Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

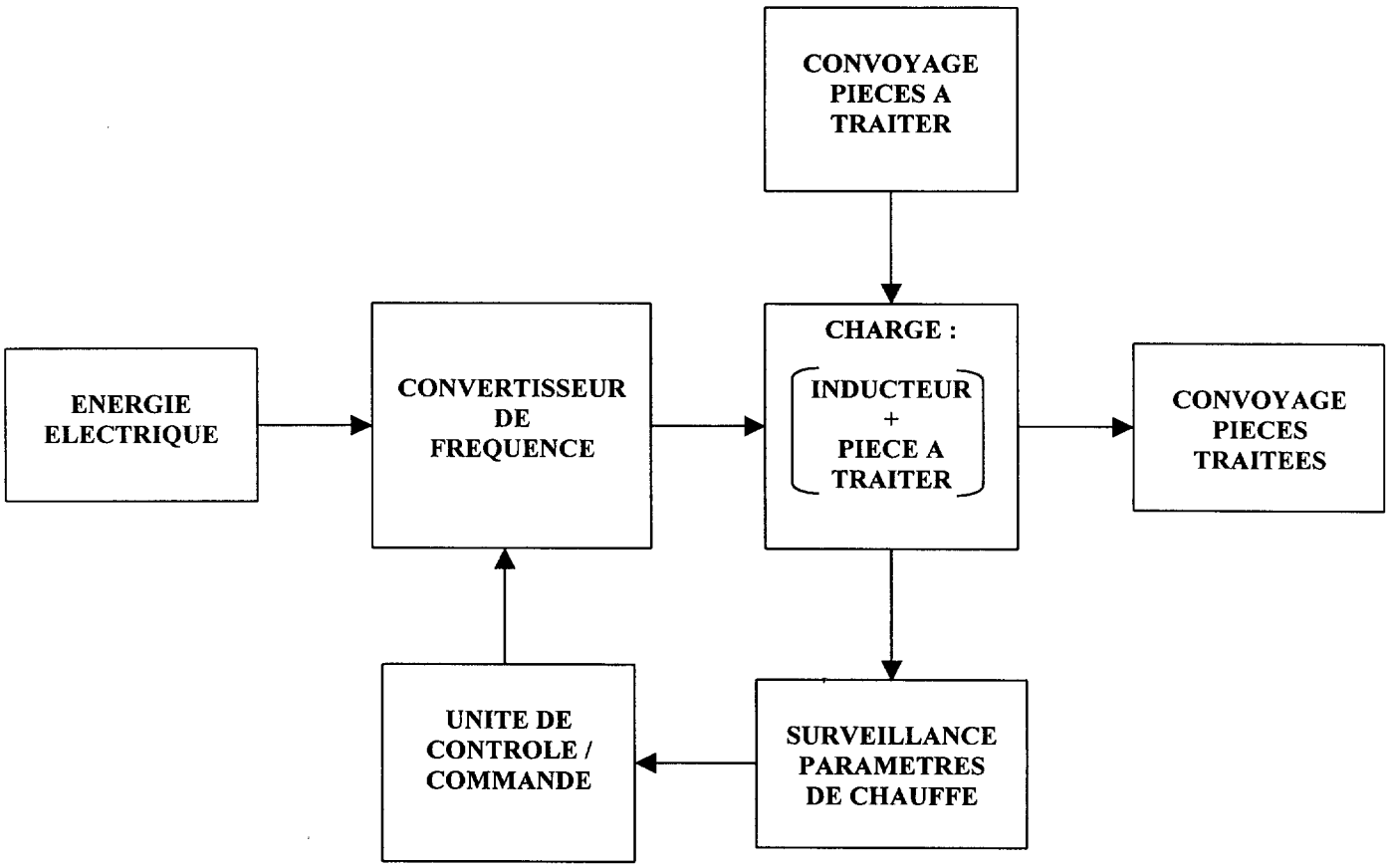
LE TRAITEMENT THERMIQUE PAR INDUCTION

L'induction peut être utilisée pour tout matériau électriquement conducteur. Les applications industrielles comprennent essentiellement la fusion des métaux et la trempe de pièces mécaniques (engrenages, crémaillères, arbres ...).

Les pièces traitées étant le plus souvent fabriquées en grande série, le traitement thermique s'intègre dans un processus industriel automatisé constitué :

- d'une machine qui effectue la manutention de la pièce et assure l'automatisation du processus ;
- d'un convertisseur de fréquence qui génère la chauffe ;
- d'un élément chauffant appelé "inducteur", adapté à la forme de la pièce, qui assure un chauffage optimal avec une consommation d'énergie minimisée.

Le processus industriel peut être schématisé par le synoptique simplifié suivant :



Pour répondre aux exigences de qualité, le processus est automatisé et plusieurs grandeurs physiques sont surveillées. C'est le cas par exemple de la tension aux bornes de l'inducteur qui doit être maintenue entre les valeurs U_{min} et U_{max}.

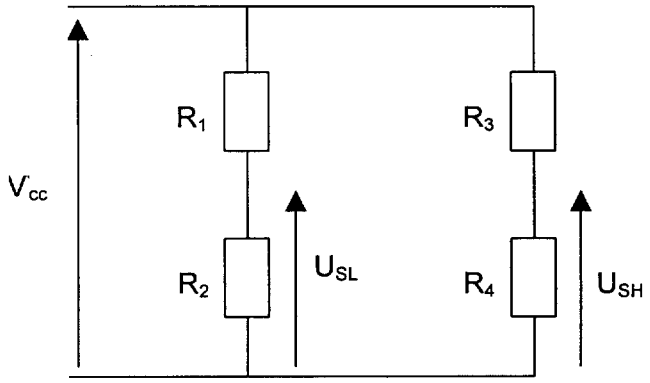
On se propose d'étudier :

- le circuit de surveillance de la tension aux bornes de l'inducteur ;
- le pont redresseur du convertisseur de fréquence ;
- le moteur asynchrone du convoyeur de pièces à traiter.

1. Etude du circuit de surveillance de la tension aux bornes de l'inducteur.

1.1. Elaboration des tensions U_{SL} et U_{SH}.

données : $R_1 = 12\ k\Omega$ $R_2 = R_4 = 2\ k\Omega$ $V_{cc} = 15\ V$



1.1.1. Exprimer U_{SL} en fonction de R_1, R_2 et V_{cc}. Calculez la valeur de U_{SL}.

1.1.2. Exprimer U_{SH} en fonction de R_3, R_4 et V_{cc}. Quelle valeur faut-il donner à R_3 pour obtenir $U_{SH} = 10\ V$?

1.2. Commande "signalisation défauts et arrêt chauffe"

Les amplificateurs de différence intégrés (appelés aussi amplificateurs opérationnels) ADI1 et ADI2 sont supposés parfaits. Ils sont alimentés entre -15 V et +15 V et leurs tensions de saturation sont : $+V_{sat} = 15\ V$ et $-V_{sat} = -15\ V$.

Pour la porte logique NON OU on associera un niveau logique 0 au - 15 V et un niveau logique 1 au + 15 V.

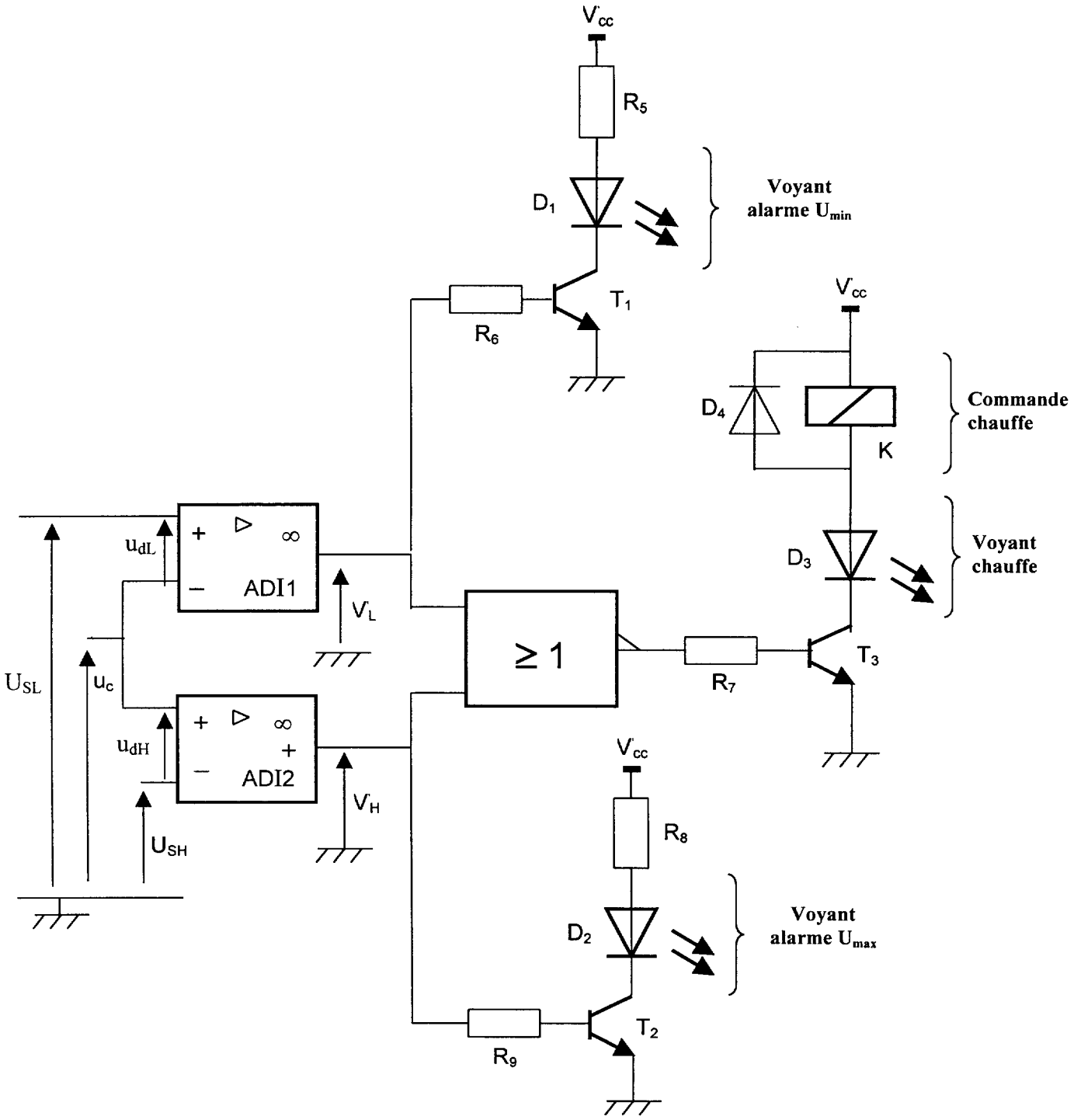
Les transistors T_1, T_2 et T_3 fonctionnent en régime de commutation.

Le relais inductif K permet la validation ou l'arrêt de la chauffe.

D_1, D_2 et D_3 sont des diodes électroluminescentes.

La tension u_c est l'image de la tension aux bornes de l'élément chauffant (inducteur).

Le schéma complet est donné ci-après.



1.2.1. Préciser et justifier le régime de fonctionnement de ADI1 et ADI2.

1.2.2. Exprimer u_{dL} en fonction de U_{SL} et u_c.

1.2.3. Exprimer u_{dH} en fonction de U_{SH} et u_c.

1.2.4. Compléter le tableau 1 concernant la porte logique NON OU. (Voir document réponse n°1 page 7)

1.2.5. Quel est le type des transistors T_1, T_2 et T_3 ?

1.2.6. Quel est le rôle de la diode D_4 ?

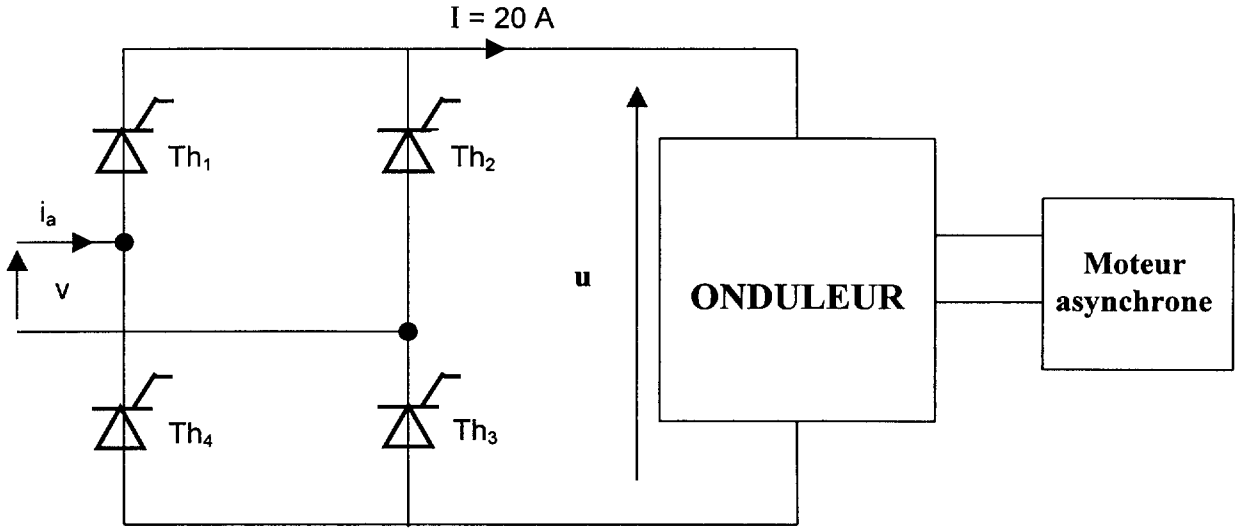
1.2.7. Compléter le tableau 2. (Voir document réponse n°2 page 7/9)

2. Etude du pont redresseur du convertisseur de fréquence.

Le convertisseur de fréquence est principalement constitué d'un redresseur commandé et d'un onduleur de courant.

La fréquence de la tension d'alimentation v est f telle que f = 50 Hz.

On se propose d'étudier le redresseur commandé suivant :



Les thyristors conduisent par paire : Th_1 et Th_3 sont passants sur l'intervalle $[\alpha ; \alpha + \pi]$, Th_2 et Th_4 sont passants sur l'intervalle $[\alpha + \pi ; \alpha + 2\pi]$.

La modulation de puissance de chauffe se fait par action sur l'angle de retard à l'amorçage α.

L'intensité I du courant appelé par la charge est constante telle que I = 20 A.

2.1. Déterminer la fréquence de la tension u.

2.2. En exploitant le chronogramme de u sur le document réponse n°2 page 8/9, déterminer la valeur de l'angle de retard à l'amorçage α.

2.3. Pour quelle valeur de α obtient-on la puissance de chauffe maximale ?

2.4. Compléter les schémas n°1 et n° 2 du document réponse n°2 page 8/9 en :

- fléchant le chemin emprunté par le courant ;
- remplaçant les éléments passants par un interrupteur fermé ;
- remplaçant les éléments bloqués par un interrupteur ouvert.

2.5.Sur le document réponse n°2 page 8/9, tracer le chronogramme du courant de ligne i_a.

2.6. Déterminer la valeur moyenne de i_a.

2.7. Déterminer la valeur efficace de i_a.

3. Étude du moteur asynchrone en charge.

Le moteur asynchrone est alimenté par un réseau 230 V / 400 V, 50 Hz.

3.1. Étude du moteur au point de fonctionnement nominal.

la plaque signalétique du moteur asynchrone porte les indications suivantes :

1,1 kW	230 V / 400 V	50 Hz
2,8 A / 4,8 A	$\cos\varphi = 0,78$	$n = 935$ tr.min^{-1}.

3.1.1. Justifier le couplage étoile des enroulements du stator.

3.1.2. Quelle est la valeur de la vitesse de synchronisme n_s ?

3.1.3. Quelle est la valeur efficace de l'intensité du courant appelé par le moteur ?

3.1.4. Calculer la puissance active absorbée par le moteur et le rendement η du moteur.

3.1.5. Calculer le moment du couple utile T_u.

3.1.6. Tracer, sur le document réponse n°3, page 9/9, la partie utile de la caractéristique mécanique du moteur asynchrone sachant que celle-ci est une portion de droite et que le moteur tourne à la vitesse de synchronisme lorsqu'il fonctionne à vide.

3.2. Étude de l'ensemble moteur / convoyeur.

Le convoyeur impose un couple résistant de moment constant T_r tel que $T_r = 9$ N.m.

3.2.1. Tracer la caractéristique mécanique du convoyeur sur le document réponse 3 page 9/9.

3.2.2. Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement de l'ensemble moteur / convoyeur en régime permanent.

3.2.3. Calculer le glissement g du moteur.

DOCUMENT RÉPONSE n°1

Question 1.2.4

entrée V_L	entrée V_H	sortie porte NON OU
0	**0**	
0	**1**	
1	**0**	
1	**1**	

tableau 1

Question 1.2.7

Remarque : à chaque fois qu'un "état" est demandé, les réponses seront "0" ou "1" :

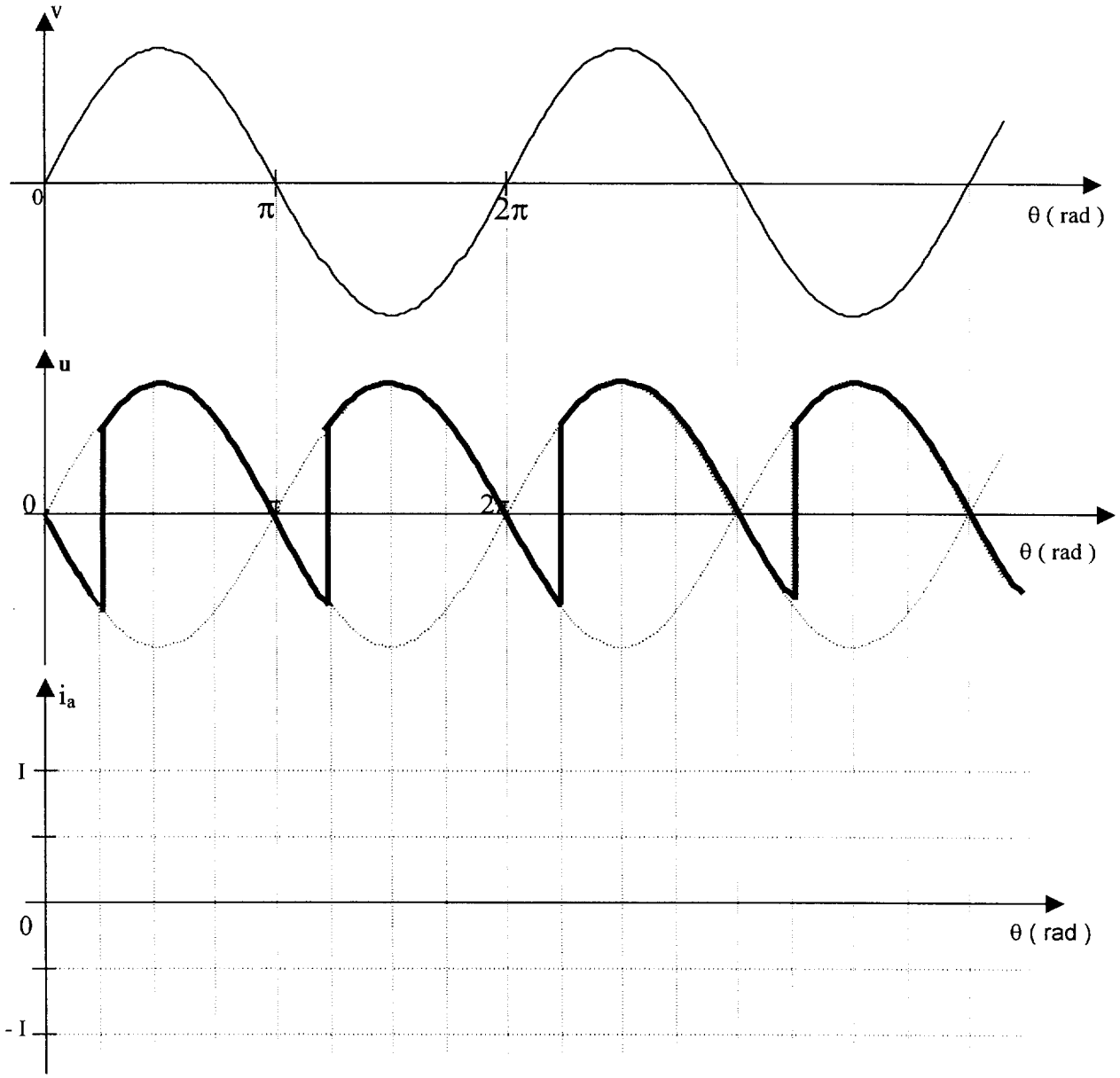
- le "0" sera utilisé pour un état bloqué, pour un élément non passant ou pour un niveau bas ;
- le "1" sera utilisé pour un état passant, un élément saturé ou pour un niveau haut).

	signe u_{dL}	signe u_{dH}	valeur de V_L (en V)	valeur de V_H (en V)	état de T_1	état de T_2	état de D_1	état de D_2	niveau logique sortie porte NON OU	état de T_3	état de D_3	état de chauffe (arrêt ou validation)
$u_C < U_{SL} < U_{SH}$			+15									
$U_{SL} < u_C < U_{SH}$				-15					1			
$u_C > U_{SH} > U_{SL}$												

tableau 2

DOCUMENT REPONSE N°2

question 2.5



Question 2.4

schéma n°1

$\alpha < \theta < \alpha + \pi$

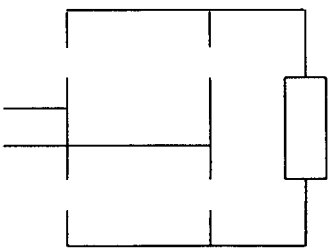
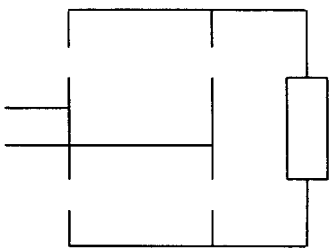
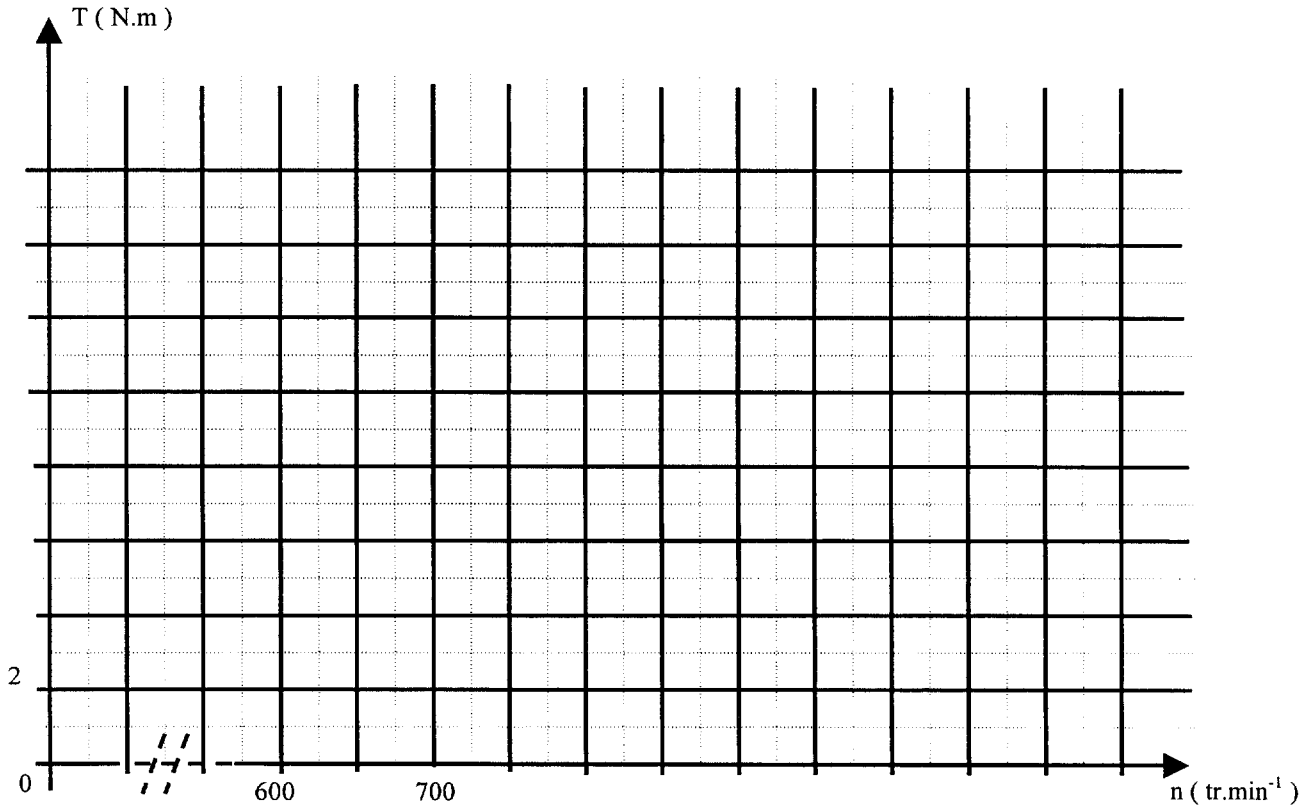


schéma n°2

$\alpha + \pi < \theta < \alpha + 2\pi$



DOCUMENT REPONSE N°3



Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.