BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

ELECTROTECHNIQUE

SESSION 2015

EPREUVE E.4.1

Etude d'un système technique industriel
Pré-étude et modélisation

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

Matériel autorisé :

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/99.
L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

Le sujet comporte **27** pages numérotées de **1/27 à 27/27**
dont **5** annexes
et
4 documents-réponses numérotés de **25/27 à 27/27.**
Ces documents-réponses sont à rendre avec vos feuilles de copie.

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.
Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française. Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se reporte.

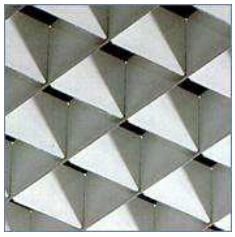
Utiliser les notations employées dans le texte, justifier toutes les réponses et présenter clairement les résultats.

Encocheuse SCHAAL 3 pour plafond métallique.

Présentation générale - Mise en situation

La société DURLUMEN fabrique depuis 1969 des réflecteurs pour luminaires et appareils d'éclairage. Il s'agit de plafonds métalliques alvéolaires permettant à l'éclairage de s'intégrer et de se fondre harmonieusement dans les plafonds.







L'objectif du groupe est d'aménager l'espace de manière positive et fonctionnelle en créant une harmonie avec le plafond et l'éclairage. La société possède des clients dans le monde entier et pour tout type d'infrastructure (particuliers, entreprises, collectivités, hôtels, musées, aéroports, commerces …).

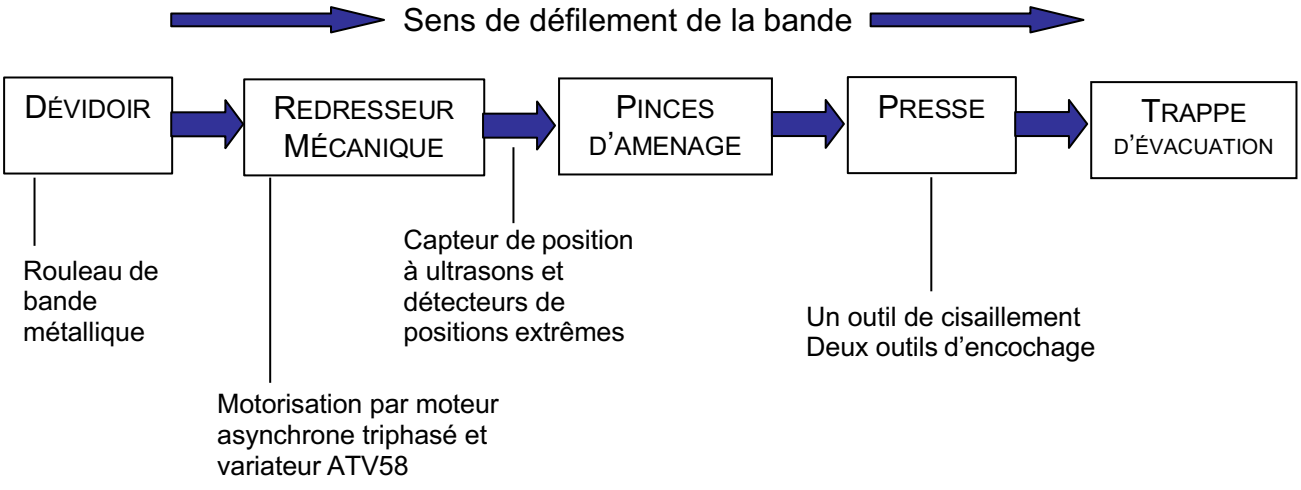
Processus étudié

Les produits fabriqués à VESOUL sont des plafonds métalliques alvéolaires. La matière utilisée est soit de l'aluminium, soit de l'acier galvanisé peint. Tous ces produits sont élaborés sur une unité de production nommée ligne d'encochage **SCHAAL 3**, objet du support d'étude.

Présentation et schéma synoptique de l'ensemble SCHAAL 3

La ligne d'encochage SCHAAL 3 est divisée en cinq parties principales :

- un dévidoir qui permet l'alimentation en bande de matière brute ;
- un redresseur mécanique (et ses capteurs) mettant en forme la matière ;
- deux pinces d'amenage qui présentent la bande métallique à la presse ;
- une presse mécanique avec ses trois outils d'encochage et de cisaillement ;
- une trappe d'évacuation qui évacue le produit fini.



Enjeux

La commande automatisée de l'ensemble SCHAAL 3 est devenue obsolète. Le matériel utilisé qui date du début des années 1980 est devenu introuvable. Il existe alors un risque élevé d'arrêt de production en cas de défaillance de cette partie commande.
La rénovation totale de cette partie est donc une nécessité pour assurer la pérennité de l'installation.

Cette rénovation doit également avoir pour objectif la gestion d'un 4ème outil permettant la réalisation de nouvelles encoches dans les bandes métalliques.
La commande actuelle est non évolutive, il est alors impossible de réaliser un ajout d'outil sans la modifier totalement.

Afin de répondre aux exigences des industriels en termes de délais de réalisation et de réactivité de la production, une augmentation de la cadence de réalisation des pièces est sérieusement envisagée. La cadence actuelle maximale de la presse est de 300 coups par minute. L'objectif souhaité est de 400 coups par minute.

Le bénéfice d'une telle rénovation est donc triple pour l'entreprise :

- un système de commande récent et viable permettant d'assurer la continuité de la production et un dépannage facile et rapide en cas de défaillance ;
- une souplesse de programmation et une adaptabilité aux contraintes de production liées à la programmation de nouveaux outils ;
- une augmentation de la productivité par augmentation de la cadence.

Problématique

Notre étude portera, dans un premier temps, sur l'étude des capteurs à ultrasons et la motorisation du redresseur afin d'alimenter correctement la presse en bande métallique.

Nous aborderons dans un second temps la compréhension du cycle de fonctionnement de la presse et des outils afin de vérifier s'il est possible d'augmenter la cadence de production.

Ce sujet est composé de trois parties A, B et C indépendantes.

Des informations complémentaires sur le fonctionnement de chacune des parties de l'ensemble SCHAAL 3 sont disponibles si nécessaire en annexe 6.

PARTIE A : CAPTEUR TÉLÉMETRIQUE À ULTRASONS

Un capteur télémétrique à ultrasons placé en amont de la presse mécanique (sortie du redresseur mécanique) permet de contrôler la position de la bande d'aluminium et par conséquent la tension mécanique de cette dernière dans l'accumulateur en boucle.
Il est alors possible d'interagir avec le redresseur mécanique pour adapter la vitesse de déroulement en fonction du rythme de production. Ceci permet d'éviter de dérouler trop de bande ou au contraire que celle-ci, entraînée par l'encocheuse soit trop tendue (tension mécanique trop importante). Nous analyserons, dans cette partie, comment évoluent les conditions de fonctionnement de ce capteur dans le cas d'une augmentation de la cadence de production.

Le capteur à ultrasons est composé d'un émetteur, d'un récepteur et d'un module électronique de traitement.
La figure 1 illustre le positionnement du capteur dans la chaîne de production.

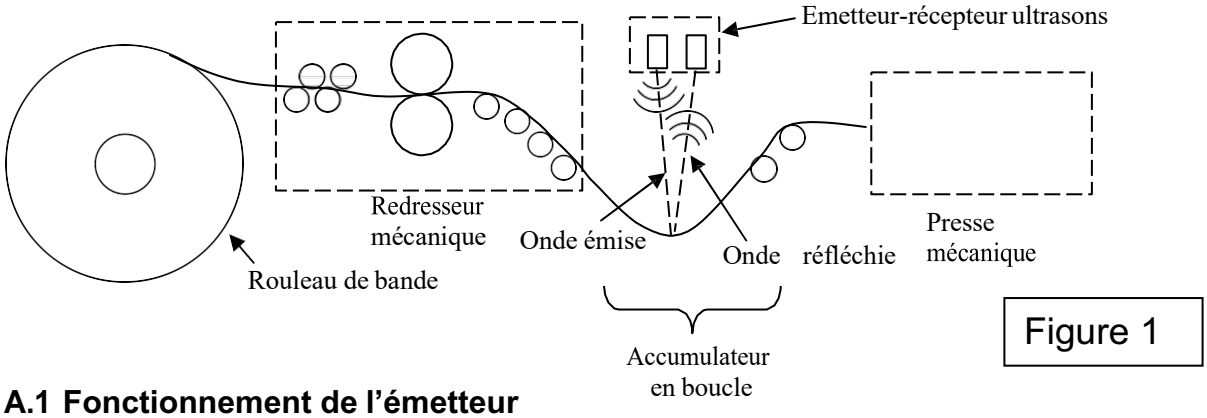


Figure 1

A.1 Fonctionnement de l'émetteur

L'émetteur envoie une onde ultrasonore u_e de période T_1 en direction de la bande. Celle-ci n'est pas émise en continue mais envoyée périodiquement par train d'ondes (trames sinusoïdales) d'une durée T_2. Ces trames se répètent à intervalles réguliers toutes les T_3 secondes (T_3 = 27,5 ms).
L'annexe *1*, page 17, présente les chronogrammes des trames émises.

A.1.1 Déterminer, en précisant l'unité, la valeur de la période T_1 de l'onde ultrasonore sinusoïdale émise pendant une trame.

A.1.2 En déduire la valeur de la fréquence f_1.

A.1.3 Déterminer la valeur de la durée pendant laquelle est émise la trame T_2.
On pourra se reporter à l'annexe 2, page 18, qui permet d'apprécier la durée de la trame T_2 sur une échelle plus adaptée.

A.2 Propagation des ultrasons

Les ondes ultrasonores se propagent dans l'air à une vitesse c.
À pression constante, cette vitesse dépend de la température selon la relation :

$$c = \sqrt{\gamma . R_s . T}$$

Avec :
γ : *coefficient adiabatique de l'air*
R_s : *capacité thermique de l'air*
T : *température exprimée en kelvin*

Lorsque la température θ est comprise entre 253 K et 313 K, les coefficients γ et R_s sont considérés constants.
On prendra pour la suite du problème $\gamma = 1,4$ et $R_s = 287\ J.kg^{-1}.K^{-1}$

L'échelle de température en kelvin a pour origine le « zéro absolu » qui correspond à la plus petite température possible.
La loi de conversion des kelvin en degrés celsius est :

$$\theta = T - 273 \qquad \text{avec } \theta \text{ en °C et } T \text{ en K.}$$

A.2.1 Donner la valeur, en kelvin, de la température T_{25} qui correspond à 25°C

A.2.2 Cette valeur de T_{25} est-elle compatible avec le domaine où les coefficients γ et R_s sont considérés constants ?

A.2.3 Calculer, à l'aide de la relation donnée précédemment, la valeur de la vitesse c_{25} (unité $m.s^{-1}$) pour la température $T_{25} = 25°C$.

A.3 Fonctionnement du récepteur

L'onde ultrasonore émise par l'émetteur se propage dans l'air, pour la température $T_{25} = 25°C$, à la célérité $c_{25} = 346\ m.s^{-1}$.

A.3.1 *L'onde ultrasonore se réfléchit sur la bande métallique pour ensuite être captée par le récepteur à ultrasons.*
Le relevé d'oscilloscope figurant sur ***l'annexe 2, page 18,*** *représente les chronogrammes de la trame u_e émise par l'émetteur et la trame u_s captée par le récepteur. Suite à l'affaiblissement du signal lors de son trajet, l'amplitude de la trame u_s reçue est plus faible que celle de la trame u_e émise.*

Déduire du relevé d'oscilloscope la valeur de la durée Δt séparant l'émission et la réception d'une trame émise après avoir été réfléchie.

A.3.2 On rappelle que la durée Δt (en secondes) mise par l'onde ultrasonore pour parcourir la distance d_{ar} (en mètres) à la vitesse c_{25} (vitesse de propagation) est :

$$\Delta t = \frac{d_{ar}}{c_{25}}$$

En déduire la distance totale d_{ar} (en cm) parcourue par l'onde ultrasonore lors du trajet aller-retour suivant : émetteur $\mathscr{D}$ bande métallique $\mathscr{D}$ récepteur.

A.3.3 Vérifier que la distance d (en cm) existant entre l'émetteur et la bande métallique est égale dans ce cas à 38 cm.

A.3.4 Pour envisager une augmentation de la cadence de production, il est nécessaire de laisser plus d'amplitude à la bande au niveau de l'accumulateur en boucle. On désire à cet effet que la bande soit située à une distance d' = 41,5 cm du capteur à ultrasons.
Représenter sur le **document réponse 1, page 25,** la position de la nouvelle trame u_s reçue dans ces conditions.

A.3.5 Compte tenu de la durée fixe T_3 séparant l'émission de deux trames, il est nécessaire que l'onde réfléchie soit reçue par le récepteur avant l'émission d'une nouvelle trame. En déduire la distance maximale d_{max} que le capteur à ultrasons est capable de mesurer (avant chevauchement des trames émises et des trames reçues).

PARTIE B : ÉTUDE DU REDRESSEUR MÉCANIQUE DIMECO

Cette partie nous permettra de comprendre comment la bande d'aluminium est entraînée dans le redresseur mécanique. Nous étudierons ensuite les caractéristiques du courant absorbé par le variateur de fréquence et travaillerons pour finir sur la variation de vitesse permettant d'adapter la vitesse d'entraînement de la bande à la nouvelle cadence de production.

Le redresseur mécanique du constructeur DIMECO assure la mise en forme et l'entraînement de la bande d'aluminium à vitesse constante réglable. Cette bande étant conditionnée en rouleau, elle présente un galbe qu'il est nécessaire de rectifier afin d'obtenir une matière brute parfaitement plane et prête à être encochée. Le redresseur mécanique doit donc assurer une excellente qualité de redressage.

À cet effet, le redresseur mécanique est constitué d'un réseau de 17 galets guidant la bande et de 2 cylindres d'entraînement motorisés G_1 et G_2. La motorisation est assurée par un moteur asynchrone triphasé de puissance 5 kW associé à un variateur de fréquence ATV58 permettant d'obtenir des vitesses de défilement de bande variant de 4,8 à 60 m.min^{-1}.

B.1 Etude mécanique : motorisation des cylindres entraîneurs

La bande est entraînée, à la vitesse linéaire de défilement v, par deux cylindres motorisés G_1 et G_2 de diamètre identiques D= 37,7 mm.
Un moteur asynchrone entraîne ces deux cylindres par l'intermédiaire d'un réducteur mécanique de rapport r.
La figure 2 présente le principe de fonctionnement simplifié du redresseur.

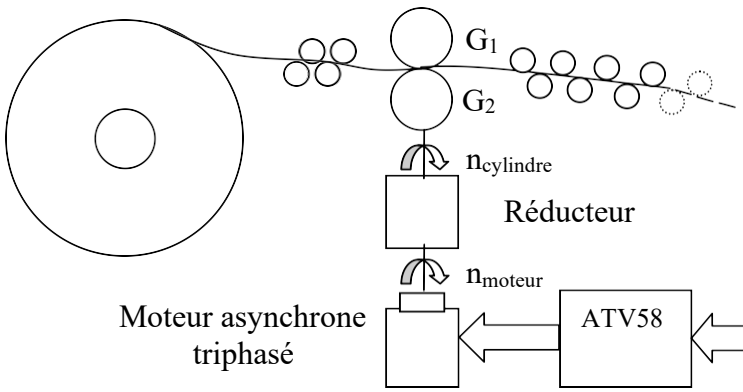


Figure 2

On rappelle que la vitesse linéaire de défilement de la bande v_s, exprimée en m.s^{-1}, est liée au rayon R des cylindres G_1 et G_2 et à leur vitesse angulaire de rotation Ω, exprimée en rad.s^{-1}, par la relation :

$$v_s = R.\Omega$$

B.1.1 Exprimer, en $m.min^{-1}$, la vitesse de défilement v de la bande en fonction de la vitesse de rotation $n_{cylindre}$ des cylindres, exprimée en $tr.min^{-1}$, et de leurs diamètres respectifs D exprimés en m .

B.1.2 Le rapport de réduction r est donné par la relation :

$$r = \frac{n_{moteur}}{n_{cylindre}}$$

Montrer que la vitesse v de défilement ($m.min^{-1}$) de la bande s'écrit :

$$v = \pi \frac{D.n_{moteur}}{r}$$ avec n_{moteur} exprimée en $tr.min^{-1}$

B.1.3 *Le constructeur du redresseur mécanique fournit :*

- ***Annexe 3, page 19**, l'abaque donnant l'évolution de la vitesse v ($m.min^{-1}$) de défilement de la bande en fonction de la vitesse de rotation n ($tr.min^{-1}$) du moteur pour 0 < n < 3600 $tr.min^{-1}$.*
- ***Annexe 4, page 19**, l'abaque donnant l'évolution du moment du couple T_r (N.m) en sortie du réducteur en fonction de la vitesse de rotation n ($tr.min^{-1}$) du moteur pour 0 < n < 3600 $tr.min^{-1}$.*

On indique que la vitesse de défilement de la bande en sortie du redresseur est égale à v = 0,6 $m.s^{-1}$ pour un cadencement souhaité de 400 encoches par minute (ce résultat sera démontré en partie C).

Déduire des abaques la vitesse de rotation du moteur n_{moteur} pour cette vitesse de défilement v.

B.1.4 On rappelle que le diamètre des cylindres D est égal à 37,7 mm.
En déduire, d'après la question B.1.2, la valeur du rapport de réduction r du réducteur.

B.1.5 Vérifier que la vitesse de rotation des cylindres $n_{cylindre}$ est égale dans ces conditions à 304 $tr.min^{-1}$.

B.1.6 Déduire des abaques le moment du couple Tr en sortie du réducteur pour la vitesse de rotation du moteur n_{moteur} = 2300 $tr.min^{-1}$ correspondant à la cadence de production de 400 encoches par minute.

B.1.7 Le rendement de la transmission est égal à η = 94 %.
Calculer la puissance utile mécanique Pu et le moment du couple utile mécanique Tu développés par le moteur asynchrone pour ce fonctionnement.

B.2 Etude du variateur ATV58 associé au moteur asynchrone triphasé

B.2.1 Caractéristiques du courant i_1 dans la phase 1 du variateur ATV58

Le variateur ATV58 alimentant le moteur asynchrone triphasé est connecté phase à phase sur le réseau triphasé 400V 50 Hz sans neutre.
La figure 3 présente le branchement réalisé.

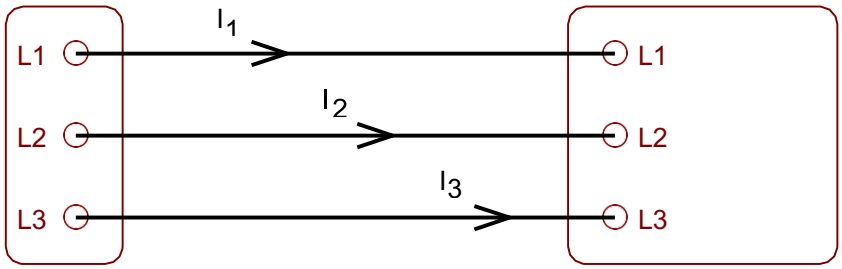


Figure 3

Réseau 50 Hz 400V *Variateur ATV58*

On observe, à l'aide d'une sonde de courant connectée à un oscilloscope numérique, le courant i_1 absorbé par la phase 1 du variateur ATV58 pour le fonctionnement dans les conditions énoncées dans la partie B.1
La figure 4 présente le relevé d'oscilloscope obtenu pour une période T entière.

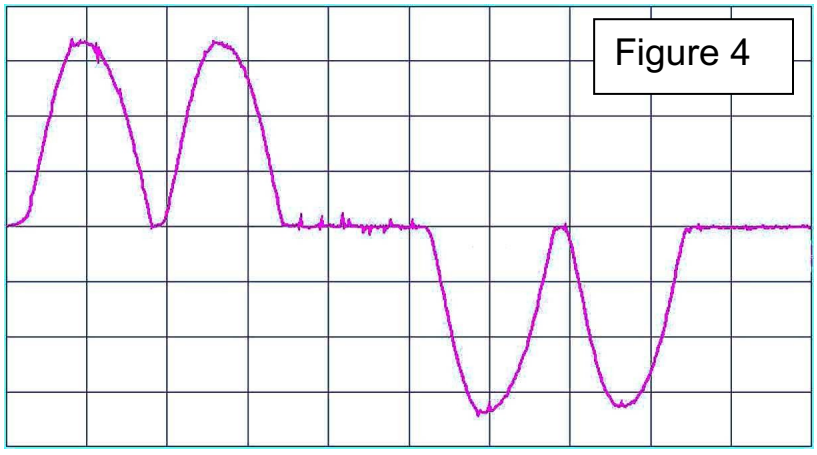


Figure 4

Voie I
Signal : Courant i1
Couplage : ☐AC ☒DC
Calibre : 230 mV / Div

Voie I I
Signal : .....
Couplage : ☐AC ☐DC
Calibre : ..... / Div

Base de temps
Calibre : 2 ms / Div
Utilisation : ☐XY ☒

On présente figure 5 une photographie de la sonde de courant utilisée et un zoom sur les caractéristiques de cette dernière.



Figure 5



B.2.1.1 À partir de ces documents, déterminer, en expliquant la démarche, la valeur maximale $\hat{I}_1$ du courant i_1 relevé dans la phase 1.

B.2.1.2 On donne la relation liant la valeur maximale $\hat{I}_1$ et la valeur efficace I_1 du courant i_1 :

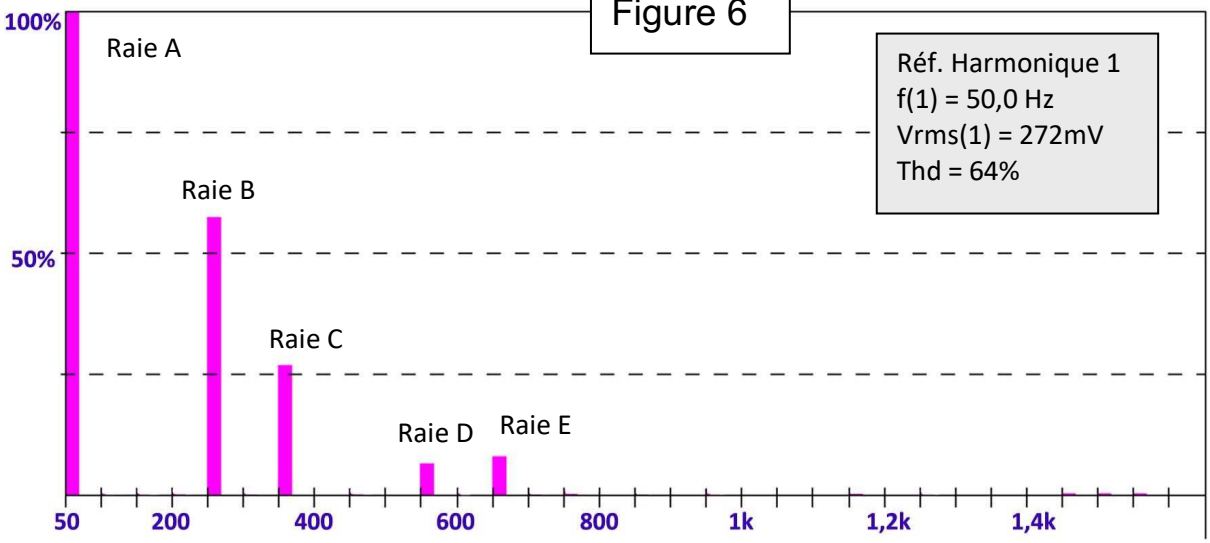
$$I_1 = 0{,}42.\hat{I}_1$$

Vérifier que la valeur efficace du courant I_1 est égale à 3,2 A.

L'oscilloscope numérique nous permet d'avoir accès - figure 6 - à l'analyse spectrale du courant i_1. Le spectre du signal comporte 5 raies désignées par les lettres A, B, C, D et E qui correspondent au fondamental du signal et à ses harmoniques.

- *L'axe des ordonnées correspond au rapport exprimé en % de la valeur efficace des harmoniques par celle du fondamental.*
- *L'axe des abscisses indique la fréquence, en hertz, du fondamental et des harmoniques.*
- *L'oscilloscope indique également la valeur efficace du fondamental (raie A) relevée en sortie de la sonde ainsi que le taux de distorsion harmonique (THD) du signal.*

Figure 6



B.2.1.3 À partir de la représentation fréquentielle, indiquer pourquoi le courant i_1 absorbé par la phase 1 n'est pas purement sinusoïdal.

B.2.1.4 Expliquer la démarche permettant de calculer la valeur efficace I_A du fondamental du courant i_1 dans la phase1.

B.2.1.5 Compléter le **document réponse 2, page 25**, en précisant le rang, la fréquence et la valeur efficace - *en % du fondamental et en ampère* - des différentes harmoniques composant le spectre.

B.2.1.6 Le spectre du signal est-il composé d'harmoniques de rangs pairs ou impairs ?

B.2.1.7 La valeur efficace I_1 du courant i_1 est liée aux valeurs efficaces des différentes harmoniques (raies A, B, C, D et E) par la relation :

$$I_1 = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_D^2 + I_E^2}$$

Vérifier alors que la valeur efficace du courant I_1 correspond à celle donnée dans la question B.2.1.2.

B.2.1.8 Le taux de distorsion harmonique T_{HD} du courant i_1 correspond au rapport de l'amplitude des harmoniques sur l'amplitude du fondamental.

Ce qui se traduit par la relation suivante :

$$T_{HD} = \frac{\sqrt{I_B^2 + I_C^2 + I_D^2 + I_E^2}}{I_A}$$

Vérifier que le T_{HD} est égal aux indications données par l'oscilloscope (*figure 6, page 10).*

B.2.2 Variation de vitesse du moteur asynchrone

Le variateur ATV58 alimente le moteur asynchrone triphasé du redresseur. Il délivre un système de tensions triphasées dont la valeur efficace de la tension composée U et la fréquence f sont réglables mais telles que le rapport U/f reste constant.
On représente sur ***le document réponse 3, page 26****, l'évolution du moment du couple T_{res} exercé par le système cylindres-galets-réducteur du redresseur sur l'arbre du moteur asynchrone pour un domaine de vitesse du moteur compris entre 2000 et 3600 tr.min^{-1}*

B.2.2.1 Le moteur asynchrone triphasé possède 2 pôles.
Calculer sa vitesse de synchronisme n_{s1}, en tr.min^{-1}, à la fréquence $f_1 = 50$ Hz.

B.2.2.2 On fixe la tension à la valeur $U_1 = 400$ V et la fréquence à $f_1 = 50$ Hz. Tracer, sur le document réponse 3, page 26, la caractéristique $Tu_1 = f(n)$ du moteur sachant que cette caractéristique, dans sa partie utile, est une droite passant par le point P ($n = 2660$ tr.min^{-1}, $T_u = 20{,}8$ N.m).

B.2.2.3 En déduire le point de fonctionnement P_1 (n_1 , T_{u1}) de l'ensemble moteur-réducteur.

B.2.2.4 Déterminer dans ces conditions la vitesse d'avancement v_1 (m.s^{-1}) de la bande (on utilisera la caractéristique délivrée en annexe 3).

B.2.2.5 On souhaite travailler à la vitesse $n_2 = 2300$ tr.min^{-1} définie question B.1.3 afin d'avoir une vitesse de défilement de la bande égale à $v_2 = 0{,}6$ m.s^{-1} pour un cadencement souhaité de 400 encoches par minute.

Vérifier que le moment du couple utile du moteur obtenu pour ce point de fonctionnement P_2 est égal à la valeur $T_{u2} = 19{,}7$ N.m trouvée question B.1.7.

Tracer sur le même document réponse 3, page 26, la nouvelle caractéristique du moteur $Tu_2 = f(n)$ sachant qu'à U/f = constante, celle-ci est parallèle à celle $Tu_1 = f(n)$ tracée pour la fréquence $f_1 = 50$ Hz.

B.2.2.6 Déterminer la nouvelle vitesse de synchronisme n_{s2} du moteur.

B.2.2.7 Calculer la nouvelle fréquence f_2 et la nouvelle tension composée U_2 des tensions triphasées alimentant le moteur.

PARTIE C : PINCES D'AMENAGE

On souhaite étudier le fonctionnement des deux pinces d'amenage afin de vérifier si leurs propriétés mécaniques sont compatibles avec les nouvelles cadences de production imposées par l'augmentation de la productivité.
Dans cette étude, nous nous intéresserons plus particulièrement au cycle de déplacement des pinces, le séquencement détaillé des outils ne sera pas abordé.

C.1 Etude du cycle de fonctionnement des deux pinces.

La matière travaillée est une bande d'aluminium supposée parfaitement plane de largeur L = 8,7 cm et d'épaisseur e = 0,5 mm.
La presse et ses outils ne peuvent pas encocher la bande si celle-ci est en mouvement. Les pinces d'amenage vont donc présenter la bande à la presse tout en la bloquant pour la maintenir parfaitement immobile pendant le travail d'un outil.
La figure 7 décrit le dispositif vu de profil.

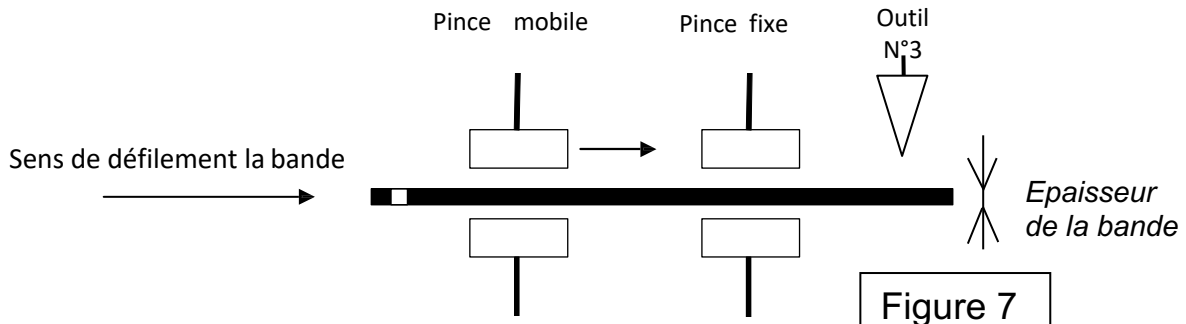


Figure 7

- *la première pince est mobile, elle serre la bande puis la déplace horizontalement sur une distance appelée « pas » définie par l'opérateur ;*
- *la deuxième pince est fixe par rapport à l'axe de défilement, elle bloque la bande afin de la maintenir immobile pendant le travail de l'outil;*
- *une fois le travail de l'outil réalisé, la pince fixe se soulève et la pince mobile retrouve sa position initiale. Le cycle est terminé.*

<u>Remarque</u> : Dans un souci de compréhension, seul l'outil d'encochage N°3 est représenté sur la figure 7. On rappelle qu'il peut y avoir trois outils au maximum.

La figure 8, page 14, présente les cinq phases constituant un cycle de fonctionnement des pinces :

- *la phase 1 traduit une phase de repos faisant partie intégrante du cycle de fonctionnement. Les pinces mobile et fixe sont ouvertes et se trouvent dans leurs positions initiales ;*
- *la phase 2 illustre la fermeture de la pince mobile qui bloque la bande ;*
- *la phase 3 présente le déplacement de la bande par la pince mobile ;*
- *la phase 4 montre l'ouverture de la pince mobile et le blocage de la bande par la pince fixe. L'outil peut alors descendre pour réaliser l'encoche ;*
- *la phase 5 traduit le retour à la position initiale. La pince fixe s'ouvre, l'outil remonte et la pince mobile, également ouverte, retourne à sa position initiale. Le cycle est terminé.*

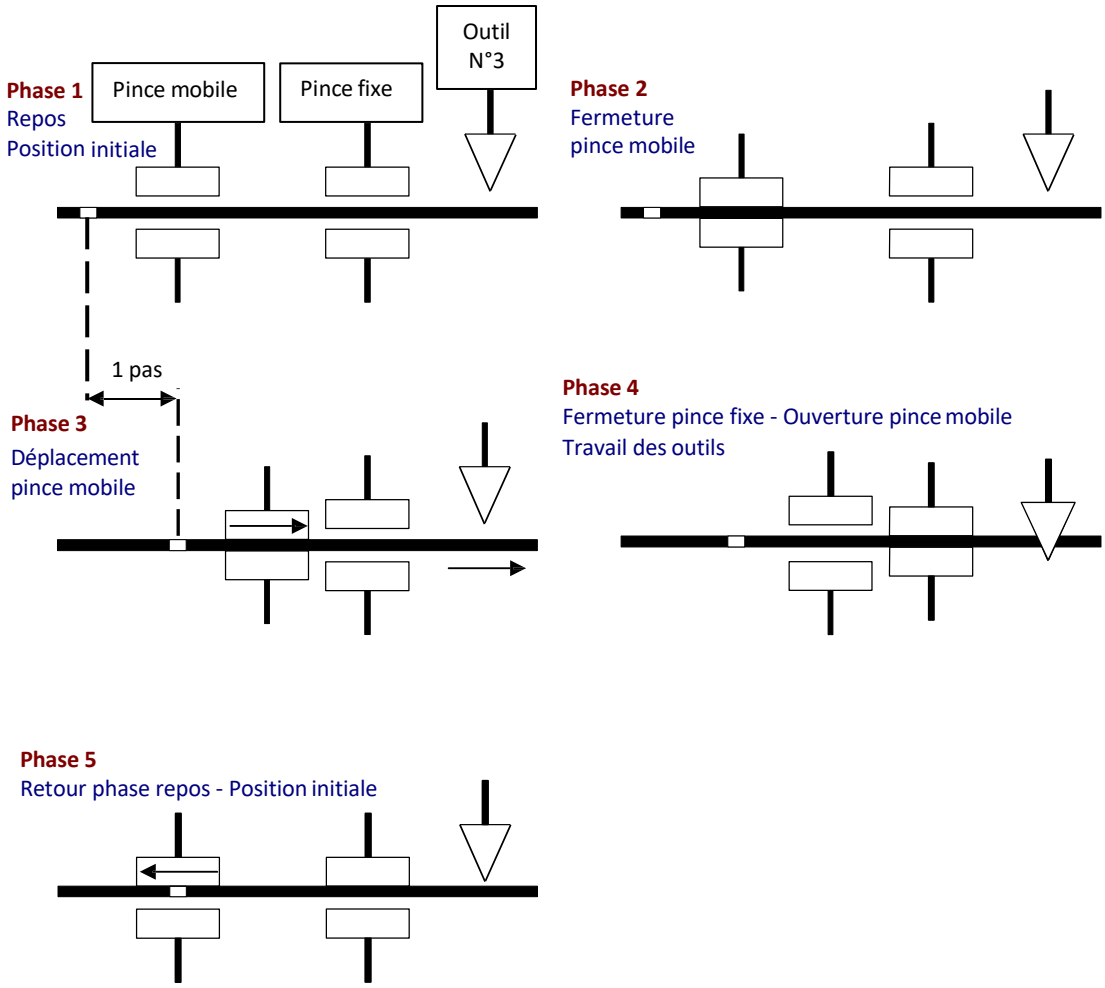


Figure 8 : Phases de fonctionnement

Séquencement temporel d'un cycle de fonctionnement

*On représente sur **l'annexe 5, page 20**, le séquencement en fonction du temps, d'un cycle de fonctionnement des pinces d'amenage :*

- *les pinces, mobile et fixe, ainsi que l'outil, sont en contact avec la bande d'aluminium lorsque leur position verticale mesurée sur l'axe des ordonnées est nulle.*

- *la position horizontale initiale de la pince mobile, c'est-à-dire la position la plus éloignée de la pince fixe (phase 1, 2 ou 5), correspond à une valeur nulle mesurée sur l'axe des ordonnées.*

C.1.1 Déterminer la durée T, en ms, d'un cycle de fonctionnement des pinces, sachant que le cycle intègre la phase 1 et débute donc à t = 0s. .

C.1.2 En déduire le nombre de cycles N réalisés par minute.

C.1.3 Déterminer la durée T_e pendant laquelle l'outil d'encochage n°3 est en contact avec la bande.

C.1.4 Déterminer la durée T_m pendant laquelle la pince mobile est en contact avec la bande.

C.1.5 Déterminer la longueur L_b de la bande déplacée pendant cette durée T_m.

Remarque : cette longueur L_b lue sur l'annexe 5 page 20 correspond à la valeur p du pas, c'est-à-dire au déplacement horizontal de la pince mobile.

C.1.6 Exprimer, en $m.s^{-1}$, la vitesse d'avancement v_{ib} de la bande pendant la durée T_m. Pour information, cette valeur correspond à la vitesse horizontale v_{hm} de déplacement de la pince mobile.

C.1.7 Vérifier que la vitesse moyenne d'avancement v_{mb} de la bande, en $m.s^{-1}$, sur la durée T d'un cycle de fonctionnement est égale à 0,375 $m.s^{-1}$.

C.1.8 Déterminer la distance verticale d_v à laquelle se trouve la pince fixe dans sa position la plus éloignée de la bande.

C.1.9 Déterminer la durée T_f nécessaire à la pince fixe, lorsque celle-ci est en mouvement, pour atteindre la bande.

C.1.10 Exprimer, en $m.s^{-1}$, la vitesse verticale v_f de déplacement de la pince fixe pendant la durée T_f.

C.1.11 Vérifier, en vous aidant de l'annexe 5, page 20, que cette vitesse verticale v_f est identique à la vitesse verticale v_m de déplacement de la pince mobile.

On posera pour la suite $v_f = v_m$ que l'on nommera v_{fm}

C.1.12 Les vitesses verticales v_{fm} de déplacement de la pince fixe et de la pince mobile sont toujours identiques. Elles sont liées mécaniquement à la vitesse horizontale v_{ib} de déplacement de la pince mobile par le coefficient constant $a = v_{ib} / v_{fm} = v_{hm} / v_{fm}$
Vérifier que ce coefficient a est égal à 1,5.

C.2 Augmentation de la cadence de production

C.2.1 On souhaite augmenter la cadence de production en la portant à une valeur maximale N' = 400 encoches par minute.
Déterminer la nouvelle valeur T', en ms, d'un cycle de fonctionnement des pinces dans ces conditions.

C.2.2 Les propriétés du produit fini restent inchangées, le pas p n'est pas modifié et reste égal à la valeur p = 9 cm trouvée à la question C.1.5.
Il est techniquement possible d'obtenir, avec une rénovation de la commande automatisée, une vitesse verticale maximale v'_{fm} des pinces égale à 2 $m.s^{-1}$ au lieu de 1 $m.s^{-1}$ pour le système non rénové.
En déduire la valeur de la vitesse horizontale maximale v'_{hm} de la pince mobile dans ces conditions.

C.2.3 Calculer la nouvelle durée T'_m nécessaire à la pince mobile pour déplacer la bande d'un pas p = 9 cm à la vitesse v'_{hm} calculée précédemment.
On rappelle que le pas p correspond à la longueur L_b de la bande déplacée pendant cette durée T'_m .

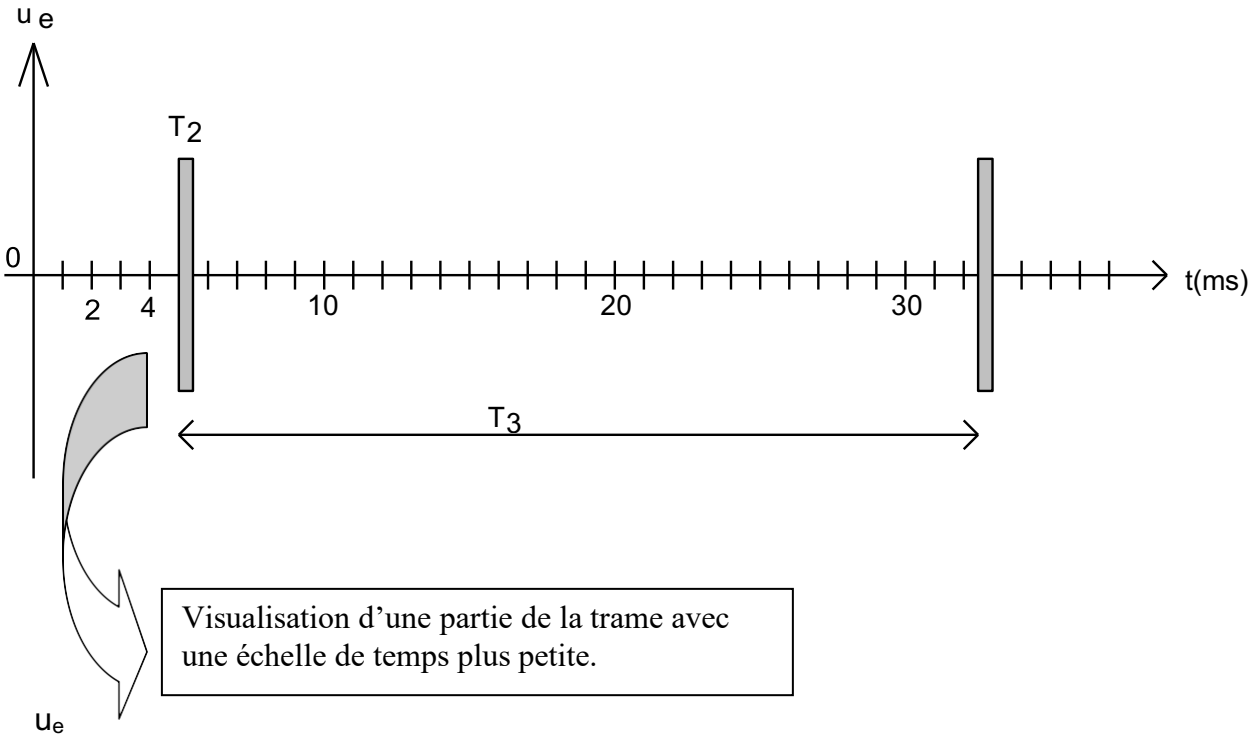
C.2.4 Vérifier que la nouvelle vitesse moyenne d'avancement v'_{mb} de la bande, en $m.s^{-1}$, sur la nouvelle durée T' d'un cycle de fonctionnement est égale maintenant à 0,6 $m.s^{-1}$.

C.2.5 Les vitesses de descente et de remontée de l'outil d'encochage N°3 (vitesses verticales de déplacement) ne peuvent pas, quant à elles, être modifiées. Elles restent identiques à celles de l'annexe 5, page 20.
La nouvelle durée T'_e pendant laquelle l'outil d'encochage est en contact avec la bande sera réduite de 40 ms à 30 ms.

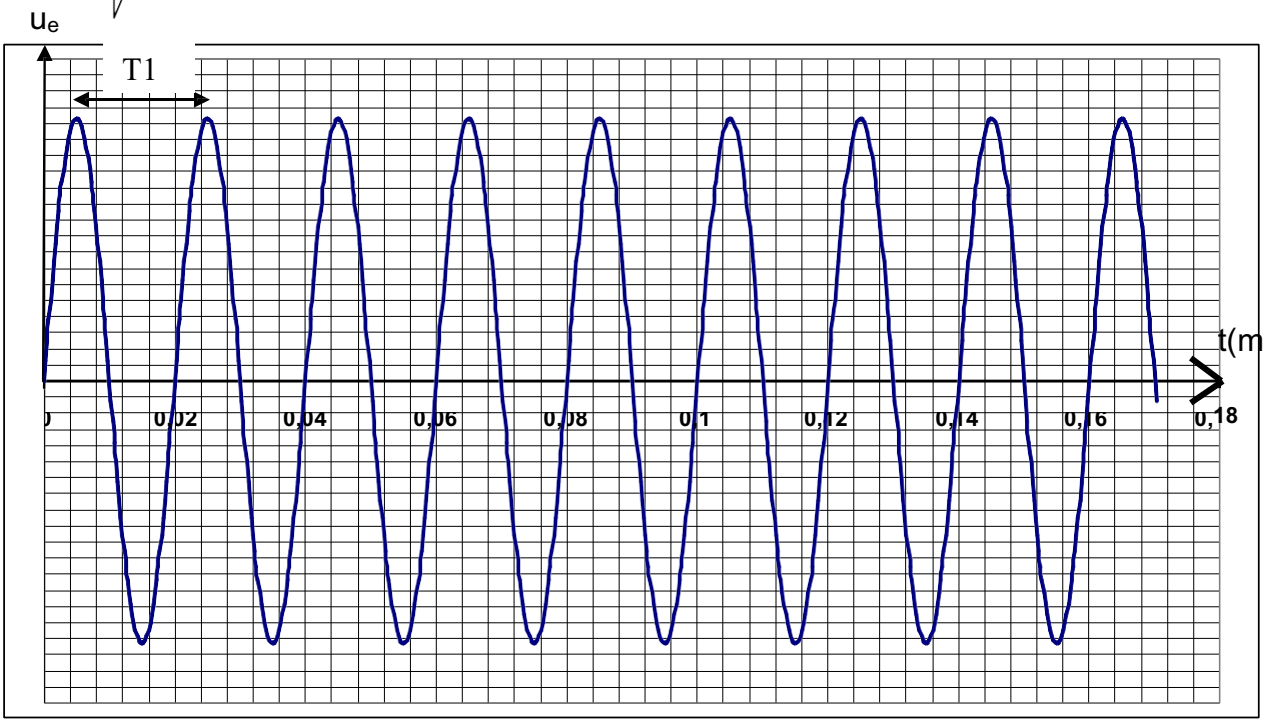
On donne sur le document réponse 4, page 27, le nouveau cycle de déplacement vertical de la pince mobile permettant d'obtenir la cadence N' = 400 encoches par minute.
Dessiner pour un cycle de fonctionnement sur ce même document réponse, les chronogrammes :

- de la position horizontale de la pince mobile ;
- de la position verticale de la pince fixe ;
- de la position verticale de l'outil d'encochage.

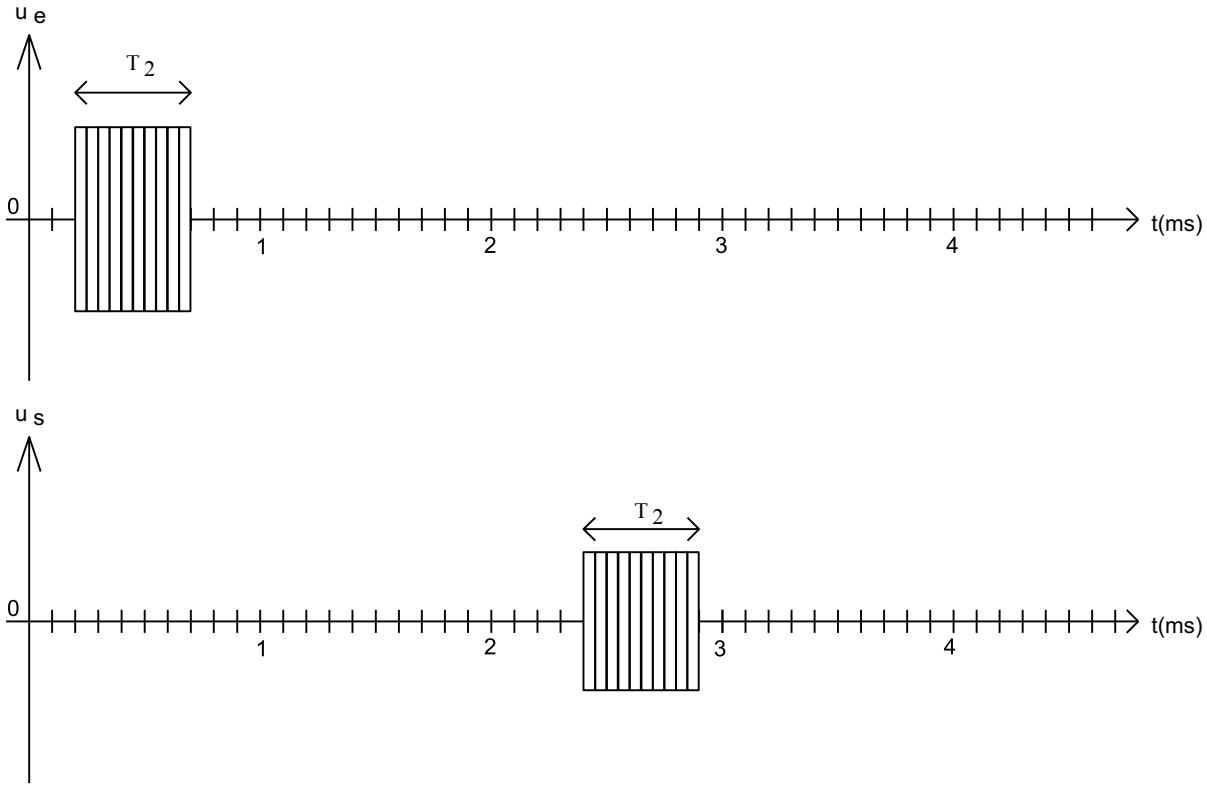
Annexe 1 : Chronogramme des trames émises



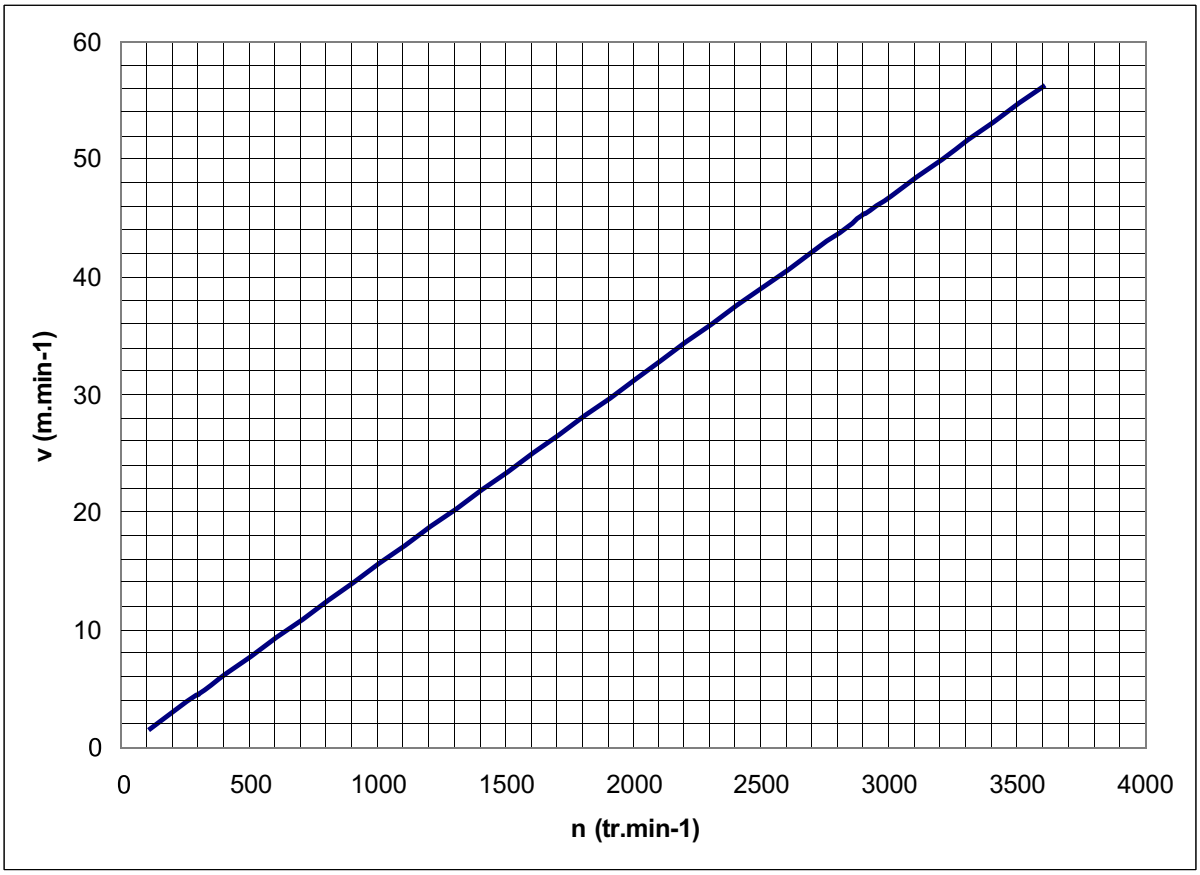
Visualisation d'une partie de la trame avec une échelle de temps plus petite.



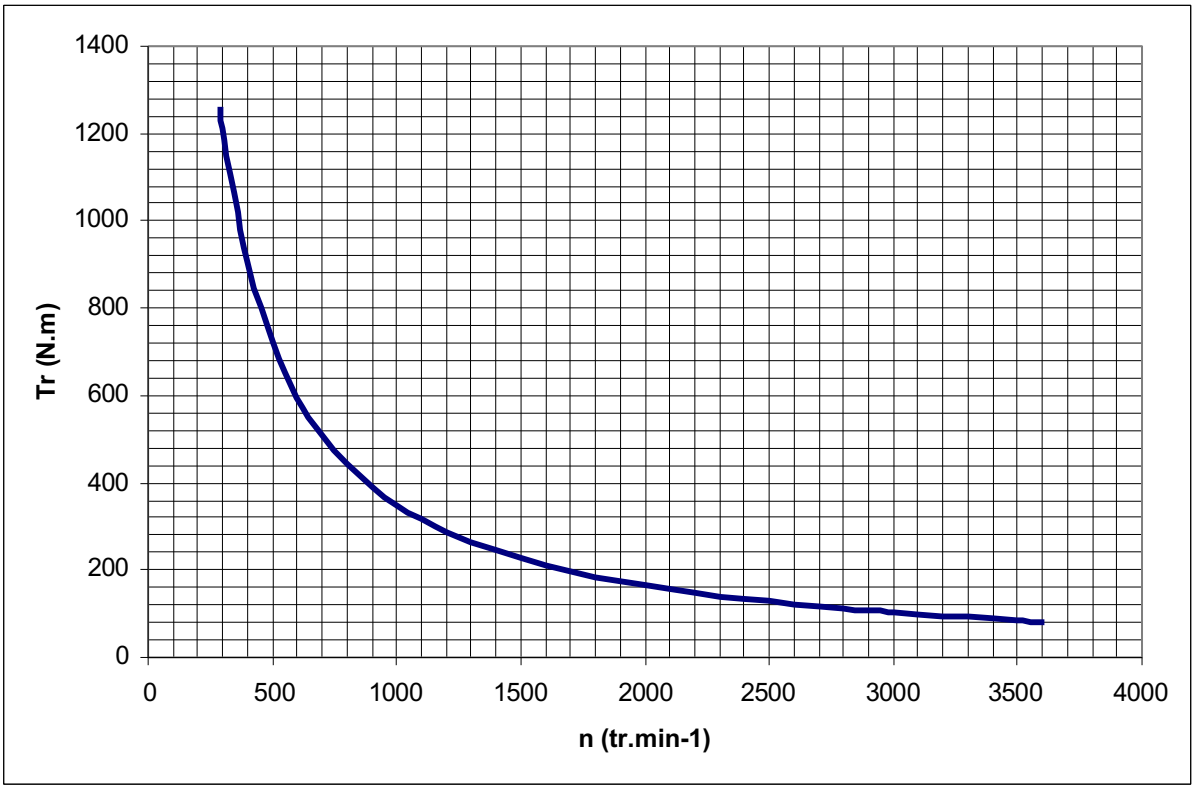
Annexe 2 : Chronogrammes des trames émises et reçues



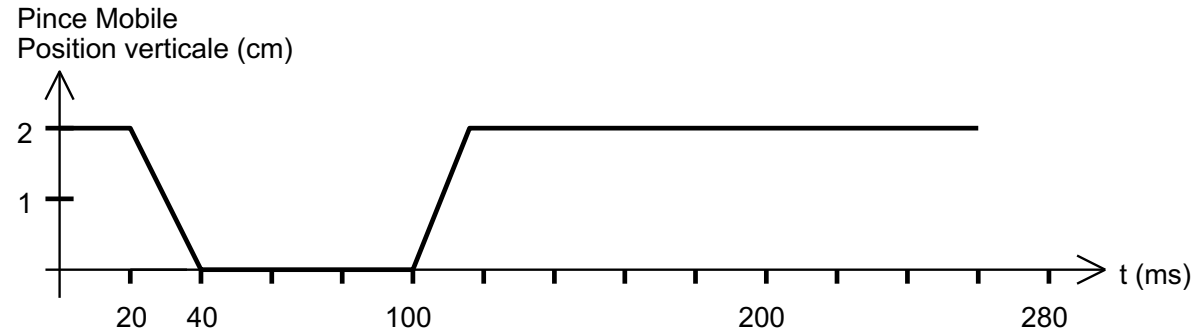
Annexe 3 : Caractéristique vitesse défilement bande v = f (n)

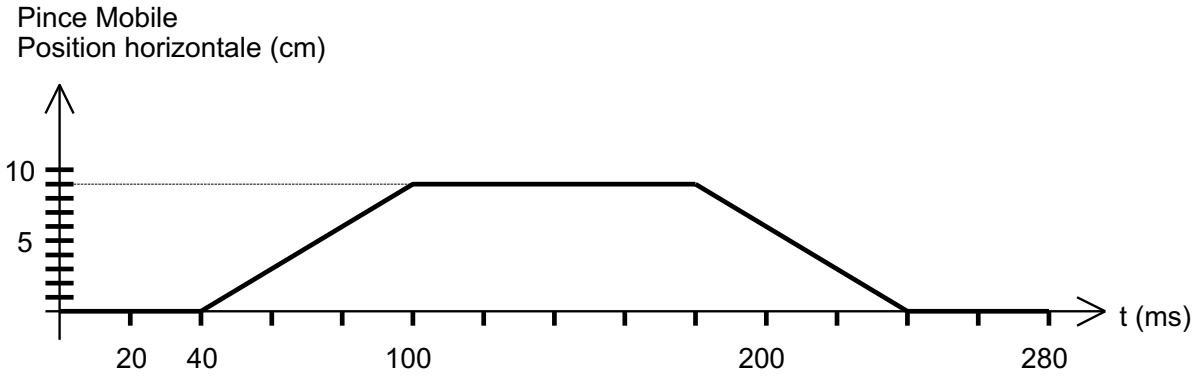


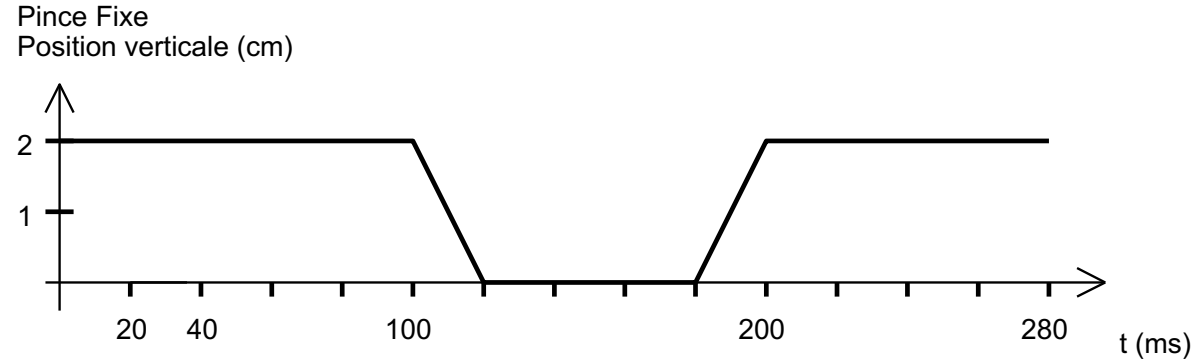
Annexe 4 : Caractéristique couple sortie réducteur $T_r = f(n)$

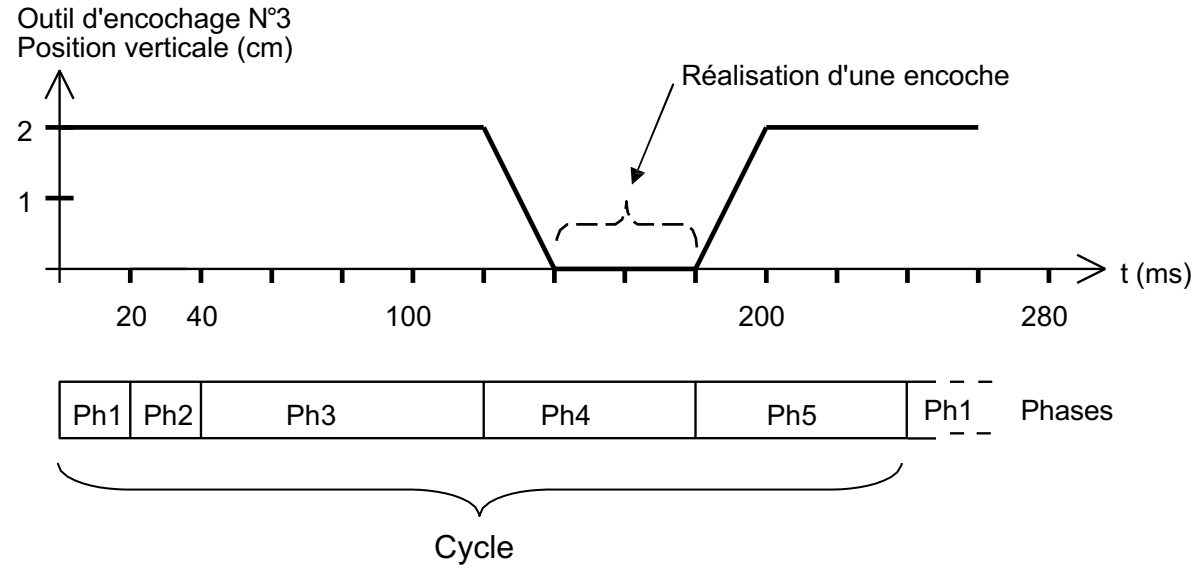


Annexe 5 : Séquencement d'un cycle de fonctionnement







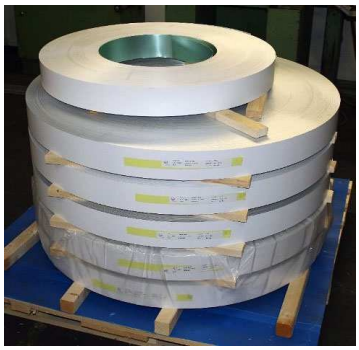


Annexe 6

Description de chacune des cinq parties constituant l'ensemble SCHALL 3

- Le dévidoir :

Il est protégé par un carter grillagé et permet l'alimentation de la presse mécanique en matière brute (bande d'aluminium de 0,32 à 0,8 mm ou d'acier de 0,25 mm d'épaisseur).
Les rouleaux de matière brute sont positionnés manuellement dans le dévidoir.
La rotation est libre, la bande est tractée par le redresseur mécanique.



Les rouleaux de matière brute



Le dévidoir protégé derrière son carter grillagé

- Le redresseur mécanique et ses capteurs :

La bande étant conditionnée en rouleau, elle présente un galbe du fait de la mémoire de forme de la matière liée à son long stockage en rouleau. Il est donc nécessaire de redresser la bande afin d'obtenir une matière parfaitement plane prête à être travaillée.
Le redresseur mécanique, situé en aval du dévidoir, assure donc cette fonction de décintrage de bande grâce à son réseau de rouleaux galets et de cylindres d'entraînement motorisés guidant la bande.

Il assure également l'approvisionnement de la presse. Grâce à des capteurs et à un variateur de fréquence ATV58, la vitesse de défilement de la bande s'adapte automatiquement à la cadence fixée par l'opérateur.



Le redresseur situé en aval du dévidoir

La bande en sortie du redresseur n'est pas immédiatement présentée à la presse. Elle se détend en empruntant un trajet particulier appelé « accumulateur en boucle ». Sa fonction est d'offrir une réserve de bande disponible pour la presse et sa pince d'amenage. Il est alors possible d'autoriser la pince d'amenage à de brefs appels impulsionnels de matière en évitant ainsi de tirer sur la bande tendue directement en sortie du redresseur.

Un capteur à ultrasons détecte la position de la boucle et agit sur la vitesse du redresseur pour permettre d'adapter la vitesse de défilement de la bande à la cadence programmée par l'opérateur.
La vitesse de défilement, contrôlée par un variateur de fréquence ATV58, est liée à l'information délivrée par ce capteur à ultrasons.

Deux détecteurs de position extrême assurent que la boucle est dans un gabarit admissible. Un des détecteurs actifs provoque l'arrêt de la chaîne SCHAAL 3.



La bande se détend pour former l'accumulateur en boucle.
Elle passe dans un portique où sont placés les détecteurs de position et le capteur à ultrasons.

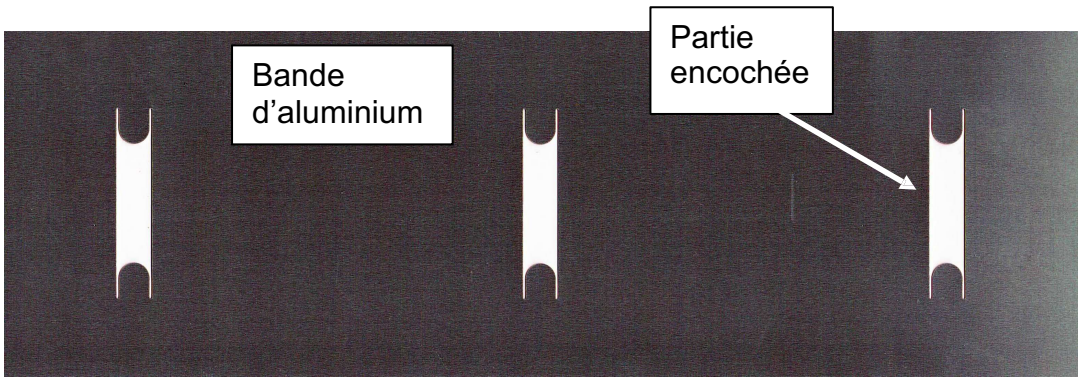
- Les pinces d'amenage :

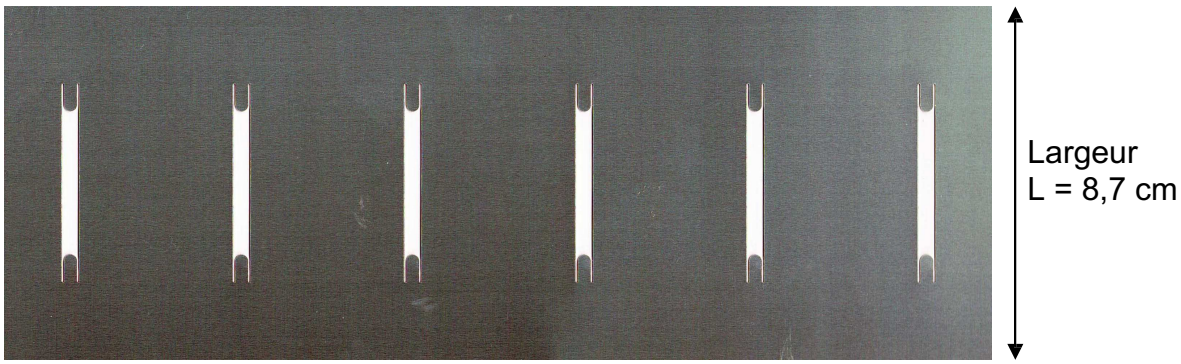
La presse et ses outils ne peuvent pas travailler la bande si celle-ci est en mouvement. Les pinces d'amenage vont donc présenter la bande à la presse tout en la bloquant pour la maintenir parfaitement immobile pendant le travail d'un outil.
C'est avant un encochage ou un cisaillement que les pinces assureront l'avance de la bande selon un pas défini par l'opérateur (distance entre deux encoches).
Les pinces sont parfaitement synchronisées avec les cycles de la presse.
La cadence maximale de la presse est actuellement de 300 coups par minute.

- La presse avec ses outils d'encochage et de cisaillement :

Trois outils permettent de travailler la bande.
Les outils N°3 et N°2 sont des outils d'encochage q ui permettent de réaliser des motifs particuliers dans la bande. Les formes sont variées et dépendent de l'outil utilisé.
L'outil N°1 est la cisaille qui découpe la bande af in d'obtenir un produit fini à la longueur désirée. La cisaille sera toujours le dernier outil à travailler la bande.
Lorsqu'elle est présentée à la presse à l'aide des pinces d'amenage, la bande va donc d'abord être travaillée par l'outil N°3, puis par l'outil N°2 et enfin par l'outil N°1.

Les deux figures suivantes représentent, vues de dessus, des pièces produites avec deux formes d'encoches différentes.



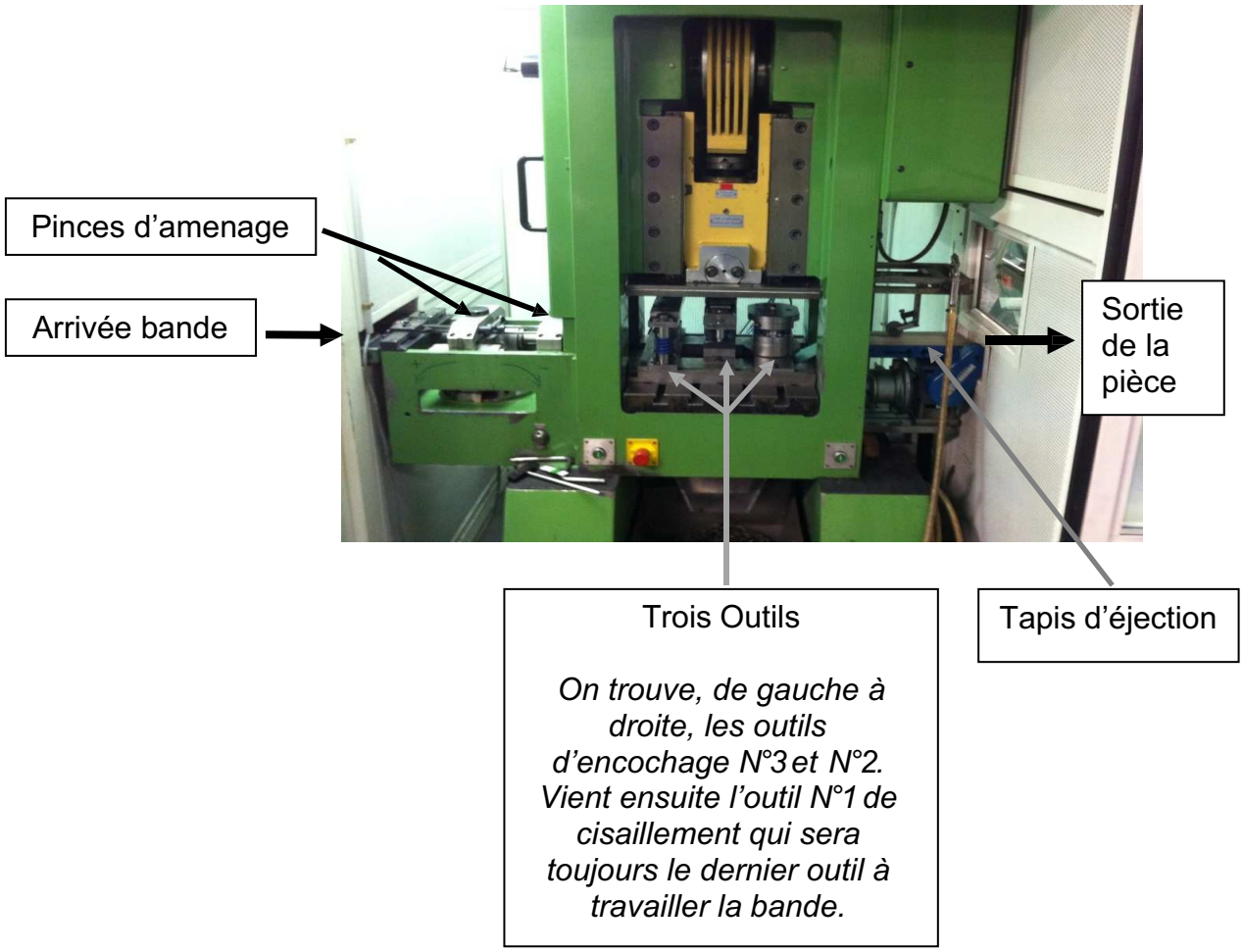


La commande des outils est gérée par des vérins pneumatiques associés à des vannes électropneumatiques.
Il est possible de faire travailler simultanément les trois outils.

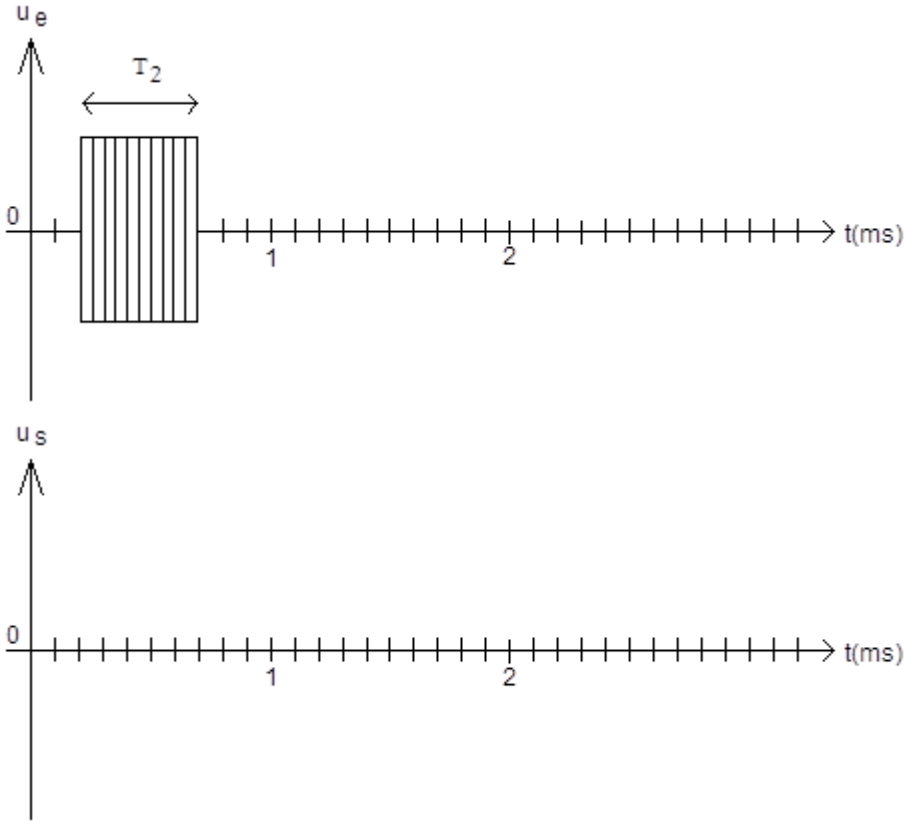
- La trappe d'évacuation :

Le tapis d'éjection fonctionne en permanence et permet l'évacuation de la bande encochée après cisaillement.

Deux vérins pneumatiques commandent l'ouverture de la trappe et permettent l'évacuation par gravité de la pièce encochée nommée « flan » pour être conditionnée par l'opérateur.



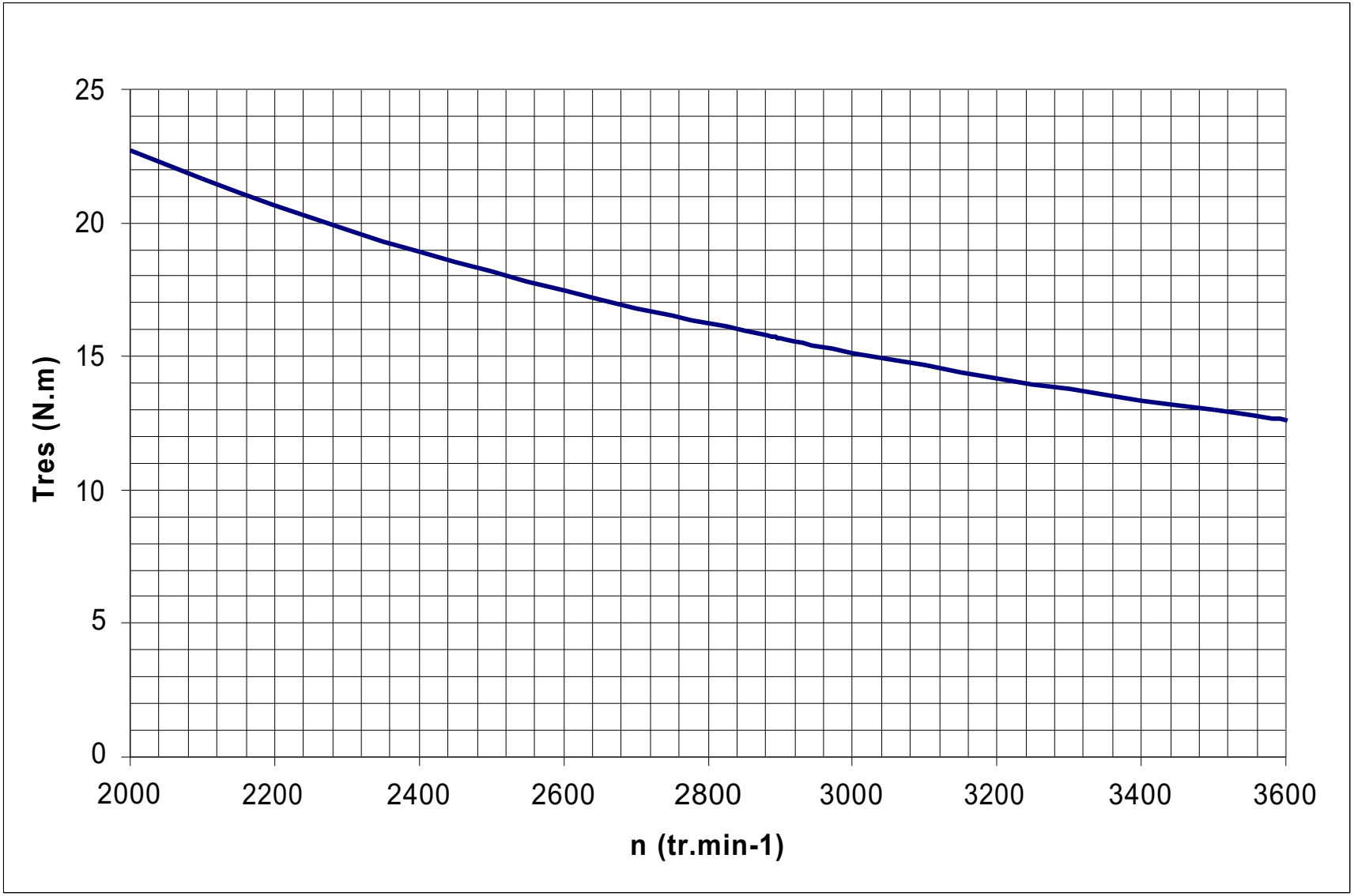
Document réponse 1 :



Document réponse 2 :

Raies	Rang	Fréquence	Valeur efficace (% fondamental)	Valeur efficace (Ampère)
A	1	50	100	2,72
B				
C				
D				
E				

Document réponse 3 :



Document réponse 4 :

