

T.P. Le redressement commandé : le pont mixte.

I Introduction :

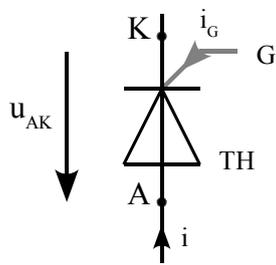
Précédemment, nous avons vu que nous pouvions réaliser la conversion d'une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\sin\omega t$ en une tension continue grâce à l'utilisation d'un pont tout diodes. La tension moyenne à la sortie du pont tout diodes a pour valeur $\langle u_{CH} \rangle = \frac{2U_{MAX}}{\pi}$ avec $U_{MAX} = U\sqrt{2}$. Ce qui signifie que la tension moyenne aux bornes de la charge a une valeur fixe.

Si nous voulons obtenir une tension moyenne variable aux bornes de la charge, il faut utiliser un autre type de pont redresseur : le pont mixte. Cela permet, entre autre, de pouvoir faire varier la vitesse de rotation des moteurs à courant continu de façon assez simple, juste en jouant sur la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur.

Ce pont est constitué de deux thyristors (interrupteur unidirectionnel commandé à la fermeture) TH₁ et TH₂ et de deux diodes (interrupteur unidirectionnel) D₁ et D₂ d'où le nom de pont mixte.

II Fonctionnement d'un thyristor :

II.1 Présentation :



Un thyristor possède une anode A et une cathode K ainsi qu'une gâchette G.

Pour qu'un thyristor conduise (interrupteur fermé) :

il faut que la tension $u_{AK} \geq 0$.

et envoyer un courant i_G dans la gâchette pour amorcer le thyristor.

Dès que ces deux conditions sont remplies, le thyristor conduit tant que le courant i qui circule dans le thyristor de l'anode vers la cathode reste positif. Dès que le thyristor entre en conduction, il n'est plus nécessaire de faire circuler un courant i_G dans la gâchette.

Pour qu'un **thyristor se bloque (interrupteur ouvert)**, il suffit que le courant i s'annule ou d'appliquer une tension v_{AK} fortement négative.

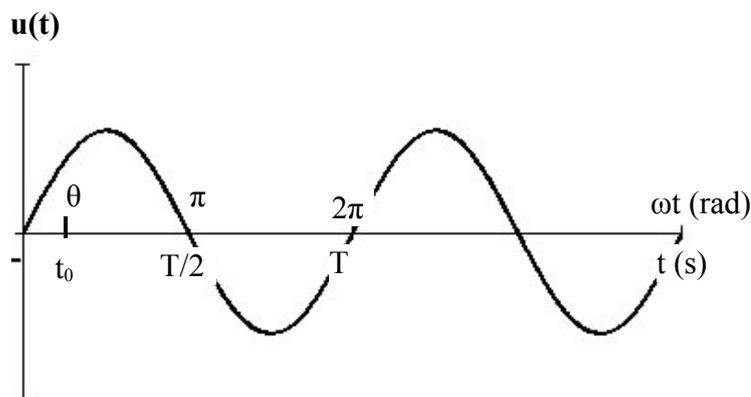
On appelle

θ , l'angle d'amorçage du thyristor.

t_0 , l'instant d'amorçage du thyristor.

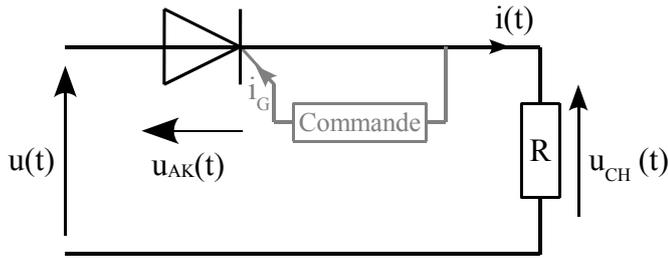
L'angle ou l'instant d'amorçage est repéré par rapport au passage par zéro de la tension d'alimentation du pont.

Rappel : une tension $u(t)$ alternative sinusoïdale a pour
période temporelle T
période angulaire 2π rad (360°)



II.2 Fonctionnement d'un thyristor sur une charge résistive :

On utilise le montage ci-dessous. La charge est une résistance R.



Le circuit de commande permet d'envoyer un courant i_G dans la gâchette du thyristor.

De 0 à θ , le thyristor n'est pas amorcé, il se comporte comme un interrupteur ouvert et donc, le circuit est ouvert ($i(t) = 0$)

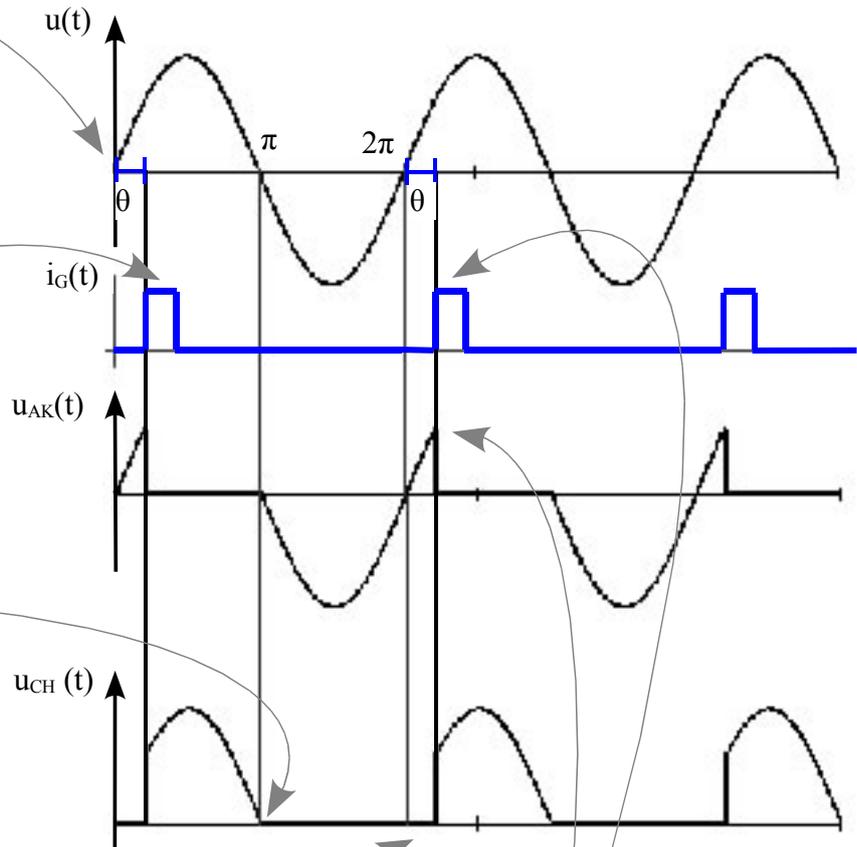
La tension aux bornes de la charge est nulle.

On amorce le thyristor, la tension u_{AK} à ses bornes est positive, il peut entrer en conduction (interrupteur fermé) et le courant $i(t)$ peut circuler.

La tension aux bornes de la charge u_{CH} est égale à la tension d'alimentation u .

La tension aux bornes de la charge $u_{CH}(t)$ devient nulle, l'intensité $i(t)$ devient nulle aussi. Le thyristor cesse naturellement de conduire et se comporte comme un interrupteur ouvert.

Tant qu'on envoie pas de courant dans la gâchette G, le thyristor continue de se comporter comme un interrupteur ouvert. La tension aux bornes de la charge u_{CH} reste nulle par conséquent.



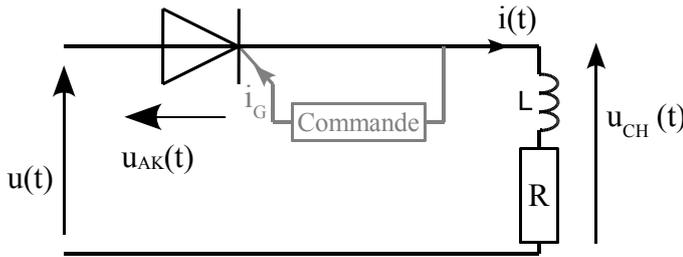
Lorsque la tension passe par zéro, on envoie un courant dans la gâchette G du thyristor.

La tension u_{AK} aux bornes du thyristor est positive ; le thyristor peut entrer en conduction : il se comporte comme un interrupteur fermé et la tension aux bornes de la résistance R $u_{CH}(t)$ est égale à la tension d'alimentation $u(t)$.

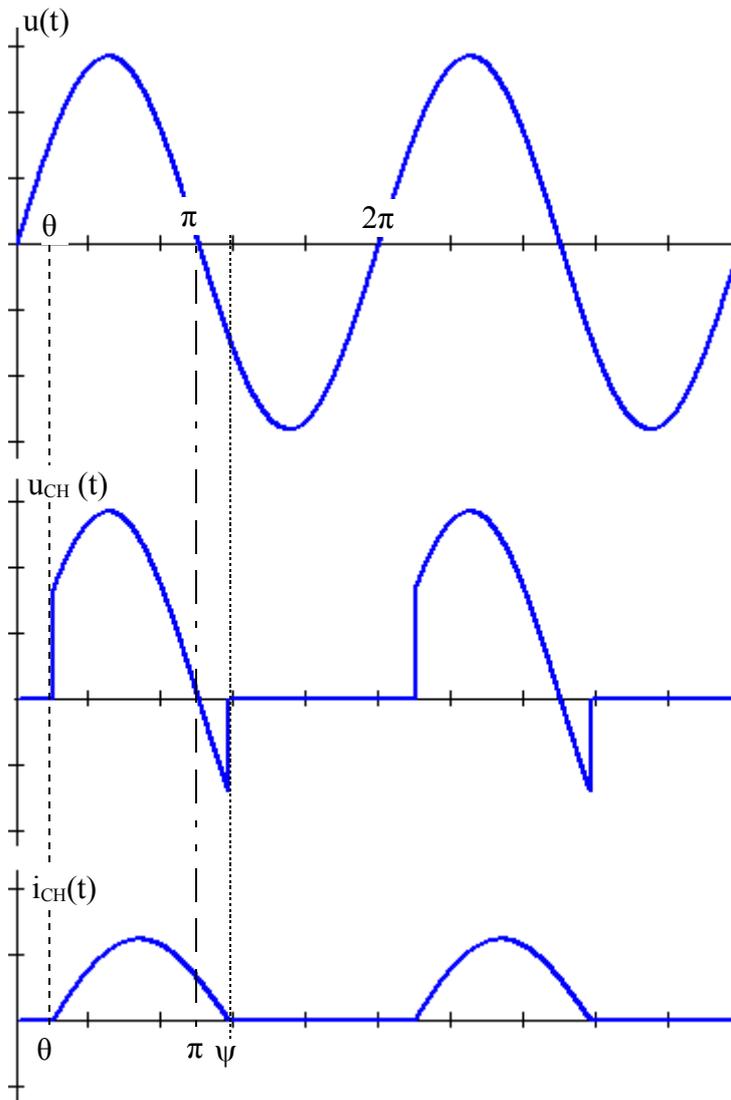
Le thyristor restera passant tant que le courant i sera positif.

II.3 Fonctionnement d'un thyristor sur une charge inductive :

On utilise le montage ci-dessous. La charge est une résistance R en série avec un inductance L..



Le circuit de commande permet d'envoyer un courant i_G dans la gâchette du thyristor.



Pour $\omega t = \theta$:

$u(t) > 0$ et $v_{AK} > 0 \rightarrow$ le thyristor entre en conduction et $v_{AK} = 0$.

La tension aux bornes de la charge RL est $u_{CH}(t) = u(t)$.

L'intensité $i(t)$ commence à s'établir suivant l'équation $i(t) + \frac{L}{R} \cdot \frac{d i(t)}{dt} = \frac{U}{R} \sqrt{2} \sin(\omega t)$

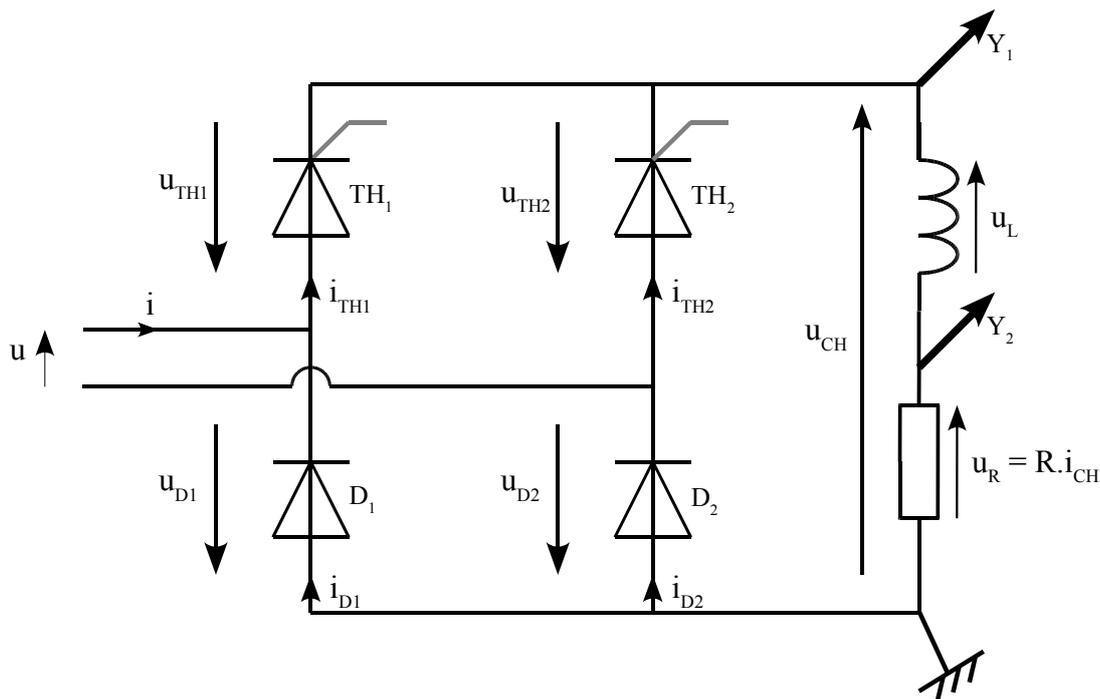
Pour $\omega t = \pi$:

$u(t) < 0$ et $v_{AK} < 0 \rightarrow$ le thyristor continue de conduire car $i(t) > 0$ et $v_{AK} = 0$.

Pour $\omega t = \psi$: $i(t)$ s'annule et le thyristor cesse de conduire naturellement.

III Le pont mixte :

III.1 Présentation du montage :



Le pont mixte est composé de :

deux thyristors TH1 et TH2 à _____ communes et de deux diodes D1 et D2 à _____ communes.

Ce pont alimente une charge R,L.

L'inductance L sert à _____ le courant.

La voie 1 de l'oscilloscope permet de visualiser _____ .

La voie 2 de l'oscilloscope permet de visualiser _____ .

Pour toute la suite du TP, on considère que les diodes et les thyristors sont parfaits et que le courant dans la charge est parfaitement lissé.

Le principe de fonctionnement du pont mixte est le suivant :

Pour les thyristors, dès qu'un des deux thyristors entre en conduction, il bloque l'autre.

Pour les diodes, dès qu'une diode entre en conduction, elle bloque l'autre.

Pour les thyristors à _____ communes, celui qui est susceptible de conduire au moment de l'amorçage est celui qui à la potentiel à _____ le plus élevé.

Pour les diodes à _____ communes, celle qui est susceptible de conduire est celle qui le potentiel à _____ le plus faible.

III.2 Observation des différentes tensions et intensités dans le montage :

Compléter les oscillogrammes de la page 7 / 8 .

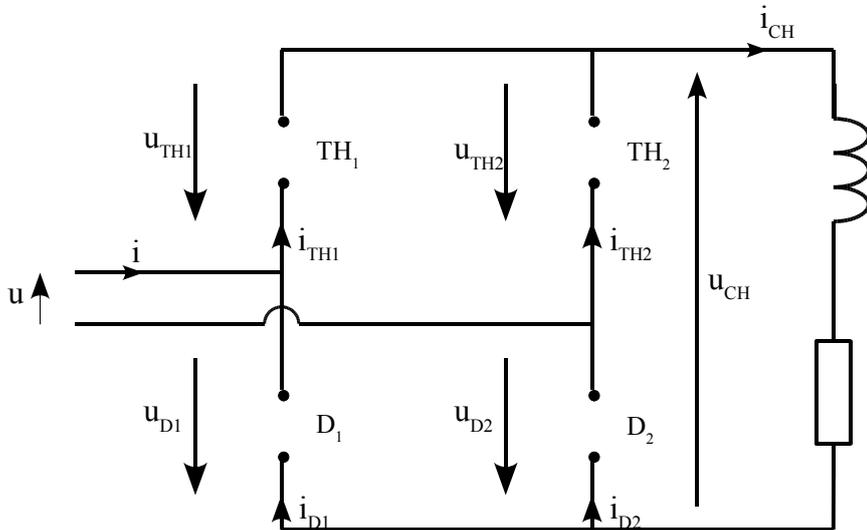
III.3 Analyse du fonctionnement :

Pour $0 < \omega t \leq \theta$:

Les éléments passant sont _____ .

Les éléments bloqués sont _____ .

Le pont devient (remplacer les éléments par leurs interrupteurs correspondants) et tracer en rouge sur le montage le parcours de l'intensité i_{CH} .



Établir les expressions des tensions :

$$u_{CH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

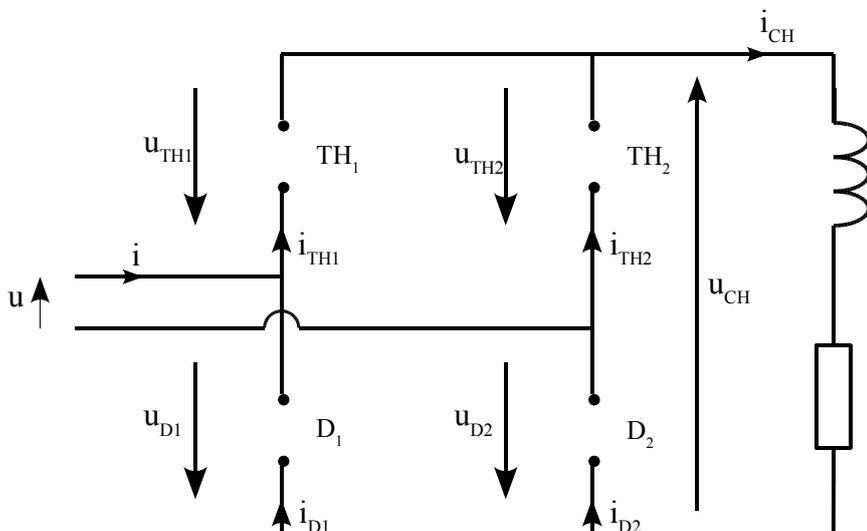
Pendant cette phase, c'est la _____ (grâce à l'inductance L) qui alimente le pont, on dit que c'est une phase de _____ ou de _____ .

Pour $\theta < \omega t \leq \pi$:

Les éléments passant sont _____ .

Les éléments bloqués sont _____ .

Le pont devient (remplacer les éléments par leurs interrupteurs correspondants) et tracer en rouge sur le montage le parcours de l'intensité i_{CH} .



Établir les expressions des tensions :

$$u_{CH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

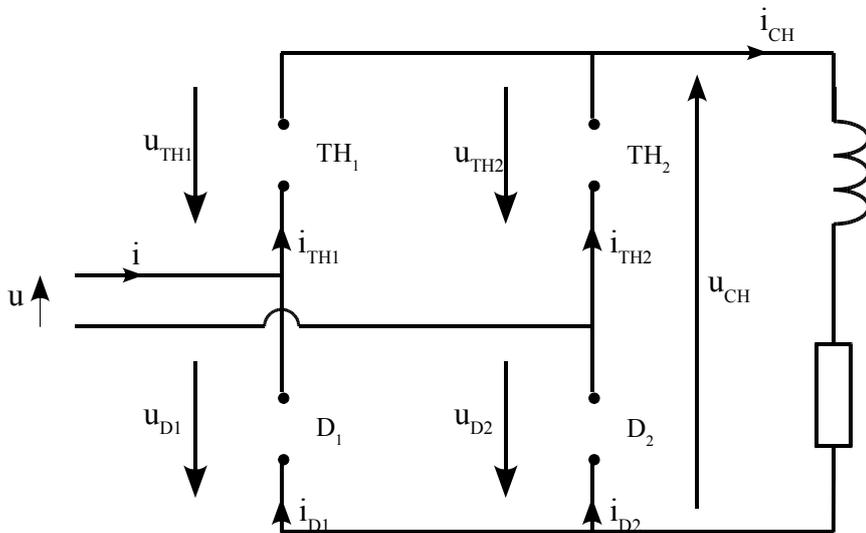
Pendant cette phase, c'est la _____ qui alimente le pont, on dit que c'est une phase d' _____ .

Pour $\pi < \omega t \leq \pi + \theta$:

Les éléments passant sont _____ .

Les éléments bloqués sont _____ .

Le pont devient (remplacer les éléments par leurs interrupteurs correspondants) et tracer en rouge sur le montage le parcours de l'intensité i_{CH} .



Établir les expressions des tensions :

$$u_{CH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

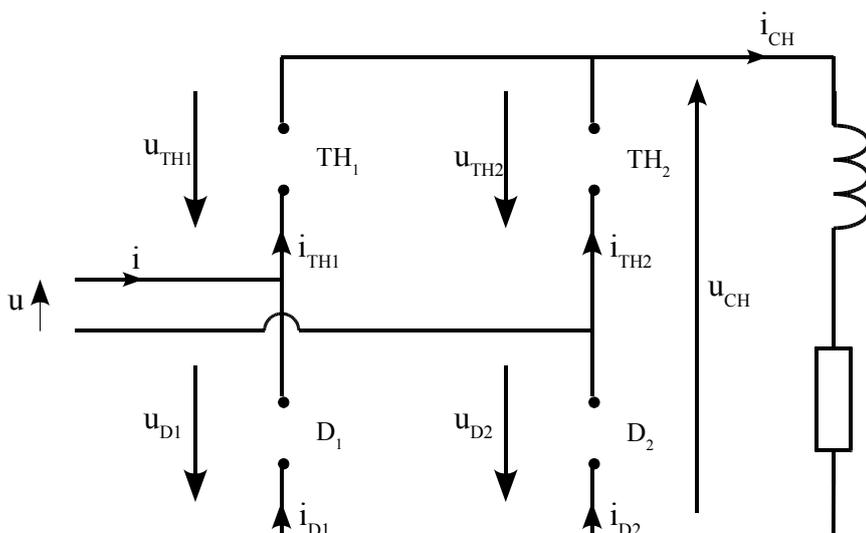
Pendant cette phase, c'est la _____ (grâce à l'inductance L) qui alimente le pont, on dit que c'est une phase de _____ ou de _____ .

Pour $\pi + \theta < \omega t \leq 2\pi$:

Les éléments passant sont _____ .

Les éléments bloqués sont _____ .

Le pont devient (remplacer les éléments par leurs interrupteurs correspondants) et tracer en rouge sur le montage le parcours de l'intensité i_{CH} .



Établir les expressions des tensions :

$$u_{CH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{TH2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$u_{D2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } i_{D2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$i = \underline{\hspace{2cm}}$$

Pendant cette phase, c'est la _____ qui alimente le pont, on dit que c'est une phase d' _____ .

III.4 Grandeurs caractéristiques du pont mixte :

On considère que le courant i_{CH} est parfaitement lissé ce qui permet d'écrire que $\langle i_{CH} \rangle = I_{CH}$.

On peut mesurer l'intensité moyenne $\langle i_{CH} \rangle$ avec un _____ position _____.
On peut mesurer l'intensité efficace I_{CH} avec un _____ position _____.

On mesure la tension moyenne $\langle u_{CH} \rangle$ avec un _____ position _____.
On mesure la tension efficace U_{CH} avec un _____ position _____.

Pour le pont mixte, l'angle d'amorçage θ est compris entre ___ ° et ___ ° au maximum.

La tension alimentation $u(t)$ a pour expression : $u(t) = U \sqrt{2} \sin(\omega t)$.

La tension maximale $U_{MAX} =$ _____

La fréquence $f =$ _____

Pour la charge :

la tension moyenne aux bornes de la charge $\langle u_{CH} \rangle = \frac{U_{MAX}}{\pi} (1 + \cos \theta)$.

Quelque soit la valeur de θ , la tension aux bornes de la charge est toujours _____ ou _____ .

La puissance P reçue par la charge $P = \langle u_{CH} \rangle \cdot \langle i_{CH} \rangle$.

Lorsque la tension aux bornes de la charge u_{CH} est égale à la tension d'alimentation u , c'est une phase _____.

Lorsque la tension u_{CH} aux bornes de la charge est _____ , c'est une phase de _____ .

Pour la tension d'alimentation :

On remarque que l'intensité $i(t)$ à l'entrée du pont est de forme _____ qui a pour valeur moyenne $\langle i \rangle =$ _____ .

La puissance apparente à l'entrée du pont est $S = U \cdot I$ et le facteur de puissance $k = \frac{P}{S}$.

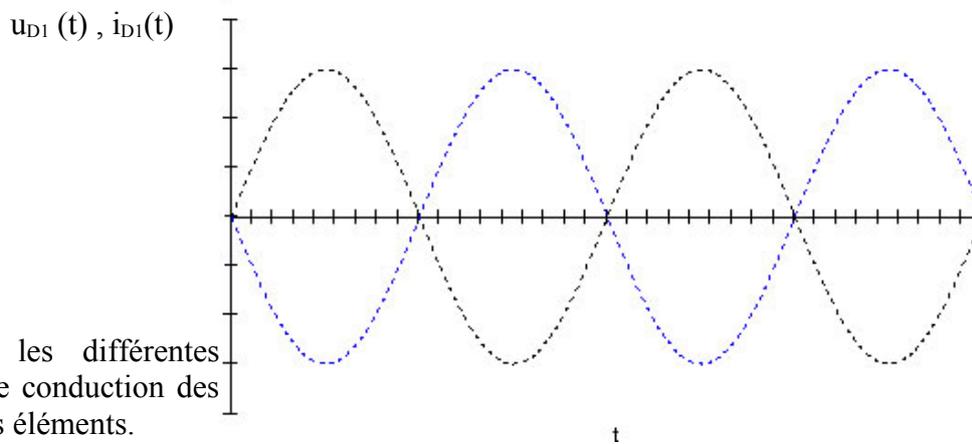
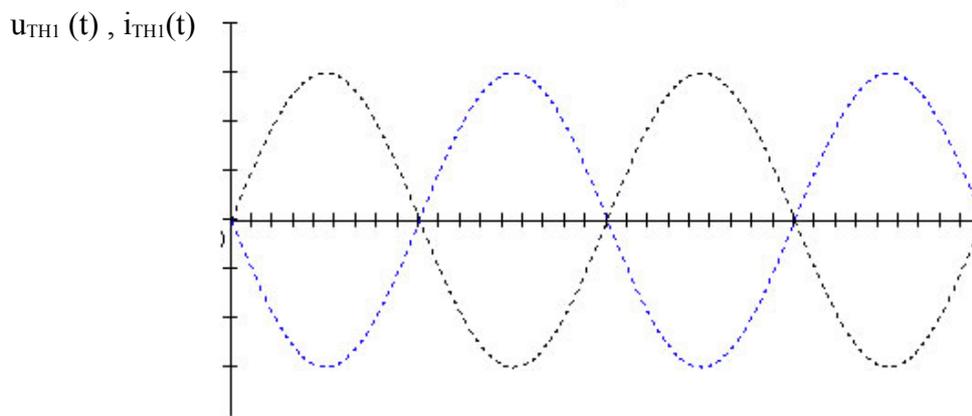
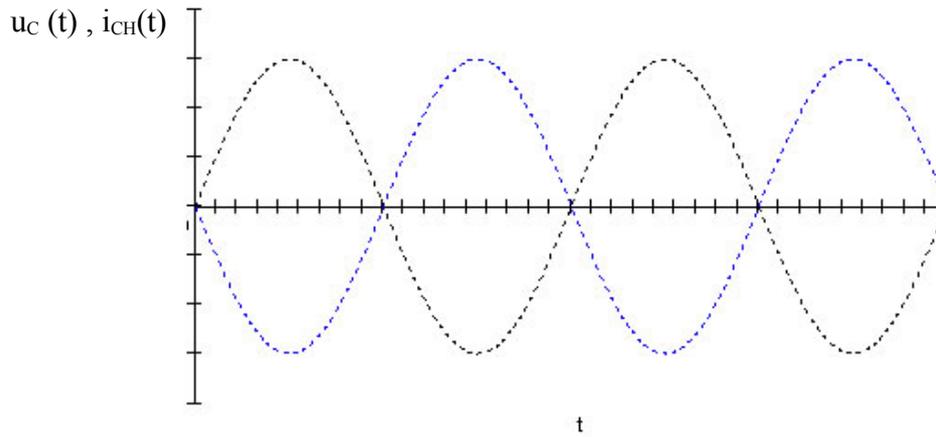
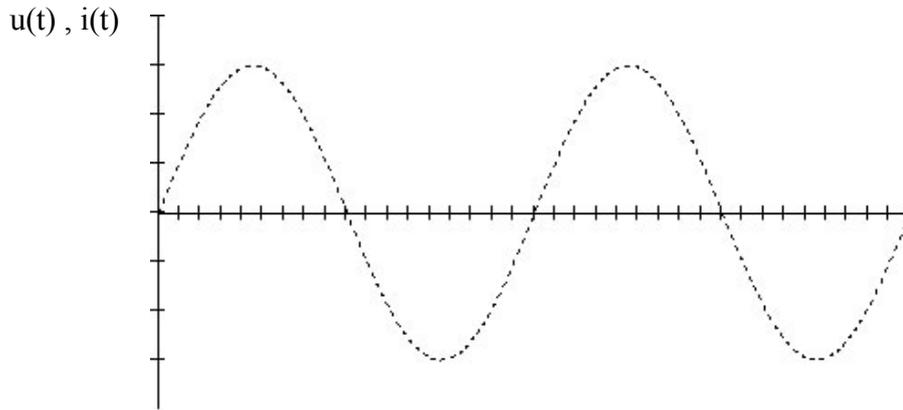
Intérêt du pont mixte :

Le pont mixte est souvent utilisé pour agir sur la vitesse de rotation des machines tournantes à courant continu. En faisant varier la tension aux bornes du moteur, on fait varier la vitesse de rotation.

Ce que je dois savoir à la fin de ce TP :

- Représenter la tension aux bornes de la charge pour un angle θ quelconque.
- Savoir calculer la tension moyenne en utilisant la formule donnée.
- Savoir quels sont les éléments passants et bloqués pour les différents instants de la tension $u(t)$.
- Savoir reconnaître une phase d'alimentation et une phase de roue libre.

OSCILLOGRAMMES EN CONCORDANCE DES TEMPS $\theta = 60^\circ$:



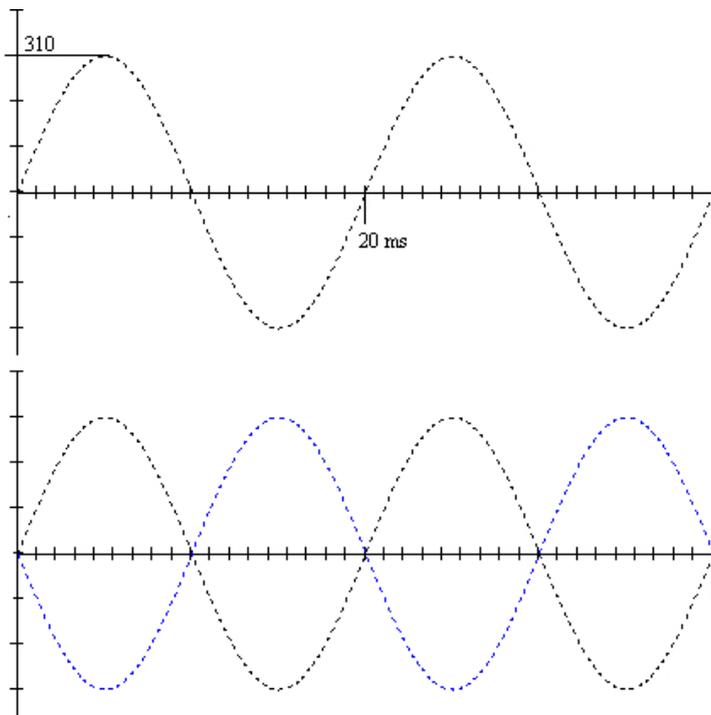
Colorier les différentes phases de conduction des différents éléments.

	TH1
	D1
	TH2
	D2
	RL : roue libre ; A : alim.

IV Exercices :

Exercice n°1 : On utilise un pont mixte pour alimenter une charge $R = 12 \Omega$ en série avec une inductance L suffisamment importante pour considérer que l'intensité i_{CH} dans la charge soit parfaitement lissée.

1- On règle l'angle d'amorçage $\theta = 40^\circ$. Représenter en concordance des temps la tension u_{CH} aux bornes de la charge et l'intensité i_{CH} qui circule dans la charge.



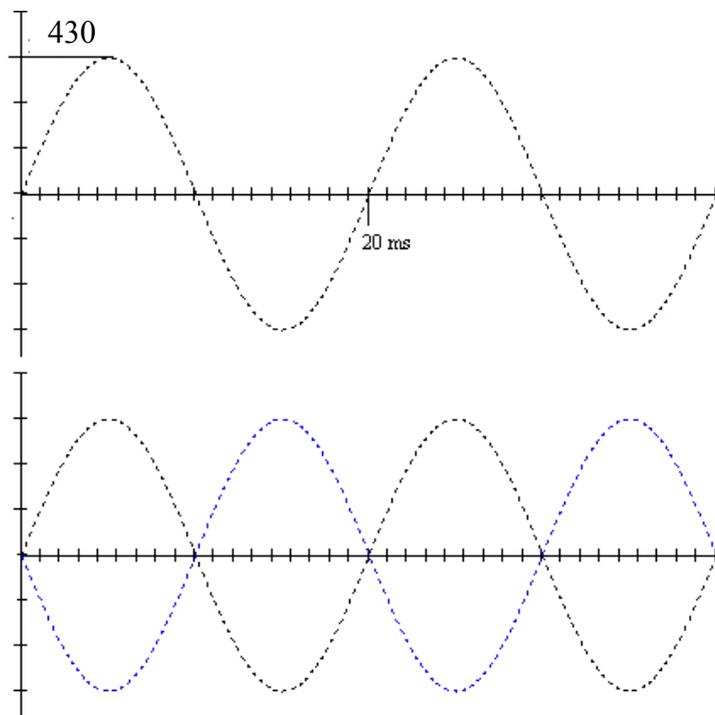
2- Calculer la tension $\langle u_{CH} \rangle$.

3- Montrez que $\langle u_{CH} \rangle = R \cdot \langle i_{CH} \rangle$. Et en déduire la valeur de $\langle i_{CH} \rangle$.

4- Calculer la puissance P reçue par la charge.

Exercice n°2: On utilise un pont mixte pour alimenter une charge R en série avec une inductance L suffisamment importante pour considérer que l'intensité i_{CH} dans la charge soit parfaitement lissée.

1- Quelle doit être la valeur de l'angle d'amorçage θ si on veut que $\langle u_{CH} \rangle = 100 \text{ V}$.



2- Représenter en concordance des temps la tension u_{CH} aux bornes de la charge et l'intensité i_{CH} qui circule dans la charge.

3- Montrez que $\langle u_{CH} \rangle = R \cdot \langle i_{CH} \rangle$. Quelle doit être la valeur de R pour avoir une intensité de $I_{CH} = 10 \text{ A}$?

4- Calculer la puissance P reçue par la charge.