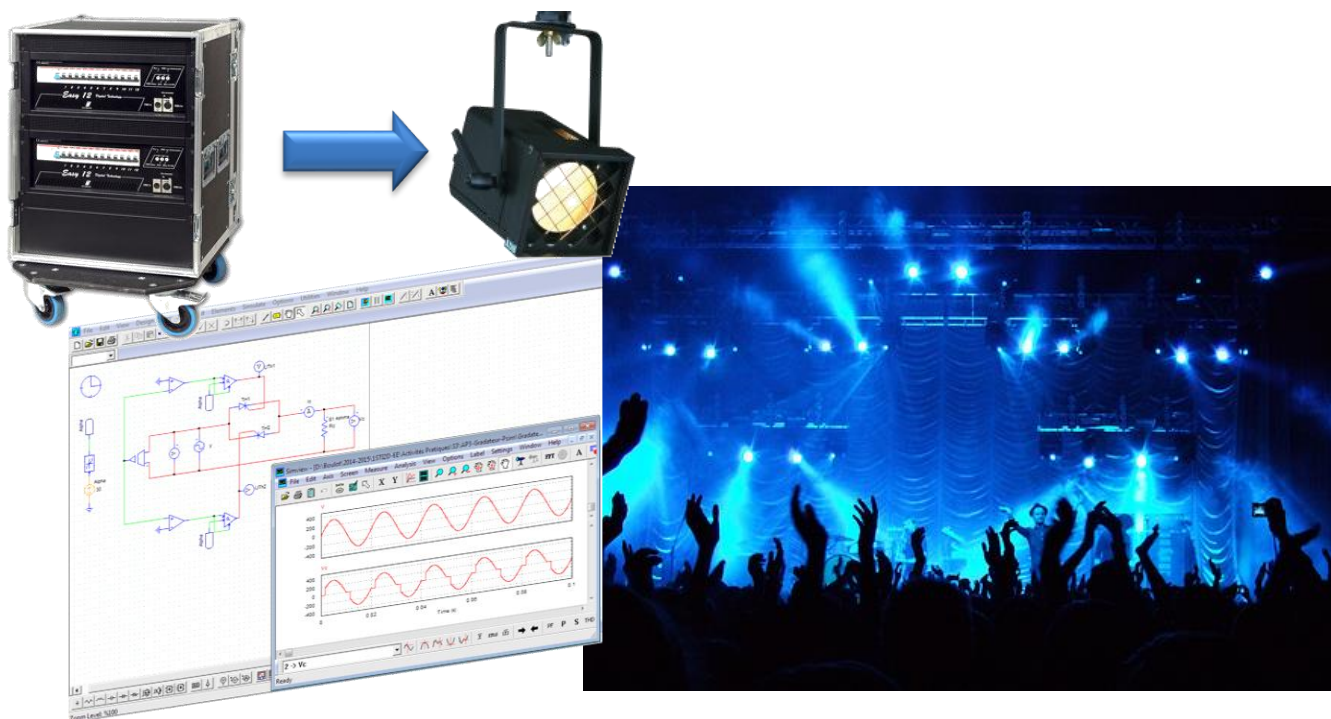


## ECLAIRAGE SCENIQUE



### INSTRUCTIONS PERMANENTES DE SÉCURITÉ



1. Avant toute mise sous tension, le professeur vérifie le montage et contrôle le calibrage des appareils de mesure.
2. La mise sous tension et hors tension du poste (consignation, déconsignation) est effectuée en présence du professeur.
3. Toute intervention nécessitant l'ouverture d'un circuit électrique (installation d'un appareil) est effectuée hors tension.
4. Pendant la phase où le poste est sous tension, l'élève travaille sans modifier le câblage du circuit (relevés de mesures ...).
5. En cas de problèmes sur un poste de travail voisin, vous devez impérativement couper l'alimentation du poste en activant le bouton d'arrêt d'urgence le plus proche.



**C'EST LE PROFESSEUR QUI DONNE, APRÈS AVOIR PROCÉDÉ À LA CONSIGNATION DU POSTE, L'AUTORISATION DE DÉMONTAGE**



## 1. Mise en situation

Pour les éclairages de type éclairage scénique, des techniciens installent des projecteurs « A56C » équipés de lampes halogènes de 650W. Ces lampes occasionnent de fortes puissances et nécessitent une commande à distance. Ces dernières sont alimentés en alternatif monophasé 230 V – 50 Hz. Afin de faire varier la luminosité de ces projecteurs, un gradateur monophasé à angle de phase est utilisé.

## 2. La modulation de puissance

Les modulateurs permettent de faire varier la puissance fournie à une charge par l'intermédiaire d'un dispositif de commande. Ce procédé est très utilisé dans des applications telles que la variation de température ou de l'éclairement.

### 2.1. Principe du gradateur monophasé à angle de phase

Le gradateur permet de « découper » la tension d'alimentation d'une charge. Ce découpage s'effectue en déconnectant régulièrement l'alimentation de la charge pour agir sur la valeur efficace de la tension d'alimentation et du courant consommé, donc sur la puissance.

Son action est donc semblable à un contact qui s'ouvre et se ferme à intervalles réguliers :

#### Sans gradateur

Schéma de principe :

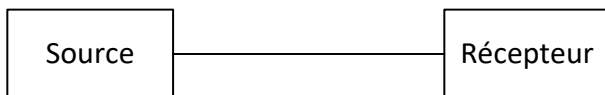
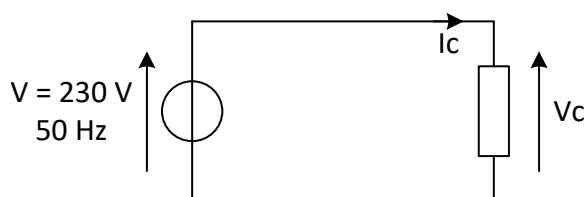
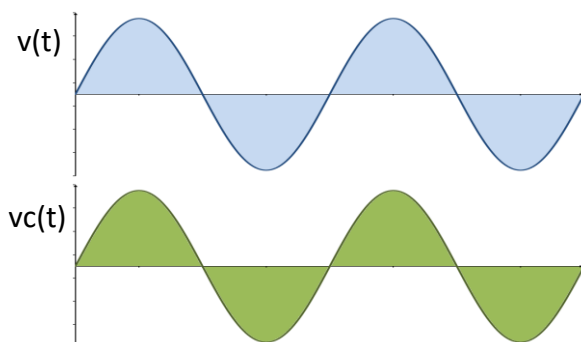


Schéma électrique :



Allure des tensions :



#### Avec gradateur

Schéma de principe :

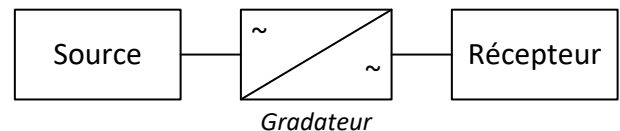
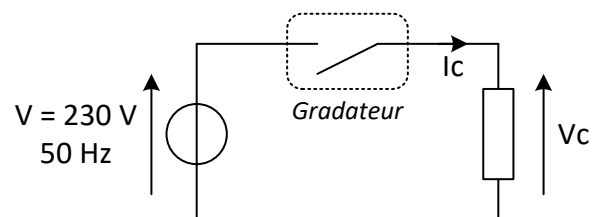
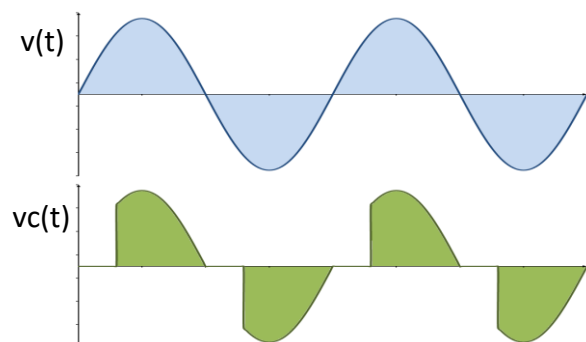


Schéma électrique :



Allure des tensions :



## 2.2. Principe du circuit de commande

Comme la commutation doit être rapide, le contact est réalisé avec un composant électronique : le thyristor.

Symbole d'un thyristor :

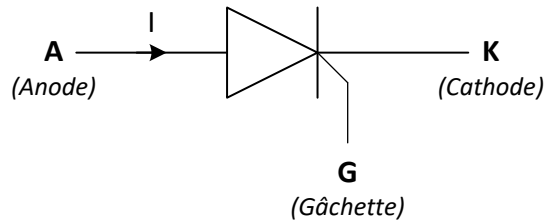
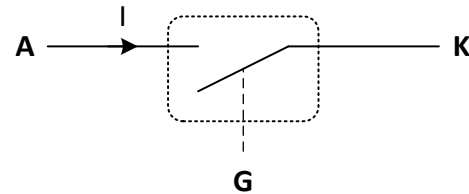
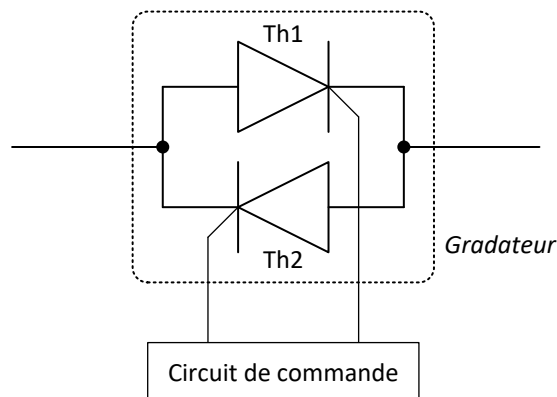


Schéma équivalent :

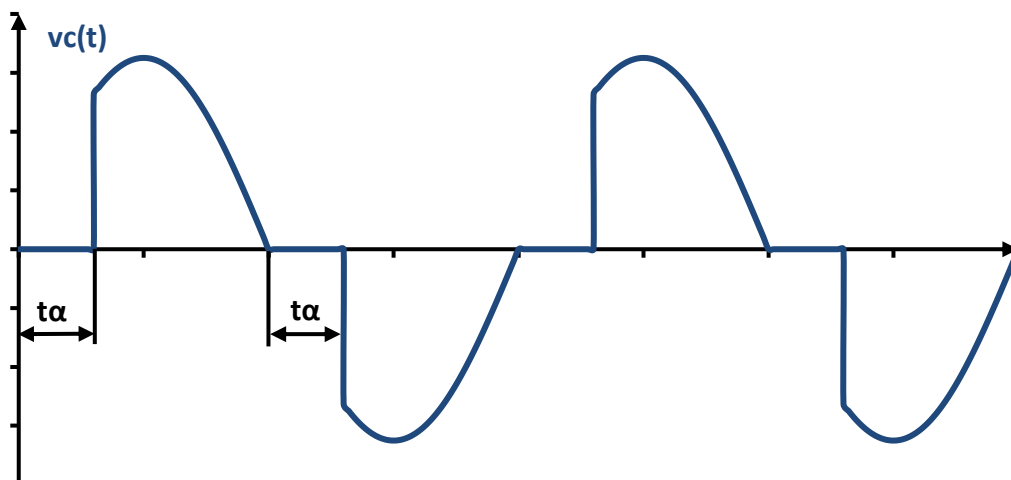


La gâchette du thyristor permet de le rendre passant (contact fermé). Il le restera alors tant que le courant qui le traverse reste positif. Une fois bloqué (contact ouvert), il faut une nouvelle commande sur la gâchette pour le rendre à nouveau passant.

Ce type de composant ne pouvant pas laisser passer un courant négatif, il faut en utiliser un deuxième monté en inverse pour l'utiliser en courant alternatif (pour les alternances négatives). De plus, un circuit électronique de commande est nécessaire pour piloter les thyristors :



Le circuit de commande génère l'angle de phase  $\alpha$  qui provoque de décalage temporel  $t\alpha$  qui permet de découper la tension d'alimentation à chaque demi-période :



### 3. Etude du gradateur à angle de phase

#### 3.1. Simulation

- Q1.** Calculer la valeur de la résistance **R** équivalente à une lampe halogène (qui fournit **P** = 650 W sous la tension **V** = 230 V).
- Q2.** Télécharger, enregistrer et ouvrir avec Matlab le fichier « gradateur.slx ».
- Q3.** Régler la valeur de la résistance à la valeur calculée.
- Q4.** Préparer le tableau de mesures suivant avec un tableur avec un retard à l'amorçage  $\alpha$  de 0 à 180° avec un pas de 30°. Calculer le temps de retard à l'amorçage correspondant  $t\alpha$  :

$\alpha$ (°)	$t\alpha$ (ms)	$V_c$ (V)	$I_c$ (A)	$P_c$ sim (W)	$P_s$ sim (%)
0					
30					
150					
180					

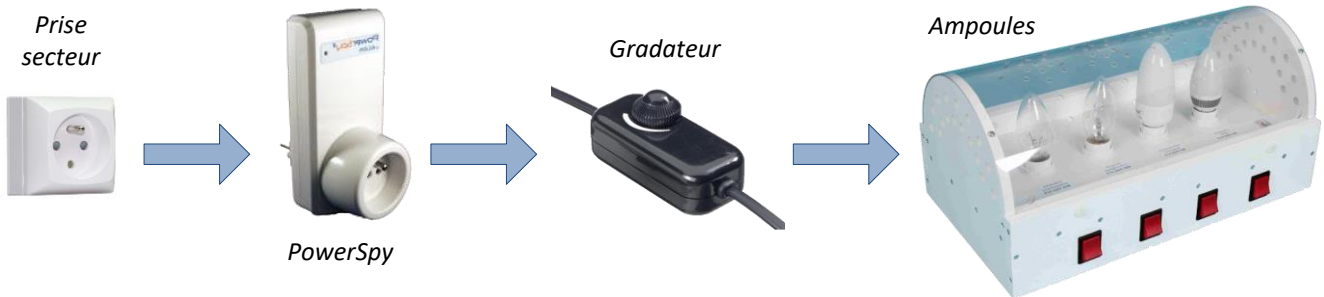
- Q5.** A l'aide de la source continue à gauche du montage, faites varier le temps de retard à l'amorçage  $t\alpha$  correspondant. Pour chaque simulation, compléter le tableau en relevant :
- La tension efficace aux bornes de la charge **V<sub>c</sub>**,
  - Le courant efficace consommé par la charge **I<sub>c</sub>**,
  - La puissance moyenne consommée par la charge **P<sub>c</sub> sim**
  - La puissance moyenne consommée par la charge par rapport à sa puissance maximale **P<sub>c</sub> sim (%)**. Donner les valeurs à 3 chiffres significatifs.
- Q6.** Tracer avec votre tableur **P<sub>c</sub> sim (%) = f( $\alpha$ )**. Imprimer et coller le tableau et la courbe dans votre compte-rendu.
- Q7.** Peut-on dire que la puissance est directement proportionnelle à l'angle de phase ? Expliquer.

### 3.2. Mesures



**Pendant les mesures, éviter de regarder directement les ampoules**  
Attendre quelques minutes avant de faire les mesures pour que l'éclairement soit constant en fonction du temps.

**Q8.** Après avoir vérifié, **en présence du professeur**, la consignation du poste, réaliser le montage ci-dessous :



**APPELER LE PROFESSEUR POUR VERIFICATION**

**Q9.** En suivant le manuel d'utilisation du *PowerSpy*, se connecter au module de mesure avec le logiciel.

**Q10.** Préparer un nouveau tableau de mesures :

$t\alpha$ (cm)	$t\alpha$ (ms)	$\alpha$ (°)	$I_c$ (A)	$P_c$ mes (W)	$P_C$ mes (%)

**Q11.** Mettre sous tension l'ampoule à incandescence et, pour différent réglages du temps de décalage  $t\alpha$  (à estimer graphiquement dans l'onglet « Formes d'ondes » en affichant 2 périodes) relever dans l'onglet « Mesures » :

- Le courant efficace consommé par la charge  $I_c$ ,
- La puissance moyenne consommée par la charge  **$P_c$  mes.**
- La puissance moyenne consommée par la charge par rapport à sa puissance maximale  **$P_c$  mes (%)**. Donner les valeurs à 3 chiffres significatifs.

**Q12.** Calculer l'angle de retard  $\alpha$  pour chaque valeur du temps de décalage.

**Q13.** Sur le même graphe que précédemment, en plus de  **$P_c \text{ sim} = f(\alpha)$** , tracer avec votre tableur  **$P_c \text{ mes} = f(\alpha)$** . Imprimer et coller la courbe dans votre compte-rendu.

**Q14.** Comparer la courbe de la mesure à celles de la simulation. Conclure.

### 3.3. Théorie

#### 3.3.1. Valeurs efficaces de la tension et du courant dans la charge :

A l'aide du calcul intégral, on démontre que la valeur efficace de la tension **V<sub>c</sub>** et du courant **I<sub>c</sub>** dans la charge s'écrit :

$$V_{ch} = V \times \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

$$I_{ch} = \frac{V}{R} \times \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}}$$

avec **V** : tension efficace d'alimentation du montage

**α** : angle de retard à l'amorçage des thyristors

#### 3.3.2. Valeur moyenne de la puissance consommée par la charge

La puissance utile fournie à la charge **P<sub>c</sub>** est égale au produit de la tension efficace **V<sub>c</sub>** par le courant efficace **I<sub>c</sub>**, soit:

$$P_{ch} = V_{ch} \times I_{ch} = V \times \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}} \times \frac{V}{R} \times \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}} = \frac{V^2}{R} \times \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}\right)$$

$$P_{ch} = P_0 \times \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}\right)$$

avec **P<sub>0</sub>** : puissance maximale fournie à la charge

**Q15.** Grace à la relation donnée précédemment, calculer la puissance théorique **P<sub>c th (%)</sub>** fournie à la charge en fonction de l'angle de retard à l'amorçage des thyristors **α**. (On prendra **P<sub>0</sub> = 100** pour avoir directement le résultat en pourcentage). Donner les valeurs à 3 chiffres significatifs.

**Q16.** Sur le même graphe que précédemment, en plus de **P<sub>c sim</sub> = f(α)** et **P<sub>c mes</sub> = f(α)** tracer avec votre tableur **P<sub>c th (%)</sub> = f(α)**.

**Q17.** Comparer la courbe théorique avec celles de la mesure et de la simulation. Conclure.