

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

## Problème 1

La plaque d'un moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :

2,00 kW      230 V / 400 V      7,60 A / 4,40 A      950 tr/min      facteur de puissance : 0,80  
rendement : 83 %

Ce moteur est alimenté par un réseau triphasé 400 V, 50 Hz.

- 1 - En utilisant les indications de la plaque, déterminer :
  - 1.1. le couplage à réaliser au stator (justifier),
  - 1.2. la fréquence de synchronisme et le nombre de pôles au stator,
  - 1.3. le glissement nominal,
  - 1.4. l'intensité efficace du courant en ligne pour le fonctionnement nominal,
  - 1.5. le moment du couple utile nominal.
  
- 2 - Pour vérifier expérimentalement les données du constructeur, trois essais sont réalisés (*voir annexe 1 page 5*). En utilisant uniquement les résultats des essais, calculer :
  - 2.1. la résistance d'un enroulement du stator,
  - 2.2. les pertes dans le fer et les pertes mécaniques en les supposant égales entre elles,
  - 2.3. les pertes par effet Joule pour le fonctionnement à charge nominale
    - au stator,
    - au rotor ;
  - 2.4. le facteur de puissance pour le fonctionnement à charge nominale,
  - 2.5. le rendement du moteur pour le fonctionnement à charge nominale.
  
- 3 - Le moteur entraîne une machine qui impose un couple résistant de moment constant,  $T_r = 20 \text{ N.m}$ . Le stator est alimenté par un onduleur qui délivre un système triphasé de tensions de fréquence  $f$  réglable. Le moment du couple utile  $T_u$  en fonction de la fréquence de rotation  $n$  est représenté sur *l'annexe 2 page 6* pour différentes valeurs de la fréquence  $f$  de la tension d'alimentation.
  - 3.1. Déterminer la fréquence  $f$  de la tension d'alimentation pour chaque courbe (justifier la réponse).
  - 3.2. Le démarrage en charge est-il possible pour une fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$  (justifier) ?  
Sinon, quelle est la fréquence limite qui permet le démarrage en charge ?
  - 3.3. La fréquence de rotation du groupe moteur-machine est  $n = 400 \text{ tr/min}$ .  
Déterminer la fréquence  $f$  de la tension d'alimentation.
  - 3.4. Quel est l'intérêt essentiel de l'alimentation d'un moteur asynchrone par un système triphasé de tensions de fréquence réglable ?

## Problème 2

Le schéma de principe d'un onduleur monophasé est représenté sur *l'annexe 3 page 7*.

Les diodes  $D_1, D_2, D_3, D_4$  et les interrupteurs électroniques unidirectionnels commandés  $H_1, H_2, H_3$  et  $H_4$  sont supposés parfaits.

La tension  $u_c$  et le courant  $i_c$  sont visualisés à l'oscilloscope pour une période. Une **sonde réductrice de rapport 1/10** est utilisée pour visualiser la tension  $u_c$  et une sonde de courant de sensibilité 200 mV/A est utilisée pour visualiser le courant  $i_c$ . L'oscillogramme obtenu ainsi que le chronogramme de commande des interrupteurs sont représentés sur *l'annexe 4 page 7*.

- 1 - À partir de l'oscillogramme, déterminer :
  - 1.1. la fréquence  $f$  et l'intensité efficace  $I_c$  du courant dans la charge,
  - 1.2. la f.é.m  $E$  de la source de tension continue,
  - 1.3. la valeur efficace  $U_c$  de la tension aux bornes de la charge.
- 2 - Donner les valeurs numériques en millisecondes des dates  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  et  $t_6$ .
- 3 - La puissance instantanée reçue par la charge est notée  $p_c$ . Compléter *le document-réponse 1 page 9* en notant les phases de fonctionnement du montage (A pour alimentation, R pour récupération et RL pour roue libre).
- 4 - Citer un composant de l'électronique de puissance permettant de réaliser un interrupteur électronique unidirectionnel commandable à la fermeture et à l'ouverture.
- 5 - Quelle est la différence essentielle entre un interrupteur électronique réel et un interrupteur électronique parfait lors d'une phase de conduction ?

### Problème 3

Un montage utilisant des amplificateurs opérationnels (A.O.) est représenté sur *l'annexe 5 page 8*. Les amplificateurs opérationnels sont considérés comme parfaits et ils sont alimentés par une tension symétrique  $-15\text{ V}$ ,  $+15\text{ V}$ .

Les tensions de saturation des A.O. sont supposées égales aux tensions d'alimentation.

La tension  $v_1$  est représentée sur *le document-réponse 2 page 10*.

#### 1 - Fonctionnement de l'A.O. 1

La tension  $v_1$  est appliquée sur l'entrée non-inverseuse de l'A.O. 1.

- 1.1. Quel est le régime de fonctionnement de l'A.O. 1 (justifier) ?
- 1.2. Tracer sur *le document-réponse 2 page 10* la tension de sortie  $v_2$  de l'A.O. 1.

#### 2 - Fonctionnement de l'A.O. 2 (voir *annexe 6 page 8*)

La tension  $v_1$  est appliquée sur l'entrée inverseuse de l'A.O. 2.  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 39\text{ k}\Omega$ .

- 2.1. Quel est le régime de fonctionnement de l'A.O. 2 ?
- 2.2. Donner les deux valeurs possibles de la tension de sortie  $v_3$  de l'A.O. 2.
- 2.3. En déduire les deux valeurs possibles de la tension  $v^+$ .
- 2.4. Quand la tension  $v_1$  est maximale (à  $t = 0$ ),  
quelle est la valeur de  $v_3$  ?  
quelle est alors la valeur de  $v^+$  ?
- 2.5. À partir de sa valeur maximale (à  $t = 0$ ) la tension  $v_1$  diminue.  
Pour quelle valeur de  $v_1$  la tension  $v_3$  change-t-elle d'état ?  
Quelle est alors la valeur de  $v^+$  ?
- 2.6. À partir de sa valeur minimale (à  $t = \frac{T}{2}$ ) la tension  $v_1$  augmente.  
Pour quelle valeur de  $v_1$  la tension  $v_3$  change-t-elle d'état ?  
Quelle est alors la valeur de  $v^+$  ?
- 2.7. Tracer sur *le document-réponse 2 page 10* la tension de sortie  $v_3$  de l'A.O. 2.

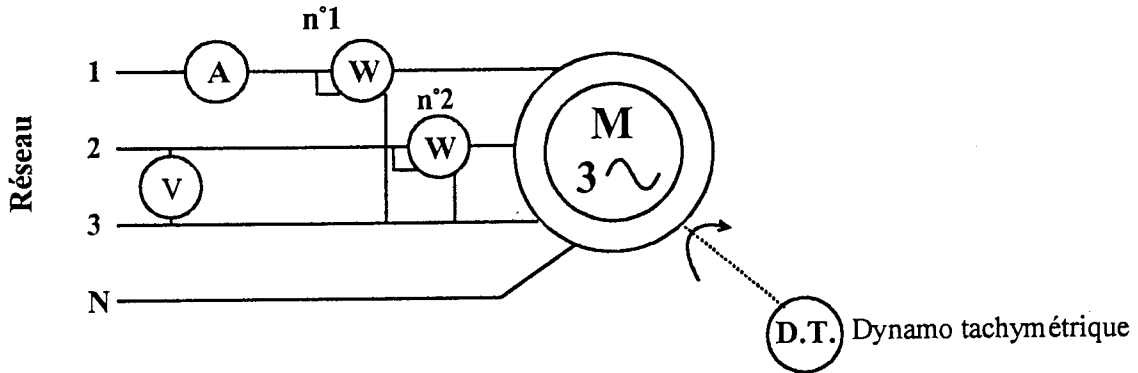
#### 3 - Fonctionnement de l'A.O. 3 (voir *annexe 7 page 8*).

Les trois résistances  $R$  sont identiques :  $R = 10\text{ k}\Omega$ .

- 3.1. Montrer qu'en régime linéaire, la tension de sortie de l'A.O. 3 est  $v_4 = -(v_2 + v_3)$  (une démonstration est demandée).
- 3.2. Tracer sur *le document-réponse 2 page 10* la tension de sortie  $v_4$  de l'A.O. 3.
- 3.3. L'A.O. 3 fonctionne-t-il toujours en régime linéaire ?

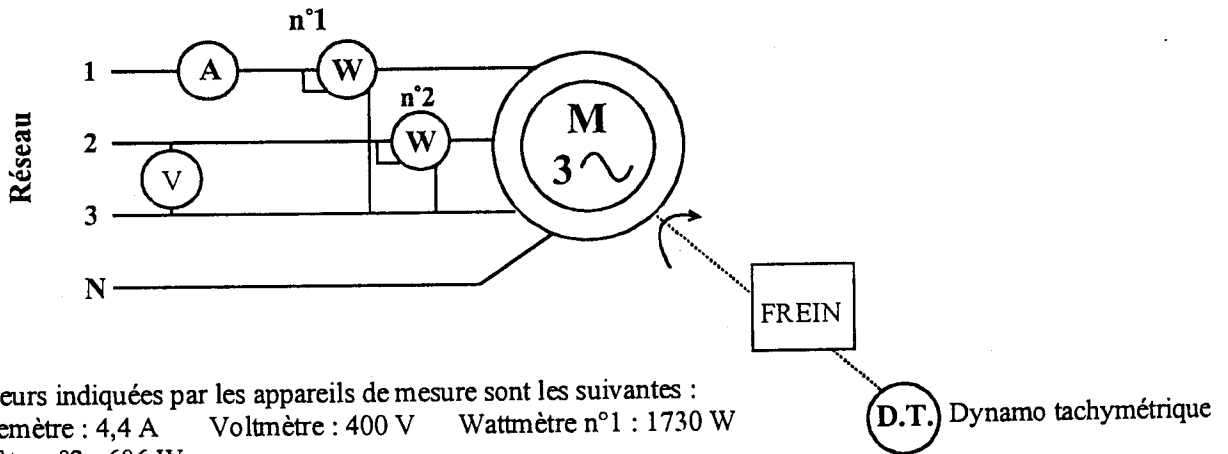
ANNEXE 1

ESSAI 1 : ESSAI À VIDE



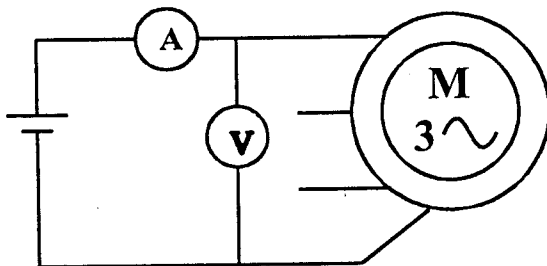
Les valeurs indiquées par les appareils de mesure sont les suivantes :  
 Ampèremètre : 3 A    Voltmètre : 400 V    Wattmètre n°1 : 725 W  
 Wattmètre n°2 : - 465 W (déviation en sens inverse)  
 Dynamo tachymétrique : 1000 tr/min.

ESSAI 2 : ESSAI EN CHARGE NOMINALE



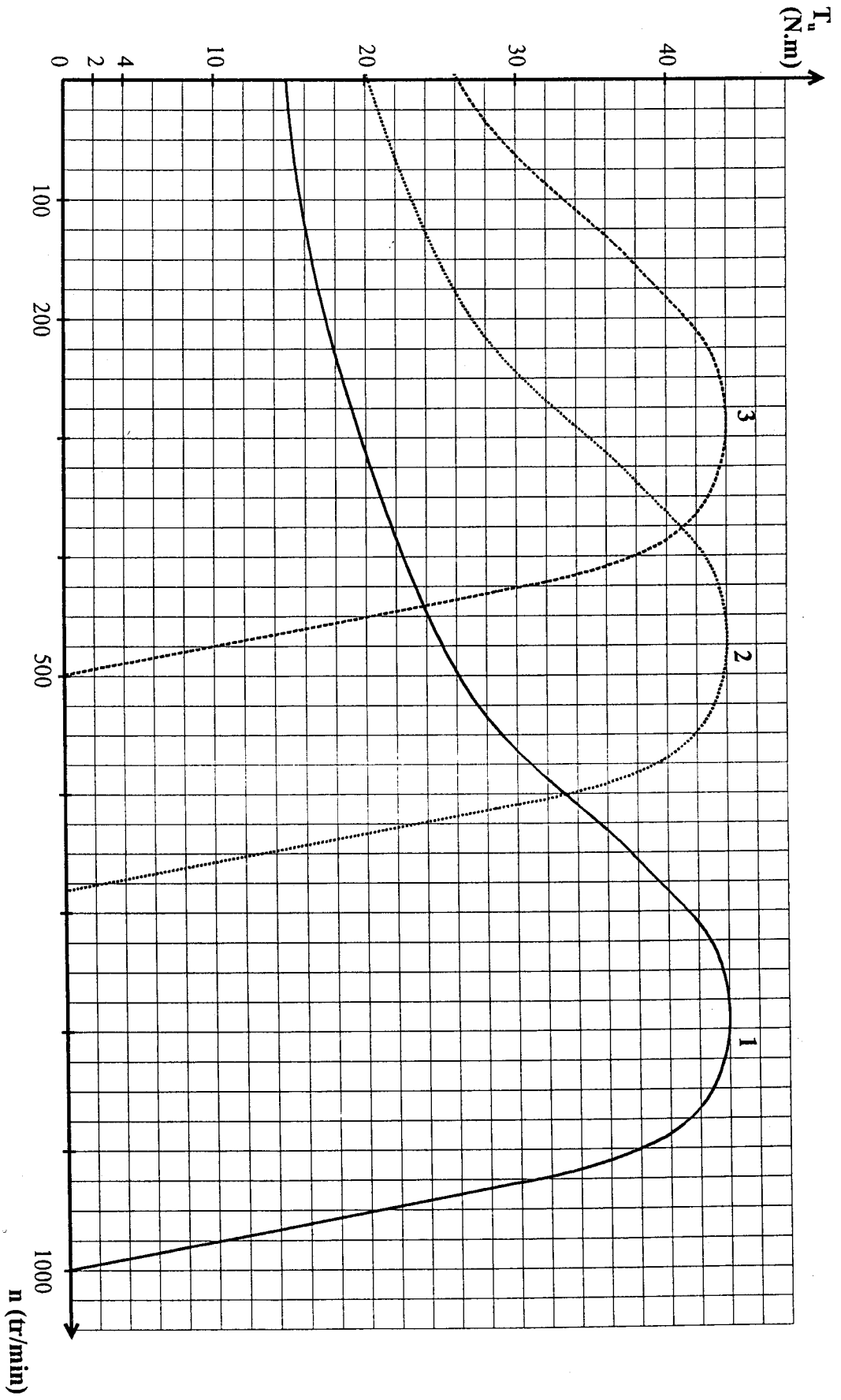
Les valeurs indiquées par les appareils de mesure sont les suivantes :  
 Ampèremètre : 4,4 A    Voltmètre : 400 V    Wattmètre n°1 : 1730 W  
 Wattmètre n°2 : 686 W  
 Dynamo tachymétrique : 950 tr/min.

ESSAI 3 : ESSAI SOUS TENSION CONTINUE

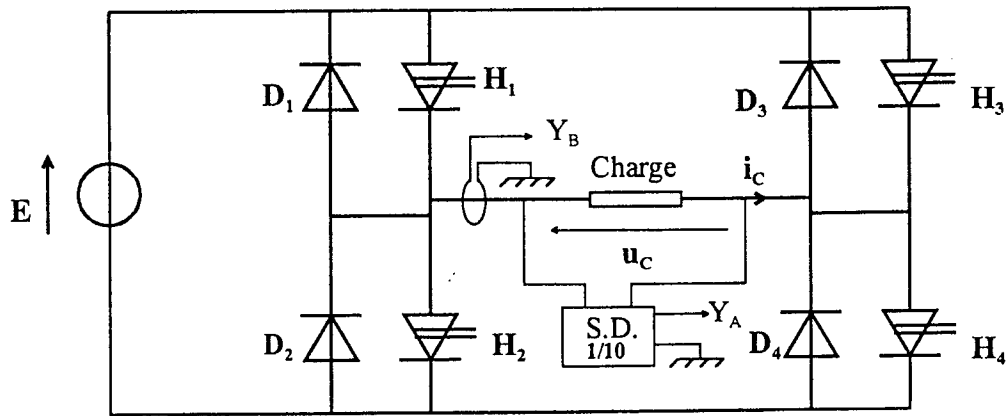


Les valeurs indiquées par les appareils de mesure sont les suivantes :  
 Ampèremètre : 4,4 A    Voltmètre : 7,1 V

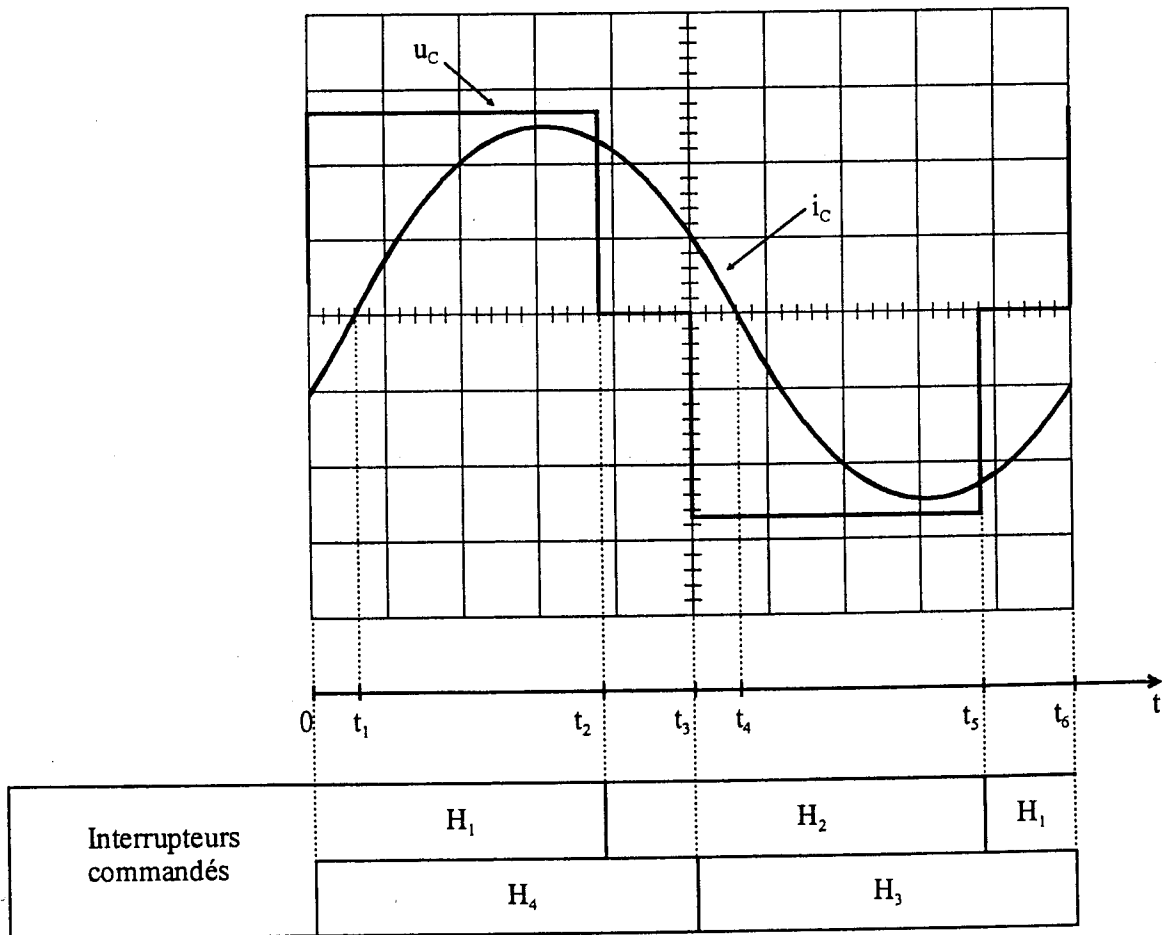
ANNEXE 2



ANNEXE 3



ANNEXE 4

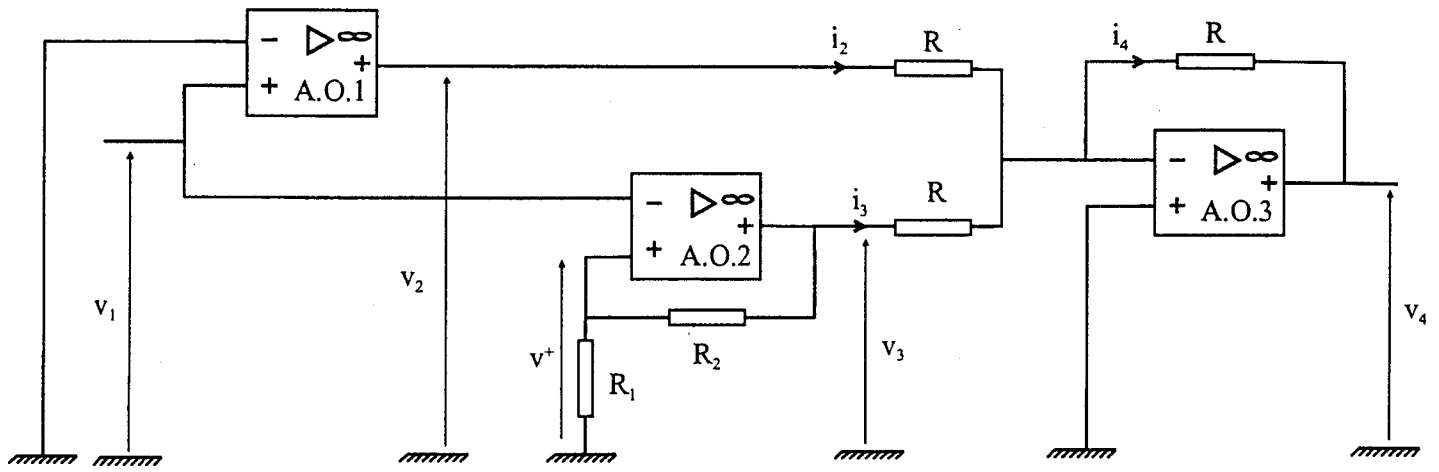


Base de temps : 2 ms/div

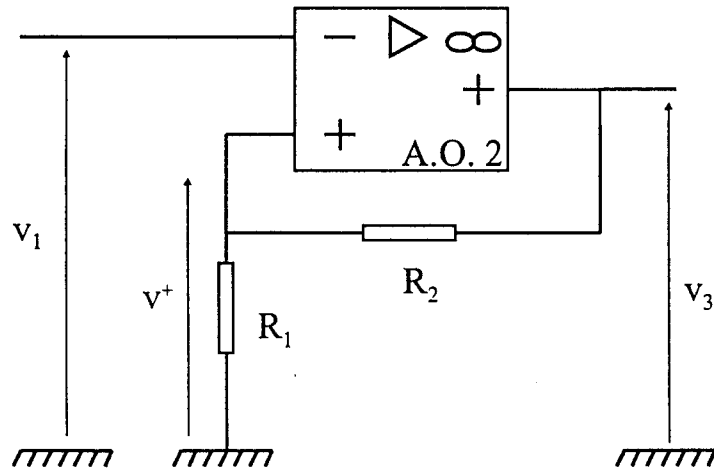
Sensibilités verticales : 10 V/div pour la voie mesurant  $u_c$ .

0,5 V/div pour la voie mesurant  $i_c$

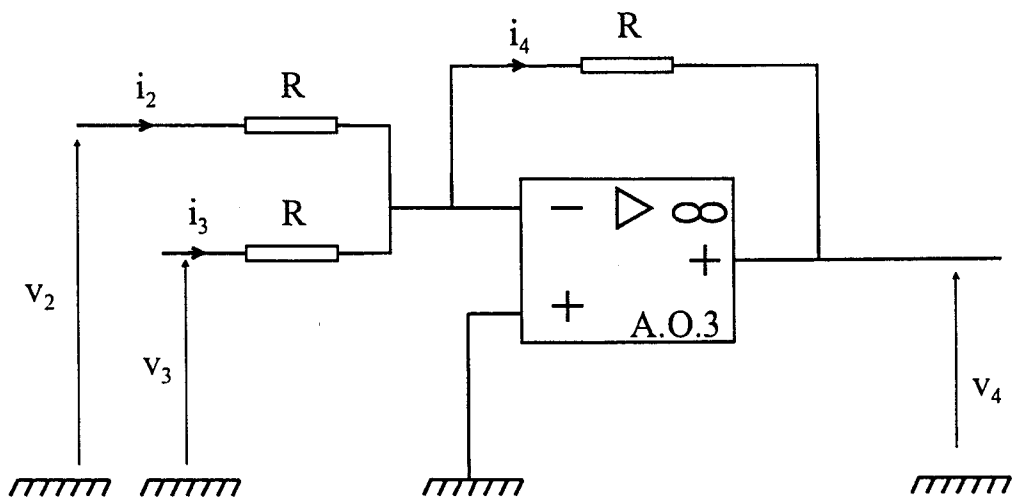
ANNEXE 5



ANNEXE 6



ANNEXE 7



DOCUMENT-RÉPONSE 1

	0	$t_1$		$t_2$	$t_3$	$t_4$		$t_5$	$t_6$	$t$
Signe ou valeur de $p_c$										
Phase de fonctionnement										
Éléments conducteurs										

DOCUMENT-RÉPONSE 2

