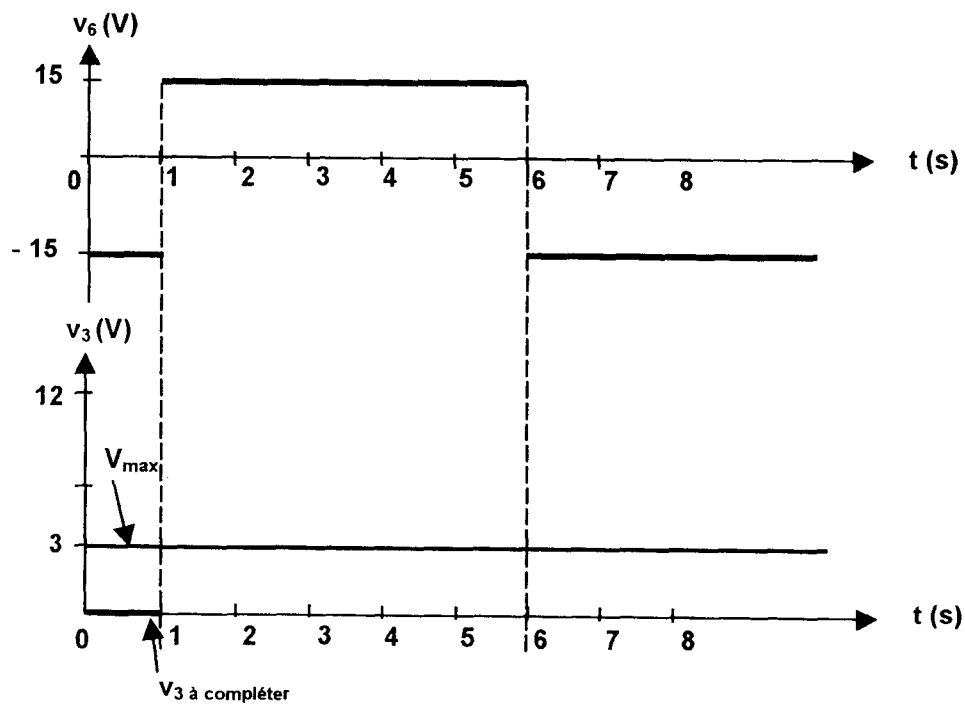


Document réponse 3

Réponse aux questions 4.1 et 4.2



Réponse à la question 4.3



Document réponse 4

Réponse à la question de synthèse 6.3

Éclairement : 1000 lux ; $V_{\text{consigne}} = 15 \text{ V}$				
$V_{\text{lum}} \text{ (V)}$	$V_{\text{max}} \text{ (V)}$	Après stabilisation		
		rapport cyclique α	tension moyenne aux bornes de la lampe $\langle V_{\text{LH}} \rangle \text{ (V)}$	flux lumineux final Φ

Réponse à la question de synthèse 6.4

Obscurité ; $V_{\text{consigne}} = 15 \text{ V}$				
$V_{\text{lum}} \text{ (V)}$	$V_{\text{max}} \text{ (V)}$	Après stabilisation		
		rapport cyclique α	tension moyenne aux bornes de la lampe $\langle V_{\text{LH}} \rangle \text{ (V)}$	flux lumineux final $\Phi \text{ (lm)}$