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

INSTALLATION ELECTROCHIMIQUE - CHROMAGE DE JANTES DE BICYCLETTE

Le chromage consiste à recouvrir la surface des objets d'un dépôt de chrome. Ce dépôt très résistant protège contre l'oxydation. Il se fait par électrolyse sur des pièces ayant, au préalable, été cuivrées et ensuite nickelées.
L'installation comporte les éléments suivants :

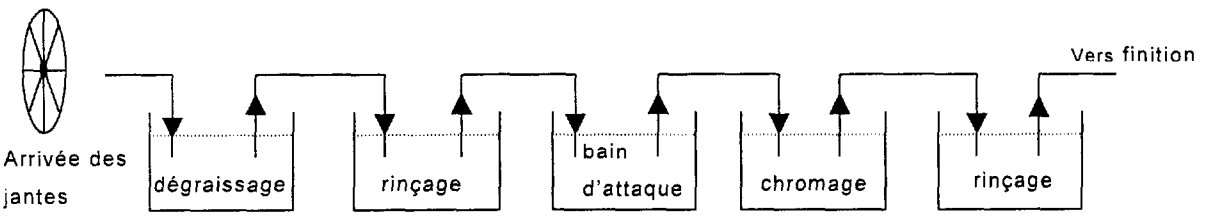


Schéma global de l'installation Figure 1

Le sujet portera uniquement sur la partie chromage de l'installation dont l'organisation est faite suivant le diagramme donné figure 2 ci-dessous.

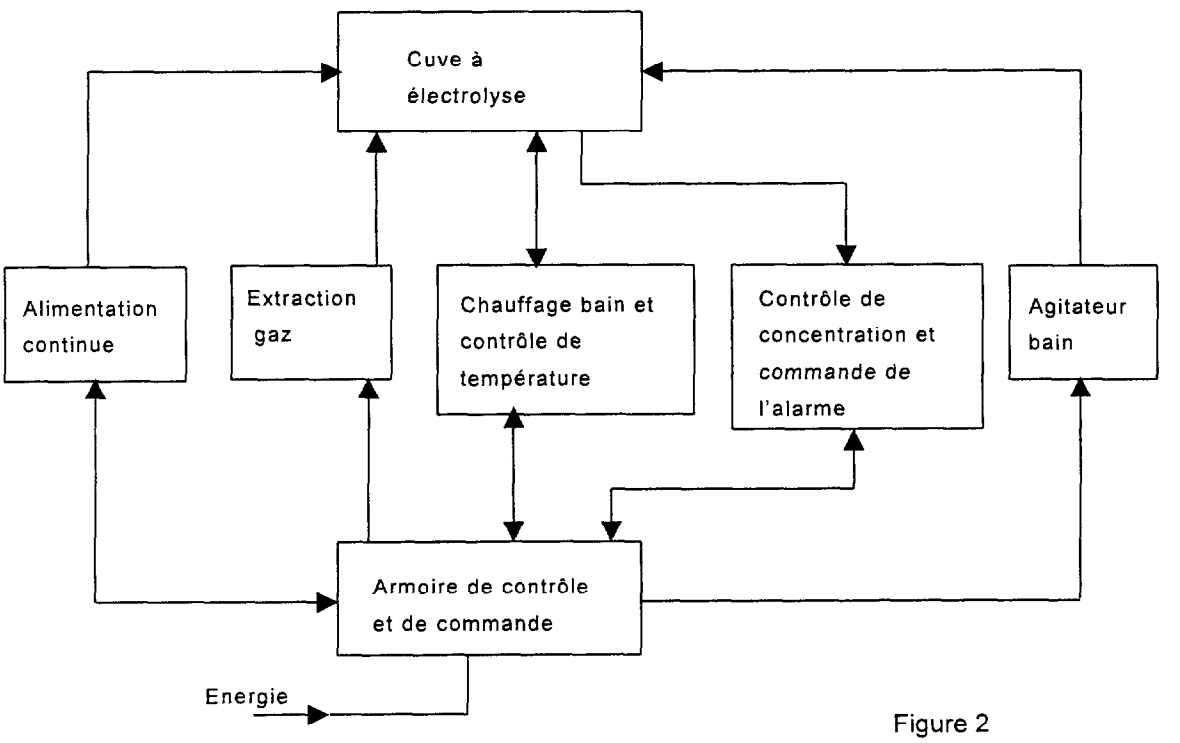


Figure 2

L'étude portera sur :

- **l'alimentation continue alimentant la cuve à électrolyse présentant les caractéristiques suivantes :** redressement monophasé en pont de Graëtz fournissant un courant d'intensité moyenne de 1050 A, sous une tension faible ; le montage est isolé galvaniquement du réseau.
- **le contrôle de la concentration du bain et la commande de l'alarme :** la mesure de la concentration C du bain électrolytique se fait par l'intermédiaire d'une sonde électronique.
- **l'agitation du bain** : l'électrolyse produit des gaz qui doivent être évacués ; on utilise un agitateur mécanique actionné par un moteur asynchrone triphasé.

PARTIE A - ÉTUDE DU DISPOSITIF DE CHROMAGE

Le schéma du dispositif est celui de la figure 3 ci-dessous

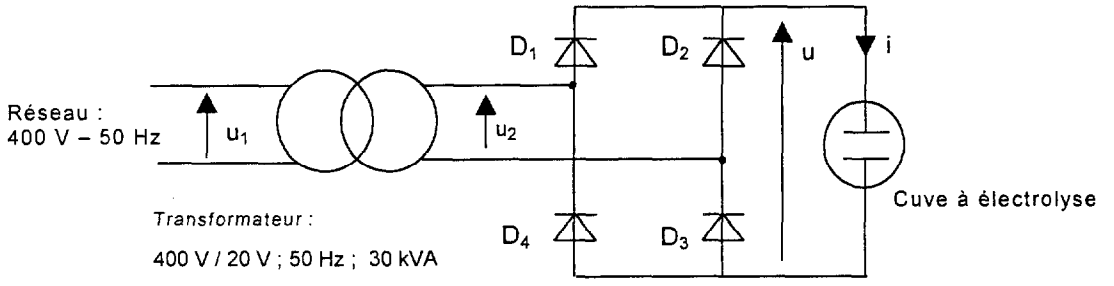


Figure 3

A1 - ÉTUDE DU TRANSFORMATEUR

Le transformateur est supposé parfait pour cette étude.

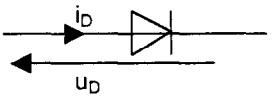
A.1.1. A quelles valeurs correspondent les indications données pour le transformateur ?

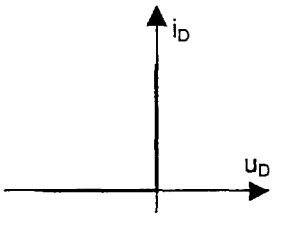
A.1.2. Calculer les valeurs nominales des courants primaire et secondaire.

A2 - ÉTUDE DU MONTAGE REDRESSEUR

Les diodes du pont de Graëtz sont supposées idéales.

On utilise, pour une diode, les conventions ci-dessous :





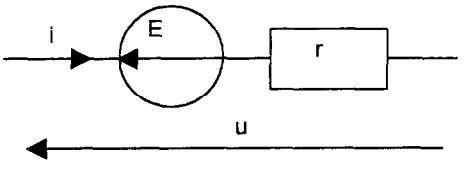
Leur caractéristique tension-courant est représentée ci-contre :

A2.1. <u>Analyse du fonctionnement du pont de diodes alimentant la cuve à électrolyse.</u>

On rappelle, que lors d'une électrolyse, la cuve à électrolyse se comporte comme un récepteur de force électromotrice E et de résistance r. Il admet le modèle équivalent de Thévenin ci-contre, caractérisé par :

la force électromotrice : E = 10 V

la résistance : r = 8,95. $10^{-3}\Omega$.



A2.1.1. Exprimer u(t) en fonction de E, r et de i(t).

A2.1.2 En déduire la valeur minimale de u(t) pour que les diodes soient passantes.

A2.1.3 Sur le document-réponse n°1, compléter le tableau résumant le fonctionnement puis tracer l'allure de la fonction u(t).

A2.1.4 Justifier l'allure de la courbe i(t) tracée sur le document-réponse n°1.

A2.1.6 Préciser sur le document-réponse n°1 l'intervalle de conduction des diodes.

A2.2. Calcul de la puissance absorbée par la cuve à électrolyse

A2.2.1. Donner l'expression de la puissance instantanée p(t) fournie à la cuve à électrolyse :

a. en fonction de i(t) et de u(t) ;

b. puis en fonction de i(t), E et r.

A2.2.2. En déduire l'expression de la puissance moyenne P absorbée par l'électrolyseur en fonction de E, r et des valeurs moyenne I_{moy} et efficace I_{eff} de l'intensité i(t).

A2.2.3. Dans l'expression précédente, identifier la puissance utile et la puissance perdue par effet Joule.

A2.2.4. On a mesuré :

- la valeur moyenne I_{moy} de i(t) : I_{moy} = 1025 A
- la valeur efficace I_{eff} de i(t) : I_{eff} = 1280 A

a. Vérifier que la valeur de P est : P = 24,9 kW

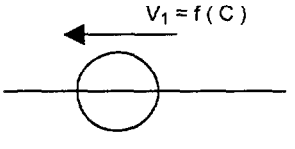
b. Calculer numériquement la puissance utile dans la cuve, puis son rendement η.

PARTIE B -- CONTROLE DE LA CONCENTRATION DE L'ELECTROLYTE ET COMMANDE DE L'ALARME.

Dans toute cette partie les courants d'entrée des amplificateurs de différence intégrés notés ADI , appelés aussi amplificateurs opérationnels , sont supposés nuls. Ils sont alimentés par un système de deux tensions symétriques ± Vcc telles que ± Vcc = ± 15 V. Les tensions de saturation des amplificateurs de différence intégrés sont $\pm V_{sat}$ *= 14 V.*

B1 - MESURE DE LA CONCENTRATION

La mesure de la concentration C s'effectue à l'aide d'une sonde électronique dont le modèle électronique peut être assimilé au schéma suivant :



La tension de sortie V_1 de la sonde est proportionnelle à la concentration C du bain électrolytique. La tension V_1 étant de faible valeur, on l'amplifie de sorte à obtenir $\mathbf{V_2 = 6.V_1}$ à l'aide du montage figure 5 :

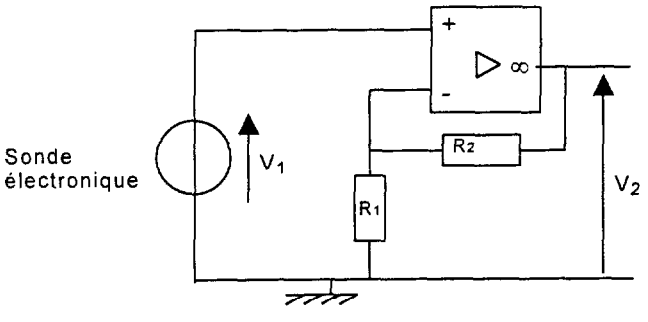


Figure 4

B1.1. Justifier le mode de fonctionnement de l'amplificateur de différence intégré.

B1.2. Quelle est la fonction réalisée par le montage ?

B1.3. Exprimer V_2 en fonction de V_1, R_1 et R_2 (la démonstration n'est pas exigée).

B1.4. Déterminer la relation liant R_2 à R_1 pour obtenir l'amplification souhaitée.

B2 - FONCTION COMPARAISON

Les amplificateurs de différence intégrés utilisés dans cette question fonctionnent en mode comparateur.

La concentration du bain est satisfaisante lorsque la tension V_2 est comprise entre deux valeurs notées U_{01} pour la valeur minimale et U_{02} pour la valeur maximale.

B2.1. Étude de C_1 : comparateur inverseur à deux seuils de basculement :

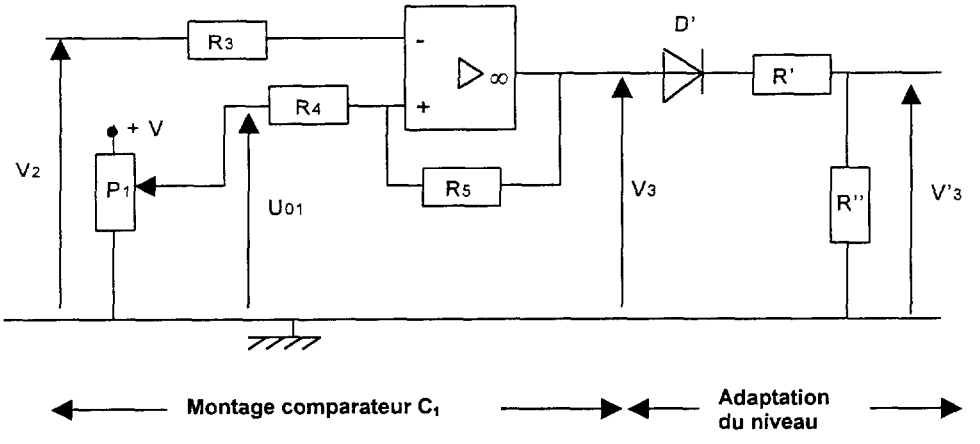


Figure 6

La caractéristique de transfert $V_3 = f(V_2)$ est représentée sur le document annexe (page 9/12).

Les seuils de basculement sont donnés par les expressions :

$$U_{HL} = \frac{R_5.U_{01}}{R_4 + R_5} + \frac{R_4.Vsat}{R_4 + R_5} \qquad \text{et } U_{LH} = \frac{R_5\,U_{01}}{R_4 + R_5} - \frac{R_4\,Vsat}{R_4 + R_5}$$

U_{HL} étant le seuil correspondant au basculement de la sortie de l'état haut vers l'état bas, U_{LH} correspondant au basculement inverse.

On donne : $R_4 = 1\ k\Omega$ $R_5 = 150\ k\Omega$ $U_{01} = 4{,}0\ V$

B2.1.1. Calculer la largeur du cycle d'hystérésis .

B2.1.2. Justifier que le montage peut être assimilé à un comparateur à un seul seuil pour lequel la valeur de la tension de basculement est à peu près égale à U_{01}

B2.2 Étude de C_2 :

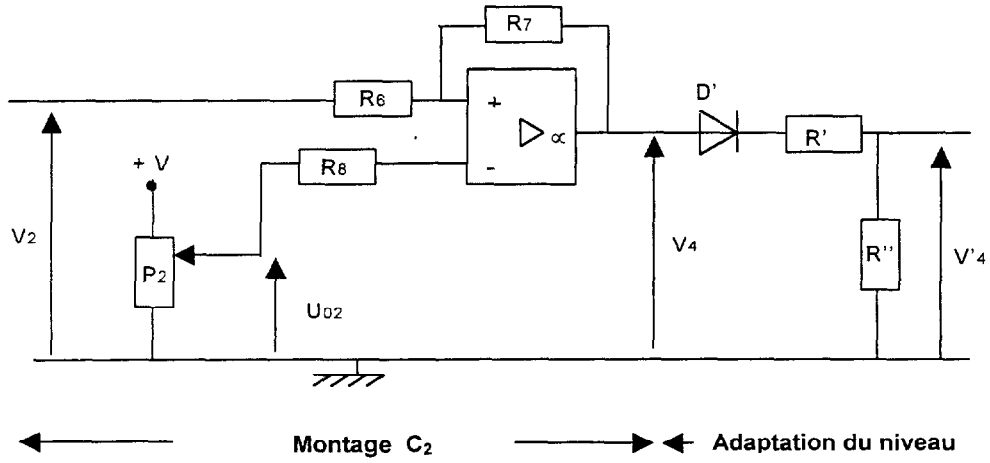


Figure 7

A partir du schéma et de la caractéristique de transfert $V_4 = f(V_2)$ sur le document annexe (page 9/12), quelle est la fonction réalisée par le montage C_2 ?

B2.3. Adaptation du niveau

Les tensions appliquées sur l'entrée du dispositif de déclenchement de l'alarme doivent être comprises entre 0 V et + 5 V.

Dans ce but, on place en sortie des deux comparateurs précédents des circuits "adaptateur de tension" constitués par une diode D' supposée idéale et les résistances R' et R'' (voir les figures 6 ou 7).

B2.3.1. Dans le cas de la figure 6, analyser le comportement du dispositif adaptateur de tension :

α) lorsque $V_3 = + V_{sat}$:

- quel est l'état de la diode D' ?
- exprimer V'3 en fonction de R', R'' et V_3 ;
- calculer R' sachant que R'' = 10 kΩ et V_{sat} = + 14 V ;

β) lorsque $V_3 = - V_{sat}$

- quel est l'état de la diode D' ?
- en déduire V'_3

B2.3.2. sur le document réponse n°2, représenter v_3, v'_3, v_4 et v'_4 lorsque la concentration C subit des variations au cours du temps.

B3 - COMMANDE DE L'ALARME

Une alarme sonore doit se déclencher lorsque la concentration C du bain électrolytique devient supérieure à un seuil haut ou inférieure à un seuil bas prédéterminé.

Le schéma structurel du montage global est représenté sur la figure 8 (page suivante).

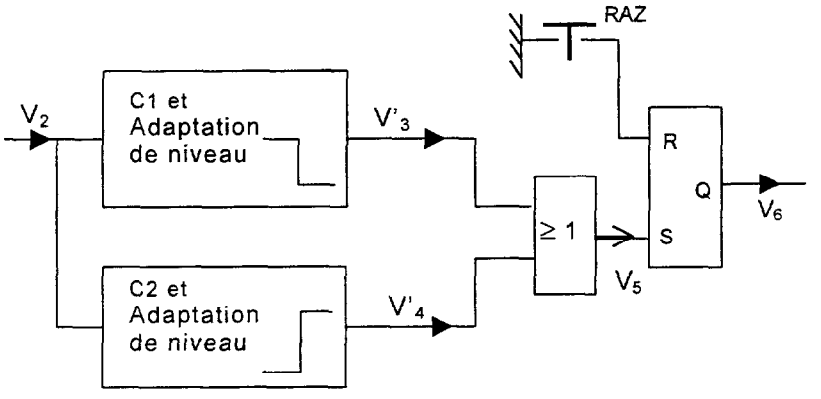


Figure 8

L'alarme se déclenche lorsque la tension V_6 est au niveau haut.

Pour effectuer la synthèse du fonctionnement du dispositif de contrôle de la concentration :

B3.1 tracer la courbe v_5 (t) sur le document-réponse n°2 ;

B3.2 tracer le chronogramme de v_6(t) sur le document-réponse n°2 .

On rappelle la table de fonctionnement de la bascule :

R	S	Qt
0	0	Qt-1
0	1	1
1	0	0
1	1	RAZ prioritaire

PARTIE C. -- AGITATION DU BAIN PAR MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

L'évacuation des gaz produits lors de l'électrolyse est obtenue grâce à un agitateur mécanique actionné par un moteur asynchrone triphasé.

La plaque signalétique du moteur porte les indications suivantes :

230 V / 400 V ; 50 Hz

5,5 kW ; 6 A / 10 A ; 960 tr/min.

La mesure de la résistance entre phases au stator a donné la valeur suivante :

R_{ph} = 0,50 Ω.

C1 - COUPLAGE SUR LE RESEAU

On couple ce moteur sur le réseau triphasé 400 V ; 50 Hz.

C1.1. Préciser le mode de couplage adopté en le justifiant.

C1.2. Quelle est la vitesse de synchronisme n'_s (en tr/min) et quel est le nombre de pôles ?

C2 - ETUDE DES PERFORMANCES DU MOTEUR EN FONCTIONNEMENT NOMINAL

C2.1. On a utilisé la méthode des 2 wattmètres pour calculer les puissances consommées en régime nominal.

Le premier a donné comme résultat P_A = 3,83 kW ; et le second P_B= 1,57 kW .

C2.1.1. Calculer numériquement les puissances nominales active, réactive et apparente.

On rappelle que $P = P_A + P_B$ et $Q = \sqrt{3}\,(P_A - P_B)$.

C2.1.2. En déduire la valeur efficace nominale de l'intensité du courant en ligne ainsi que le facteur de puissance du moteur.

C2.2. Estimation des pertes de puissance :

C2.2.1. calculer la puissance perdue par effet Joule dans le stator ;

C2.2.2 les pertes collectives P_c (pertes dans le fer et pertes mécaniques) ont été déterminées au préalable, lors d'un essai à vide : P_c = 380 W et les pertes par effet Joule dans le rotor P_{JR} sont estimées à 210 W ;

calculer la puissance perdue totale.

C2.3. En déduire alors les valeurs nominales suivantes : la puissance utile P_{UN}, le rendement η_{UN} . Vérifier que le moment T_{UN} du couple utile vaut 47,2 Nm.

C3 - ASSOCIATION MOTEUR –AGITATEUR

La caractéristique mécanique du moteur peut être assimilée, dans sa partie utile, à un segment de droite.
Le moteur asynchrone entraîne l'agitateur de la cuve à électrolyse dont le moment du couple résistant T_r est représenté sur le document-réponse n° 3.

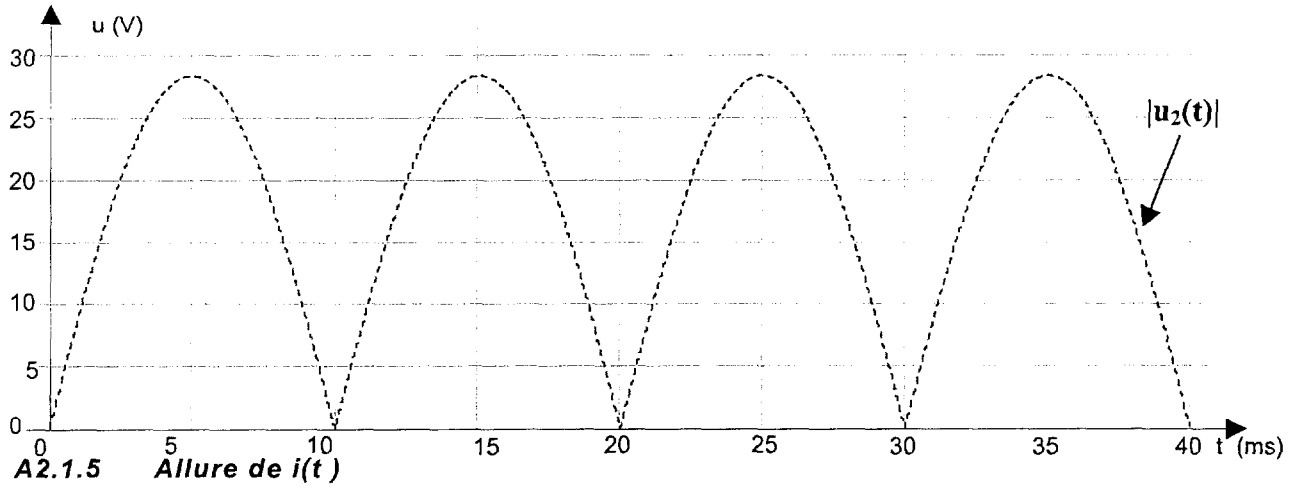
C3.1. Tracer la caractéristique Tu = f (n) dans le même repère.
C3.2. Déterminer graphiquement le point F de fonctionnement du moteur couplé à la charge et préciser ses coordonnées sur le document réponse n°3.

DOCUMENT – REPONSE N°1

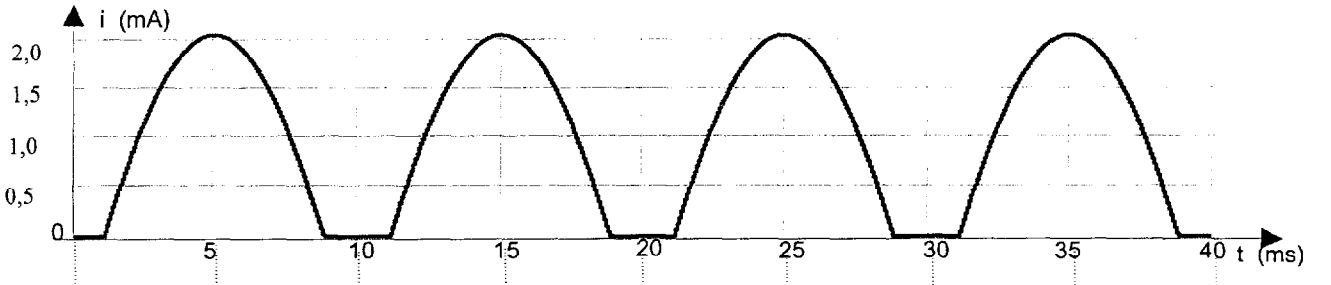
A2.1.3 Tableau du fonctionnement du pont sur alimentant la cuve à électrolyse.

u_2	*État des diodes*				Expression de u en fonction de u_2 et/ou E
	D_1	D_2	D_3	D_4	
$0 < u_2 < E$					
$u_2 > E$					
$0 > u_2 > -E$					
$u_2 < -E$					

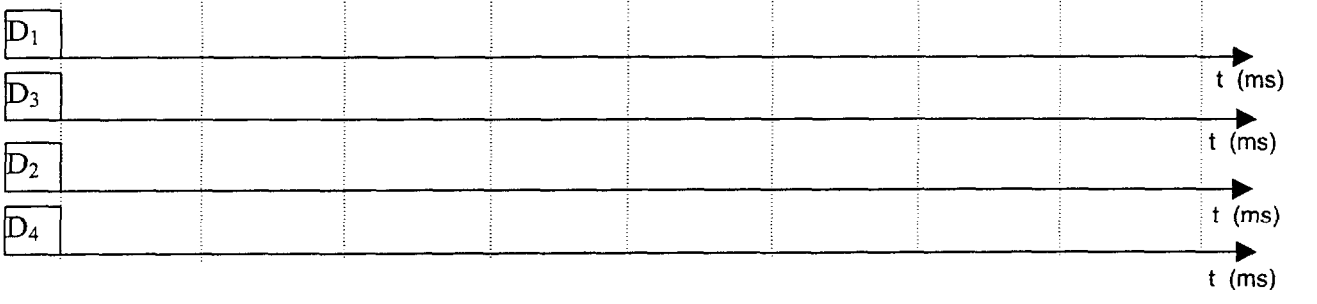
A2.1.3 Allure de u(t)



A2.1.5 Allure de i(t)

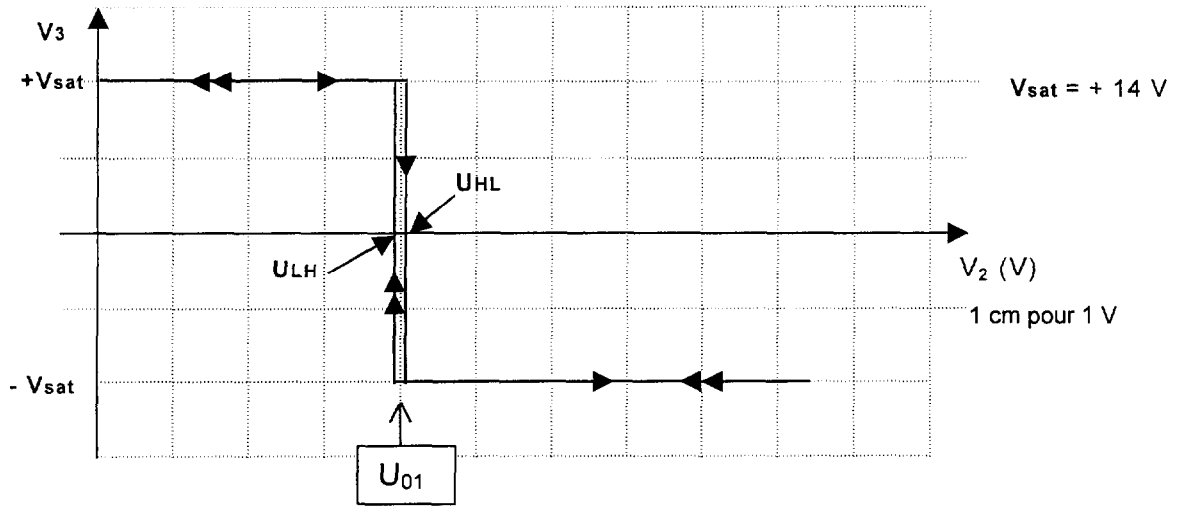


A2.1.6 intervalle de conduction des diodes

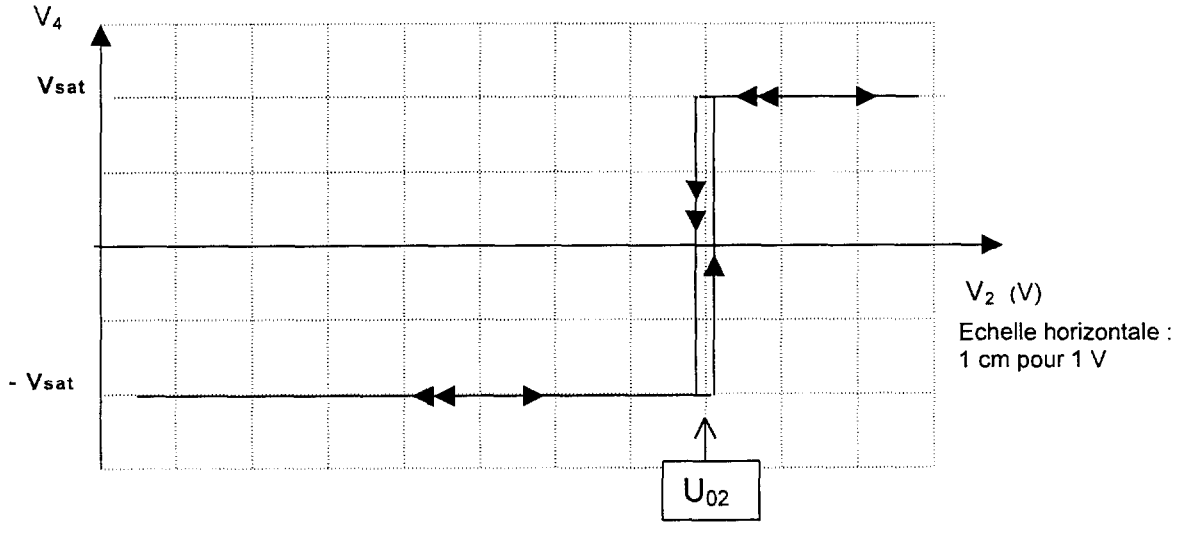


ANNEXE

B2.1.Caractéristique de transfert de C1 : V_3 =f (V_2)

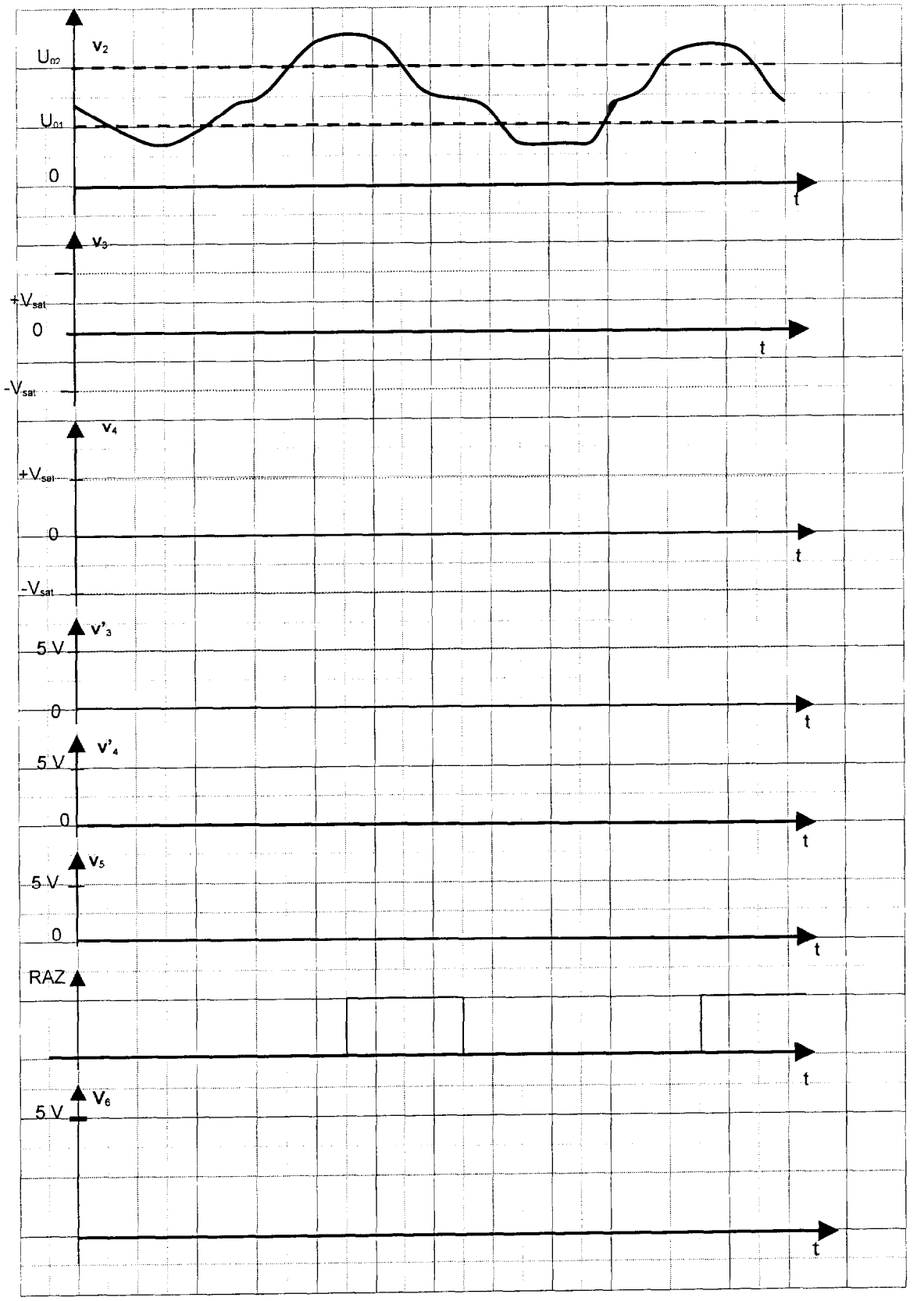


B2.2.4 .Caractéristique de transfert de C2 : V_4 =f (V_2)



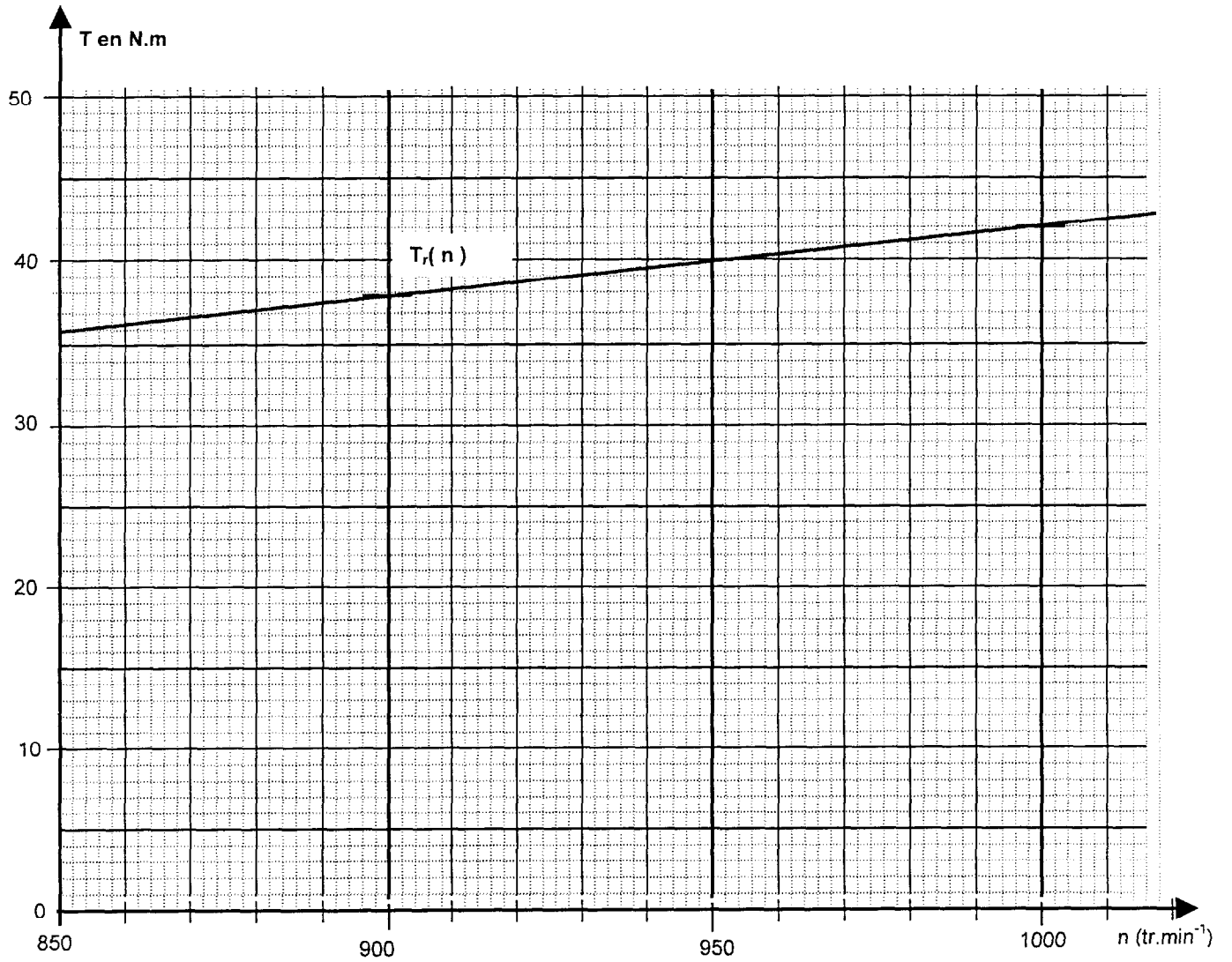
DOCUMENT – REPONSE N°2

B2.3.2 , B3.1 et B3.2 : Variations des tensions de sortie des différents blocs fonctionnels au cours du temps.



DOCUMENT – REPONSE N°3

C3.1 Tracé de $T_u(n)$ en fonction de n



C3.2 Coordonnées du point de fonctionnement F obtenu graphiquement :

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.