

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Direction générale des études technologiques

Institut supérieur des études technologiques de Nabeul

Département : Génie Electrique



## Support de travaux pratiques

---

# D'électronique de puissance

- *Classe concernée : EI2 L2 S2*

Proposés par :  
Hidri.Imed



## ***Avant-propos***

Ces travaux pratiques sont réalisés au laboratoire d'électronique de puissance au sein du département Génie électrique d'I.S.E.T de Nabeul.

Ils s'adressent aux étudiants du niveau **EI L2-Semestre2**.

Ils ont pour but :

- D'initier les étudiants aux bases de l'électronique de puissance et
- De les familiariser avec les appareils couramment utilisés dans ce domaine.

La durée d'un TP est de 3 heures à la suite desquelles, les étudiants doivent remettre leurs comptes-rendus.

## ***Déroulement des travaux pratiques***

### **I- Consignes**

1. La présence en TP est obligatoire.
2. Les TP sont préparés et réalisés par une équipe de 2 ou 3 étudiants.
3. Chaque étudiant choisira l'équipe dans laquelle il veut s'inscrire. S'il y a litige, c'est l'enseignant qui tranchera.
4. Les équipes sont formées à la première séance.
5. Chaque séance débute par la vérification de la préparation demandée. Une note sera attribuée à toute l'équipe.
6. Pendant la séance de TP, au moins un étudiant de chaque équipe sera interrogé sur le travail qu'il réalise (branchement des appareils, visualisation des tensions, réalisation du circuit...).  
Une note lui sera attribuée.
7. A la fin de chaque séance de TP, chaque équipe remettra un compte rendu à l'enseignant.
8. L'étudiant est également évalué sur ses attitudes, il doit :
  - être ponctuel et discipliné.
  - respecter les consignes et les échéances.
  - respecter le matériel.
  - respecter les normes de sécurité.
  - travailler proprement et avec soin.
9. L'étudiant doit se présenter en blouse et muni de calculatrice, règle, crayons, papiers...

## **II- Rédaction du compte rendu**

### **1. Le compte rendu doit être lisible, vous devez vous appliquer**

- dans l'écriture.
- dans le style (syntaxe et orthographe, technique et scientifique).
- dans le graphisme.

### **2. Les courbes**

- Les courbes sont tracées (selon le cas) sur papiers millimétrés (échelle linéaire) ou sur document repense.
- Les axes de coordonnées sont repérés par les grandeurs et symboles d'unités.
- L'échelle doit être indiquée pour toutes les courbes.
- Il est important de mettre le titre sur le papier et parfois même le schéma du montage.

### **3. La conclusion**

C'est la partie la plus importante de la manipulation. Les résultats obtenus doivent être interprétés, expliqués. La conclusion doit être courte et précise.

### **4. La présentation du compte rendu**

Le compte rendu doit comporter :

- Le but : c'est la synthèse du travail à effectuer.
- La préparation : réponse aux questions posées, calculs théoriques...
- Matériels utilisés.
- Le montage.
- La manipulation : déroulement, précautions à prendre...
- Les tableaux de mesures.
- Construction de courbes.
- Conclusion.

## ***Liste des travaux pratiques***

***T.P N°1: LES GRADATEURS MONOPHASE***

***T.P N°2: LES GRADATEURS TRIPHASES***

***T.P N°3: HACHEUR DEVOLTEUR A THYRISTOR  
AVEC CIRCUIT D'EXTINCTION***

***T.P N°4: HACHEUR SURVOLTEUR***

***T.P N°5: LES ONDULEURS TRIPHASES***

*T.P N°1*

## LES GRADATEURS MONOPHASE

### **Objectifs :**

- Analyser les allures des tensions aux différents points du circuit de commande.
- Analyser l'évolution de la tension et du courant d'un gradateur monophasé avec charges résistive et inductive.
- Déterminer la caractéristique de commande  $[ I_{ch} / I_{max} ] = f(\psi)$ .

### **Matériels utilisés :**

- Transformateur monophasé 220/110v
- Élément de puissance du convertisseur  $T_{h1}$  et  $T_{h1}'$ .
- Appareil de mesure Voltmètre- Ampermetre.
- Charges résistive.
- Charges inductive.
- Oscilloscope numérique bicanal Tektronix.
- Sonde de courant à effet Hall Tektronix.
- Sonde de tension à effet Hall Tektronix.
- Bobine de filtrage.
- Élément de commande du convertisseur  $T_{h1}$  et  $T_{h1}'$  à base de TCA785.

## T.P N°1: LES GRADATEURS MONOPHASE

### I- Charge résistive.

I-1- Alimenter le module de circuit de commande par une tension alternative de synchronisation.

I-2- Observer et tracer sur document réponse 1 les allures des tensions aux différent points de circuit de commande pour un angle de commande  $\psi = 45^\circ$ .

I-3- Faire le choix de la charge R.

I-4- Réalisé le montage pratique de la figure1.

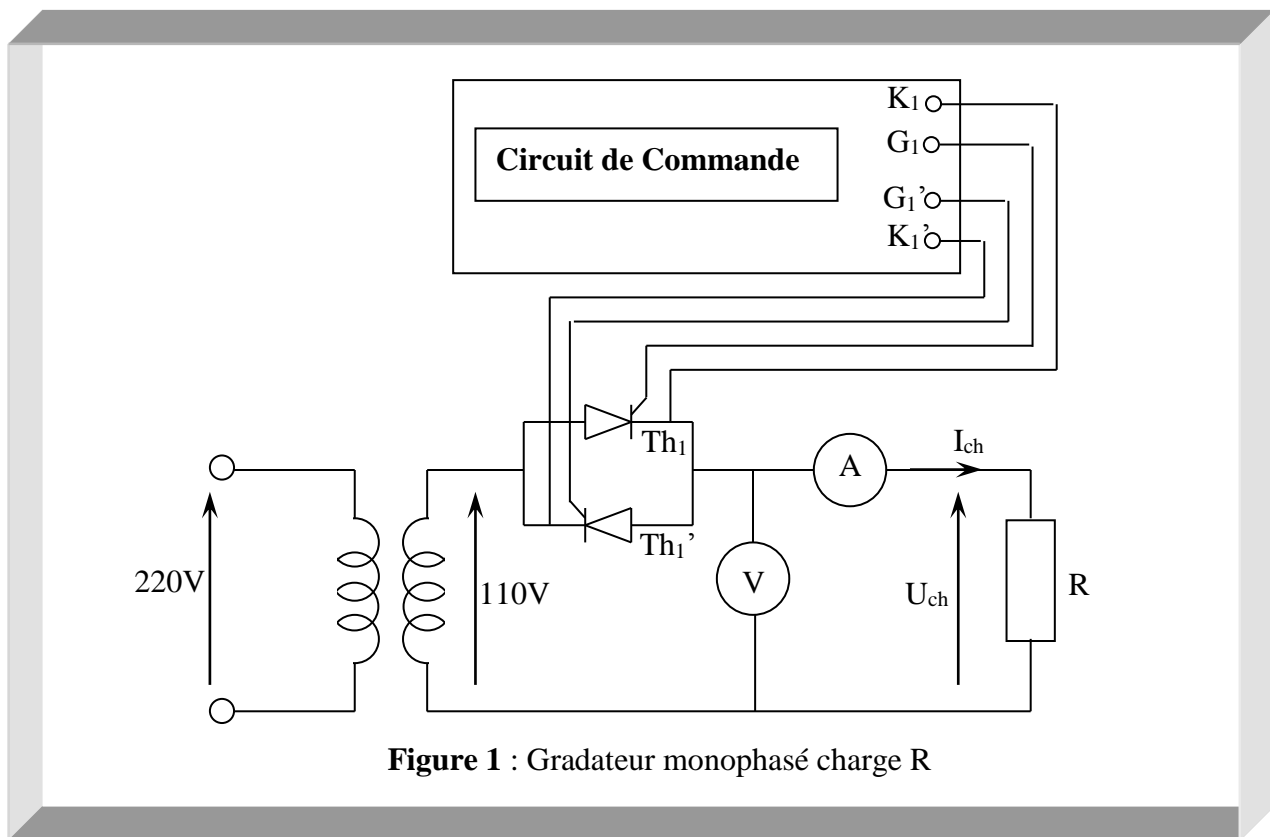


Figure 1 : Gradateur monophasé charge R

I-5- Visualiser sur l'oscilloscope et relever sur document réponse 2 l'évolution temporelle de  $u_{ch}$  et  $i_{ch}$  pour un angle de commande  $\psi = 45^\circ$ .

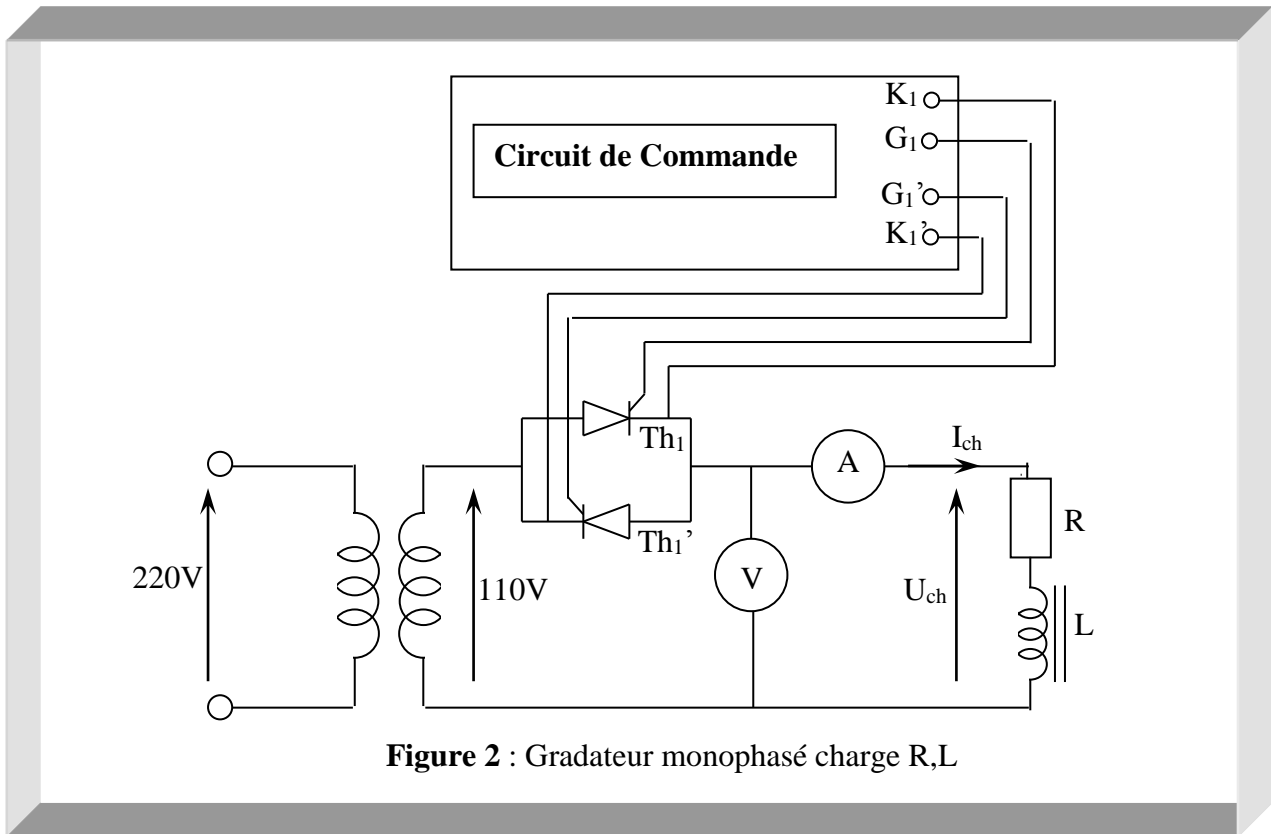
I-6- Exprimer la valeur efficace de la tension de charge  $U_{chef}$  en fonction de  $V_{ef}$  et  $\psi$ .

Calculer  $U_{chef}$  et la comparée avec la valeur mesurée.

I-7- Tracer point par point sur document réponse 3 la corbe  $[ I_{ch} / I_{max} ] = f(\psi)$ , interpréter cette courbe.

## II- Charge inductive.

I-1- Réalisé le montage pratique de la figure 2.



I-2- Visualiser sur l'oscilloscope et relever sur document réponse 4 l'évolution temporelle de  $u_{ch}$  et  $i_{ch}$  pour un angle de commande  $\psi = 90^\circ$ .

I-3- Exprimer la valeur efficace de la tension de charge  $U_{chef}$  en fonction de  $V_{ef}$  et  $\psi$ .

Calculer  $U_{chef}$  et la comparée avec la valeur mesurée.

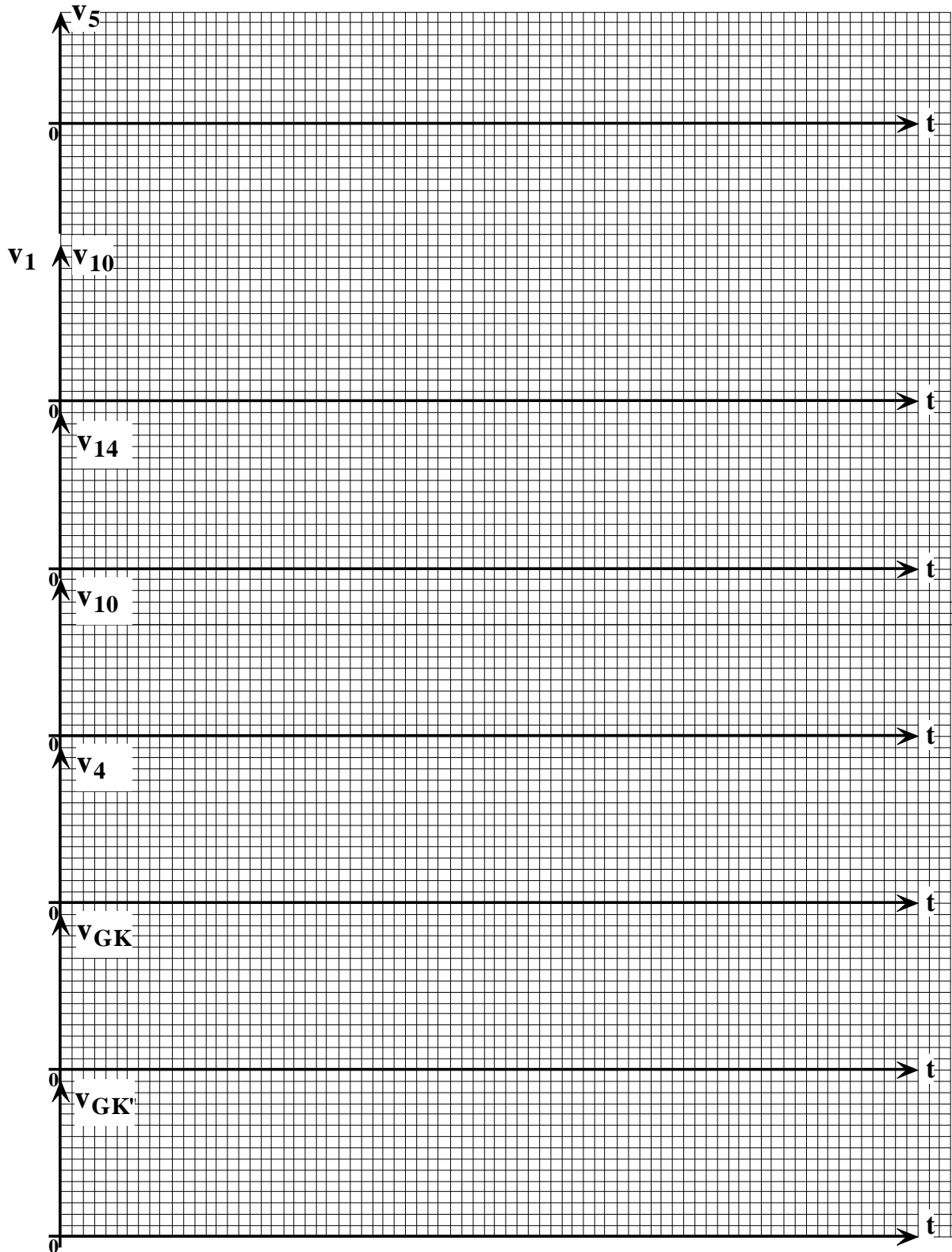
I-4- Exprimer la valeur efficace du courant en charge  $I_{chef}$  en fonction de  $V_{ef}$  et  $\psi$ .

Calculer  $I_{chef}$  et la comparée avec la valeur mesurée.

I-5- Tracer point par point sur document réponse 5 la corbe  $[ I_{ch} / I_{max} ] = f(\psi)$ , interpréter cette courbe.

## Document réponse N°1

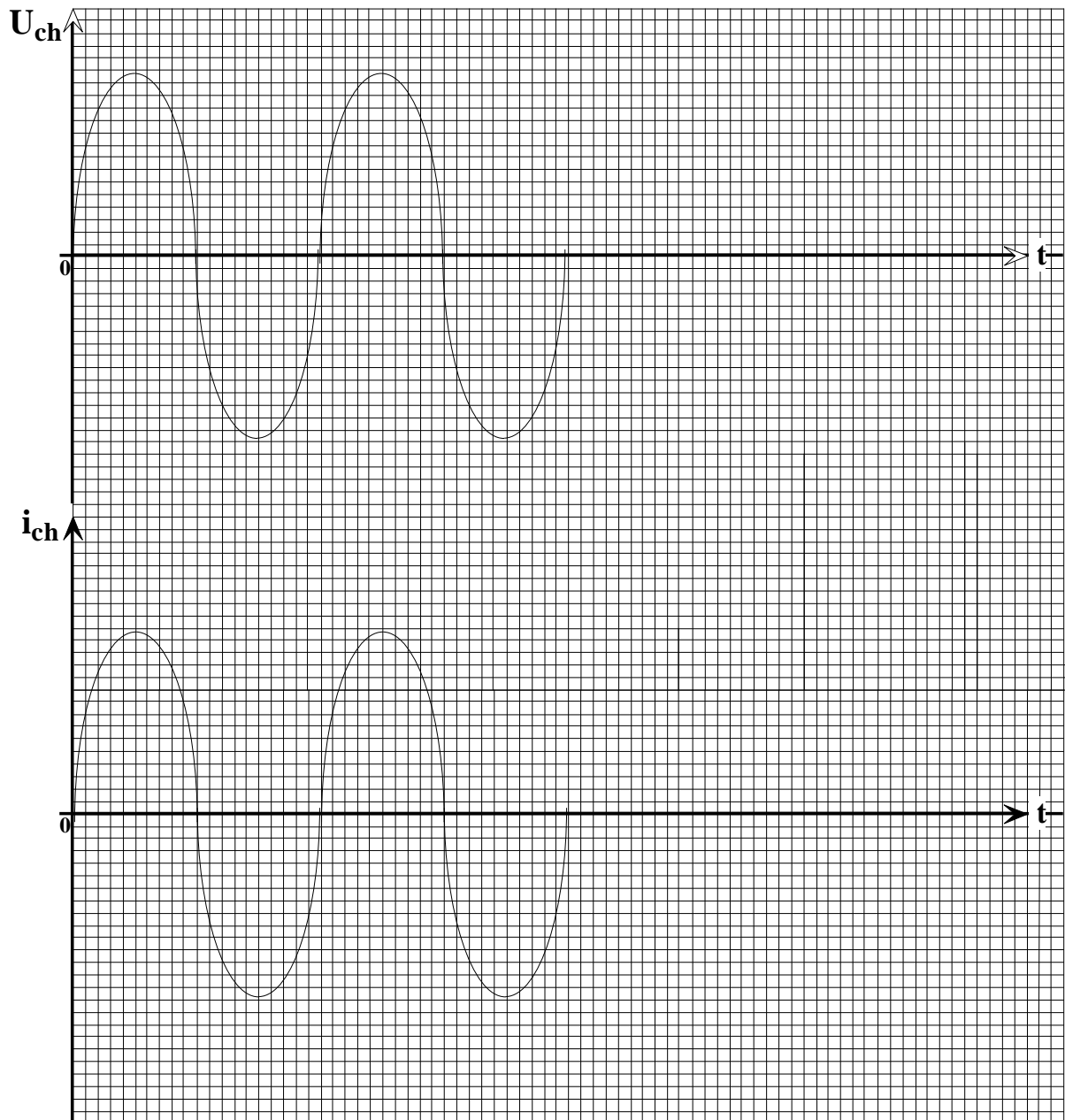
Allure des tensions aux différent points de circuit de commande





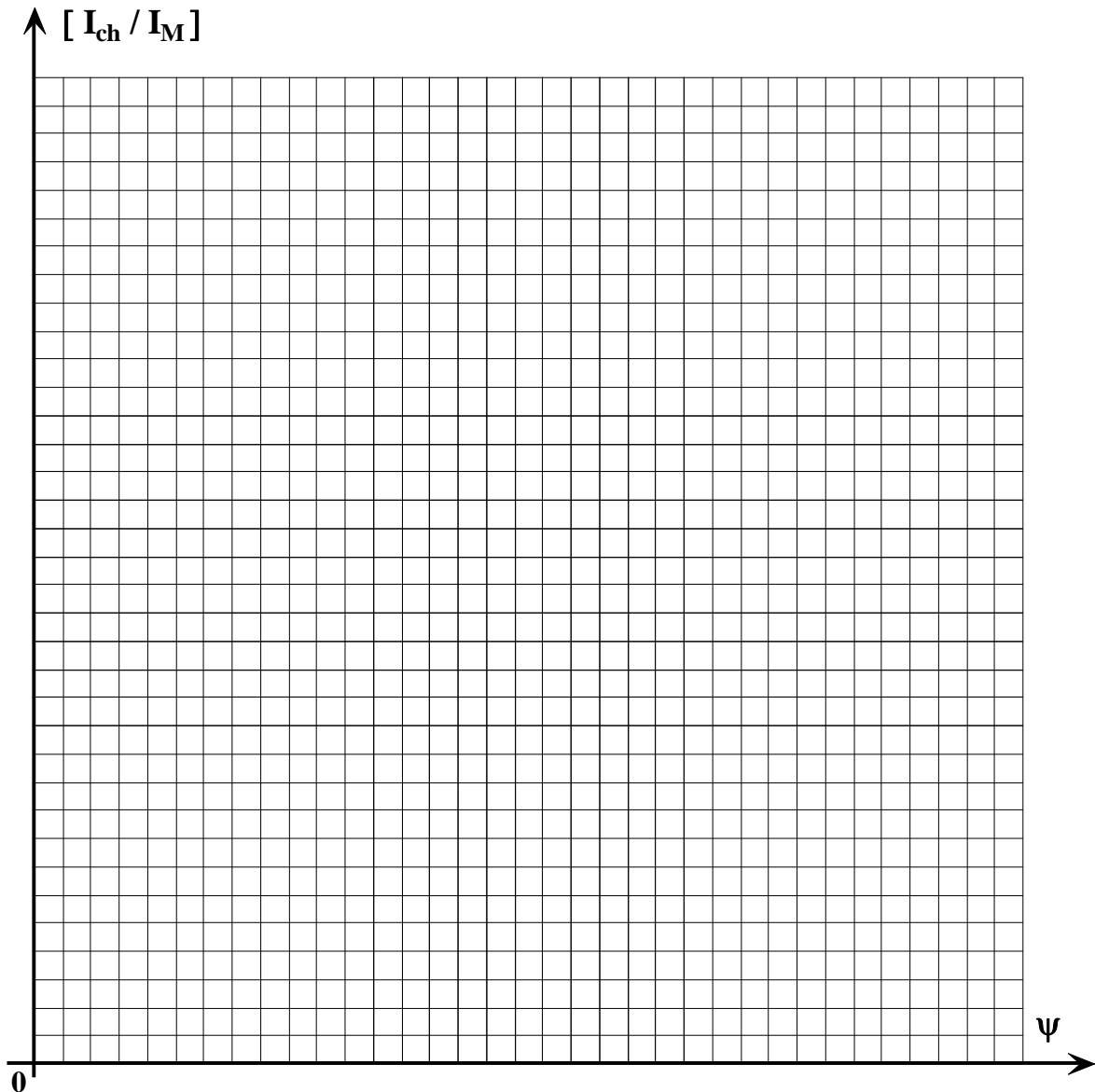
## Document réponse N°2

Charge résistive avec  $\psi = 45^\circ$ .

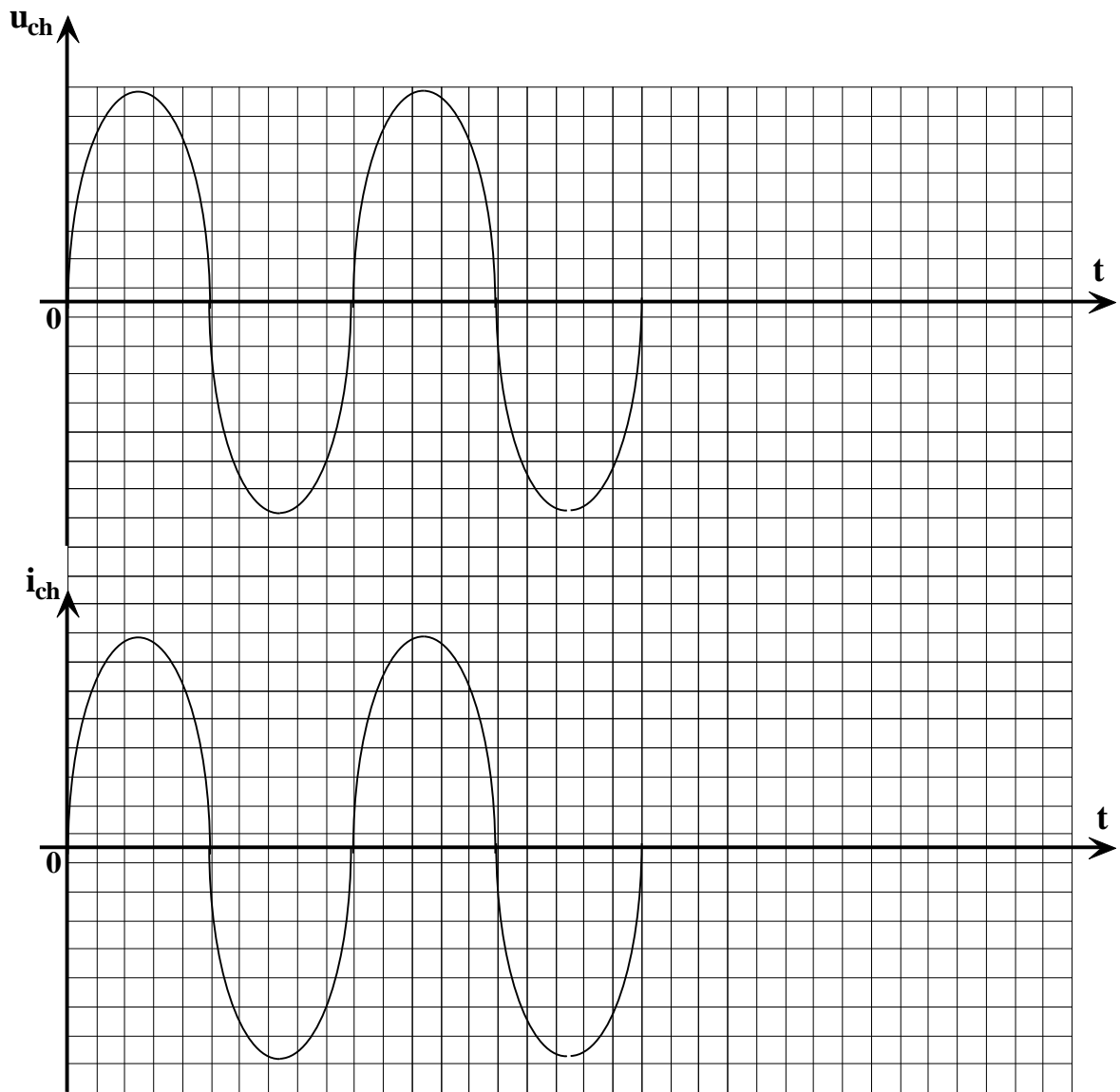


**Document réponse N°3**  
**Charge résistive**

$\psi$ (°)	0	45	60	90	115	130	145	160	180
$I_{ch}(A)$									
$U_{ch}(V)$									
$I_{ch}/I_M$									

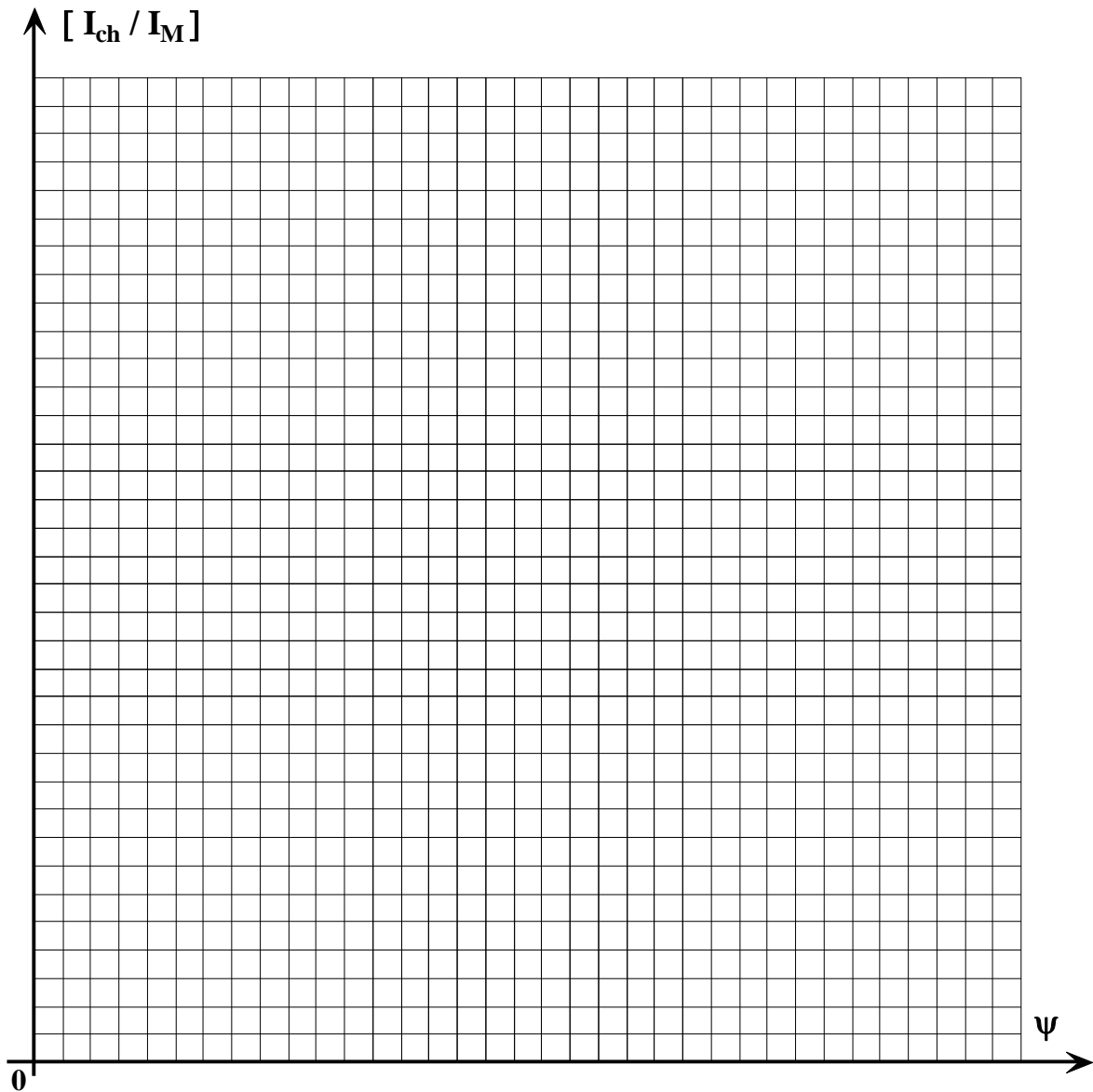


**Documment réponse N°4**  
**Charge R.L avec  $\psi = 90^\circ$**



**Document réponse N°5**  
**Charge R.L**

$\psi$ (°)	0	45	60	90	115	130	145	160	180
$I_{ch}(A)$									
$U_{ch}(V)$									
$I_{ch}/I_M$									



*T.P N°2*

## LES GRADATEURS TRIPHASES

### Objectifs :

- Analyser les allures des tensions aux différents points du circuit de commande.
- Analyser l'évolution de la tension et du courant d'un gradateur triphasés avec charges résistive et inductive.
- Déterminer la caractéristique de commande  $[ I_{ch} / I_{max} ] = f(\psi)$ .

### Matériels utilisés :

- Transformateur triphasés 380/90v
- Eléments de puissances du convertisseur ( $T_{h1} , T_{h1}'$ ) ; ( $T_{h2} , T_{h2}'$ ) ; ( $T_{h3} , T_{h3}'$ ).
- Appareil de mesure Voltmètre- Ampermetre.
- Charge résistive variable.
- Charge inductive variable.
- Oscilloscope numérique bicanal Tektronix.
- Sonde de tension à effet Hall Tektronix.
- Elément de commande du convertisseur ( $T_{h1} , T_{h1}'$ ) ; ( $T_{h2} , T_{h2}'$ ) ; ( $T_{h3} , T_{h3}'$ ).
- Filtre

## T.P N°2: LES GRADATEURS TRIPHASES

### I- Charge résistive $R = 162\Omega$ .

**I-1-** Réaliser le montage pratique de la figure1a et figure1b.

**I-2-** Alimenter le module de circuit de commande et de puissance

**I-3-** Observer et tracer sur document réponse 1 les allures des tensions aux différents points de circuit de commande pour un angle de commande  $\psi = 45^\circ$ .

**I-4-** Visualiser sur l'oscilloscope et relever l'évolution temporelle de  $v_{ch}$  et  $i_{ch}$  pour les angles de commande suivantes :

$$\text{a) 1}^{\text{er}} \text{ Cas } 0 \leq \psi \leq \frac{\pi}{3} \text{ avec } V_{ch} = V \sqrt{1 - \frac{3\psi}{2\pi} + \frac{3}{4\pi} \sin(2\psi)}$$

$$\text{b) 2}^{\text{em}} \text{ Cas } \frac{\pi}{3} \leq \psi \leq \frac{\pi}{2} \text{ avec } V_{ch} = V \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \sin\left(\frac{\pi}{6} + 2\psi\right)}$$

$$\text{c) 3}^{\text{em}} \text{ Cas } \frac{\pi}{2} \leq \psi \leq \frac{5\pi}{6} \text{ avec } V_{ch} = V \sqrt{\frac{5}{4} - \frac{3\psi}{2\pi} + \frac{3}{4\pi} \sin\left(\frac{\pi}{3} + 2\psi\right)}$$

**I-5-** Exprimer la valeur efficace de la tension de charge  $V_{chef}$  en fonction de  $V_{ef}$  et  $\psi$  choisi.

Calculer dans les 3 cas  $V_{chef}$  et la comparée avec la valeur mesurée.

**I-6-** Tracer point par point sur document réponse 2 la corbe  $[ I_{ch} / I_{max} ] = f(\psi)$ , interpréter cette courbe.

**I-7-** Eliminer le filtre et pour un angle de commande  $\psi = 45^\circ$  visualiser sur l'oscilloscope et relever l'évolution temporelle de  $v_{ch}$  et  $i_{ch}$  donner alors l'utilité de ce filtre,

### II- Charge inductive $R=162\Omega$ et $L=2,58H$ .

**II-1-** Réaliser le montage pratique de la figure1a et figure1b.

**II-2-** Alimenter le module de circuit de commande et de puissance

**II-3-** Visualiser sur l'oscilloscope et relever l'évolution temporelle de  $v_{ch}$  et  $i_{ch}$  pour les angles de commande suivantes :

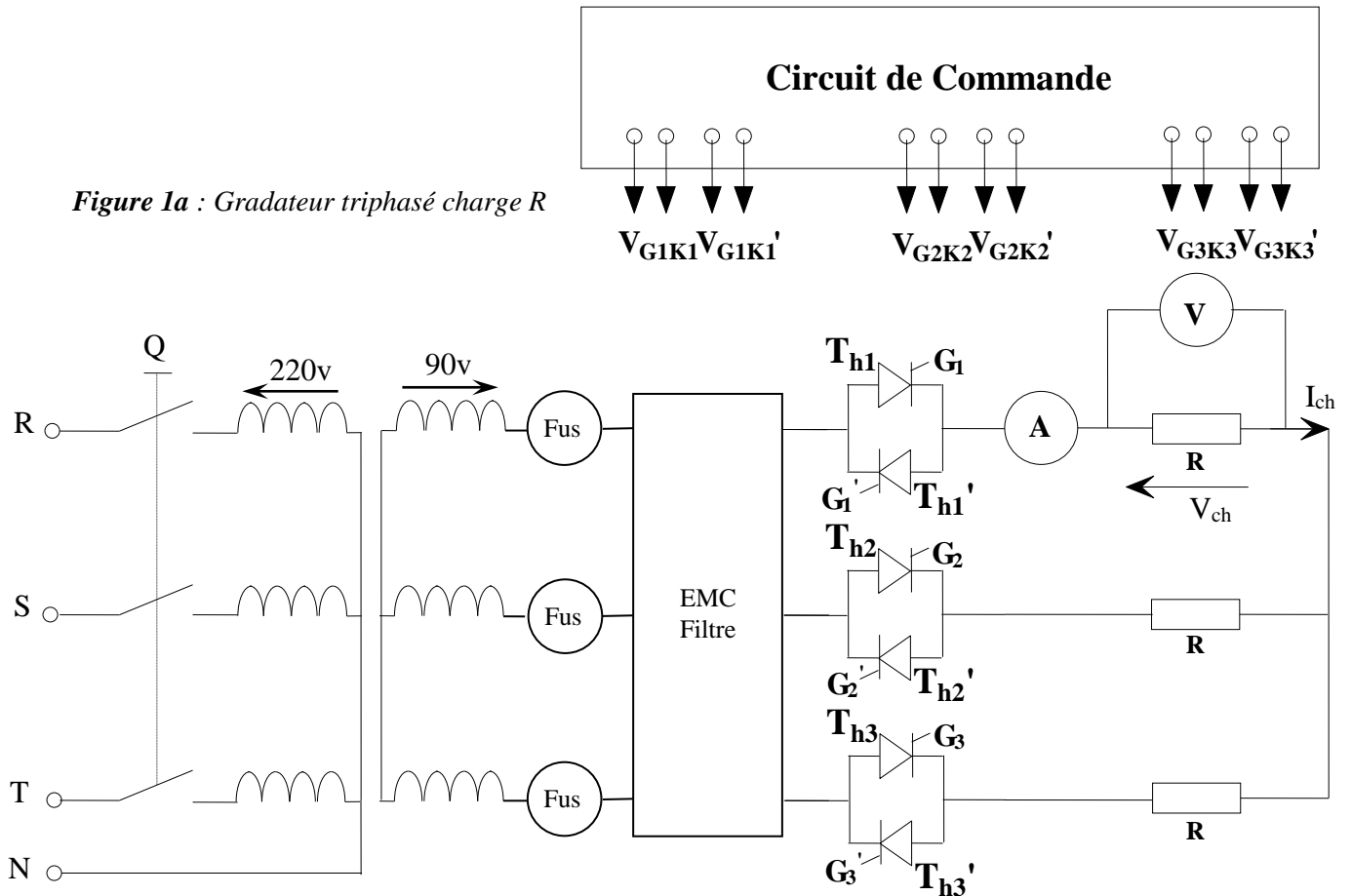
$$\text{a) 1}^{\text{er}} \text{ Cas } \varphi \leq \psi \leq \psi_L$$

$$\text{b) 2}^{\text{em}} \text{ Cas } \psi_L \leq \psi \leq \frac{5\pi}{6}$$

**II-4-** Exprimer la valeur efficace de la tension de charge  $V_{chef}$  en fonction de  $V_{ef}$  et  $\psi$  choisi.

Calculer dans les 3 cas  $V_{chef}$  et la comparée avec la valeur mesurée.

- II-5-** Tracer point par point sur document réponse 3 la corbe [  $I_{ch} / I_{max}$  ] =  $f(\psi)$ , interpréter cette courbe.
- II-6-** Elliminer le filtre et pour un angle de commande  $\psi = 45^\circ$  visualiser sur l'oscilloscope et relever l'évolution temporelle de  $v_{ch}$  et  $i_{ch}$  donner alors l'utilité de ce filtre,



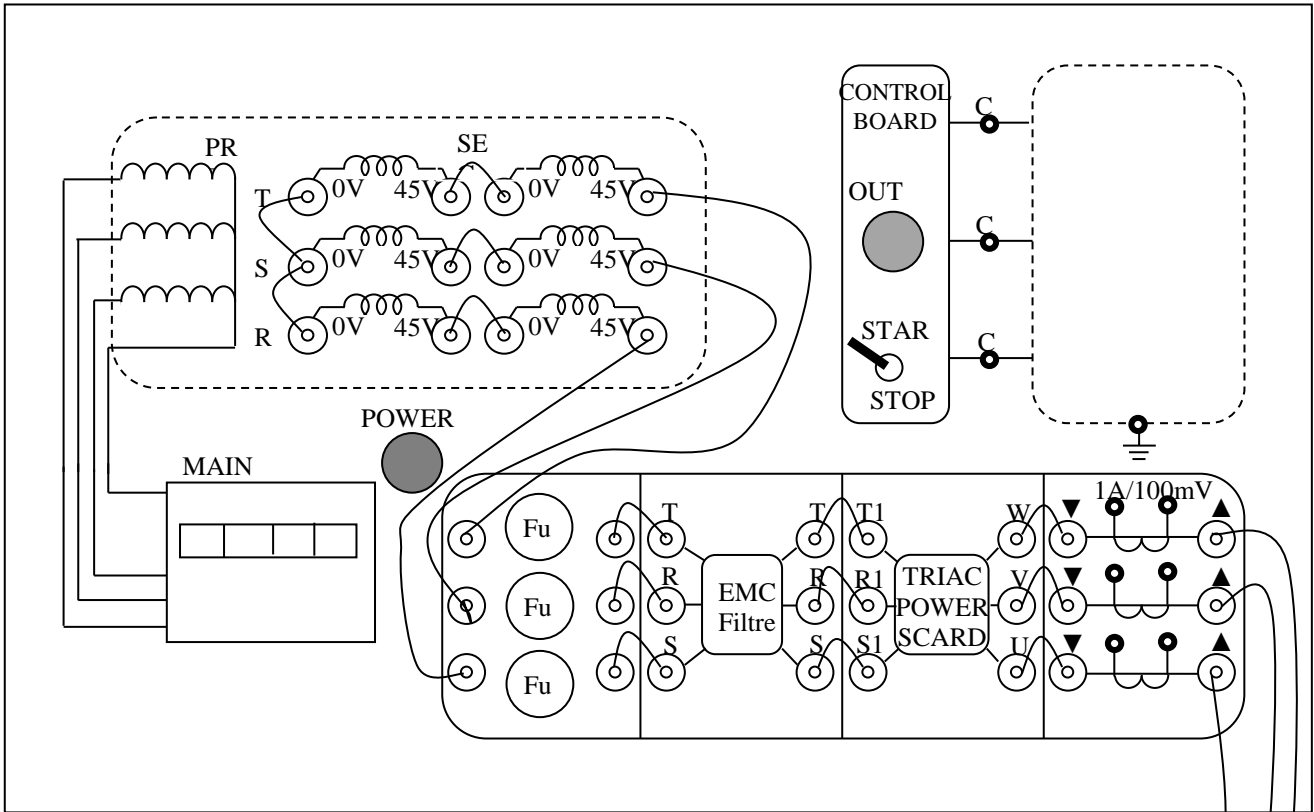
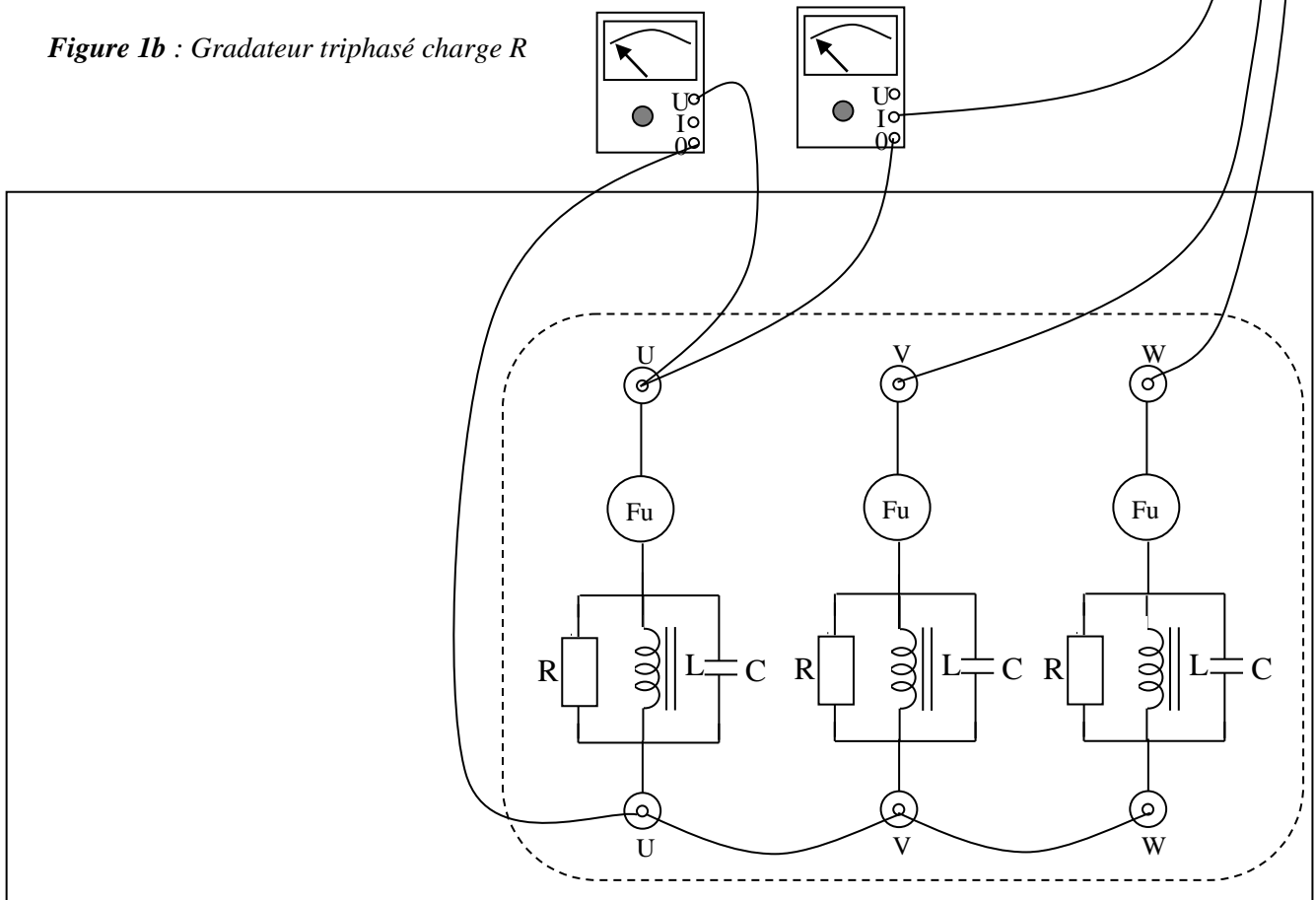
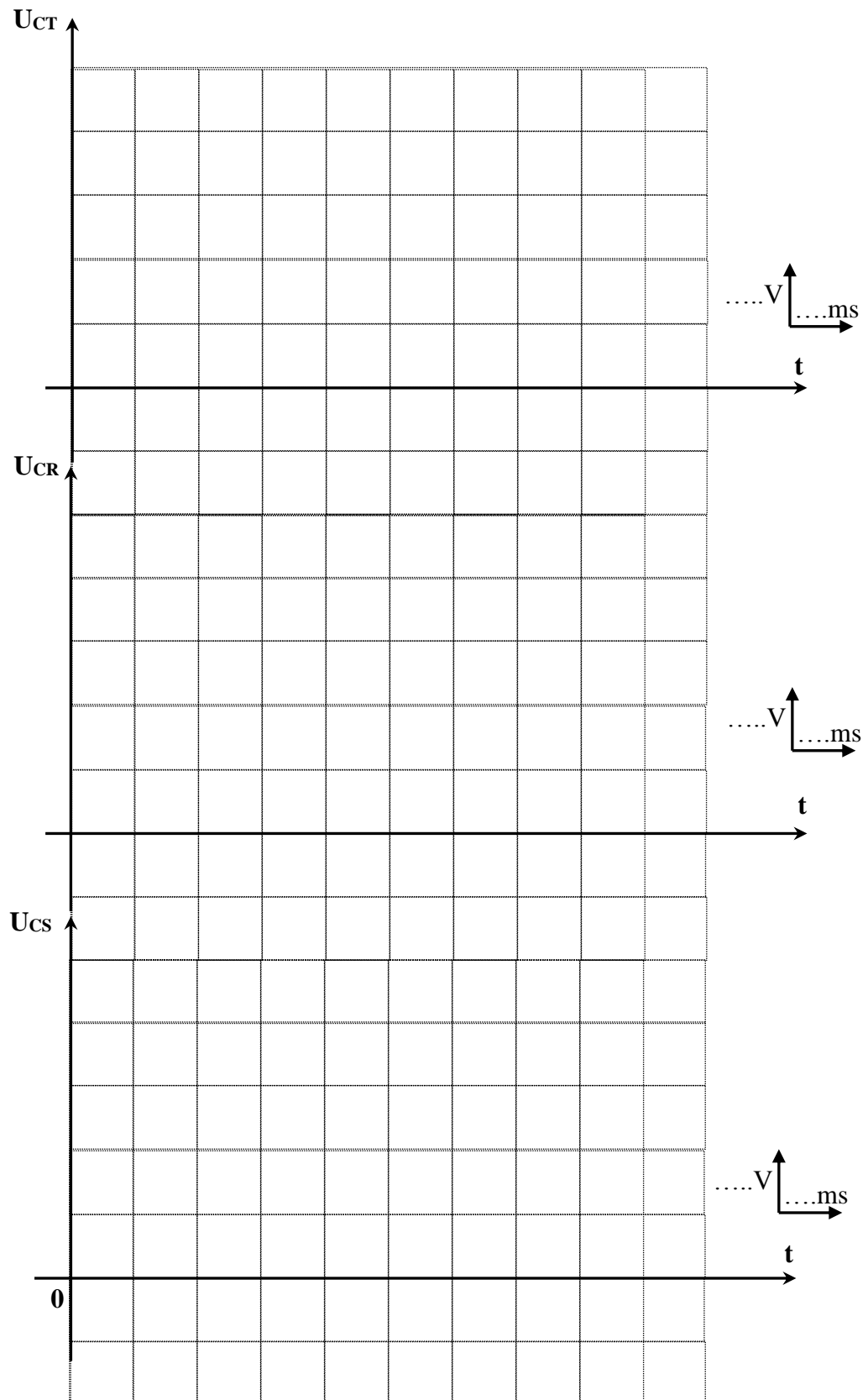


Figure 1b : Gradateur triphasé charge R



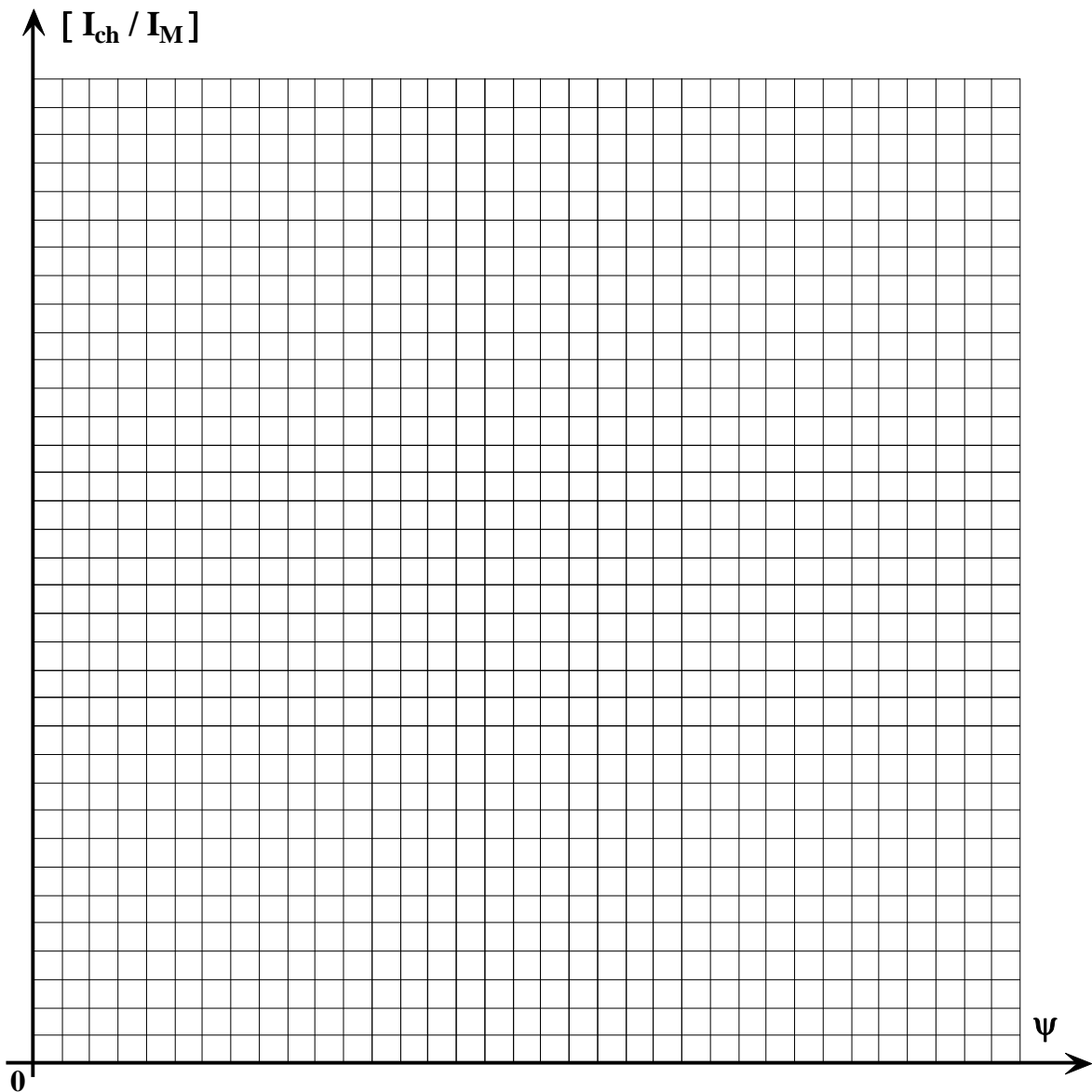


**Document réponse N°1**  
**Charge R=405Ω**



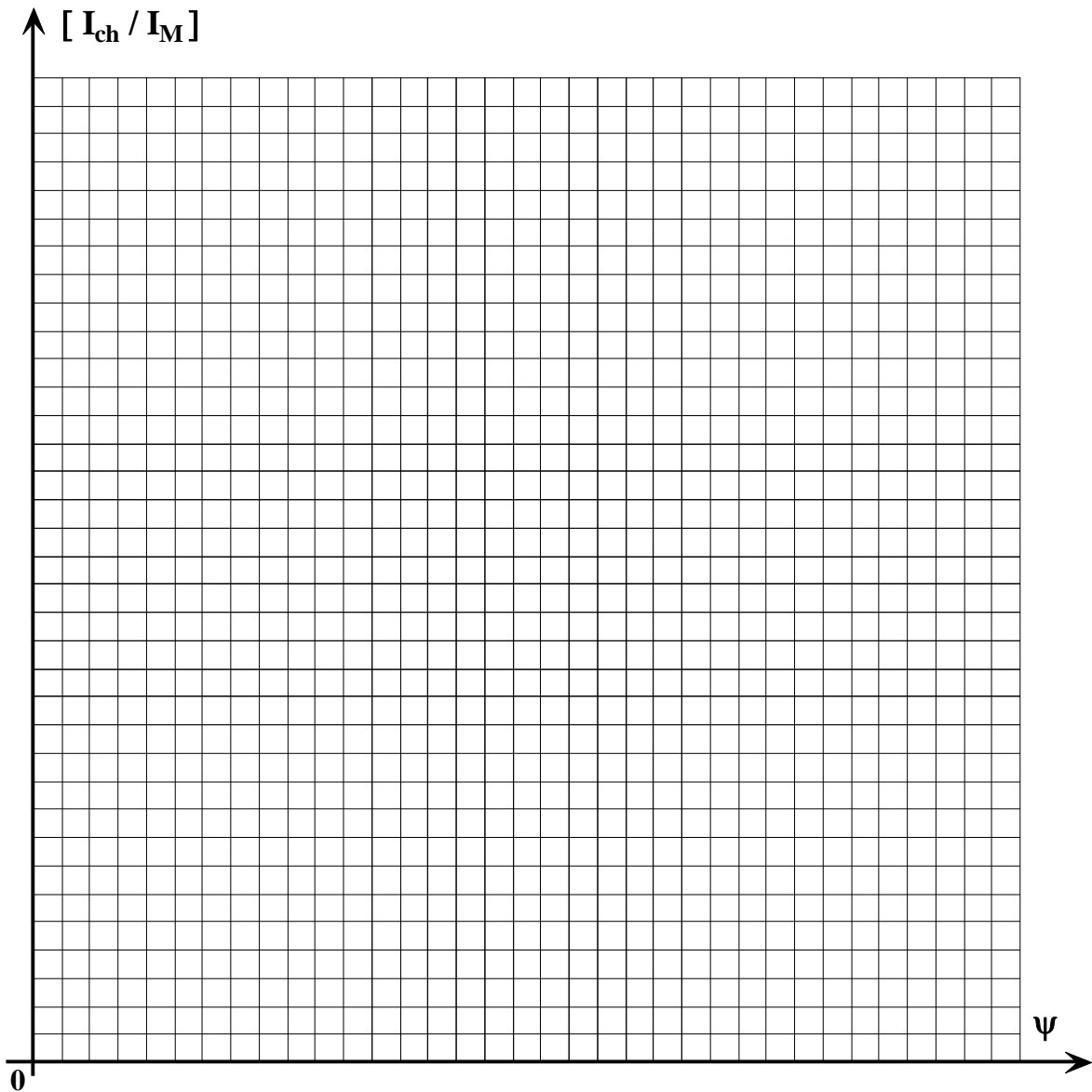
**Document réponse N°2**  
**Charge résistive R=405Ω**

$\psi$ (°)	0	45	60	90	115	130	145	160	180
$I_{ch}(A)$									
$V_{ch}(V)$									
$I_{ch}/I_M$									



**Document réponse N°3**  
**Charge  $R=162\Omega$  et  $L=2,58H$**

$\psi$ (°)	0	45	60	90	115	130	145	160	180
$I_{ch}(A)$									
$V_{ch}(V)$									
$I_{ch}/I_M$									



*T.P N°3*

## HACHEUR DEVOLTEUR A THYRISTOR AVEC CIRCUIT D'EXTINCTION

### Objectifs :

- Visualiser et Analyser les allures des tensions aux différents points du circuit de commande.
- Visualiser et Analyser l'évolution de la tension et du courant d'un hacheur série à transistor Darlington avec charges résistive et inductive.
- Déterminer la caractéristique  $U_C = f(\alpha)$ .

### Matériels utilisés :

- Cadre profilé à deux étages, de largeur 120cm
- Transformateur 45/90,3N
- Branche de convertisseur à deux diodes.
- Fusible ultrarapide triple 6A
- Capacité, 2x1000 $\mu$ F/385v.
- Thyristor avec circuit d'extinction
- Charge électronique de puissance
- Rhéostat à curseur 320 $\Omega$ /1,5A.
- Rhéostat à curseur 110 $\Omega$ /2,5A.
- Alimentation stabilisée  $\pm 15$ v/3A
- Potentiomètre de valeur de consigne
- Unité de commande PWM/PFM
- Appareils de mesures RMS
- Shunt de mesure 0,1 $\Omega$ /8A
- Ampli-séparateur
- Oscilloscope bicanal
- Sonde 10:1
- Câbles d'expérience de sécurité
- Cavaliers

## T.P N°3: HACHEUR DEVOLTEUR A THYRISTOR AVEC CIRCUIT D'EXTINCTION

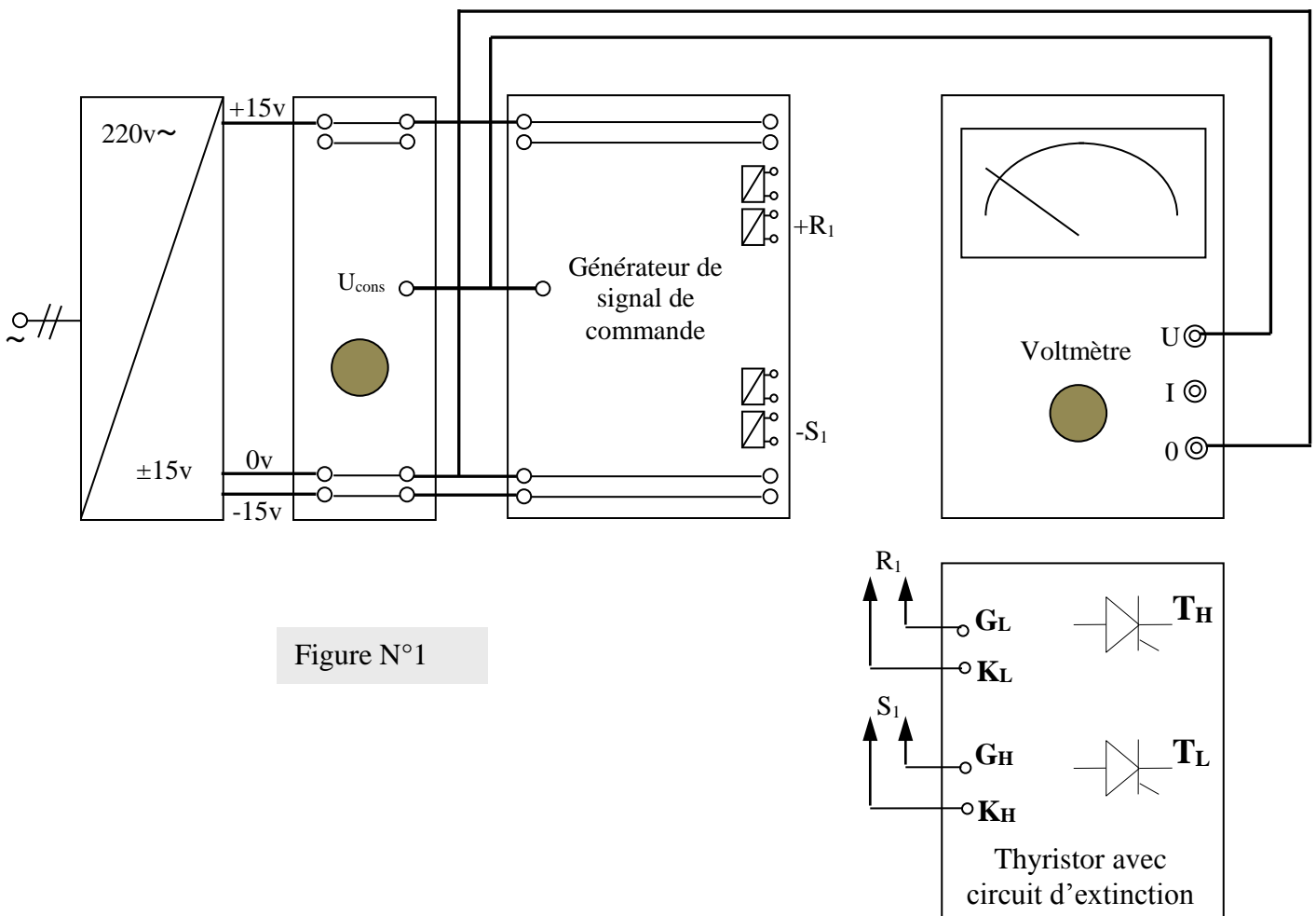
### I- Etude de l'unité de commande en mode PWM :

#### I-1- Réalisation du montage, réglage de base.

Pour l'instant, ne câbler que les appareils nécessaires pour le test de l'unité de commande suivant le schéma de câblage de la **Fig-1**.

Connecter le potentiomètre de valeur de consigne de manière à obtenir une tension de sortie 0.....10v.

Mesurer la tension du potentiomètre de valeur de consigne avec le voltmètre 1.



Connexions entre l'unité de commande et les thyristors:

- ▶ Impulsions de la sortie S1 → impulsions d'amorçage du thyristor principale  $T_H$ .
- ▶ Impulsions de la sortie R1 → impulsions d'amorçage du thyristor principale  $T_L$ .

L'entrée (12) de l'amplificateur de sortie de l'unité de commande est reliée à la sortie(9) du modulateur de largeur d'impulsions à l'aide d'un cavalier de dérivation.

Observer à l'oscilloscope la tension de sortie  $U_9$  du modulateur de largeur d'impulsion,

Réglages conseillés: Canal I	:5v/div
Temps	:1 ms/div
Déclenchement	:interne, canal I
Potentiomètre de valeur de consigne	:sur 5v

**N'enficher pas de cavalier à l'entrée inhibiter  $\overline{INH}$  (3) de l'unité de commande.**

## I-2- Réglage de la fréquence $f$ à 220Hz.

Réglage de l'unité de commande : grossier(4): «x10»  
fin(5) : «20f/Hz»

Essayer autant que possible de régler la fréquence  $f$  sur 220Hz ( $T= 5ms$ ), on agissant sur le réglage fin(5).

**Le réglage de la fréquence à 200Hz devra être conservé pour toute la série d'essais.**

## I-3- Rapport cyclique variable

Modifier la tension du potentiomètre de valeur de consigne  $U_{cons}$  du modulateur de largeur d'impulsions(1) entre la butée gauche (0v) et la butée droite (+10v). Compléter le tableau du document réponse N°1 et tracer la courbe  $\alpha$  ( $U_{con}$ ). Calculer la relation entre  $\alpha$  et  $U_{con}$ .

## II- Hacheur débitant sur charge RL:

### II-1- Montage

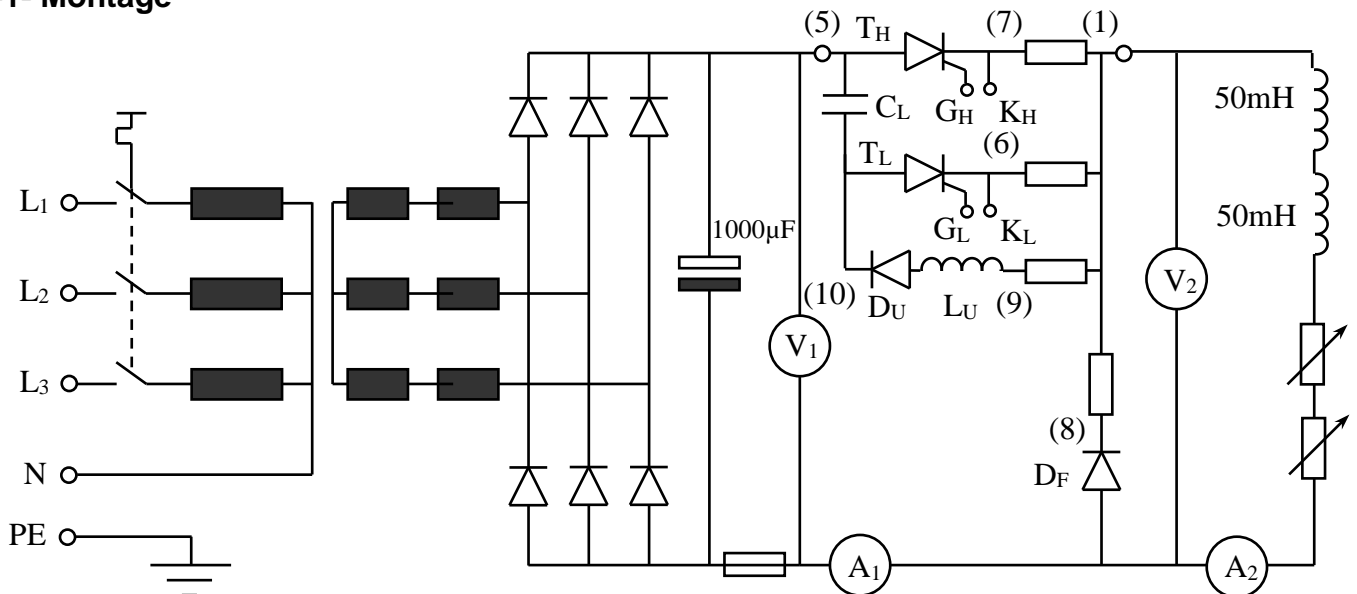


Figure N°2

### II-2- Mode opératoire

- ▶ Réaliser le montage complet donné dans le schéma électrique (Figure N°2).
- ▶ Les appareils de mesure permet de déterminer:
  - La tension continue d'entrée  $U_{entr}$ . (voltmètre  $V_1$ )
  - Le courant continue d'entrée  $I_{entr}$ . (ampèremètre  $A_1$ )
  - La tension continue de sortie  $U_{sort}$ . (voltmètre  $V_2$ )
  - Le courant continue de sortie  $I_{sort}$ . (ampèremètre  $A_2$ )

- ▶ Réaliser les réglages suivants:
  - Unité de commande :  $f = 200\text{Hz}$ .
  - Valeur de consigne : potentiomètre sur 5v.
  - Résistance de la charge :  $R \approx 200\Omega$ .
  - INHIBIT : cavalier enfiché.
- ▶ Les premiers appareils à mettre en circuit doivent être:
  - L'alimentation stabilisée pour l'unité de commande,
  - Les appareils de mesure,
  - Le transformateur,
  - Enlever le cavalier d'inhibition.

**Important:**

**Enficher le cavalier d'inhibition dès que vous mettez le transformateur hors circuit.**

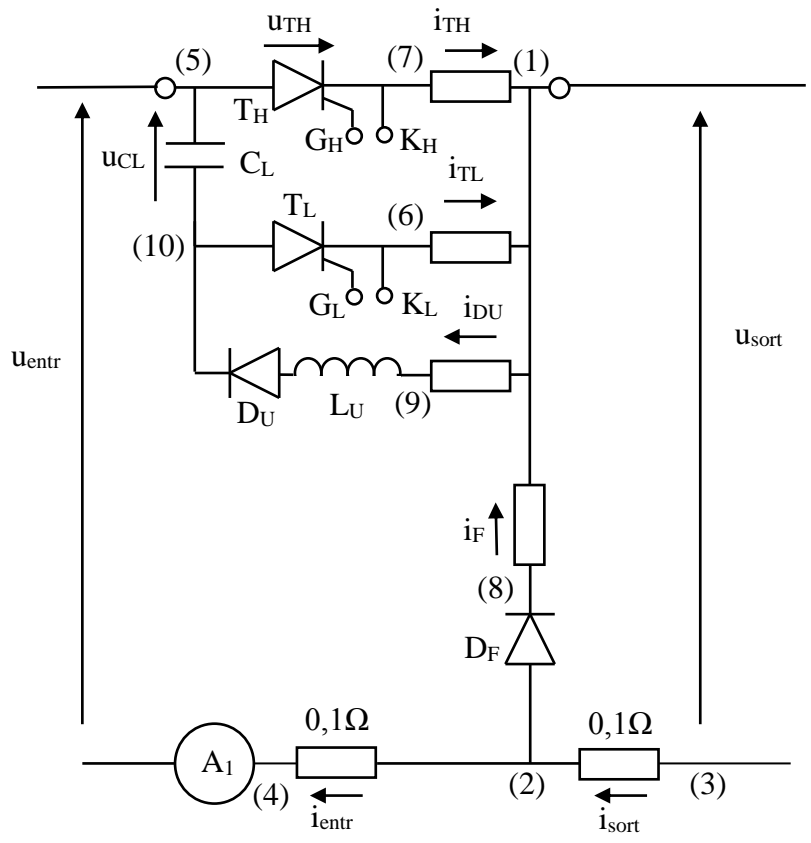
**De cette manière, vous ne l'oubliez pas avant la mise en circuit.**

**II-3- Représentation du fonctionnement interne du hacheur**

**II-3-1-** Mettre le transformateur sous tension et relever pour  $I_{\text{sort}} \approx 1,5\text{A}$ , sur le document réponse N°2, pour  $\alpha = 0.5$  :  $u_{\text{sort}}(t), i_{\text{sort}}(t), u_{\text{CL}}(t), i_{\text{TL}}(t), i_{\text{F}}(t), u_{\text{TH}}(t)$  et  $i_{\text{TH}}(t)$ .

**II-3-2-** Interpréter les résultats et conclure.

Toutes les grandeurs à observer à l'oscilloscope sont indiquées dans le schéma partiel ci-contre.



## II-4- Caractéristique de commande $U_{\text{sort}} = f(\alpha)$ .

► Réaliser les réglages suivants:

- Unité de commande :  $f = 200\text{Hz}$ .
- Valeur de consigne : potentiomètre sur 5v.
- Résistance de la charge :  $R \approx 100\Omega$ .
- INHIBIT : cavalier enfiché.

► Oscilloscope: pour étudier le fonctionnement de base du hacheur on représentera la tension de sortie et le courant de sortie .

- Canal I:  $U_{\text{sort}}$  entre le point (1) et le point (2)-masse de l'oscilloscope.

Sonde:10:1

Sensibilité:10v/div.

- Canal II:  $I_{\text{sort}}$  entre le point (3) et le point (2).

Sensibilité:2v/div.

- Temps: 1ms/div.

- Déclenchement : interne, canal I, sur front montant au début de la première phase principale.

**II-4-1-** En faisant varier le rapport cyclique  $\alpha$  compléter le tableau du document réponse N°3 et tracer les courbes:  $U_{\text{sort}}(\alpha)$ ,  $I_{\text{sort}}(\alpha)$  et  $U_{\text{entr}}(\alpha)$ .

**II-4-2-** Calculer la valeur théorique de la tension de sortie (  $U_{\text{sort,idéale}}$  ) compléter le tableau du document réponse N°3 et tracer la courbe:  $U_{\text{sort,idéale}}(\alpha)$ .

$$\text{Avec } U_{\text{sort,idéale}} = U_{\text{entr}} . \alpha$$

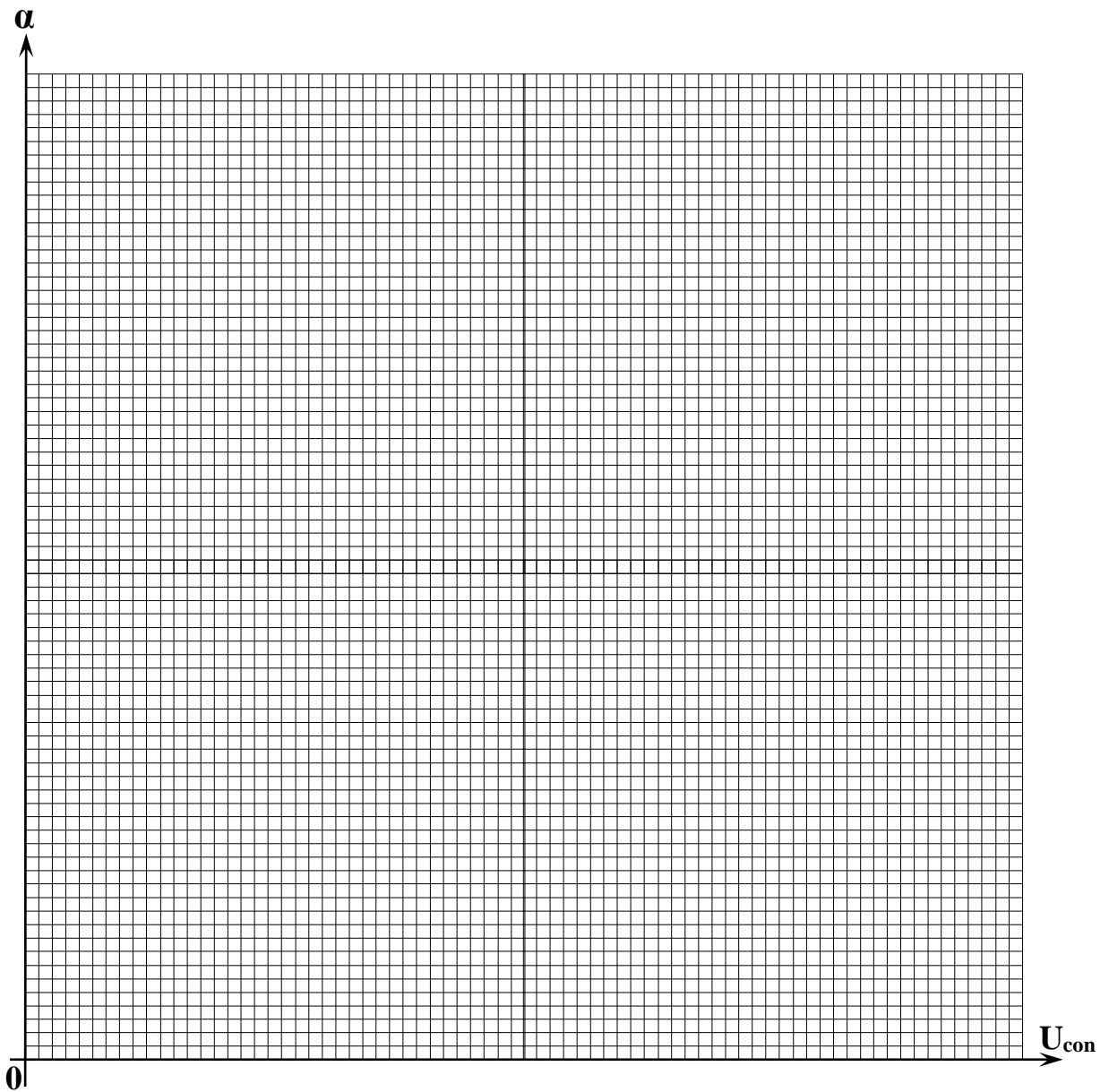
**II-4-2-** Commenter les courbes obtenues.



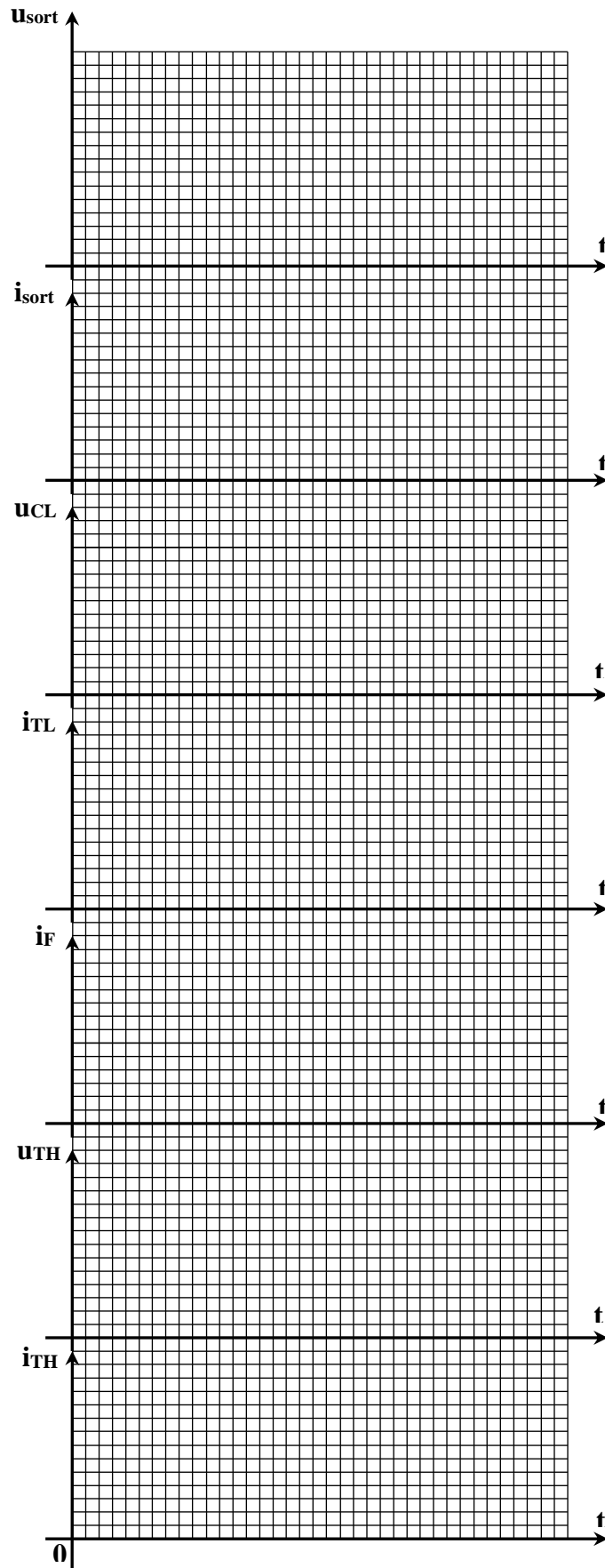
**Document réponse N°1**

<b>U<sub>con</sub>(v)</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>t<sub>F</sub>(ms)</b>											
<b>α</b>											

**Caractéristique:  $\alpha = f(U_{con})$**



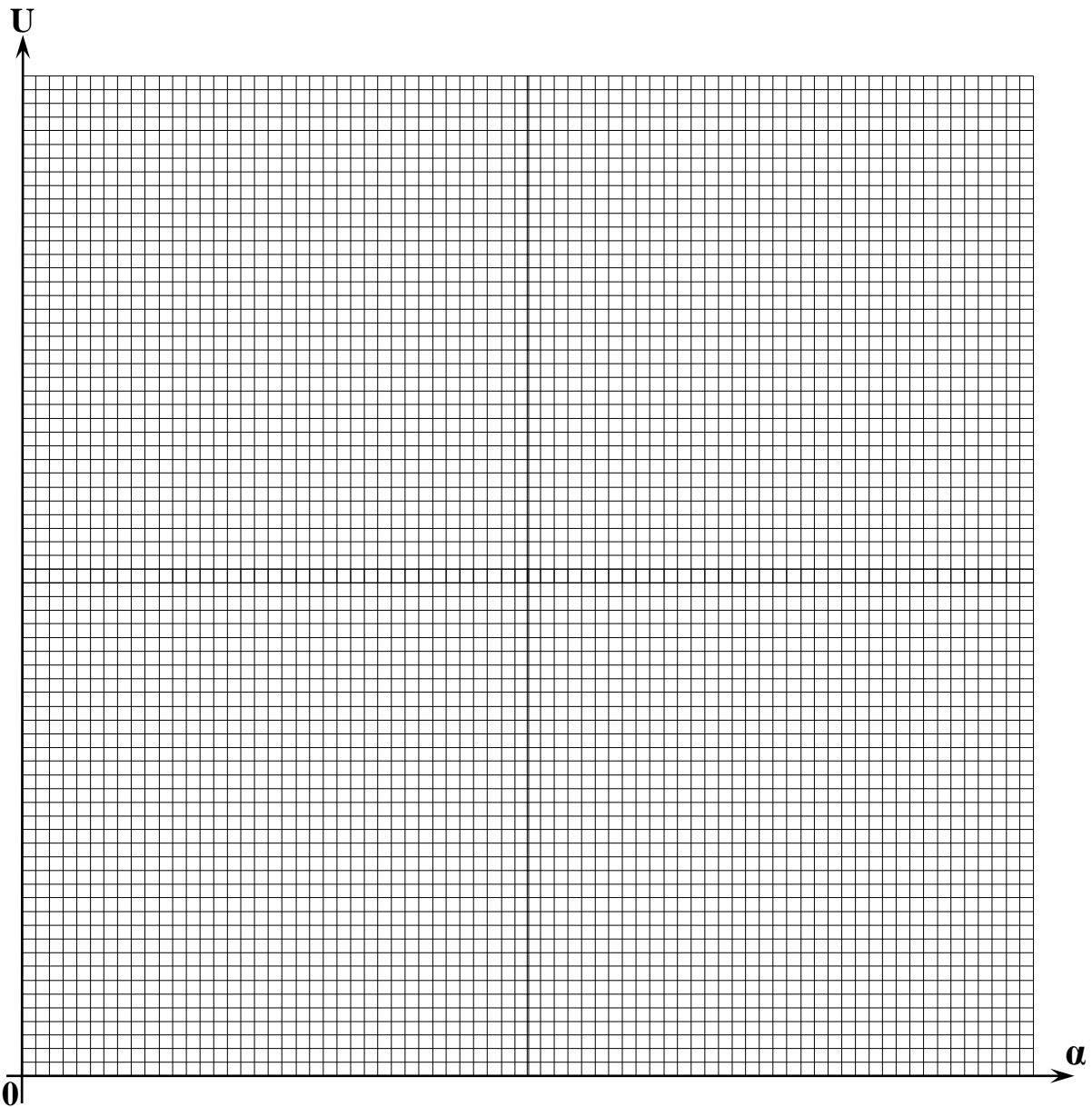
**Document réponse N°2**  
**Charge R-L pour  $\alpha=0,5$**



## Document réponse N°3

$\alpha$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$U_{\text{sort}} \text{ (v)}$											
$I_{\text{sort}} \text{ (A)}$											
$U_{\text{entr}} \text{ (v)}$											
$U_{\text{sort, idéal}} \text{ (v)}$											

Caractéristiques:  $U_{\text{sort}}(\alpha)$ ,  $U_{\text{entr}}(\alpha)$  et  $U_{\text{sort, idéale}}(\alpha)$ .



*T.P N°4*

## HACHEUR SURVOLTEUR

### Objectifs :

- Visualiser et Analyser les allures des tensions aux différents points du circuit de commande.
- Visualiser et Analyser l'évolution de la tension et du courant d'un hacheur parallèle à transistor MOSFET avec charges résistive.
- Déterminer la caractéristique  $U_{Cha} = f(\alpha)$ .

### Matériels utilisés :

- Cadre profilé à deux étages, de largeur 120cm
- Transformateur 45/90,3N
- Fusible ultrarapide triple 6A
- Capacité, 2x1000 $\mu$ F/385v.
- Transistor Darlington
- Diode
- Charge électronique de puissance
- Rhéostat à curseur 320 $\Omega$ /1,5A.
- Rhéostat à curseur 110 $\Omega$ /2,5A.
- Alimentation stabilisée  $\pm 15$ v/3A
- Unité de commande PWM/PFM
- Appareil de mesure RMS
- Shunt de mesure 0,1 $\Omega$ /8A
- Ampli-séparateur
- Oscilloscope bicanal
- Sonde 10:1
- Câbles d'expérience de sécurité
- Cavaliers

## T.P N°4: HACHEUR SURVOLTEUR

### Hacheur survolteur à transistor Darlington

Comme son nom l'indique, le hacheur survolteur ou élévateur de tension fournit au récepteur une tension continue supérieure à celle de la source. Ce récepteur peut être une charge résistive passive, la tension aux bornes de cette charge dépendant des caractéristiques de service du hacheur. Mais, il peut également s'agir d'une source de tension continue fixe pouvant absorber de l'énergie (récupération). On traitera tout d'abord le hacheur survolteur sur charge résistive avec la commande par modulation de largeur d'impulsion, puis le même hacheur dans un fonctionnement en récupération, également avec le même procédé de commande. Comme le hacheur traité dans ce chapitre est un hacheur à transistor Darlington, il est recommandé de ne pas dépasser une fréquence maximale de 2kHz.

Au lieu du transistor Darlington, on pourrait également utiliser le MOSFET ou l'IGBT, les fréquences maximales recommandées seraient alors respectivement 10kHz et 5kHz.

### I- Fonctionnement avec commande par modulation de largeur d'impulsions et avec charge résistive

#### I-1- Montage

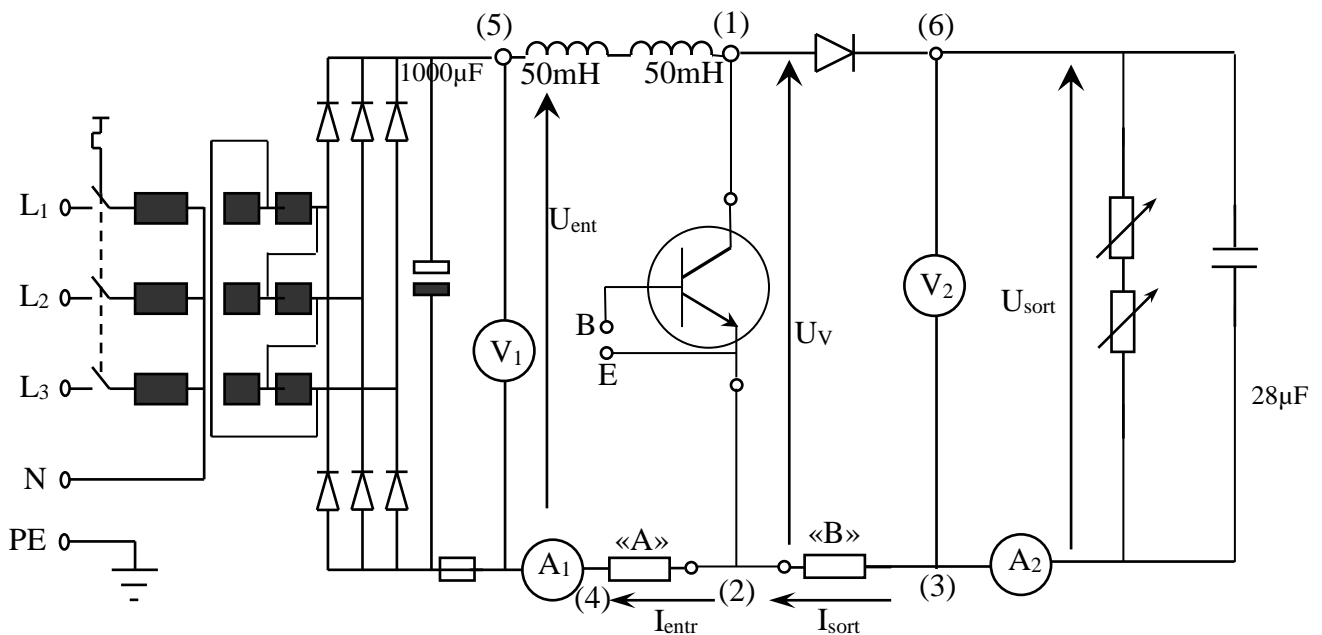


Figure N°1

#### I-2- Mode opératoire

► Réaliser le montage complet donné dans le schéma électrique (Figure N°1). N'oubliez pas d'enficher les cavaliers des circuits de protection RC du transistor et de la diode. Comme les autres transistors, le

Darlington recevra ses impulsions de commande de la sortie S1 de l'unité de commande. Pour cela, relier S1+ à la base B et S1- à l'émetteur E.

- ▶ Les appareils de mesure permet de déterminer:
  - La tension continue d'entrée  $U_{entr.}$  (Voltmètre  $V_1$ )
  - Le courant continue d'entrée  $I_{entr.}$  (Ampèremètre  $A_1$ )
  - La tension continue de sortie  $U_{sort.}$  (Voltmètre  $V_2$ )
  - Le courant continue de sortie  $I_{sort.}$  (Ampèremètre  $A_2$ )
- ▶ Réaliser les réglages suivants:
  - Unité de commande :  $f = 2\text{kHz}$ .
  - Valeur de consigne : potentiomètre sur 0v.
  - Résistance de la charge :  $R \approx 430\Omega$ .
  - INHIBIT : cavalier enfiché.
- ▶ Les premiers appareils à mettre en circuit doivent être:
  - L'alimentation stabilisée pour l'unité de commande,
  - Les appareils de mesure,
  - Le transformateur,

**Important:**

**Enficher le cavalier d'inhibition dès que vous mettez le transformateur hors circuit.**

**De cette manière, vous ne oubliez pas avant la mise en circuit.**

**I-3-Relevé de toutes les courbes importantes de tension et de courant**

**I-3-1-** Mettre le transformateur sous tension et mesurer :

$$\begin{array}{ll} U_{entr} = 62\text{v} & U_{sort} = 61\text{v} \\ I_{entr} = 0,144\text{A} & I_{sort} = 0,141\text{A} \end{array}$$

Expliquer pourquoi on obtient ces valeurs.

**I-3-2-** Enlever le cavalier d'inhibition. Résultat : le hacheur commute.

Connecter les deux appareils de mesure en voltmètres, augmenter lentement la valeur de consigne  $U_{Cons}$  et décrivez vos observation.

**I-3-3-** Pour le point de fonctionnement du hacheur :  $f = 2\text{kHz}$

$$t_F = 300\mu\text{s}$$

$$I_{sort} = 0,75\text{A}$$

Oscilloscope : temps : 0,1ms/div

Observer les courbes à l'oscilloscope et représenter-les avec une même référence de temps dans diagrammes de la document réponse N°1 prévus à cet usage.

$$\mathbf{u_v(t), i_{sort}(t), u_{entr}(t), u_{sort}(t) \text{ et } i_{entr}(t).}$$

**I-3-4-** Interpréter les résultats et conclure.

**I-4- Caractéristiques de commande  $U_{\text{sort}}$ ,  $I_{\text{entr}} = f(\alpha)$  pour un courant de charge  $I_{\text{sort}}$  constant**

La caractéristique de commande est la caractéristique la plus importante pour la description du comportement en service du hacheur. En faisant varier la tension de consigne de l'unité de commande on modifie le temps de fermeture  $t_F$  et donc également le temps d'ouverture  $t_O$  du transistor. Ceci permet de faire varier la valeur moyenne de la tension de sortie selon la formule

$$U_{\text{sort}} = U_{\text{entr}} \frac{1}{1-\alpha} \text{ avec } \alpha = t_F/T$$

La caractéristique qui va être relevée dans ce qui suit devra être comparée à ces caractéristiques idéales.

► Réaliser les réglages suivants:

- Unité de commande :  $f = 2\text{kHz}$ .
- Valeur de consigne : potentiomètre sur 10v.
- Résistance de la charge :  $R = 430\Omega$ .
- INHIBIT : cavalier enfiché.

► Oscilloscope: pour étudier le fonctionnement de base du hacheur on représentera la tension  $u_V$  au bornes du transistor et le courant de sortie  $i_{\text{sort}}$ :

- Canal I:  $u_V$  entre le point (1) et le point (2)-masse de l'oscilloscope.

Sonde:10:1

Sensibilité:10v/div.

- Canal II:  $i_{\text{sort}}$  entre le point (3) et le point (2).

Sensibilité:0,1v/div.

- Temps: 50 $\mu\text{s}$ /div.

- Déclenchement : interne, canal I, sur front descendant.

**I-4-1-** En faisant varier le rapport cyclique  $\alpha$  compléter le tableau du document réponse N°2 et tracer les courbes:  $U_{\text{sort}}(\alpha)$ ,  $I_{\text{entr}}(\alpha)$  et  $U_{\text{entr}}(\alpha)$

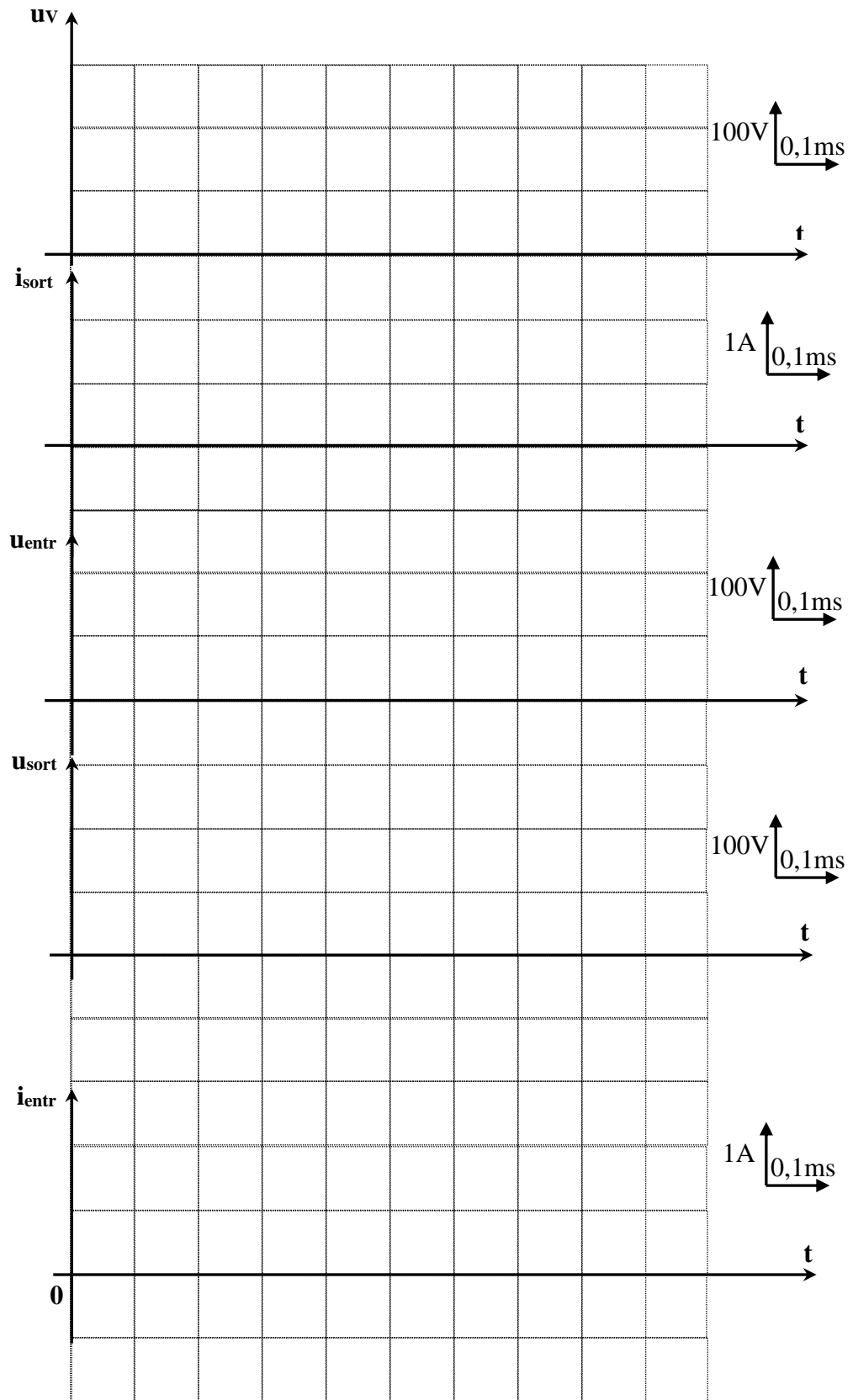
**On devra maintenir le courant de charge  $I_{\text{sort}}$  constant à 0,6A pendant toute la série de mesures en faisant diminuer la résistance de la charge.**

**I-4-2-** Calculer la valeur théorique de la tension de sortie ( $U_{\text{sort,idéale}}$ ) ainsi que ( $I_{\text{entr,idéale}}$ ) compléter le tableau du document réponse N°2 et tracer les courbes:  $U_{\text{entr}}(\alpha)$ ,  $U_{\text{sort}}(\alpha)$ ,  $U_{\text{sort,idéale}}(\alpha)$ ,  $I_{\text{entr}}(\alpha)$  et  $I_{\text{entr,idéale}}(\alpha)$

**I-4-3-** Commenter les courbes obtenues.

Document réponse N°1

Charge R pour  $t_F = 300\mu s$ ,  $f = 2kHz$  et  $I_{sort} = 0,75A$

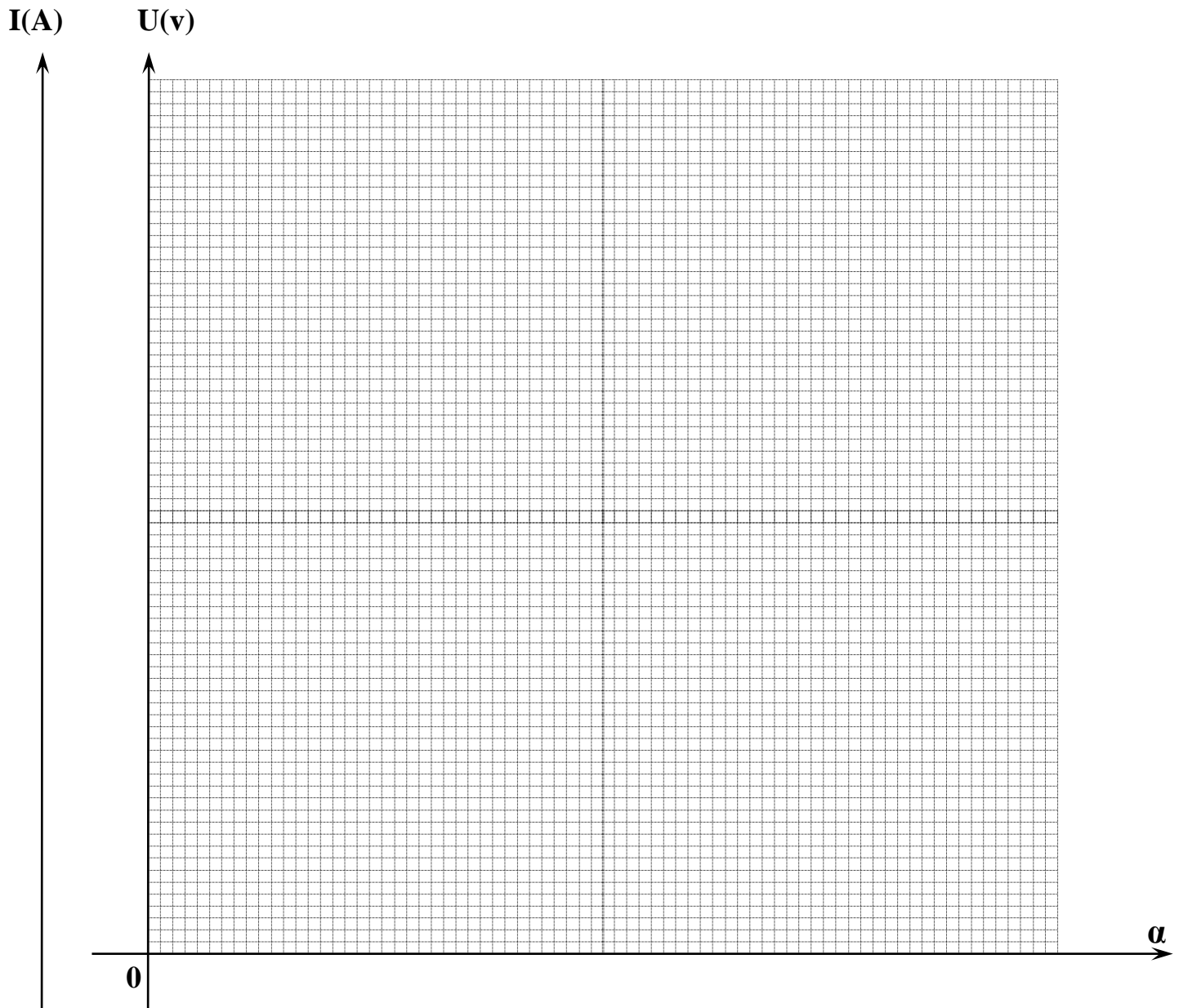




**Document réponse N°2**

$T_F(\mu s)$											
$U_{entr}(V)$											
$U_{sort}(V)$											
$I_{entr}(A)$											
$\alpha$											
$U_{sort,idéale}$											
$I_{entr,idéale}$											

**Caractéristiques:  $U_{entr}(\alpha)$ ,  $U_{sort}(\alpha)$ ,  $U_{sort,idéale}(\alpha)$ ,  $I_{entr}(\alpha)$  et  $I_{entr,idéale}(\alpha)$**



T.P N°5

## LES ONDULEURS TRIPHASES

### Objectifs :

- Analyser les allures des tensions aux différents points d'onduleur.
- Analyser l'évolution de la tension et du courant d'un onduleur triphasés avec charges résistive et inductive.
- Déterminer la caractéristique de commande  $[ I_{ch} ] = f(f)$  à  $v/f = \text{cst}$ .

### Matériels utilisés :

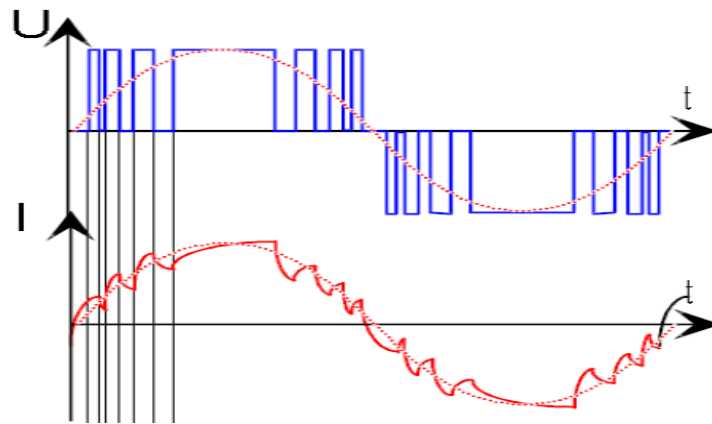
- Transformateur triphasés d'isolement type TR/REGCA
- Onduleur type REG/CA.
- Charge RL triphasés type RL/0 ;3KW.
- Oscilloscope numérique bicanal Tektronix.
- Sonde de tension et du courant à effet Hall type SA/TR.
- Appareil de mesure Voltmètre et Ampermetre.

## T.P N°5: LES ONDULEURS TRIPHASES

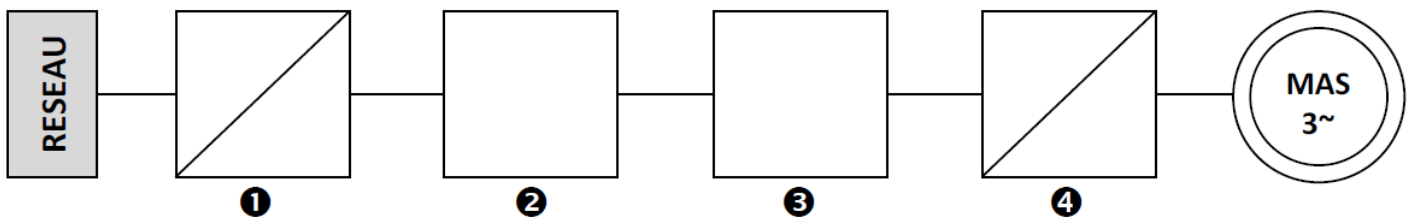
### I- ETUDE THEORIQUE PRINCIPE ET CONSTITUTION D'UN ONDULEUR TRIPHASE

#### I-1- Onduleur à Modulation de Largeur d'Impulsion :

Procédé électronique qui consiste à découper une tension continue en signaux rectangulaire de largeurs différentes de telle sorte que le moteur absorbe un courant quasi sinusoïdal. Cette méthode permet de régler l'amplitude et la fréquence de la tension du moteur tout en limitant les parasites néfastes au bon fonctionnement du moteur.



#### I-2- Synoptique des variateurs de vitesse pour moteur asynchrone :



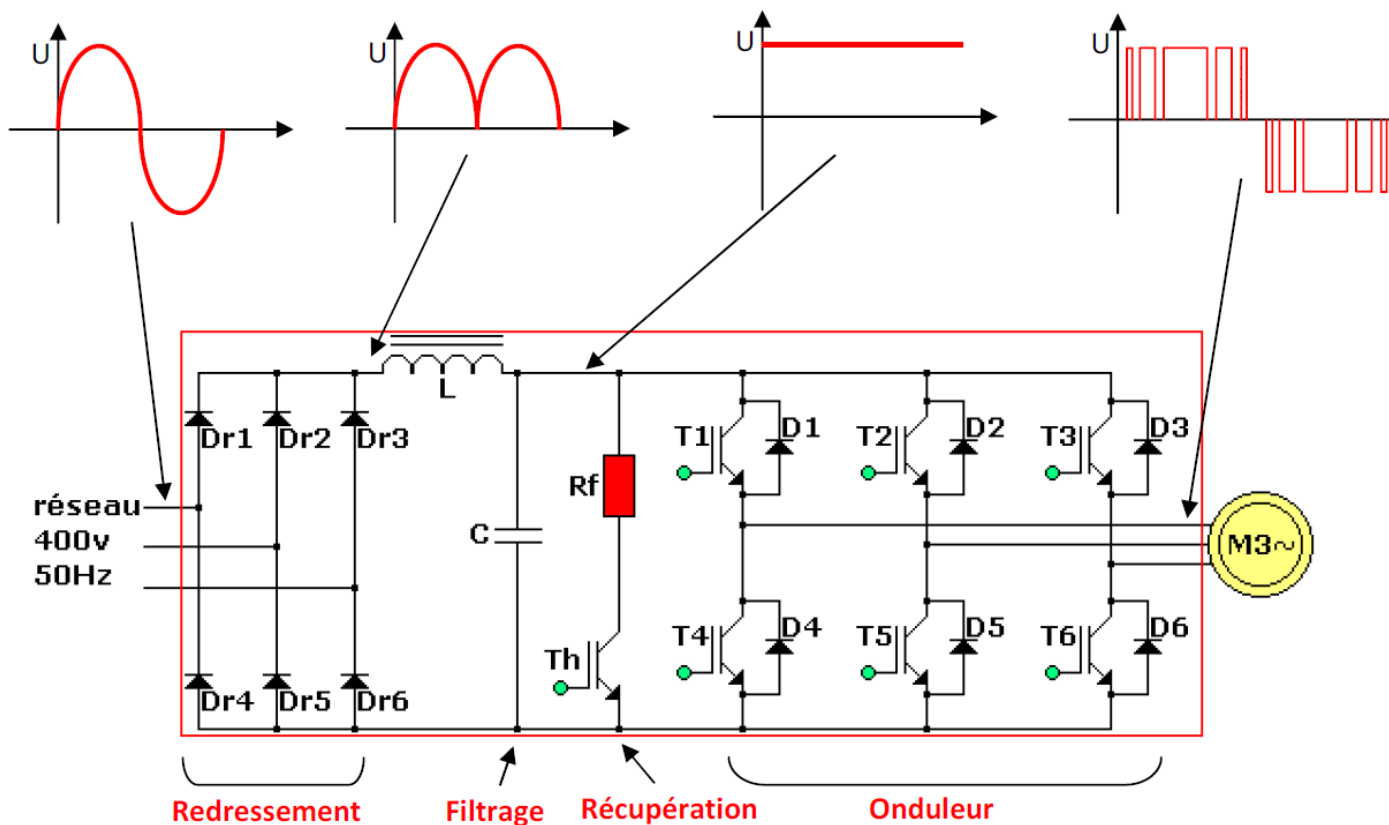
1- Le Pont redresseur : Il transforme la tension alternative sinusoïdale en tension redressée (unidirectionnelle)

2- Le Filtrage : Un condensateur atténue ou élimine les phénomènes d'ondulation de la tension en sortie du redresseur.

3- La Récupération : Lors du freinage, l'inertie entraîne le rotor. Le moteur ne ralentit pas immédiatement, il se transforme en génératrice synchrone. On parle de fonctionnement Hyper synchrone car la vitesse du rotor est supérieure à la vitesse de synchronisme. L'énergie récupérée est dissipée dans une résistance et stockée dans le condensateur.

4- L'onduleur : Il transforme une tension continue en une tension alternative de fréquence variable.

## I-3- Schéma simplifié des variateurs de vitesse pour moteur asynchrone :



## II- TRAVAIL DEMANDE

II-1- Charge résistive  $R = 530\Omega$ .

II-1-1- Réaliser le montage pratique de la figure N°1

II-1-2- Alimenter le module de circuit de commande et de puissance

II-1-3- Observer et tracer sur document réponse N°1 l'allure de tension composée U et du courant de ligne I pour  $f = 40\text{Hz}$  donner la nature de commande de l'onduleur.

II-1-4- Tracer point par point sur document réponse N°2 les courbes  $[V_{ch}] = f(f)$ ,  $[I_{ch}] = f(f)$  et  $[V_{ch}/f] = f(f)$ , pour f compris entre 0 et 80Hz interpréter les courbes.

II-2- Charge inductive  $R=530\Omega$  et  $L=1,8\text{H}$ .

II-2-1- Réaliser le montage pratique de la figure 1

II-2-2- Alimenter le module de circuit de commande et de puissance

II-2-3- Observer et tracer sur document réponse 3 l'allure de tension composée U et du courant de ligne I pour  $f = 40\text{Hz}$  donner la nature de commande de l'onduleur.

II-2-4- Tracer point par point sur document réponse 4 les courbes  $[V_{ch}] = f(f)$ ,  $[I_{ch}] = f(f)$  et  $[V_{ch}/f] = f(f)$ , pour f compris entre 0 et 80Hz interpréter les courbes.

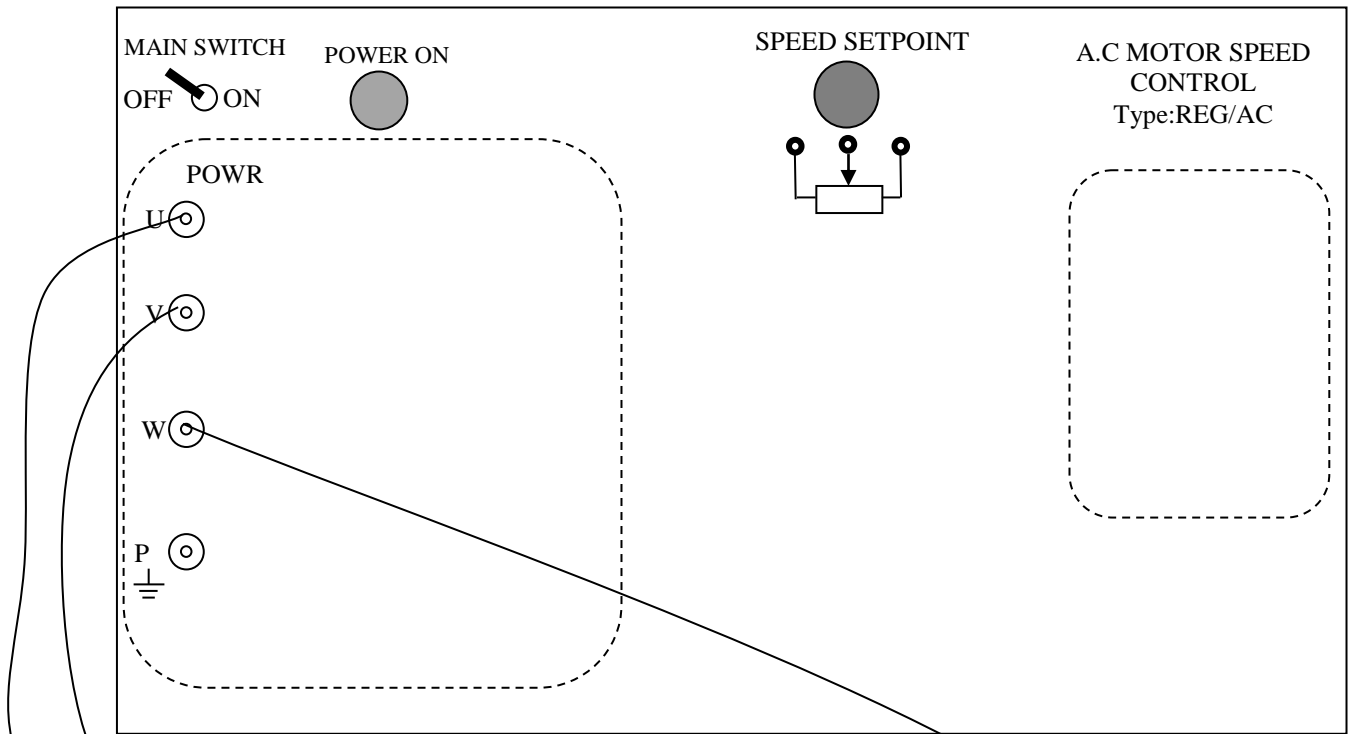
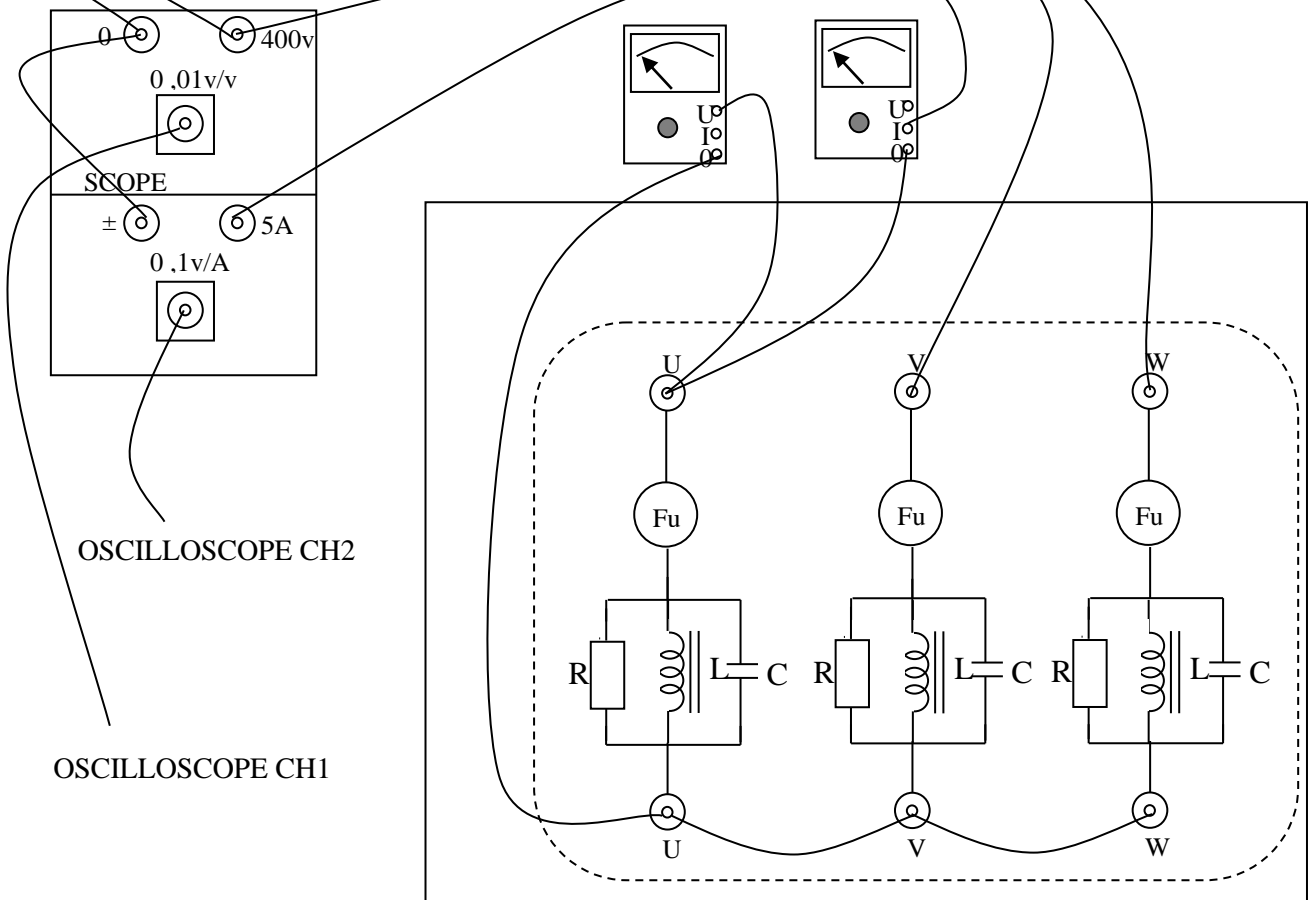
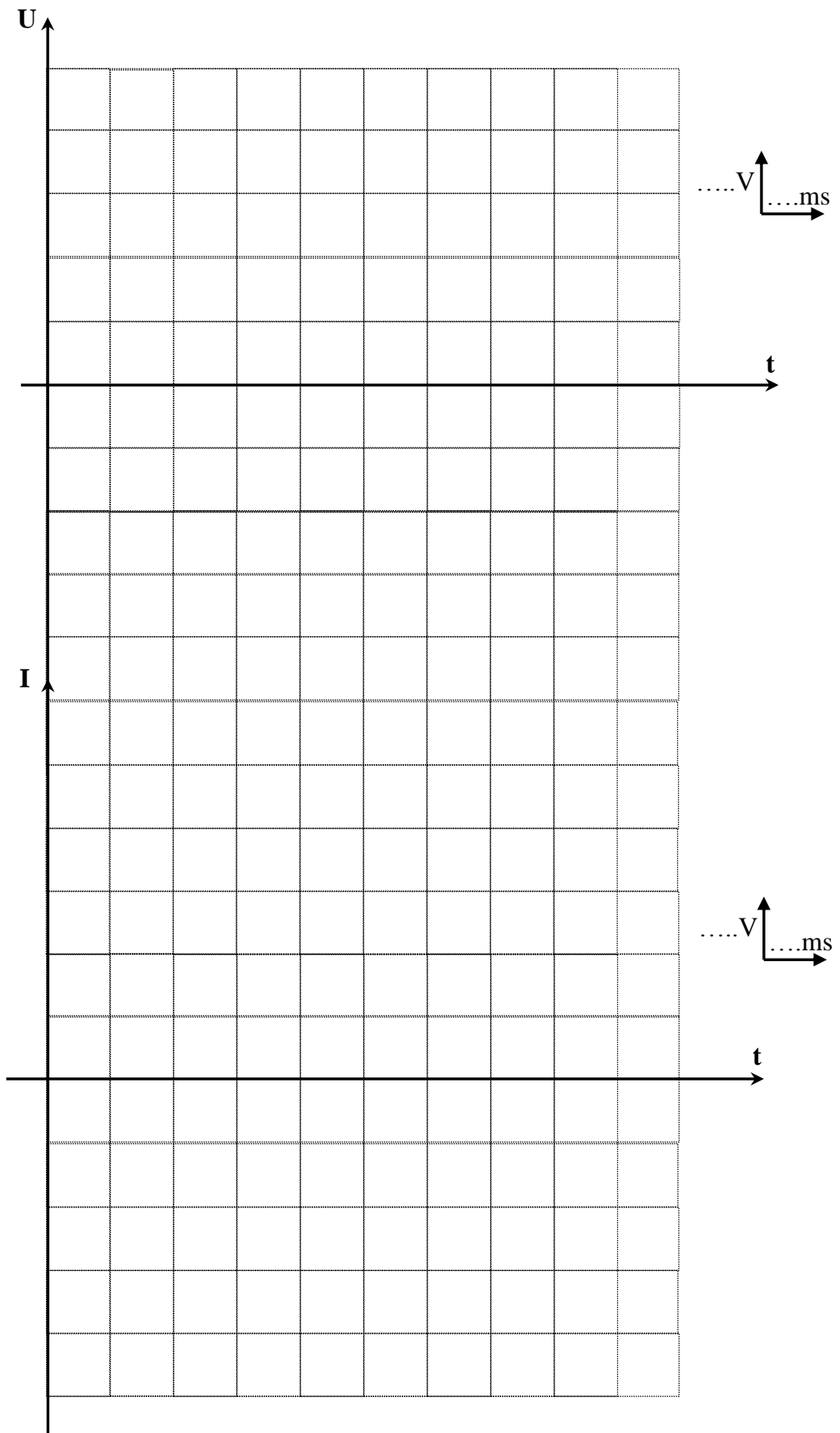


Figure N°1

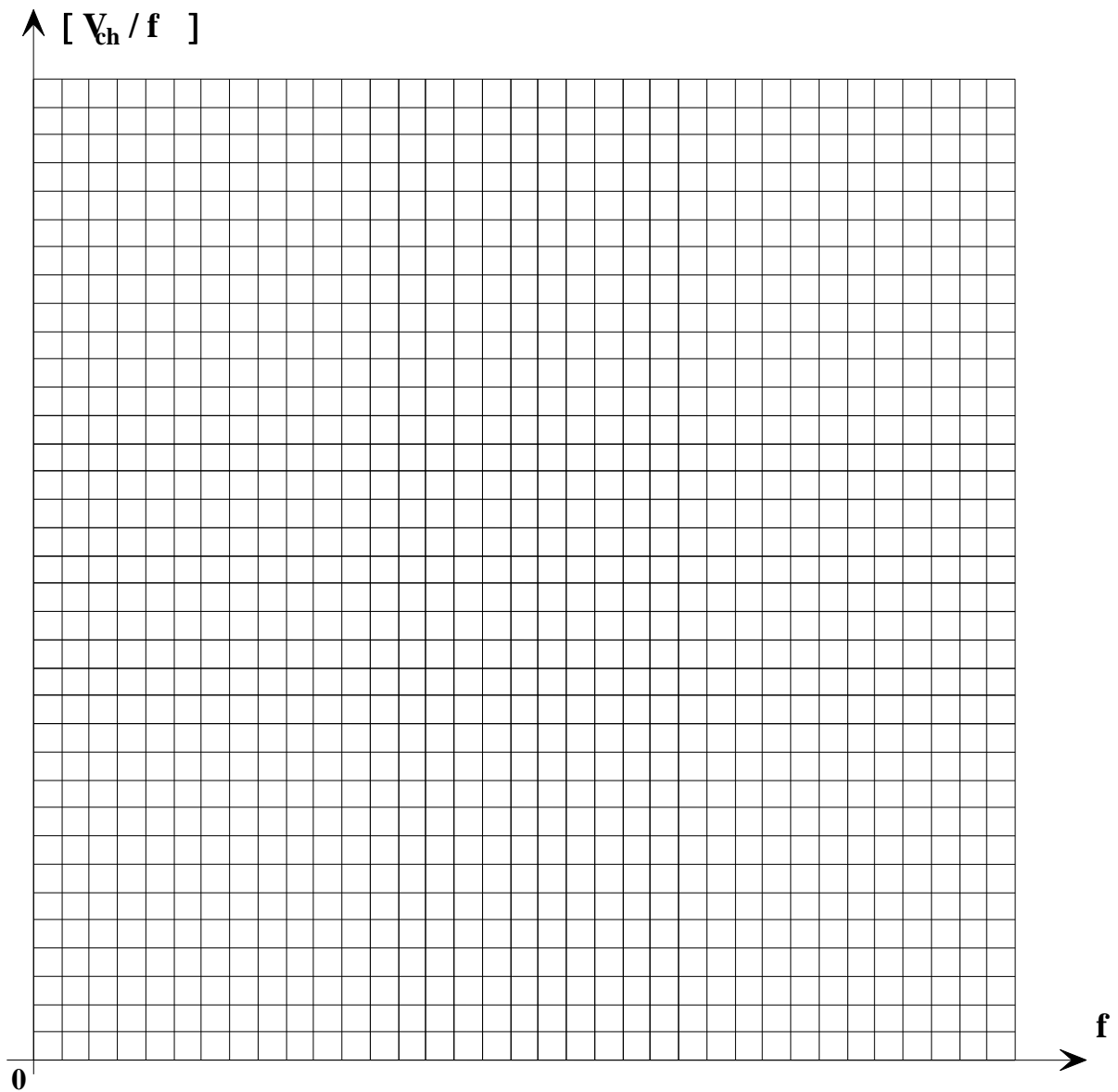


**Document réponse N°1**  
**Charge R=530Ω**

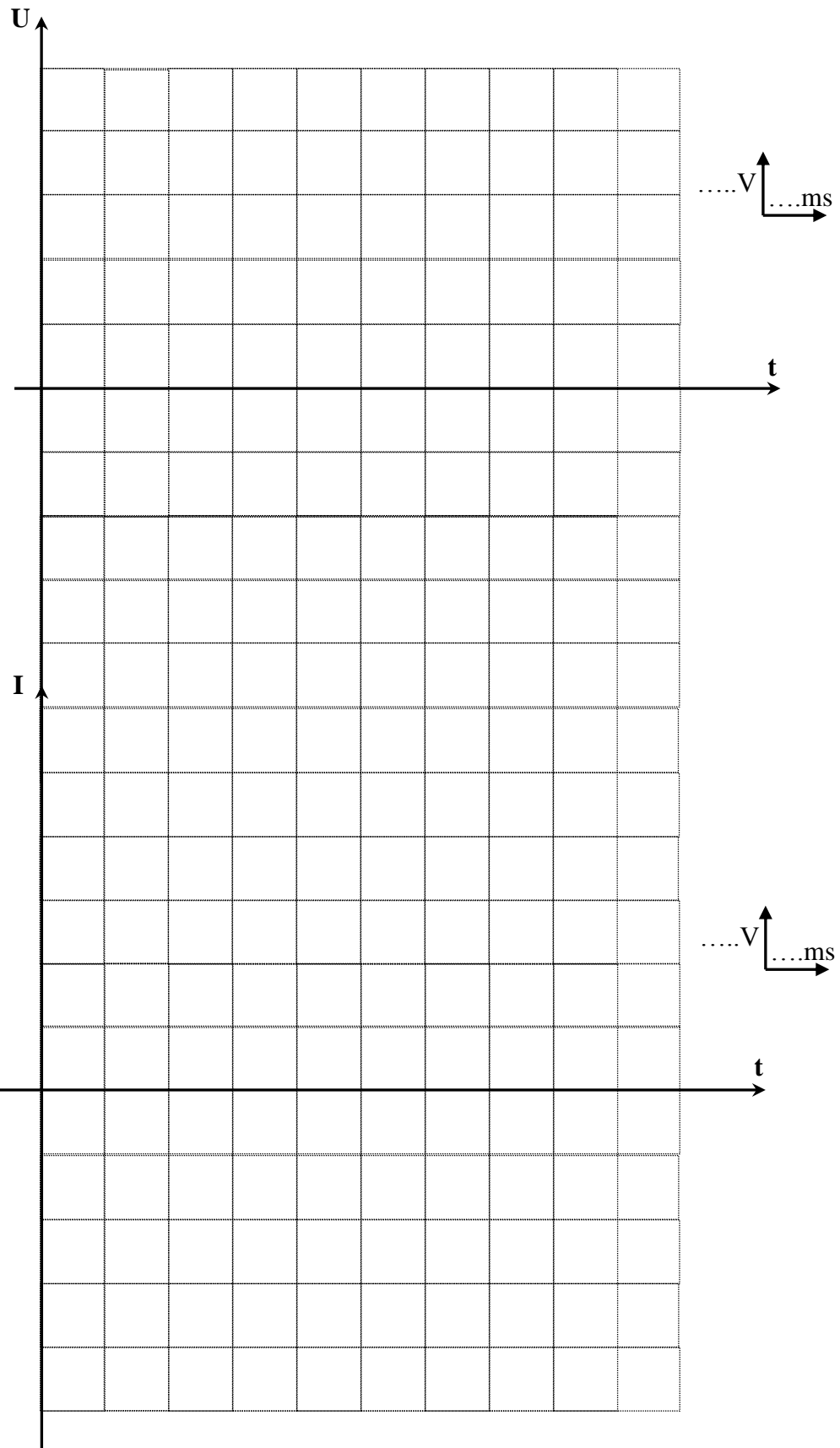


**Documment réponse N°2**  
**Charge résistive R=530Ω**

f (Hz)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$I_{ch}(A)$																	
$V_{ch}(V)$																	
$V_{ch}/f$																	



**Document réponse N°3**  
**Charge  $R=530\Omega$  et  $L=1,8H$**





**Documment réponse N°4**  
**Charge R=530Ω et L=1,8H**

f (Hz)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
I <sub>ch</sub> (A)																	
V <sub>ch</sub> (V)																	
V <sub>ch</sub> /f																	

