

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2003

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et Technologies industrielles

Spécialité : Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

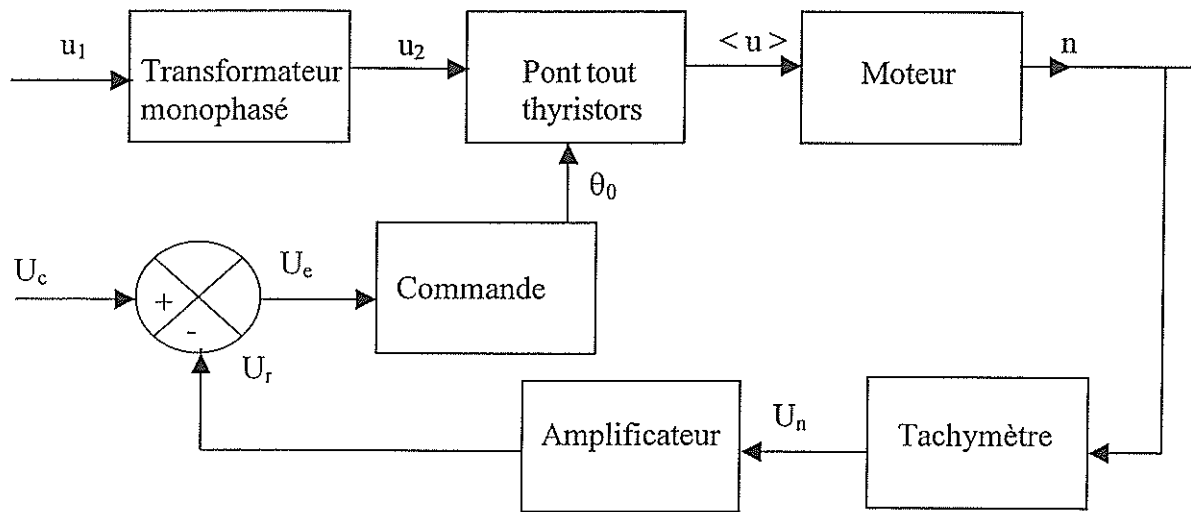
L'usage de la calculatrice est autorisé :

Le sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8. Les pages 7 et 8 sont à rendre avec la copie.

Bien que le sujet soit composé de trois parties indépendantes, il est préférable de les traiter dans l'ordre.

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

Le sujet propose d'étudier l'alimentation en énergie d'un moteur à courant continu de faible puissance et de réguler sa vitesse de rotation.



Partie A : Transformateur monophasé 50Hz

Les mesures effectuées avec des appareils numériques ont donné les résultats suivants :

- essai en courant continu au primaire : $U_{1DC} = 5 \text{ V}$ $I_{1DC} = 10 \text{ A}$
- essai à vide sous tension primaire nominale : $U_{1N} = 240 \text{ V}$ $I_{1V} = 1 \text{ A}$
 $P_{1V} = 10 \text{ W}$ $U_{2V} = 24 \text{ V}$
- essai en court-circuit sous tension primaire réduite : $U_{1CC} = 24 \text{ V}$ $I_{2CC} = 30 \text{ A}$
 $P_{1CC} = 36 \text{ W}$
- essai sur charge résistive et sous tension primaire nominale : $U_{1N} = 240 \text{ V}$ $I_2 = I_{2CC} = 30 \text{ A}$

I Essai à vide

1. 1. Donner un schéma de montage permettant de réaliser les mesures de l'essai à vide.
1. 2. Calculer le rapport de transformation.
1. 3. Montrer que l'on peut négliger les pertes par effet Joule lors de cet essai.
En déduire alors les pertes dans le fer.

II Essai en court-circuit

2. 1. Donner un schéma de montage permettant les mesures de l'essai en court-circuit.
2. 2. Montrer que l'on peut négliger les pertes dans le fer lors de cet essai sachant qu'elles sont proportionnelles au carré de la tension efficace primaire.
En déduire alors les pertes par effet Joule.
2. 3. Le modèle équivalent du transformateur vu du secondaire est représenté sur la figure 1 de l'annexe 1 page 5.
Déterminer la valeur de la résistance R_S des enroulements ramenée au secondaire.

III Essai en charge

3. 1. Sur le document réponse 1 de la page 7, tracer le diagramme vectoriel de Fresnel correspondant à l'essai en charge. On donne $X_S = 80 \text{ m}\Omega$.
En déduire la valeur de U_2 , tension efficace au secondaire du transformateur.
3. 2. Calculer le rendement du transformateur.

Partie B : Moteur à courant continu alimenté par un pont tout thyristors

I Moteur à courant continu

On relève sur la plaque signalétique du moteur les indications suivantes :

- Induit : $0,2 \Omega$; 20 V ; 10 A .
- 160 W ; 1000 tr/min .
- Inducteur à aimants permanents.
- Machine compensée.

1. 1. On appelle E la force électromotrice du moteur et n sa vitesse de rotation exprimée en tr/min. Montrer que l'on peut écrire $E = k.n$ où k est un coefficient constant.
1. 2. Pour le fonctionnement nominal, calculer :
 1. 2. a. la puissance reçue par le moteur ;
 1. 2. b. le rendement du moteur ;
 1. 2. c. l'ensemble des pertes du moteur et en déduire la somme des pertes dans le fer et des pertes mécaniques notée p_c ;
 1. 2. d. le moment du couple utile ;
 1. 2. e. la force électromotrice.
1. 3. En déduire la valeur du coefficient k en précisant son unité.

II Pont tout thyristors

Le secondaire du transformateur alimente le pont dont le schéma est donné sur la figure 2 de l'annexe 1 page 5.

Les thyristors sont supposés parfaits. La commande des gâchettes n'est pas représentée.

Une sonde de courant de sensibilité 100 mV/A est utilisée pour visualiser à l'oscilloscope le courant dans la charge. Simultanément, on visualise la tension u aux bornes de la charge.

L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 3 de l'annexe 1 page 5.

La charge du pont redresseur est constituée de l'induit d'un moteur à courant continu à aimants permanents et d'une bobine de lissage considérée comme parfaite.

La force électromotrice E du moteur est proportionnelle à la vitesse de rotation $E = 18 \times 10^{-3} n$ (E en V et n en tr/min). La résistance de l'induit du moteur est $R = 0,2 \Omega$.

Le moteur entraîne une charge lui imposant un courant d'intensité supposée constante.

2. 1. Déterminer l'intensité i (supposée constante et égale à I) du courant dans la charge ainsi que l'angle de retard θ_0 à l'amorçage des thyristors.
2. 2. Représenter sur le document réponse 2 page 8 :
 2. 2. a. les chronogrammes de $i_{\text{Th}1}$, $i_{\text{Th}4}$ et i_2 sur une période et en concordance de temps avec la tension source u_2 ;

2. 2. b. les intervalles de conduction des quatre thyristors sur une période.
2. 3. Exprimer la tension u aux bornes de la charge en fonction de E , R et u_L (tension aux bornes de la bobine). Montrer que $\langle u \rangle$ correspond à la tension aux bornes de l'induit du moteur ($\langle u \rangle$ désigne la valeur moyenne de la tension u).
2. 4. La courbe $\langle u \rangle = f(\theta_0)$ est fournie sur la figure 4 de l'annexe 2 page 6.
2. 4. a. Déterminer $\langle u \rangle$ pour le retard à l'amorçage de la question 2.1.
2. 4. b. En déduire la vitesse de rotation n du moteur.

Partie C : Régulation de la vitesse de rotation du moteur

Pour éviter des variations importantes de vitesse lors d'une perturbation, on réalise la régulation par le système bouclé schématisé sur la figure 5 de l'annexe 2 page 6.

I Chaîne de retour

La chaîne de retour est constituée par l'ensemble tachymètre – amplificateur (figure 6 de l'annexe 2 page 6).

Le tachymètre délivre une tension U_n proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur :

$$U_n = 5 \times 10^{-3} n \quad (n \text{ en tr/min et } U_n \text{ en V}).$$

L'amplificateur opérationnel du montage amplificateur (figure 7 de l'annexe 2 page 6) est supposé parfait et fonctionne en régime linéaire.

1. 1. 1. 1. a. Donner, après justification, la relation entre U_n et V_r .

1. 1. b. Montrer que $U_r = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_n$.

1. 2. On donne $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$.

Calculer R_2 pour que la transmittance K de la chaîne de retour soit égale à $0,01 \text{ V}/(\text{tr}/\text{min})$.

II Régulation de vitesse

U_c est une tension de commande qui sert à régler l'angle de retard à l'amorçage des thyristors et donc à régler la tension moyenne $\langle u \rangle$ à la sortie du pont. La relation liant la tension U_c à la tension moyenne $\langle u \rangle$ est $\langle u \rangle = 100 U_c$.

On négligera la chute de tension dans l'induit du moteur ; la valeur de $\langle u \rangle$ est alors pratiquement proportionnelle à la vitesse de rotation :

$$\langle u \rangle \approx 20 \times 10^{-3} n \quad (\langle u \rangle \text{ en V et } n \text{ en tr/min})$$

2. 1. Calculer la transmittance $\frac{n}{\langle u \rangle}$ du moteur et en déduire la transmittance H de la chaîne directe.

2. 2. La tension de consigne U_c est maintenue constante.

2. 2. a. Calculer U_c et U_r pour une vitesse de $1000 \text{ tr}/\text{min}$, K ayant la valeur donnée précédemment : $K = 0,01 \text{ V}/(\text{tr}/\text{min})$.

2. 2. b. En déduire la tension de consigne U_c permettant le réglage de cette vitesse.

2. 2. c. Une perturbation tend à diminuer la vitesse du moteur. Donner le sens de variation des grandeurs U_r , U_c et n et conclure sur l'intérêt du bouclage réalisé.

Annexe 1

Figure 1

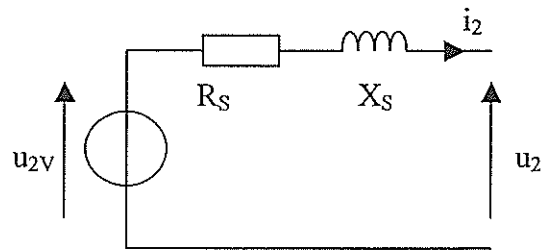


Figure 2

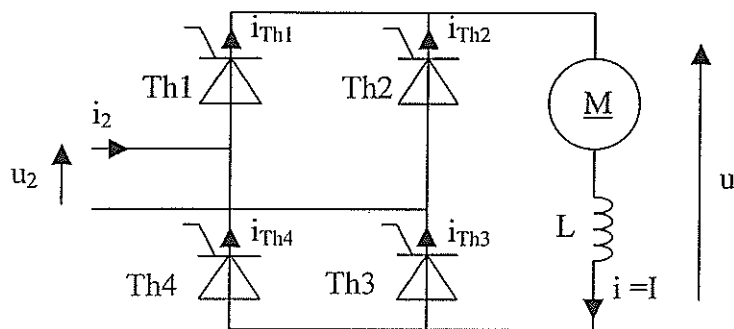


Figure 3

Base de temps : 2 ms/div

Calibre : 0,5 V/div

Zéros pour les
deux voies

Calibre : 10 V/div

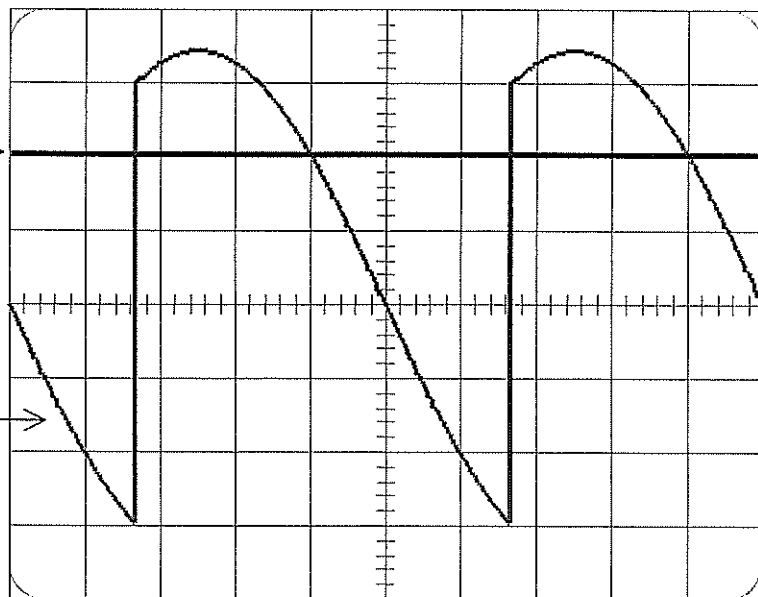


Figure 4

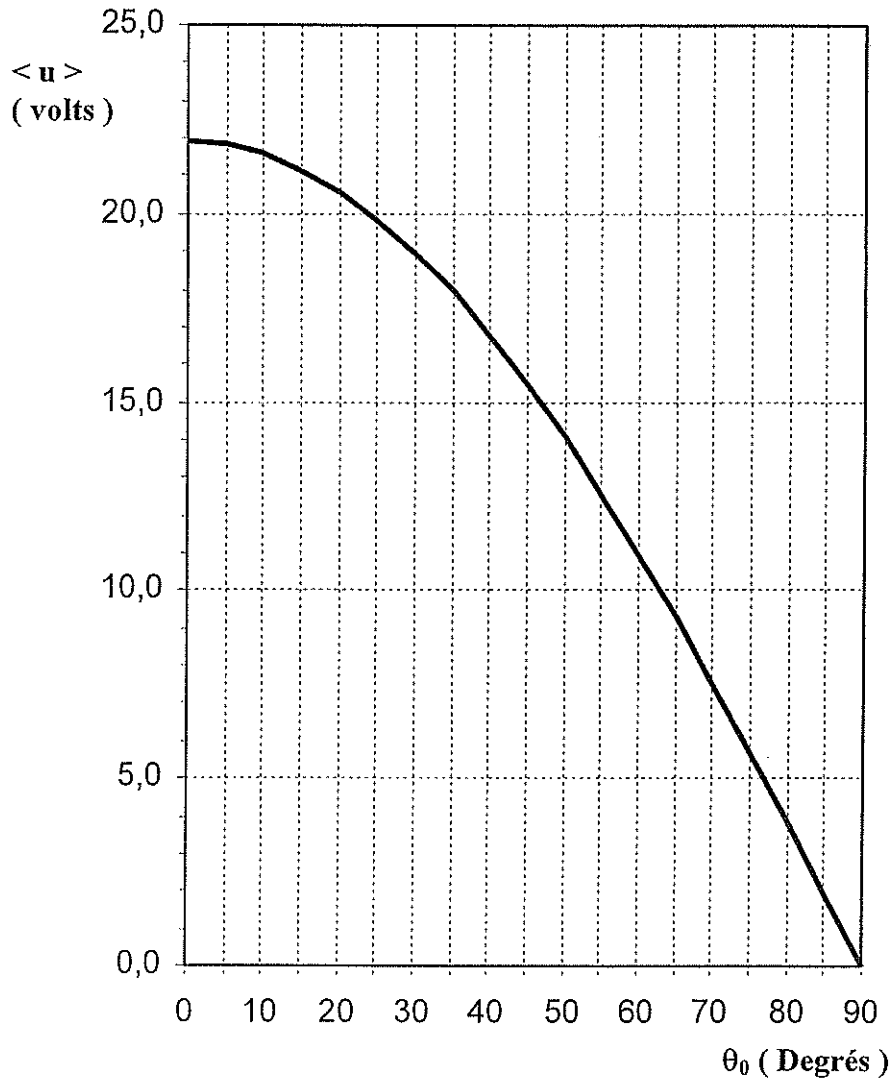


Figure 5

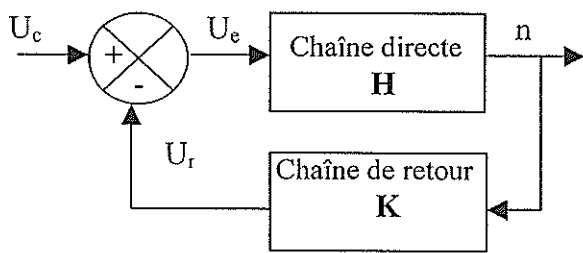


Figure 6

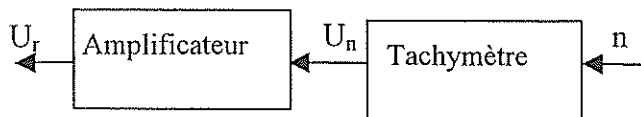
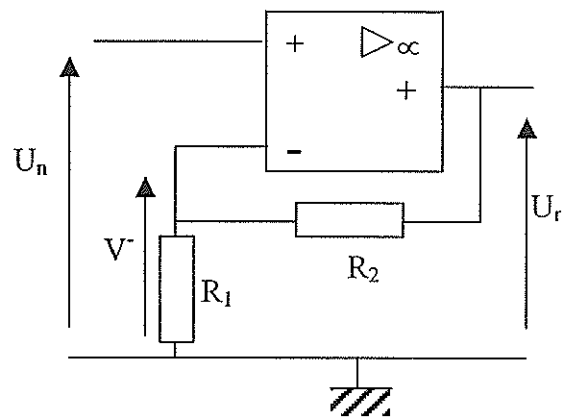


Figure 7

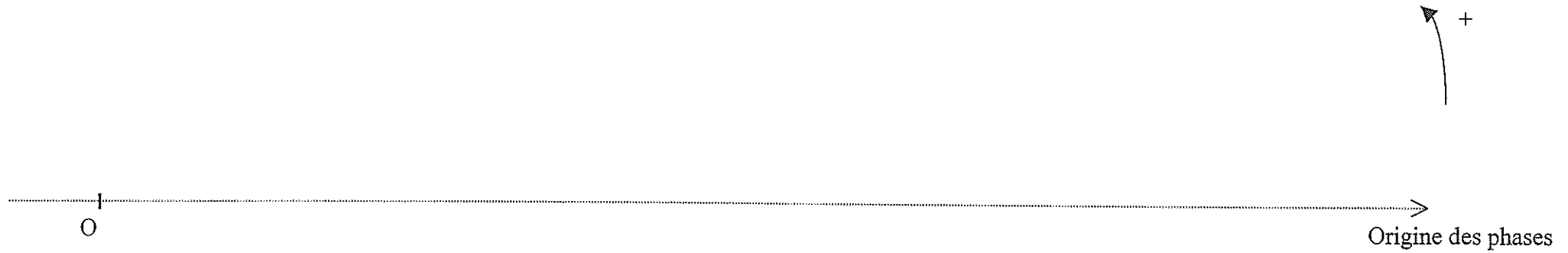


Document réponse 1 - A RENDRE AVEC LA COPIE

Diagramme vectoriel de Fresnel :

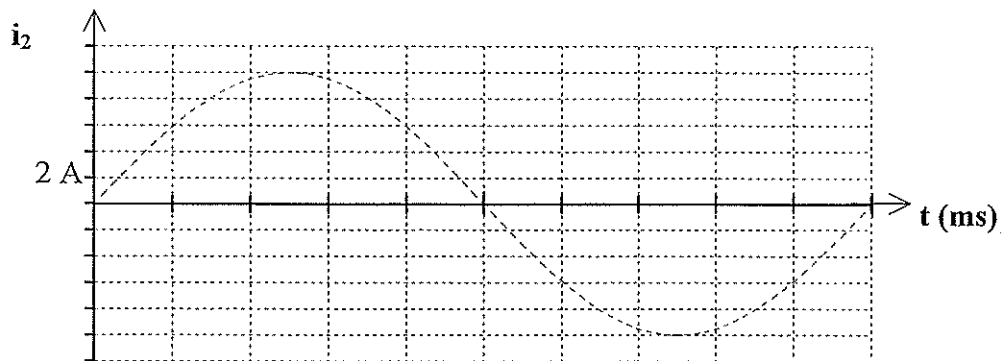
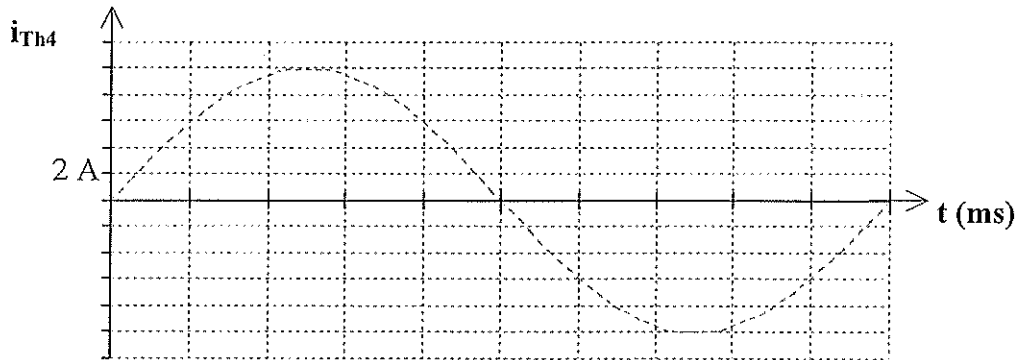
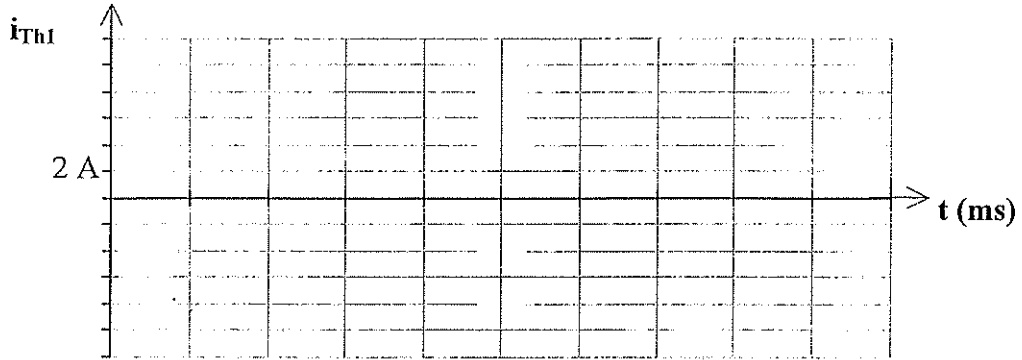
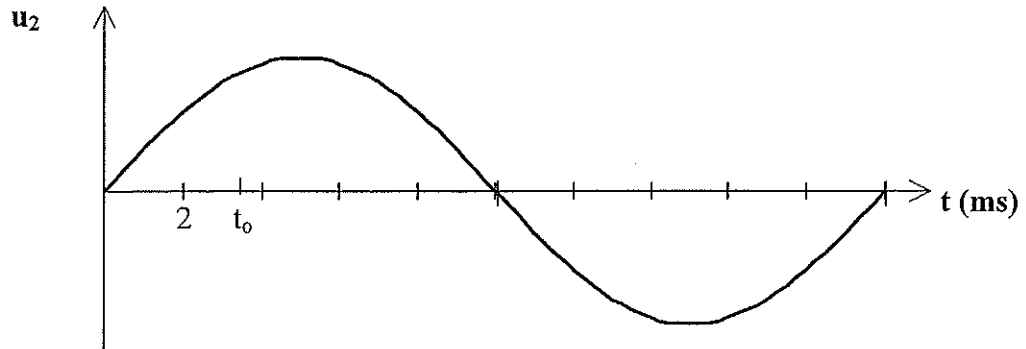
échelle 1 cm pour 1,2 V

—
1,2 V



Document réponse 2 - A RENDRE AVEC LA COPIE

Chronogrammes



intervalles de conduction (hachurer les intervalles de conduction)

