Banque PT, France

Session 2025, filière PT

Sciences industrielles B

Durée : 6 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : réduction de la durée du déplacement des brames
- Partie II : étude des nouveaux rouleaux
- Partie III : choix de composants
- Partie IV : bilan

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/banque-pt/pt/2025/si-b

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

Epreuve de Sciences Industrielles B

Durée 6 h

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'usage de calculatrices est interdit.

Aucun document n'est autorisé.

Composition du sujet :

- 1 cahier 33 pages de texte numérotées de T1/33 comprenant des annexes à partir de la page T25/33 ;
- 1 cahier réponse de 15 pages numérotées de R1/15 à R15/15 **à rendre à la fin de l'épreuve.**

Remarque :

À la fin des documents annexes (annexe H), se trouve un tableau récapitulatif les données et les notations principales utilisées dans l'épreuve.

Consignes :

L'ensemble des réponses sera rédigé uniquement sur le cahier réponse fourni avec le sujet et exclusivement dans les cardes réponses prévus. Les réponses sur feuilles de copies additionnelles ou sur papier brouillon ne seront pas acceptées. À la fin du document réponse, un espace peut être utilisé en cas d'extrême nécessité pour remplacer entièrement une question qui aurait été raturée dans l'espace prévu.

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction, la clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante dans l'appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte.

Tournez la page S.V.P

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Table à rouleaux de ligne de laminage à chaud

Contexte

L'industrie sidérurgique met en œuvre une grande diversité de technologies permettant l'élaboration et la mise en forme des alliages à base de fer que sont les fontes et les aciers, matériaux recyclables à 100% et à l'infini sans perte de leurs propriétés.

Le groupe ArcelorMittal est le deuxième producteur sidérurgique mondial. Il produit entre autres deux grandes familles de produits :

- Les produits plats : des tôles fortes (de 10 à 420 mm d'épaisseur) ou minces (entre 0,3 et 10 mm d'épaisseur) ;
- Les produits longs : barres, profilés, rails de chemin de fer, poutrelles, etc

Le site de Florange en Moselle comprend une ligne de laminage à chaud de produits plats qui transforme des brames (parallélépipèdes d'acier) en bobines de tôle d'acier d'épaisseur comprise entre 1.5 et 21 mm (voir fig.2 et fig.3).

Le laminage est un procédé de fabrication par déformation plastique. Il consiste à réduire l'épaisseur d'une pièce en la faisant passer entre deux cylindres tournant en sens opposés (fig.1).

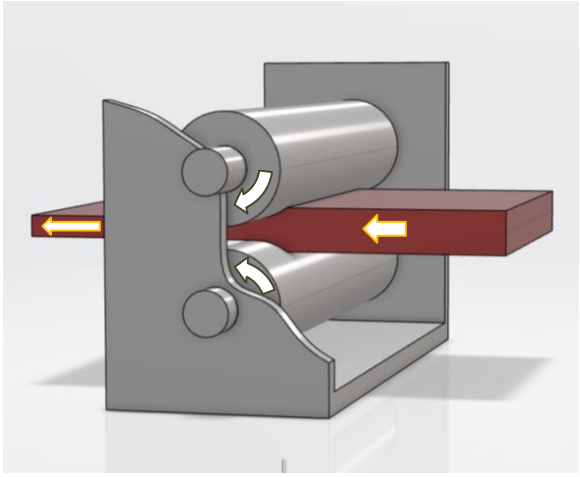


Figure 1- Principe du laminage



Figure 2 - Brames d'acier



Figure 3 - Bobines de tôle d'acier

Une ligne de laminage est constituée d'une série de cages de laminage (laminoir) permettant de réduire à chaque fois l'épaisseur de la brame pour l'amener à l'épaisseur souhaitée de la tôle.



Figure 4 - Table à rouleaux (TAR)

Entre chaque laminoir, la brame repose sur une série de rouleaux motorisés qui permettent sa translation horizontale.

Une table à rouleaux (TAR) est constituée d'un châssis sur lequel sont fixés une série de rouleaux parallèles d'axe horizontal (voir fig.4).

À la sortie de la ligne, une bobineuse met de la tôle encore chaude sous la forme d'une bobine.

Au tout début de la ligne de laminage, se situe le four à brames (voir fig.5) qui a pour fonction de les chauffer à une température comprise entre 1000° et 1300°C. Toutes les 7 minutes, une brame chaude est extraite du four et déposée sur une première table à rouleaux.



Figure 5 - Brame chaude à la sortie du four à brame

.

Présentation du problème

Problématique

Dans le contexte environnemental actuel, l'Etat et les industriels s'engagent dans la décarbonation et investissent massivement pour diminuer fortement les consommations énergétiques et les émissions de CO^2. Il s'agit du premier objectif de cette étude.

La qualité des produits et du process dépendent fortement de la température à laquelle se fait le laminage. Plus la température de laminage est élevée, meilleur est le résultat. Les brames se refroidissant régulièrement dès la sortie du four, l'augmentation de la vitesse de déplacement des brames est un deuxième objectif à atteindre.

Ces lignes de production fonctionnant 24h/24h, tout incident qui entraîne un arrêt de la ligne a de fortes incidences sur les coûts et également sur les produits qui sont immobilisés en cours de process, qui se refroidissent, et qu'il faut évacuer car impossible à déformer à froid. L'amélioration de la maintenabilité de la ligne est un troisième objectif.

Modifications proposées par le bureau d'études

Afin de répondre aux trois objectifs précédents, le bureau d'études propose deux modifications simultanées localisées au début de la ligne de laminage, entre le four à brames et la première cage de laminage appelée « réversible ». Il s'agit de déplacer le poste de décalaminage et de changer les tables à rouleaux (voir plus bas).

Changement des tables à rouleaux

Les tables à rouleaux (TAR) actuelles du début de la ligne de laminage sont constituées d'une série de rouleaux identiques entrainés par un seul moteur électrique asynchrone dont la vitesse est réduite par un réducteur à deux trains simples en série. Chaque rouleau est entrainé par un renvoi d'angle à pignons coniques (voir fig.6).

Dans cette configuration, la vitesse linéaire maximale de la brame est de 3 $m.s^{-1}$.

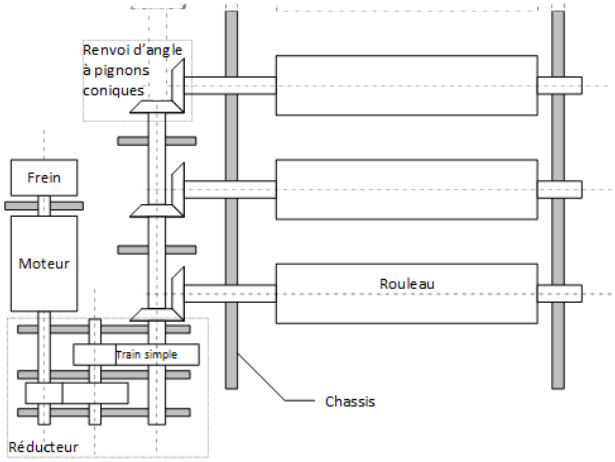


Figure 6 - Motorisation actuelle des rouleaux

Le bureau d'études propose de remplacer cette architecture par une architecture plus modulaire composée de rouleaux motorisés individuellement (voir fig.7) avec des performances pouvant permettre à la brame d'atteindre une vitesse linéaire de 6 $m.s^{-1}$.

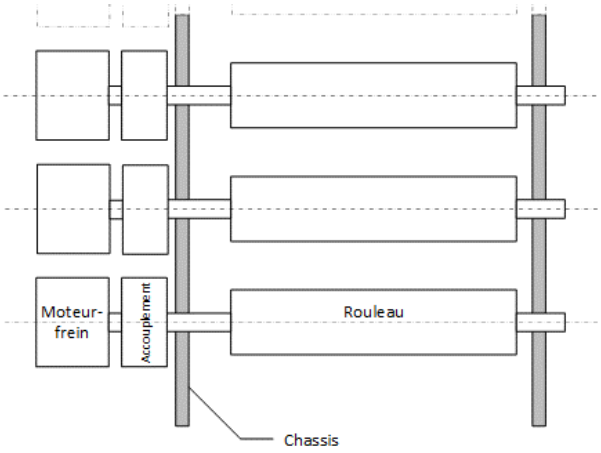


Figure 7 - Motorisation modulaire des rouleaux

Déplacement du poste de décalaminage



Figure 8 - Brame chaude au poste de décalaminage

La calamine est un mélange d'oxydes de fer qui se dépose en croûte sur les brames dès qu'on les chauffe au-delà de 575°C. Afin de débarrasser les brames de ce dépôt avant qu'elles n'arrivent au premier laminoir, elles passent par le poste de décalaminage (voir fig.8). On projette de l'eau sous pression sur les brames. Le choc thermique disloque la croûte de calamine que la pression de l'eau évacue. La vitesse optimale de la brame dans ce poste est de 1.5 $m.s^{-1}$. Au-delà de cette vitesse, il reste de la calamine sur la brame.

Le bureau d'études propose de rapprocher le poste de décalaminage du four afin de réduire la durée du transfert de la brame du four jusqu'au laminoir réversible et de diminuer ainsi la température de chauffe des brames (voir annexe A).

Cahier des Charges Fonctionnel partiel (Extraits)

Des extraits du cahier des charges relatif à cette étude sont donnés en annexe B.

Objet de l'étude

La présente étude comporte 4 parties permettant de conclure sur la pertinence des modifications envisagées.

La première partie vise à quantifier le gain en temps de transfert de la brame.

La deuxième partie étudie une nouvelle proposition de rouleaux plus légers.

La troisième partie aborde le choix des composants de l'architecture de la chaîne cinématique : roulements, motorisation et accouplement.

La quatrième partie dresse un bilan de l'étude.

Travail demandé

Les quatre parties du sujet sont indépendantes et comportent également des sous-parties indépendantes.

Temps conseillé pour chaque partie :

- Lecture préalable du sujet : 30 min.
- Partie I : 1.5 à 2h.
- Partie II : 1.5 à 2h.
- Partie III : 1h à 1.5h.
- Partie IV : 15 à 30 min.

Applications numériques :

Dans le domaine des Sciences Industrielles, le fait de savoir calculer et analyser les valeurs des grandeurs utiles au dimensionnement est aussi important que celui de savoir déterminer leurs expressions littérales. C'est pourquoi, une attention toute particulière sera accordée à la réalisation des applications numériques.

Pour réaliser celles-ci sans l'usage d'une calculatrice, le candidat pourra faire des approximations de bon sens, qui conduiront éventuellement à une erreur relative de quelques pourcents sur le résultat final, tolérée par le correcteur.

Partie I Réduction de la durée du déplacement des brames

Objectif : *Dans cette partie, il s'agit de modéliser les actions de contact brame/rouleau, de déterminer l'accélération maximale des brames et d'estimer les gains sur la durée de leur déplacement.*

A - Modélisation du contact brame - rouleau.

Hypothèses :

- *La brame est un parallélépipède parfait.*
- *Tous les rouleaux sont des cylindres de révolution parfaits de même diamètre et leurs axes sont tous parallèles et appartiennent au même plan horizontal.*

On définit une « brame élémentaire » comme un tronçon de brame supporté par un seul rouleau (voir fig.9).

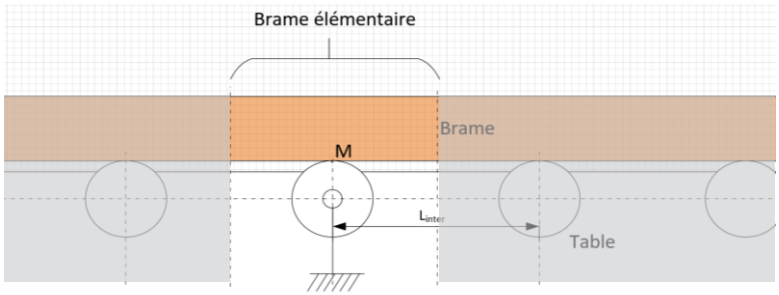


Figure 9 - Brame élémentaire

Notations (voir Annexe C) :

On note $\mathbf{L_b}$, $\mathbf{l_b}$ et $\mathbf{e_b}$ la longueur, la largeur et l'épaisseur d'une brame.
On note $\mathbf{m_b}$ la masse totale d'une brame et $\mathbf{m_{b_élém}}$ la masse élémentaire d'une brame supportée par un seul rouleau.
On note $\mathbf{D_r}$ et $\mathbf{L_r}$ le diamètre et la longueur d'un rouleau.
On note $\mathbf{N_r}$ le nombre de rouleaux en contact avec une même brame.
On note $\mathbf{L_{inter}}$ la longueur entre les axes de deux rouleaux voisins.
On note $\mathbf{g}$ l'accélération de la pesanteur et on prendra $\mathbf{g = 10\ m.s^{-2}}$.
On note $\boldsymbol{F_{M_{sol1/sol2}}}$ la force passant par le point M exercée par le solide 1 sur le solide 2 modélisée par le vecteur $\overrightarrow{\boldsymbol{F_{M_{sol1/sol2}}}}$.
On note $\overrightarrow{\boldsymbol{P_{b_élém}}}$ le poids élémentaire d'une brame supporté par un seul rouleau.
On note $\mathbf{G_{élem}}$ la position du centre de gravité d'un tronçon élémentaire de la brame.
On note $\boldsymbol{\rho_a}$ la masse volumique de l'acier constituant une brame avec $\boldsymbol{\rho_a = 7800\ kg.m^{-3}}$.

A.1 Rouleau quelconque

Hypothèses A1 : pour ce cas d'étude, la brame (b) et les rouleaux (r) sont supposés immobiles. Les moteurs ne sont pas alimentés. Le rouleau étudié est un rouleau quelconque situé vers le centre de la brame.

Question 1

Sur le document réponse, cadre « Question 1 », donner l'expression de la masse élémentaire d'une brame $\mathbf{m_{b_élém}}$ *et celle de l'intensité de* $\overrightarrow{\mathbf{P_{b_élém}}}$ *en fonction de paramètres définis précédemment.*

Question 2

Sur le document réponse, cadre « Question 2 », placer le point $\mathbf{G_{élem}}$ *et représenter* $\overrightarrow{\mathbf{P_{b_élém}}}$, $\overrightarrow{\mathbf{F_{M\ b/r}}}$ *et* $\overrightarrow{\mathbf{F_{M\ r/b}}}$.

Question 3

Sur le document réponse, cadre « Question 3 », énoncer la relation liant $\overrightarrow{\mathbf{P_{b_élém}}}$ *et* $\overrightarrow{\mathbf{F_{M\ r/b}}}$. *Justifier la réponse en précisant le système isolé, le théorème utilisé et l'hypothèse posée.*

Question 4

Sur le document réponse, cadre « Question 4 », énoncer la relation liant $\overrightarrow{\mathbf{F_{M\ b/r}}}$ *et* $\overrightarrow{\mathbf{F_{M\ r/b}}}$. *Justifier la réponse en précisant le principe utilisé, et éventuellement le système isolé, le théorème utilisé.*

A.2 Effet de bord

Hypothèses A2 : pour ce cas d'étude, la brame et les rouleaux sont toujours supposés immobiles. Le rouleau étudié est un rouleau situé à l'extrémité de la brame à l'instant où la brame vient de perdre le contact avec le rouleau précédent. Pour simplifier l'étude, on ne prend pas en compte l'influence de la rigidité de la brame et on suppose que l'extrémité de la brame peut pivoter librement par rapport à la brame (voir modélisation retenue en annexe C).

Question 5

En isolant le tronçon d'extrémité de la brame :

- Compléter le schéma en plaçant le centre de gravité G_{ext} *du tronçon d'extrémité de la brame ;*

- Compléter le schéma en représentant les efforts mis en jeux ;

- Exprimer le poids du tronçon d'extrémité de brame $\mathbf{P_{b_extrem}}$ *en fonction du poids d'une brame élémentaire* $\mathbf{P_{b_élém}}$ *;*

- Appliquer le principe fondamental de la statique et en déduire l'expression de $\mathbf{F_{M_EXTREM\ b/r}}$ *en fonction de* $\mathbf{P_{b_élém}}$.

A.3 Rouleau absent

Hypothèses A3 : pour ce cas d'étude, la brame et les rouleaux sont toujours supposés immobiles. Un rouleau a été démonté pour maintenance ce qui n'empêche pas le fonctionnement de la ligne. On suppose que ce ne sont que les deux rouleaux les plus proches qui suppléent à eux seuls le rouleau manquant.

Question 6

On isole le tronçon de brame supporté par les deux rouleaux. Sur le document réponse, représenter les efforts mis en jeu et en déduire l'expression de $\boldsymbol{F_{M_R_ABST\ b/r}}$ *en fonction de* $\boldsymbol{P_{b_élém}}$.

A.4 Coefficient de sécurité

Afin de procéder au dimensionnement des rouleaux motorisés, il convient de calculer $\mathbf{F_{MAX_{b/r}}}$ l'effort maximal appliqué sur un rouleau. Cet effort tient compte d'un coefficient de sécurité agrégeant les deux cas particuliers d'utilisation suivants : effet de bord et un rouleau absent pour cause de maintenance.

Ce coefficient $\mathbf{K_{ba}}$est défini par la relation $\mathbf{F_{MAX_{b/r}} = K_{ba} \times F_{M_{b/r}}}$.

Question 7

Vu les résultats des questions 5 et 6, et à l'aide du schéma du document réponse, proposer une valeur pour $\boldsymbol{K_{ba}}$.

B Accélération d'un rouleau

Il s'agit maintenant de déterminer l'accélération maximale admissible par une brame respectant le non-glissement du rouleau par rapport à la brame.

Hypothèses B : pour ce cas d'étude :

- La brame et les rouleaux sont en mouvement uniformément accéléré.
- La brame se déplace de la droite vers la gauche (positivement sur $\vec{x}$).
- La brame élémentaire étudiée est située vers le centre de la brame (pas d'effet de bord).
- La force exercée par le rouleau sur la brame est supposée constante.
- Le modèle de Coulomb est retenu pour modéliser l'adhérence entre le rouleau et la brame.

Notations :

- On note $\boldsymbol{f}$ le coefficient d'adhérence entre le rouleau et la brame et on prendra ici $\boldsymbol{f = 0.17}$.
- On note $\boldsymbol{\varphi}$ l'angle d'adhérence entre le rouleau et la brame.
- On note $\vec{\boldsymbol{a}}$ l'accélération de la brame et $\boldsymbol{a}$ son intensité.

Question 8

Enoncer la relation liant l'angle d'adhérence $\boldsymbol{\varphi}$ et le coefficient d'adhérence $\boldsymbol{f}$

Question 9

En isolant une brame élémentaire à la limite du glissement, compléter le modèle du document réponse en représentant : le cône d'adhérence, l'angle $\boldsymbol{\varphi}$, $\overrightarrow{\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{b_élém}}}$, $\overrightarrow{\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{M}_{\boldsymbol{r/b}}}}$ et $\vec{\boldsymbol{a}}$.

Question 10

Afin de déterminer une relation entre les grandeurs placées sur la figure de la question 9, préciser quel(s) théorème(s) utiliser et sur quel(s) axe(s) le(s) projeter.

Question 11

Donner deux expressions de $\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{M}_{\boldsymbol{r/b}}}$: la première en fonction de la masse élémentaire $\boldsymbol{m}_{\boldsymbol{b\ élém}}$, de $\boldsymbol{\varphi}$ et de l'accélération de la pesanteur $\boldsymbol{g}$, et la seconde en fonction de $\boldsymbol{m}_{\boldsymbol{b\ élém}}$ de $\boldsymbol{\varphi}$ et de l'accélération de la brame $\boldsymbol{a}$.

Question 12

De la question précédente, déduire une expression de l'accélération de la brame $\boldsymbol{a}$ en fonction de l'accélération de la pesanteur $\boldsymbol{g}$ et d'autres paramètres mis en jeu.

Comme le stipule le cahier des charges, les brames ont des longueurs comprises entre 6 m et 10 m, des largeurs comprises entre 0.9 m et 1.9 m et sont toutes d'une épaisseur de 0.24 m.

Question 13

Vu les résultats précédents, préciser dans quel cas le risque de glissement entre la brame et le rouleau est le plus important.

Calculer la valeur de l'accélération maximale admissible par la brame sans qu'il y ait glissement entre la brame et le rouleau : $\boldsymbol{a}_{\boldsymbol{adm}}$.

C Evolution des vitesses

Dans cette partie, il s'agit d'étudier les vitesses de déplacement des brames sur la ligne dans la situation actuelle et dans la configuration envisagée (voir Annexe A, figures 17 et 18).

Hypothèses :

- Les brames sont en mouvement uniformément accéléré ou à vitesse constante.
- Pour la suite de l'étude, en tenant compte de la variabilité des états de surface des brames et de leur température, on prendra pour l'accélération maximale admissible par la brame $\boldsymbol{a_{adm} = 1.5\ m.s^{-2}}$
- Les décélérations générées par les moteurs électriques ont la même intensité que les accélérations.
- A la sortie du four, les brames ont une vitesse nulle.

Contraintes :

- La vitesse d'arrivée de la brame à l'entrée du réversible doit être de $\boldsymbol{v_f = 1\ m.s^{-1}}$
- La vitesse maximale de la brame pendant le décalaminage ne peut dépasser $\boldsymbol{1.5\ m.s^{-1}}$.

Notations :

.

On note $\boldsymbol{x}$ le déplacement horizontal d'une brame.
On note $\boldsymbol{v}$ la vitesse de déplacement horizontal de la brame.
On note $\boldsymbol{t}$ le temps qui s'écoule pendant le mouvement de la brame.
On note $\mathbf{T_{i-j}}$ le temps mis par la brame pour se déplacer d'un repère i à un repère j.
On note $\boldsymbol{d_{i-j}}$ la distance parcourue par la brame pendant un temps $\mathbf{T_{i-j}}$.
En indice des grandeurs utilisées, on note $\mathbf{_0}$ les conditions initiales du mouvement.
En indice des grandeurs utilisées, on note $\mathbf{_act}$ le cas de la situation actuelle de la ligne et $\mathbf{_env}$ le cas de la situation envisagée.

C.1 Calculs préliminaires

Question 14

Enoncer les équations générales du mouvement de la brame en mouvement rectiligne uniformément accéléré.

Question 15

En phase d'accélération, afin de déterminer la distance parcourue par la brame pour atteindre une vitesse donnée, exprimer $\boldsymbol{x}$ en fonction de $\boldsymbol{v}$ et de $\boldsymbol{a}$ dans le cas d'une vitesse initiale nulle et d'un déplacement nul.

Calculer $\mathbf{d_{min}}$ la distance parcourue par la brame pour atteindre la vitesse $\boldsymbol{v_{max_act}}$ de 3 m.s^{-1} dans le cas où elle est soumise à une accélération maximale admissible.

Calculer $\mathbf{t_{min}}$ la durée mise pour parcourir $\mathbf{d_{min}}$.

C.2 Etude du mouvement actuel de la brame

Un relevé de l'évolution de la vitesse et du déplacement de l'avant d'une brame a été effectué sur la ligne actuelle. Il est donné dans le cadre question 16 du document réponse. L'origine du déplacement correspond à la mise en mouvement initial de la brame sur la table à rouleau 1, en sortie du four. L'avant de la brame étant au repère « a » (voir figure 17).

Question 16

Sur l'axe des ordonnées du graphique, placer les repères « a » à « f » correspondants au passage de l'avant de la brame devant les points caractéristiques de la ligne.

Question 17

Quelle est la valeur la vitesse maximale de la ligne $\boldsymbol{v_{max_act}}$?

Quelle est la valeur de la vitesse de décalaminage $\boldsymbol{v_{décal_act}}$?

Quelle est la valeur de l'accélération de la brame à la sortie du four $\boldsymbol{a_{a-b_act}}$?

Combien de temps met la brame pour atteindre l'entrée du réversible : $\boldsymbol{T_{a-f}}$?

Question 18

Pour les brames les plus longues (10m) indiquer par ce symbole [——] sur la courbe de la vitesse du graphique de la question 16, le temps pendant lequel la brame est en phase de décalaminage.

C.3 Etude du mouvement envisagé la brame

Le bureau d'étude envisage de déplacer le poste de décalaminage juste à la sortie de la table à rouleau 1 (TAR1 - voir fig. 18). La vitesse de décalaminage ne peut toujours pas dépasser $\mathbf{1,5\ m.s^{-1}}$. Les nouveaux moteurs doivent permettre d'accélérer les brames à la limite du glissement et de les entraîner jusqu'à une vitesse limite de $\boldsymbol{v_{max_env}}$ de 6 m.s^{-1}.

Il s'agit dans cette partie de tracer l'évolution du déplacement et de la vitesse de l'avant de la brame dans cette nouvelle configuration. L'origine du déplacement correspond à la mise en mouvement initial de la brame sur la table à rouleau 1, en sortie du four. L'avant de la brame étant au repère « p » (voir figure 18).

La table à rouleaux 1 située en sortie du four n'est pas modifiée.

Le cycle des mouvements envisagé est le suivant :

- Mise en mouvement des brames jusqu' à la vitesse maximale de décalaminage avec la même accélération qu'actuellement. À cet instant, l'avant de la brame est à un repère « q » entre les repères « p » et « r ».
- Maintien de cette vitesse jusqu'à ce qu'une brame de 10m soit complétement sortie du poste de décalaminage.
- Accélération de la brame jusqu'à la vitesse maximale.
- Maintien de cette vitesse.
- Ralentissement de la brame pour atteindre $\mathbf{1\ m.s^{-1}}$ à l'entrée du réversible.

Question 19

Sur le graphique, tracer l'évolution de la vitesse de la brame pendant les 5 premières secondes du mouvement. Sur cette courbe de la vitesse, au moment où la vitesse devient constante, placer le point « Q_v » de coordonnées $(\boldsymbol{t_q}, \boldsymbol{v_q})$.

Relever la vitesse $\boldsymbol{v_q}$ ainsi que $\boldsymbol{T_{p-q}}$.

Question 20

Par le calcul ou à l'aide du document en annexe D, déterminer la valeur de $\boldsymbol{x_q}$. Tracer le point « Q_d » de coordonnées $(\boldsymbol{t_q}, \boldsymbol{x_q})$ sur la figure de la question 19 et placer le repère « q » sur l'axe des ordonnées.

À partir du point Q_d, tracer la pente du déplacement de la brame.

Question 21

Sur la courbe du déplacement, placer les points R_d et S_d correspondants aux moments où l'avant de la brame entre et sort du poste de décalaminage.

Dans le cas de la brame la plus longue (10m), placer le point T_d sur la courbe du déplacement correspondant au moment où toute la brame est passée dans le poste de décalaminage.

À partir du point T_d, l'accélération est maximale ($\boldsymbol{a_{t-...} = a_{adm} = 1.5\ m.s^{-2}}$) jusqu'à atteindre la valeur de la vitesse maximale.

Question 22

Poursuivre le tracé de la vitesse de la brame jusqu'à atteindre la vitesse maximale.

La poursuite de cette démarche montre que pour cette solution envisagée, la brame arrive à l'entrée du réversible (repère w) à une vitesse $\boldsymbol{v_w = 1m.s^{-1}}$ au bout de $\boldsymbol{T_{p-w} = 22s}$.

Question 23

Compléter la figure du document réponse en plaçant les points W_d de coordonnées (t_w, x_w) et « W_v » de coordonnées (t_w, v_w).

Compléter l'allure de la vitesse et du déplacement de la brame jusqu'à l'entrée de la brame dans le réversible.

D Gain de temps

Vu les résultats précédents :

Question 24

Quel est le gain total de temps mis par la brame pour atteindre le réversible que laisse envisager la nouvelle solution ?

Partie II Etude des nouveaux rouleaux

Objectif : *Dans cette partie, il s'agit de définir les nouveaux rouleaux et de quantifier leurs déformations.*

Le diamètre des rouleaux et la distance entre chaque rouleau sont des paramètres fiables et éprouvés depuis des décennies. Ils ne sont pas remis en question dans cette étude.

A – Etude statique afin de déterminer les actions mécaniques des roulements sur le rouleau.

Les nouveaux rouleaux seront liés au bâti par deux roulements à rotule sur rouleaux placés en B_{av} et B_{ar}. Ces nouveaux rouleaux sont accouplés au moteur par l'intermédiaire d'un accouplement élastique en A. Le roulement situé en B_{av} est assimilé à une liaison rotule. Le roulement situé en B_{ar} est assimilé à une liaison linéaire annulaire (voir figure 10).

Pour l'ensemble de la partie II, nous utiliseront le repère direct $(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$. La brame se déplace dans le sens $\overrightarrow{z_1}$.

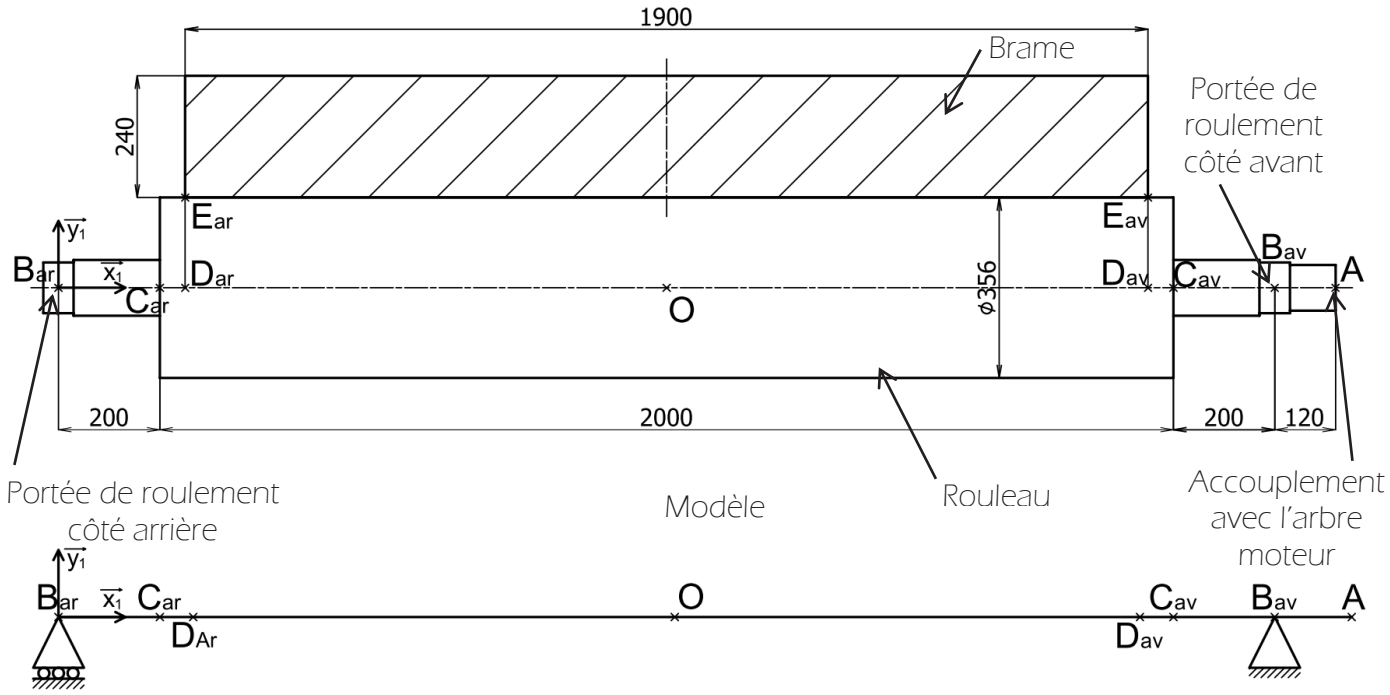


Figure 10 - Dessin d'un rouleau et modèle associé

Hypothèses :

- Sur le rouleau :
  - L'étude est menée sur une brame élémentaire (portion de brame appuyant sur un seul rouleau).
  - Le poids de la brame élémentaire est réparti uniformément sur le rouleau du point E_{av} au point E_{ar}. Les points D_{av} et D_{ar}, sont les projections respectives des points E_{av} et E_{ar}. O est le centre du segment (D_{av}, D_{ar}).
  - Seul le poids P_R de la partie centrale du rouleau n'est pas négligé (de C_{av} à C_{ar}). O est le centre du segment (C_{av}, C_{ar}).
  - Le rouleau est plein.
- Sur le couple moteur :
  - Le couple moteur C_M est transmis au rouleau au point A par un accouplement élastique qui transmet un couple pur.
- Sur les roulements en B_{av} et B_{ar} :
  - Le roulement en B_{av} est assimilé à une liaison rotule.
  - Le roulement en B_{ar} est assimilé à une liaison linéaire annulaire d'axe $\overrightarrow{x_1}$.
- Sur le type d'étude :
  - L'étude sera réalisée dans le plan $(\overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1})$.
  - Les solides sont considérés indéformables et les liaisons sont considérées parfaites.

Notations :

- Dans le cas le plus défavorable le poids maximal d'une brame élémentaire est : $P_{b\,él\,max}$ = 47,5 KN ($P_{brame\ élémentaire\ max}$).
- Dans le cas le plus défavorable, l'effort tangentiel maximal permettant l'accélération de la brame élémentaire est : $T_{b\,él\,max}$ = 9,5 KN ($T_{brame\ élémentaire\ max}$)
- Le rouleau est en acier de masse volumique $\boldsymbol{\rho_a}$.
- Le diamètre extérieur du rouleau est : D_r = 356mm.
- La longueur centrale du rouleau de C_{av} à C_{ar} est : L_r = 2000mm.
- Le poids d'un rouleau est noté : P_R.
- L'accélération de la pesanteur : g = 10m.s^{-2}.

Question 25

Ecrire la relation littérale permettant de déterminer le poids P_R à prendre en compte. Précisez pour chaque paramètre, son unité.

L'application numérique n'est pas demandée et pour la suite on prendra : P_R = 16KN.

Question 26

Compte tenu des hypothèses précédentes et afin de déterminer les valeurs des actions mécaniques de liaison au niveau des roulements en B_{av} et B_{ar}, indiquer le ou les théorème(s) à utiliser ainsi que le système isolé et la ou les hypothèse(s) supplémentaire(s) à poser.

Question 27

Déterminer les valeurs des composantes des actions mécaniques de liaison en B_{av} et B_{ar} $\left(\overrightarrow{\boldsymbol{R_{B_{av}}}};\ \overrightarrow{\boldsymbol{M_{B_{av}}}}\ \boldsymbol{au\ point\ B_{av}};\ \overrightarrow{\boldsymbol{R_{B_{ar}}}};\ \overrightarrow{\boldsymbol{M_{B_{ar}}}}\ \boldsymbol{au\ point\ B_{ar}}\right)$.

B Etude dynamique afin de déterminer les actions mécaniques sur le rouleau.

Modélisation du rouleau

Le rouleau est soumis à différentes actions mécaniques. Afin de dimensionner celui-ci, nous cherchons à modéliser ces différentes actions mécaniques.

Hypothèses :

- Les hypothèses sont identiques à celles formulées dans l'étude statique précédente.
- L'étude est cette fois menée la phase la plus critique correspondant à l'accélération maximale de la brame.

Le bilan des actions mécaniques exercées sur le rouleau fait apparaitre :

- Le couple moteur $\overrightarrow{C_{moteur}}$ noté C_M.
- Les actions des roulements rotules à rouleaux $\overrightarrow{\boldsymbol{F}_{Bav}}$ et $\overrightarrow{\boldsymbol{F}_{Bar}}$ respectivement aux points B_{av} et B_{ar} sont notées $\boldsymbol{F}_{Bav}$ et $\boldsymbol{F}_{Bar}$ et leurs composantes $\boldsymbol{B}_{av\,x}$, $\boldsymbol{B}_{av\,y}$ etc...
- La composante radiale de l'action de la brame sur le rouleau $\overrightarrow{P_{B\ él\ max}}$ notée $P_{B\ él\ max}$ et la charge répartie correspondante notée $q_{P_{b\ élmax}}$.
- La composante tangentielle de l'action de la brame sur le rouleau $\overrightarrow{T_{B\ él\ max}}$ notée $T_{B\ él\ max}$ et la charge répartie correspondante notée $q_{T_{b\ élmax}}$.
- Le poids du rouleau $\overrightarrow{P_R}$ noté P_R et la charge répartie correspondante notée q_{P_R}.

Question 28

Afin de déterminer les contraintes dans le rouleau, pour chacune des actions mécaniques appliquées au rouleau, compléter le tableau sur le document réponse en choisissant pour chacune d'elles la modélisation nécessaire. Indiquer le sens, le point d'application ou le segment, la valeur et l'unité. Les cases grisées sont déjà entièrement complétées.

Conventions de représentation :

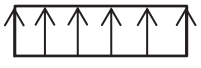
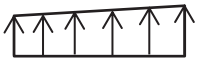
Type d'action mécanique	*Représentation pour :* $\overrightarrow{y_1}$, $\overrightarrow{x_1}$	*Représentation pour :* $\overrightarrow{y_1}$, $\overrightarrow{z_1}$
Force ponctuelle d'axe $\overrightarrow{x_1}$		
Charge d'axe $\overrightarrow{y_1}$ *uniformément répartie sur* $\overrightarrow{x_1}$		
Charge d'axe $\overrightarrow{y_1}$ *répartie sur* $\overrightarrow{x_1}$		
Couple ponctuel sur $\overrightarrow{x_1}$		

Figure 11 - Conventions de représentation

Question 29

Représenter sur les 3 vues en projection du rouleau les différentes actions mécaniques appliquées au rouleau en respectant les conventions de représentation.

Question 30

Compte tenu de l'effort tangentiel entre la brame et le rouleau, donner l'expression littérale du couple moteur maximal $C_{M\ max}$ appliqué au point A. Précisez pour chaque paramètre son unité.

Sollicitations dans le rouleau

Le rouleau est assimilé à une poutre. Cette poutre est étudiée par tronçon :

- Tronçon (B_{ar}, C_{ar})
- Tronçon (C_{ar}, D_{ar})
- Tronçon (D_{ar}, D_{av})
- Tronçon (D_{av}, C_{av})
- Tronçon (C_{av}, B_{av})
- Tronçon (B_{av}, A)

Notations :

- Pour chaque tronçon (voir figure 12 ci-dessous), nous voulons définir le torseur de cohésion du tronçon 2 de droite (coté avant ou $\overrightarrow{x_1}$) sur le tronçon 1 de gauche (coté arrière ou $-\overrightarrow{x_1}$). Le torseur de cohésion est défini pour chaque tronçon en un point X_G situé entre les bornes du tronçon.
- Pour chaque tronçon, la distance (B_{ar}, x_G) est notée x.
- La longueur constante et positive entre deux points, B_{ar} et C_{ar} par exemple, est notée $B_{ar}C_{ar}$.

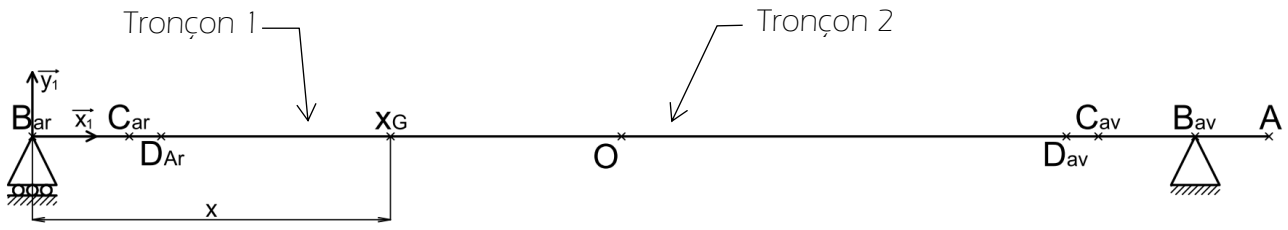


Figure 12 - Paramétrage de la poutre

Question 31

Pour le tronçon [D_{ar}, D_{av}] de la poutre, définir les composantes du torseur de cohésion $\{\boldsymbol{\tau_{coh\ 2/1}}\}$ (expression littérale uniquement en fonction de $\boldsymbol{C_{moteur}}$, $\boldsymbol{B_{av\ x\ ou\ y}}$, $\boldsymbol{B_{ar\ x\ ou\ y}}$, $\boldsymbol{q_{P_{b\ él\ max}}}$, $\boldsymbol{q_{T_{b\ él\ max}}}$, $\boldsymbol{q_{P_R}}$, $\boldsymbol{z}$ et des différentes dimensions du rouleau le cas échéant).

Pour les différents graphes des composantes du torseur de cohésion $\{\boldsymbol{\tau_{coh\ 2/1}}\}$, il est demandé de faire un tracé pour chaque composante du torseur. Seules l'allure et les proportions approximatives de ceux-ci seront évaluées.

Codification des allures des différentes portions de courbe :

Type de courbe	Codification
Droite horizontale passant par 0	0
Droite horizontale passant par a (a≠0)	H
Droite inclinée par rapport à l'horizontale	I
Parabole	P

Question 32

Sur les six graphes, représenter l'évolution de chaque composante (N, T_y, T_z, M_T M_{fy} et M_{fz}).

Localiser les valeurs extrêmes sur chaque graphe.

Dans les tableaux à coté graphe, indiquer la nature de chacune des portions de courbe en utilisant la codification proposée.

Question 33

Pour chaque tronçon du rouleau, compléter le tableau par des croix, afin d'indiquer le(s) type(s) de sollicitation et la ou les nature(s) des contraintes (Une croix indique une sollicitation non nulle ou une contrainte non nulle).

Une simulation numérique des sollicitations dans le rouleau donne l'évolution de la contrainte équivalente de Von Mises sur le rouleau (voir figure 13) :

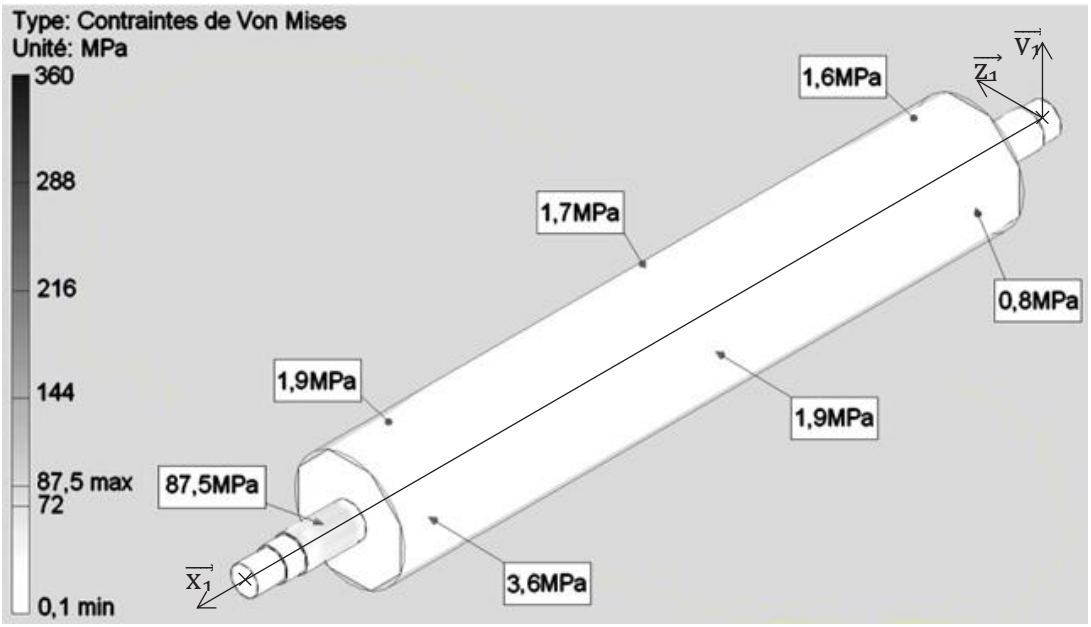


Figure 13 - Simulation numérique du rouleau plein

Le rouleau est en acier C35 trempé-revenu. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Limite d'élasticité : R_e = 360 MPa.
- Résistance à la rupture en traction : R_m = 520 MPa.
- Allongement après rupture : A% : 18.

Question 34

Quel est le coefficient de sécurité $S_{RP\ pour}$ un rouleau plein ?

Que peut-on dire des contraintes dans la partie centrale du rouleau en contact avec la brame (de C_{ar} à C_{av})?

C Rouleau creux

Afin de diminuer l'énergie nécessaire pour accélérer les rouleaux qui sont appelés à changer de vitesse de rotation assez souvent, une modification des rouleaux est envisagée.

Le rouleau sera réalisé en 5 parties mécanosoudées. Les arbres avant et arrière, les deux flasques d'épaisseur 20mm et le tube central d'épaisseur 10mm. Pour l'ensemble des 5 pièces constitutives, le matériau est identique au rouleau précédent : C35 trempé-revenu.

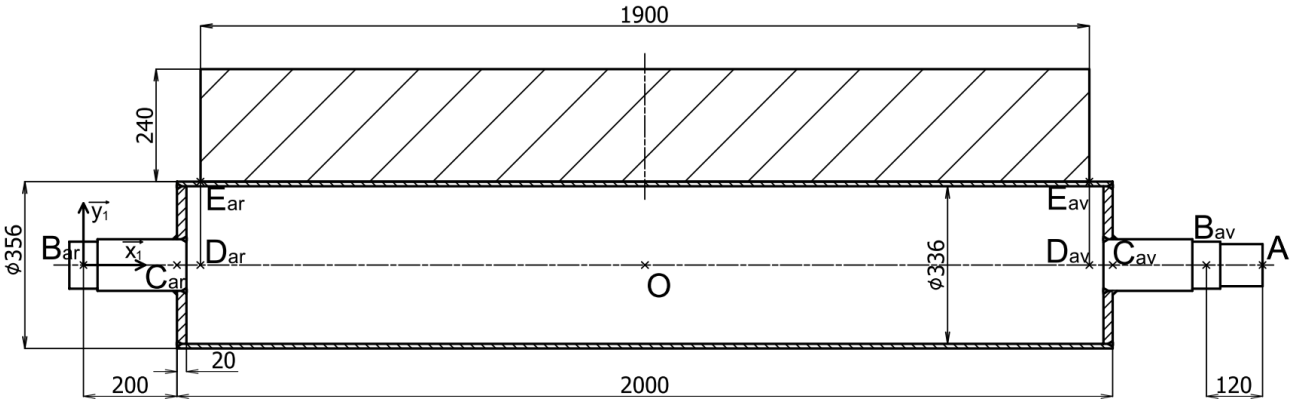


Figure 14 - Dessin du rouleau creux envisagé

Une simulation numérique des sollicitations dans le rouleau donne l'évolution de la contrainte équivalente de Von Mises sur le rouleau creux (voir figure 15) :

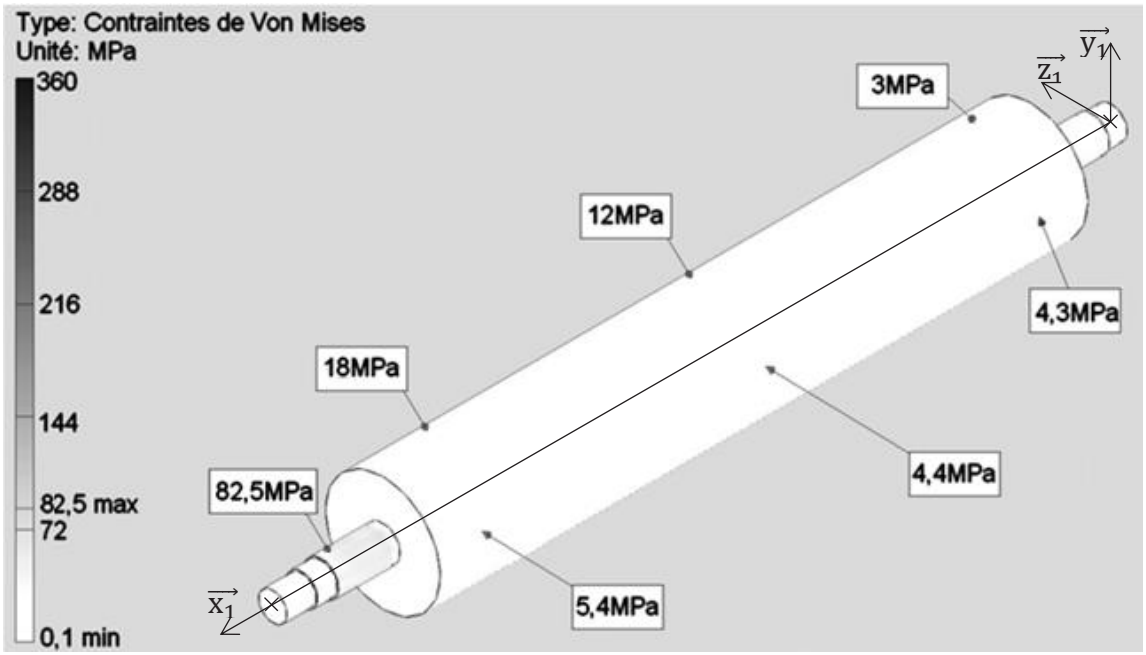


Figure 15 - Simulation numérique du rouleau creux

Question 35

Quel est le coefficient de sécurité pour le rouleau creux ?

Que peut-on dire des contraintes dans la partie centrale du rouleau en contact avec la brame (de C_{ar} à C_{av})?

Afin de pouvoir réaliser une comparaison énergétique de la mise en rotation des rouleaux, les valeurs des masses et des moments d'inertie des deux rouleaux sont données ci-dessous.

Rouleau	Masse notée M_R	Moment d'inertie J_{Gz} notée J_R
Plein (P)	M_{RP} = 1602 kg	J_{RP} = 25 kg.m²
Creux (C)	M_{RC} = 236 kg	J_{RC} = 5,5 kg.m²

Avec le nouveau cycle de déplacement de la brame, nous savons que les 33 premiers rouleaux amonts atteindront la vitesse tangentielle de 1,5 $m.s^{-1}$ et les 55 rouleaux avals suivants la vitesse de 6 $m.s^{-1}$.

Notations et données :

- Diamètre extérieur d'un rouleau noté D_r avec $D_r = 356$ mm.
- Vitesse tangentielle d'un rouleau $\overrightarrow{V_{E\in rouleau/bâti}}$ noté v_R avec, pour les rouleaux amonts $v_{R1} = 1{,}5\ m.s^{-1}$ et pour les rouleaux aval $v_{R2} = 6\ m.s^{-1}$.
- Le nombre de rouleaux amonts noté Nb_1 avec $Nb_1 = 33$ et le nombre de rouleaux avals noté Nb_2 avec $Nb_2 = 55$.

Question 36

En utilisant uniquement les données et les notations précédentes :

Exprimer de façon littérale, l'énergie cinétique E_R d'un rouleau quelconque (amont, aval, plein ou creux).

En déduire les expressions littérales de l'énergie cinétique E_{R1} d'un rouleau amont et de l'énergie cinétique E_{R2} d'un rouleau aval d'un rouleau plein ou creux.

Question 37

Ecrire l'expression simplifiée de l'énergie globale E_{GR} de l'ensemble des rouleaux amont et aval qu'ils soient pleins ou creux.

Calculer les valeurs des énergies globales pour les rouleaux pleins E_{GRP} et pour les rouleaux creux E_{GRC}. Préciser l'unité.

L'énergie cinétique maximum d'une brame lors de son transfert, est obtenue après le poste de décapage, lorsque la vitesse de celle-ci est de $V_{R2} = 6\ m.s^{-1}$.

Rappel :

On note $\mathbf{L_b}$, $\mathbf{l_b}$et $\mathbf{e_b}$, la longueur, la largeur et l'épaisseur d'une brame ($L_{b\,max}$ = 10 m, $l_{b\,max}$ = 1,9 m et $e_{b\,max}$ = 0,24 m).

On note $\mathbf{g}$ l'accélération de la pesanteur et on prendra $\mathbf{g = 10\ m.s^{-2}}$.

On note $\boldsymbol{\rho_a}$ la masse volumique de l'acier constituant une brame avec $\boldsymbol{\rho_a = 7800\ kg.m^{-3}}$.

Question 38

Exprimer l'énergie cinétique E_B d'une brame aux dimensions maximales, en translation à la vitesse V_{R2}.

Calculer E_B.

Nous considérons que les liaisons rouleaux / table sont parfaites et que le déplacement de la brame en translation horizontale est réalisé sans perte d'énergie. Après chaque passage de brame les rouleaux sont arrêtés (7 min entre deux brames).

Question 39

Exprimer l'énergie totale $E_{T\,RP}$ nécessaire pour le transfert d'une brame (mise en rotation des rouleaux pleins et transfert de la brame) en fonction de E_{GRP} et E_B.

Exprimer l'énergie $E_{T\,RC}$ nécessaire pour le transfert d'une brame (mise en rotation des rouleaux creux et transfert de la brame) en fonction de E_{GRC} et E_B.

Question 40

En déduire l'expression simplifiée du gain énergétique $G_{\%}$ en % du système à rouleau creux par rapport à celui à rouleaux pleins en fonction de E_B, E_{GRP} et E_{GRC}.

Calculer la valeur de $G_{\%}$ et conclure.

Partie III Choix de composants

A- Choix des roulements

La conception du système impose un diamètre de la bague intérieure des roulements de 100 mm au minimum. Nous devons donc vérifier si les roulements choisis (référence : 22228 CC/W33) ont une durée de vie suffisante. Pour un laminoir, la durée minimale conseillée est comprise entre 2 mois et 3 ans.

Données :

- Longueur des brames : L_b = 10 m.
- Diamètre extérieur des rouleaux : D_R = 356 mm.
- Fréquence de passage des brames : une brame toutes les 7min : ΔT=7 min.
- Charge radiale sur chacun des roulements avec les rouleaux creux : F_R = 26 KN.
- Charge axiale sur chacun des roulements avec les rouleaux creux : F_A = 0.
- Roulement à rotule sur rouleaux référence 22228 CC/W33 (charge dynamique de base : C=743 kN et charge statique de base : C_0=900 kN).
- Diamètre intérieur de la bague intérieure des roulements : d_{int} = 100 mm.
- Vitesse maximale d'une brame : v_{R2} = 6 m.s^{-1}.
- Le facteur correctif (source SKF) de charge $f_L = \frac{P_{corrigée}}{P}$ avec $f_L = 3$ pour un train de rouleaux de laminoir.

Hypothèses :

Les rouleaux sont tous identiques, ils ont des vitesses de rotation variables et différentes en fonction de leur emplacement sur la table. Pour le calcul de durée de vie.

- Nous calculerons la durée de vie du rouleau tournant le plus rapidement.
- Ce rouleau n'est chargé que quand il est en contact avec une brame (la phase de décélération libre du rouleau soumis à son poids propre est négligée).

Question 41

Exprimer la vitesse de rotation N_R [mir^{-1}] du rouleau étudié en fonction des paramètres ci-dessus et calculer sa valeur.

Exprimer le nombre de tours $N_{b\,t/B}$ effectué par un rouleau à chaque passage de brame en fonction des paramètres ci-dessus et calculer sa valeur.

Exprimer le nombre de tours $N_{b\,t/j}$ effectué par un rouleau par jour en fonction des paramètres ci-dessus et calculer sa valeur.

Question 42

Exprimer la durée de vie nominale corrigée $L_{10\,C}$ en millions de tours des roulements en fonction de C, Fr et f_i et calculer sa valeur.

Donner l'expression la plus simple du nombre de jours $N_{b\,JR}$ de fonctionnement des roulements et fonction des paramètres précédents et calculer sa valeur.

Calculer la durée de vie D_{VR} (en jours, mois ou années selon la valeur) des roulements et conclure.

B- Choix du moteur

Le moteur sera choisi dans la gamme de moteur ABB pour table de laminoir. Ces moteurs peuvent fonctionner à basse vitesse et donc évitent l'utilisation d'un réducteur ce qui permet d'améliorer le rendement du système. Le dimensionnement du moteur sera établi en fonction de l'accélération demandée de la brame. Le maintien de la vitesse de la brame pendant le transfert demande beaucoup moins de couple et de puissance.

Hypothèses :

- L'étude est faite dans le plan de symétrie $(O, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$.
- La liaison pivot entre le rouleau et la table est considérée comme parfaite.
- Roulement sans glissement en E.

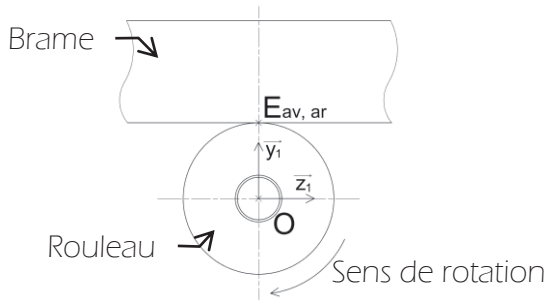


Figure 16 – Croquis pour isolement du rouleau

Données :

- Sur l'effort tangentiel de la brame sur le rouleau :
  - Dans le cas le plus défavorable, l'effort tangentiel permettant l'accélération maxi de la brame, $T_{b\ él\ max} = 9,5$ KN
- Sur la charge d'un rouleau :
  - Dans le cas le plus défavorable, le poids du rouleau et le poids de la brame soutenu par le rouleau est $F_{G\ max} = 50$ KN
- Sur les efforts des roulements :
  - La résultante des efforts des 2 roulements avant et arrière est noté F_R est appliquée en G.
- Sur le mouvement :
  - L'accélération maxi de la brame est de $a_{B\ max} = 1,5\ m.s^{-2}$
  - La vitesse de la brame maximum est $v = v_{R2} = 6\ m.s^{-1}$
- Sur les rouleaux :
  - Le diamètre d'un rouleau est $D_r = 356$ mm
  - La fréquence de rotation maxi des rouleaux est $N_{R\ max} = 320\ min^{-1}$ (tr/min)
  - L'inertie d'un rouleau creux est selon l'axe z est $J_{RC} = 5,5\ kg.m^2$.
- Sur le couple moteur :
  - Le couple moteur C_M fourni au rouleau par l'intermédiaire de l'accouplement élastique, est un couple pur.

Question 43

Après avoir isolé le rouleau (figure non demandée), écrire le théorème du moment dynamique en G, projeté sur l'axe z.

En déduire l'expression littérale simplifiée du couple moteur $C_{M\ max}$ permettant d'accélérer la brame et le rouleau. Calculer sa valeur.

Lors du choix du moteur, pour assurer l'accélération demandée, on choisira un couple maximal pour le moteur avec une marge de sécurité $s_{M\ de}$ 1,2.

Question 44

Calculer le couple maximum nécessaire $C_{M\ max\ réel}$ du moteur au démarrage.

Choisir sur le document constructeur (Annexe E) le moteur qui convient et donner sa référence.

C- Choix de l'accouplement élastique

Entre le motoréducteur et le rouleau, il est nécessaire de mettre un accouplement élastique afin que l'arbre moteur ne subisse pas d'actions mécaniques autres que le couple moteur.

Données :

- Le couple moteur nominal est : $C_{MN} = 1700$ N.m.
- Le défaut d'alignement radial des arbres est : $d_r < 1$ mm.
- Le défaut d'alignement axial des arbres est : $d_a < 0,5$ mm.
- Le défaut d'alignement angulaire des arbres est : $\theta_a < 0,5°$.
- Le diamètre des arbres à accoupler est de : $D_a = 90$ mm.

Question 45

Sur le document réponse, représenter en couleur, sur les figures proposées les différents défauts d'alignement des arbres, en redessinant l'arbre idéal avec le défaut. Représenter également le point B et mettre en place la côte représentant le défaut. Afin de mettre en évidence les défauts sur la représentation, amplifier les défauts et représenter d_a = 5mm, d_r = 5mm et $\theta_a \approx 15°$.

Question 46

Choisir dans le document constructeur (voir annexe F) l'accouplement à dentures type RDZ ...DTO en fonction des données (n'indiquer que la taille).

Justifier votre choix.

Partie IV Bilan de l'étude

A- Bilan qualitatif

Objectif : faire un bilan des modifications proposées par le bureau d'études.

Les modifications proposées dans cette étude ont porté sur :

- La diminution du temps de transfert de la brame en sortie du four jusqu'au réversible.
- Le changement d'architecture de la motorisation des rouleaux.
- Le remplacement des rouleaux pleins par des rouleaux creux.

Ces modifications impactent plusieurs facteurs :

- La réduction des émissions de CO_2.
- La facilitation de la maintenance.
- Les temps d'arrêt de la ligne.

Question 47

Compléter le tableau du document réponse en plaçant une croix dans la ou les cases précisant quelle modification impacte quel facteur.

B- Bilan quantitatif

Objectif : quantifier l'impact économique et écologique de la réduction du temps de transfert des brames.

Les mesures faites à l'air libre sur la ligne montrent que dans les premières minutes suivant sa sortie du four, la brame se refroidit en moyenne de 0.5°C par seconde.

Le gain de temps produit par les modifications en partie I (question 24) permet donc d'envisager de diminuer la température de consigne du four sans altérer la suite du process.

Le four est alimenté en gaz naturel. Les courbes en annexe G illustrent l'évolution du pourcentage de diminution de la consommation spécifique du four en fonction de la température de consigne du four, à partir d'une consigne actuelle de1300°C.

Question 48

Quelle nouvelle température de consigne peut-on proposer et quel pourcentage de réduction de consommation spécifique peut-on envisager ?

Les données énergétiques et économiques liées à l'utilisation du four sont les suivantes :

- Consommation spécifique du four : 1.2 GJ/t d'acier produit.
- Production horaire d'acier maximale : 250 t/h.
- Rejet de CO^2 dû à la combustion de gaz naturel : 60 kg/GJ de gaz naturel.
- Prix du gaz naturel : 15 €/GJ de gaz naturel.
- Taxe sur les rejets de CO^2 : 80 €/t de CO^2.

Hypothèse : compte tenu des arrêts de ligne pour maintenance, on suppose que la production est maximale 20h/24 et 300j/an.

Question 49

Compléter le tableau du document réponse permettant d'estimer les gains annuels envisagés.

Question 50

Quel avis portez-vous sur les gains annuels envisagés ?

Table des figures

Figure 1- Principe du laminage 2
Figure 2 - Brames d'acier 2
Figure 3 - Bobines de tôle d'acier 2
Figure 4 - Table à rouleaux (TAR) 3
Figure 5 - Brame chaude à la sortie du four à brame 3
Figure 6 - Motorisation actuelle des rouleaux 4
Figure 7 - Motorisation modulaire des rouleaux 4
Figure 8 - Brame chaude au poste de décalaminage 4
Figure 9 - Brame élémentaire 6
Figure 10 - Dessin d'un rouleau et modèle associé 13
Figure 11 - Conventions de représentation 15
Figure 12 - Paramétrage de la poutre 16
Figure 13 - Simulation numérique du rouleau plein 17
Figure 14 - Dessin du rouleau creux envisagé 18
Figure 15 - Simulation numérique du rouleau creux 18
Figure 16 – Croquis pour isolement du rouleau 21
Figure 17 - Implantation actuelle de la ligne 26
Figure 18 - Implantation envisagée de la ligne 26

Table des annexes

A Modification de l'implantation de la ligne 26
B Cahier des charges fonctionnel (extraits) 27
C Paramétrage 28
D Aides au calcul 29
E Moteur pour les rouleaux 30
F Accouplement élastique 31
G Consommation spécifique du four 32
H Données et notations principales 33

Modification de l'implantation de la ligne

La cage réversible (R) est située à une cinquantaine de mètres du four (F). Ces deux composants sont extrêmement massifs. Le poste de décalaminage (D) est de taille plus modeste et son déplacement est envisageable.

Configuration actuelle : sortie du four, la brame passe par les TAR1, 2 et 3 avant d'être décalaminée puis est entrainée par la TAR4 jusqu'au réversible.

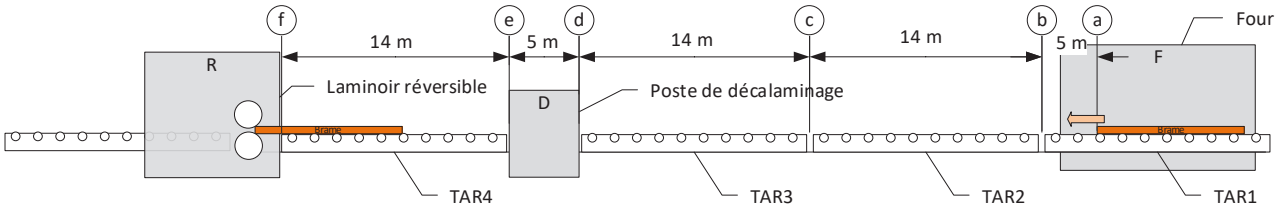


Figure 17 - Implantation actuelle de la ligne

Configuration envisagée : sortie du four, la brame est entrainée par la TAR1 pour être décalaminée puis est entrainée par les TAR2, 3 et 4 jusqu'au réversible.

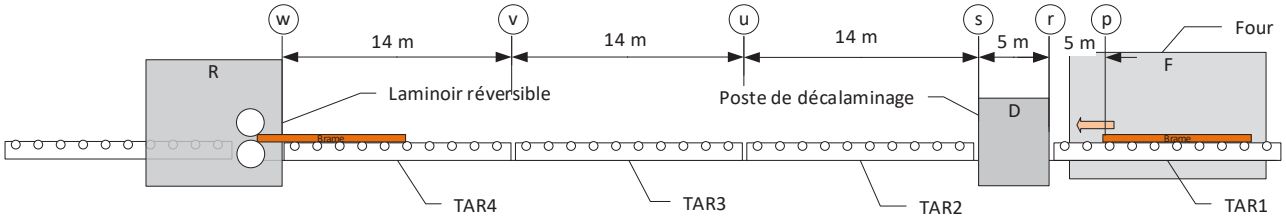
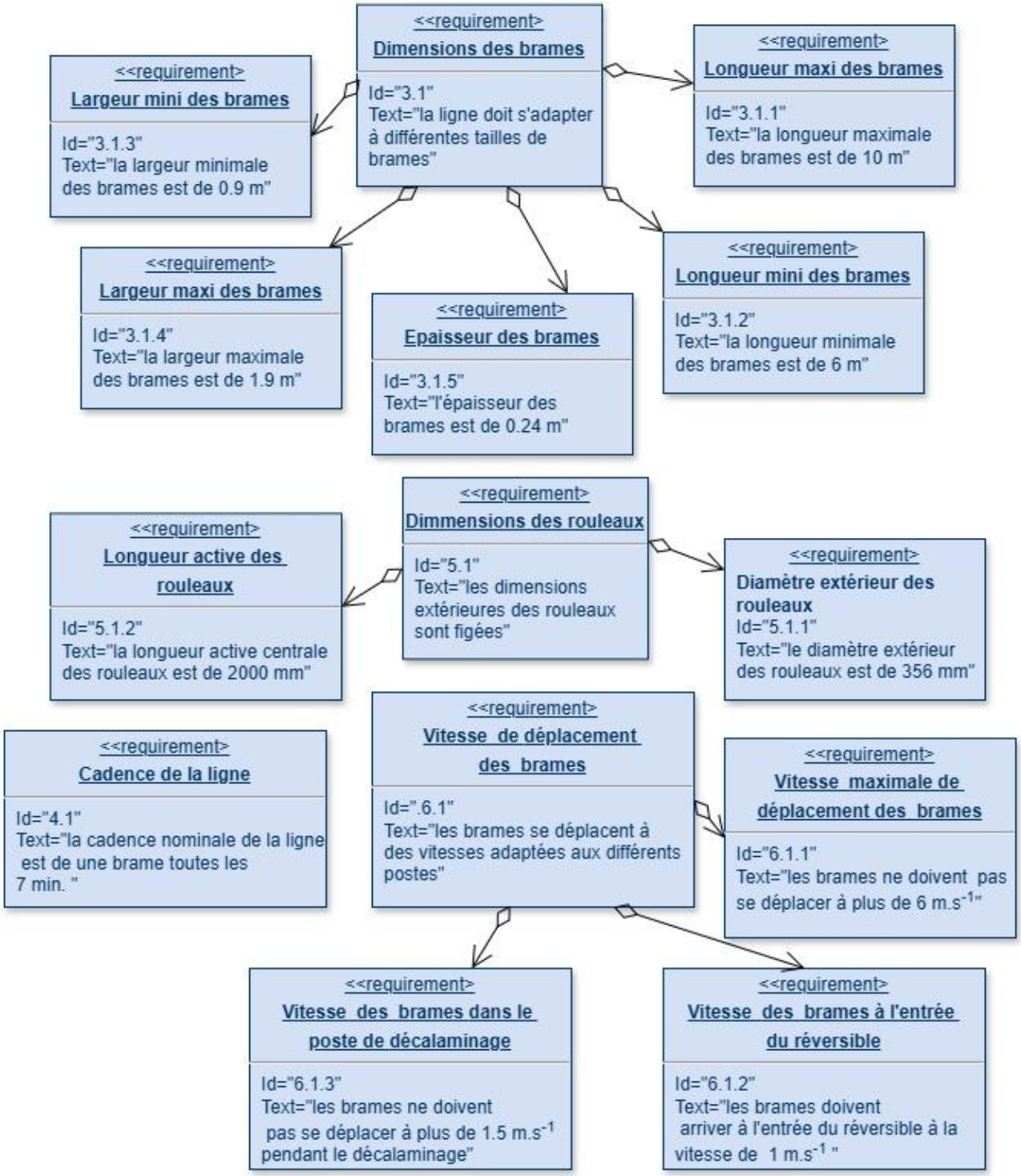
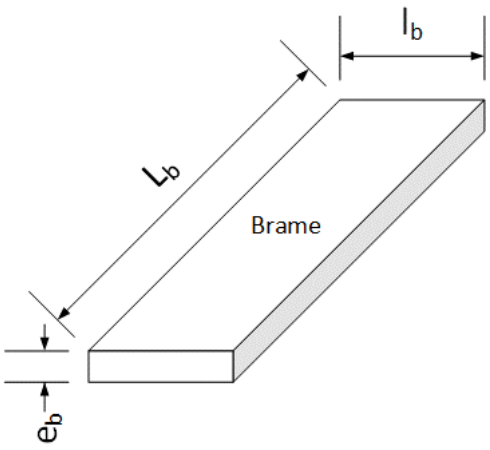


Figure 18 - Implantation envisagée de la ligne

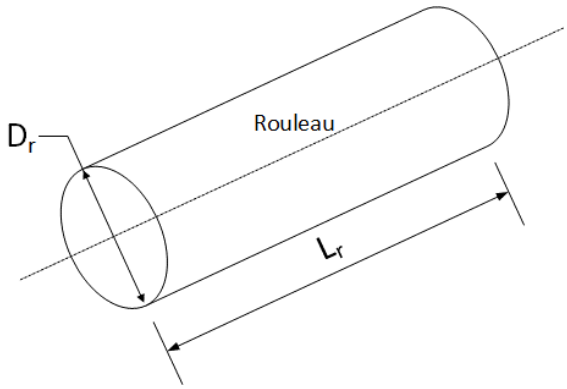
Annexe B Cahier des charges fonctionnel (extraits)



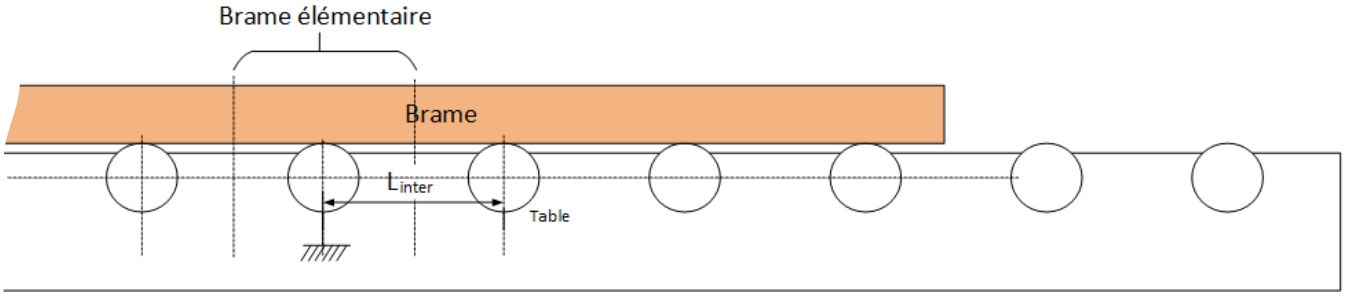
Paramètres de la brame :



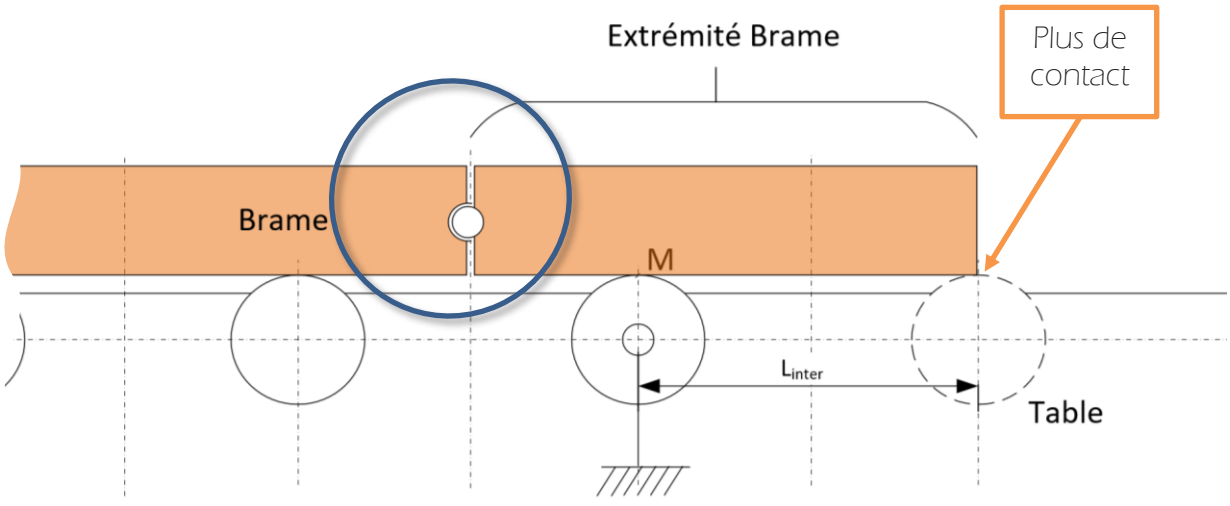
Paramétrage d'un rouleau :



Paramètres de la table :



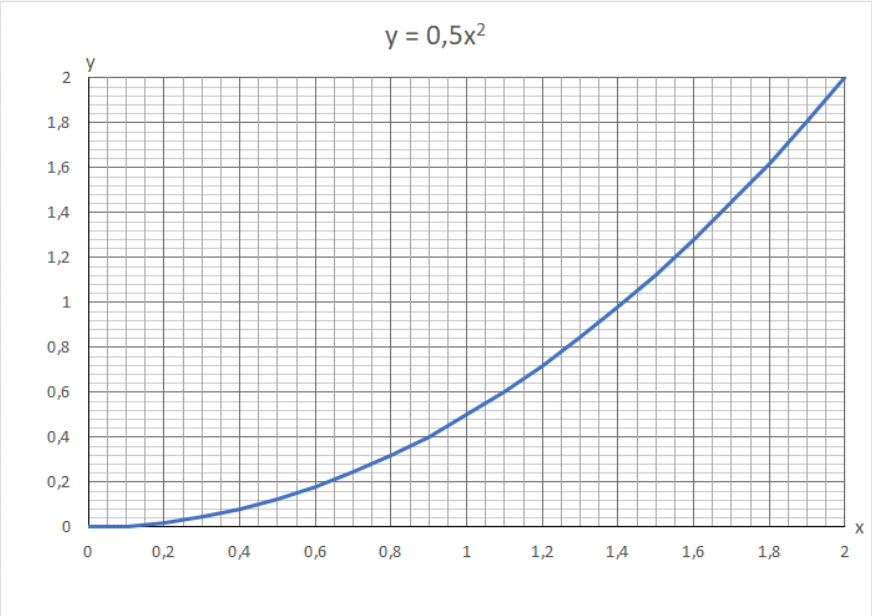
Modélisation retenue pour la liaison entre l'extrémité de la brame et le reste de la brame (question 5, 6 et 7) :



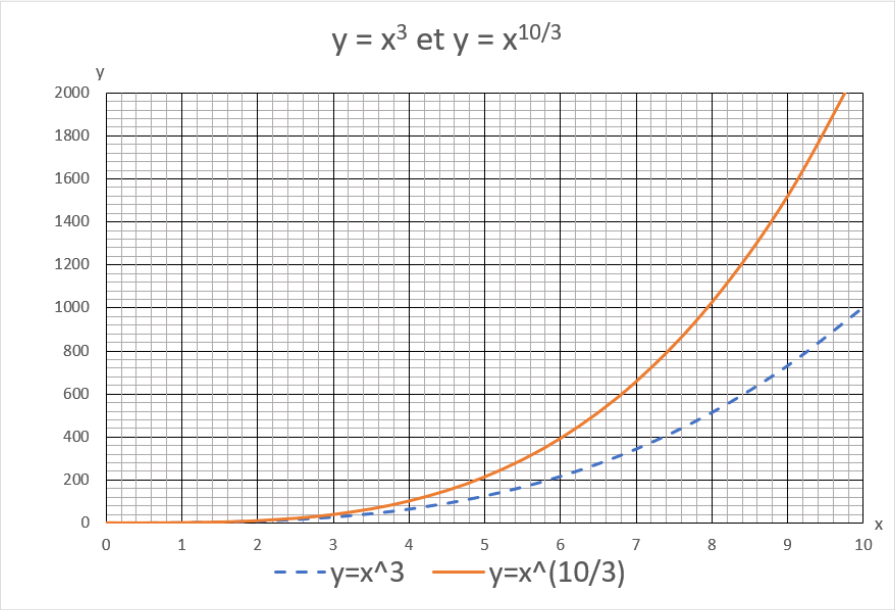
Annexe D Aides au calcul

Les calculatrices n'étant pas autorisées, ces courbes peuvent aider le candidat à approximer des applications numériques.

x	y
0	0
0,1	0,005
0,2	0,02
0,3	0,045
0,4	0,08
0,5	0,125
0,6	0,18
0,7	0,245
0,8	0,32
0,9	0,405
1	0,5
1,1	0,605
1,2	0,72
1,3	0,845
1,4	0,98
1,5	1,125
1,6	1,28
1,7	1,445
1,8	1,62
1,9	1,805
2	2



x	y=x^3	y=x^(10/3)
0	0	0
1	1	1
2	8	10
3	27	39
4	64	102
5	125	214
6	216	392
7	343	656
8	512	1024
9	729	1516
10	1000	2154



Moteur pour les rouleaux



Données techniques pour les moteurs de rouleaux de table 345 min^{-1} (tr/min).

Les moteurs de table à rouleaux fournis par ABB sont des moteurs à cage d'écureuil spécialement conçus pour utiliser avec des convertisseurs de fréquence.

De construction robuste, les moteurs sont entièrement scellés pour résister aux conditions difficiles dans les laminoirs. Les moteurs sont des unités à basse vitesse destinées à une connexion directe aux rouleaux.

Le nombre de pôles et la fréquence peuvent être sélectionnés, évitant ainsi le besoin de boîtes de vitesses et donc une économie sur la maintenance et les coûts et en augmentant l'efficacité globale du système.

N = 345 min^{-1}		400V 23Hz						
		N	Couple		Courant		J	Masse
Puissance	Moteur type 8 pôles		T_n	T_{max}	I_0	I_n		
KW	Référence	min^{-1}	N.m		A		$kg.m^2$	kg
3,3	M3RP200 LA	338	93	420	6	8	0,43	245
4	M3RP200 LB	338	113	580	7	9	0,52	270
4,5	M3RP200 LC	338	127	630	7	10	0,58	285
5	M3RP225 MC	338	141	670	8	11	0,82	325
6	M3RP225 MD	339	169	1020	12	15	0,87	360
11	M3RP250 MC	339	310	1570	16	24	1,67	470
15	M3RP280 MB	340	421	1920	22	33	2,6	620
18,5	M3RP280 MC	340	520	2490	26	40	3,0	690
25	M3RP315 LA	340	702	3140	33	53	5,5	870
30	M3RP315 LB	340	840	3770	37	62	5,9	950
35	M3RP315 LC	341	980	5490	55	79	6,9	1060
40	M3RP355 SA	342	1110	7320	78	101	10	1550
50	M3RP355 SB	342	1390	8550	86	118	12	1750
60	M3RP355 LA	342	1670	11840	118	153	14	2000
85	M3RP400 MA	343	2360	13600	161	214	22	2500
100	M3RP400 LA	343	2780	16400	193	254	26	2850
120	M3RP450 LA	342	3350	17500	173	265	26	3400
132	M3RP450 LB	342	3686	20000	195	295	29	3650
150	M3RP450 LC	342	4188	24500	240	345	35	4000
165	M3RP450 LD	343	4594	30500	285	395	41	4450

Accouplement élastique

Accouplements à denture RDZ ... DTO

RINGSPANN®



Caractéristiques :

- Couples importants jusqu'à 391 500 Nm.
- Fort désalignement admissible.
- Compensation des désalignements axiaux, radiaux et angulaires.
- Double moyeu pour une transmission progressive du couple.
- Construction compacte avec les moyeux orientés vers l'intérieur.
- Rapport poids/puissance élevé.
- Applications typiques : rouleaux d'entraînement en aciérie et papeterie, pompes, convoyeurs, ventilateurs et souffleurs.

Taille	Couple nominal T_{KN}	Puissance nominale à 100 min^{-1} P_{K100}	Vitesse maxi n_{max}	Moment d'inertie avec l'alésage maxi J_K	Désalignement admissible		
					Axial	Radial	Angulaire
	N.m	kW	min^{-1}	$kg.m^2$	mm	mm	°
0010	1330	14	8000	0,0052	±0,5	0,5	
0015	2860	30	6500	0,0192	±0,5	0,8	
0020	5000	53	5600	0,0410	±0,5	1,0	
0025	10000	105	5000	0,1050	±0,5	1,2	
0030	16000	168	4400	0,1950	±0,5	1,4	
0035	22000	231	3900	0,4540	±1	1,7	
0040	32000	336	3600	0,8600	±1	2,0	
0045	45000	472	3200	1,3900	±1	2,1	1,5
0050	62000	650	2900	2,5300	±1	2,6	
0055	84000	880	2650	3,8300	±1	2,9	
0060	115000	1205	2450	5,2100	±2	3,2	
0070	174000	1823	2150	11,0000	±2	3,7	
0080	252000	2639	1750	20,7200	±2	4,2	
0090	290000	3037	1550	34,9500	±2	4,8	
0100	391500	4100	1450	55,9500	±3	5,5	

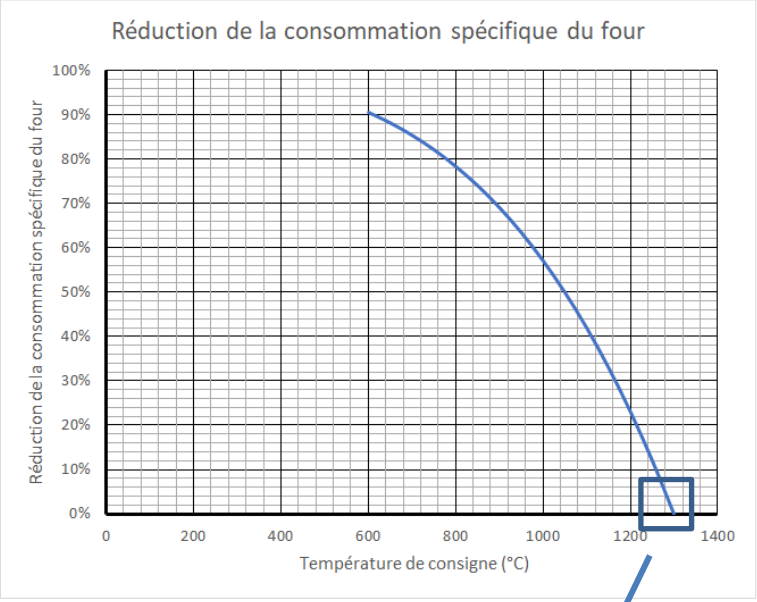
Taille	Alésage ébauché d*	Alésage d*		D	D1	D2	F	L	L1	M**	O	Poids avec alésage maxi
		min.	max.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
0010	13	15	52	116	69	84	43	89	39	51	3	4,4
0015	19	21	65	152	86	105	50	103	48	61	3	9
0020	26	28	80	178	105	127	62	127	60	76	3	15
0025	30	32	98	213	131	155	77	159	72	92	5	27
0030	36	38	115	240	152	181	91	187	84	106	5	40
0035	36	38	135	279	178	211	107	220	98	130	6	65
0040	36	38	160	318	210	250	121	248	111	145	6	96
0045	50	52	180	346	235	274	135	278	123	165	8	131
0050	69	71	195	389	254	306	153	314	141	183	8	186
0055	68	70	215	425	279	334	168	344	158	203	8	247
0060	105	110	235	457	305	366	188	384	169	228	8	299
0070	105	110	280	527	356	425	221	451	196	266	9	473
0080	105	110	285	590	385	485	249	508	243	300	10	682
0090	145	150	300	660	420	535	276	565	265	325	13	898
0100	155	160	330	711	470	595	305	623	294	355	13	1242

Tournez la page S.V.P

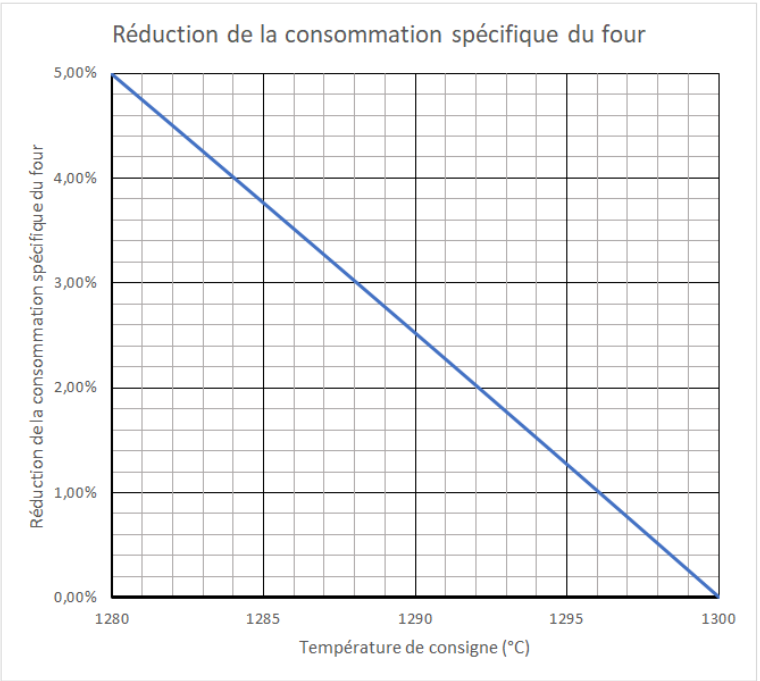
Annexe G Consommation spécifique du four

La courbe ci-dessous permet d'estimer le pourcentage de réduction de consommation spécifique du four à partir d'une consigne initiale de 1300°C (exemple : si le four est régulé à 1250°C au lieu de 1300°C, il consommera 12.14% de gaz naturel en moins).

Température de consigne (°C)	Réduction de la consommation spécifique du four
1300	0,00%
1250	12,14%
1200	23,13%
1150	33,07%
1100	42,01%
1050	50,02%
1000	57,17%
950	63,53%
900	69,16%
850	74,11%
800	78,44%
750	82,21%
700	85,46%
650	88,25%
600	90,62%



Température de consigne (°C)	Réduction de la consommation spécifique du four
1300	0,00%
1299	0,25%
1298	0,51%
1297	0,76%
1296	1,01%
1295	1,27%
1294	1,52%
1293	1,77%
1292	2,02%
1291	2,27%
1290	2,52%
1289	2,77%
1288	3,02%
1287	3,27%
1286	3,52%
1285	3,76%
1284	4,01%
1283	4,26%
1282	4,50%
1281	4,75%
1280	5,00%



Annexe H Données et notations principales

Notation	Désignation	Valeur	Unité
$\mathbf{L_b}$	Longueur d'une brame	6 à 10	m
$\mathbf{l_b}$	Largeur d'une brame	0,9 à 1.9	m
$\mathbf{e_b}$	Epaisseur d'une brame	0.24	m
$\mathbf{m_b}$	Masse totale d'une brame		kg
$\mathbf{m_{b_élém}}$	Masse élémentaire d'une brame supportée par un seul rouleau		kg
$\mathbf{D}_R$	Diamètre d'un rouleau	356	mm
$\mathbf{L_r}$	Longueur utile d'un rouleau	2000	mm
$\mathbf{N_r}$	Nombre de rouleaux		
$\mathbf{L_{inter}}$	Longueur entre les axes de deux rouleaux voisins		mm
$\mathbf{g}$	Accélération de la pesanteur	10	$m.s^{-2}$
$\overrightarrow{F_{M_{sol1/sol2}}}$	Force passant par le point M exercée par le solide 1 sur le solide 2		N
$\boldsymbol{\rho_a}$	Masse volumique de l'acier	7800	$kg.m^{-3}$
$\mathbf{K_{ba}}$	Coefficient de sécurité		
$\boldsymbol{f}$	Coefficient d'adhérence entre le rouleau et la brame	0.17	
$\boldsymbol{\varphi}$	Angle d'adhérence entre le rouleau et la brame		
$\vec{\boldsymbol{a}}$	Accélération de la brame		$m.s^{-2}$
$\boldsymbol{x}$	Déplacement horizontal d'une brame		m
$\boldsymbol{v}$	Vitesse de déplacement horizontal de la brame		$m.s^{-1}$
$\boldsymbol{t}$	Temps qui s'écoule pendant le mouvement de la brame		s
$\mathbf{T_{i-j}}$	Temps mis par la brame pour se déplacer d'un repère i à un repère j		s
$\boldsymbol{d_{i-j}}$	Distance parcourue par la brame pendant un temps $\mathbf{T_{i-j}}$		m
C_M	Couple fourni par le moteur à la brame		N.m
C_{MN}	Couple nominal fourni par le moteur à la brame	1700	N.m
P_R	Poids d'un rouleau		N
q_P	Charge linéïque répartie		$N.m^{-1}$
R_e	Limite d'élasticité de l'acier C35f trempé-revenu	360	MPa
R_m	Résistance à la rupture en traction de l'acier C35f trempé-revenu	520	MPa
A%	Allongement après rupture de l'acier C35f trempé-revenu	18	%
M_{RP}	Masse d'un rouleau plein	1602	kg
M_{RC}	Masse d'un rouleau creux	236	kg
J_{RP}	Moment d'inertie d'un rouleau plein	25	$kg.m^2$
J_{RC}	Moment d'inertie d'un rouleau creux	5,5	$kg.m^2$
ΔT	Fréquence de passage des brames : une brame toutes les	7	min
F_R	Charge radiale sur un roulement		N
F_A	Charge axiale sur un roulement		N
d_{int}	Diamètre intérieur de la bague intérieure des roulements	100	mm
f_L	Facteur correctif (source SKF) de charge	3	
v_R	Vitesse tangentielle d'un point en périphérie du rouleau		$m.s^{-1}$
$N_{R\,max}$	Fréquence de rotation maximale des rouleaux	320	min^{-1}
d_r	Défaut d'alignement radial des arbres		mm
d_a	Défaut d'alignement axial des arbres		mm
θ_a	Défaut d'alignement angulaire des arbres		(°)
D_a	Diamètre des arbres à accoupler	90	mm

IMPRIMERIE NATIONALE – 25 1012 – D'après documents fournis

Cahier réponse
Épreuve de Sciences Industrielles B

AVERTISSEMENT

Toutes les calculatrices sont interdites, quel qu'en soit le type, ainsi que les agendas électroniques, les règles à calculs, les téléphones portables…

INSTRUCTIONS

- Remplir sur chaque copie A3 en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom, numéro inscription, date de naissance, le libellé du concours, le libellé de l'épreuve et la session.
- **Une feuille, dont l'entête n'a pas été intégralement renseigné, ne sera pas prise en compte.**
- **Vérifiez que votre cahier réponse comporte le nombre de pages indiqué et qu'il est correctement imprimé.**
- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à encre foncé : bleue ou noire. Le crayon-mine et autres couleurs peuvent être utilisés uniquement dans les schémas.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est strictement interdit. Les surveillants et surveillantes se réservent le droit de les confisquer.
- **À la fin de l'épreuve, rendre toutes les pages dans l'ordre mêmes celles non renseignées. Toute réclamation ultérieure ne pourra pas être prise en compte.**
- Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance. La présence d'une information d'identification en dehors du cartouche donnera lieu à un point de pénalité et la page concernée pourra être soustraite de la correction.

Tournez la page S.V.P

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : ..... Section/Spécialité/Série : .....

Epreuve : ..... Matière : ..... Session : .....

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

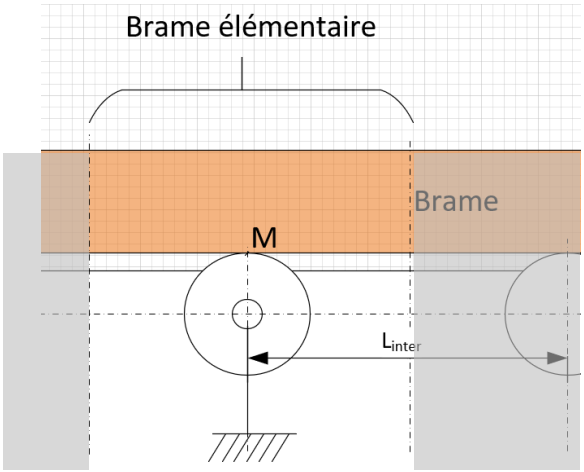
Partie I — Réduction de la durée de déplacement des brames

Question 1

Masse élémentaire d'une brame $m_{b_élém} =$

Intensité de $\overrightarrow{P_{b\ élém}}$ $P_{b_élém} =$

Question 2



Question 3

Relation :

=

Justification :

Système isolé :

Théorème utilisé :

Hypothèse posée :

Question 4

Relation :

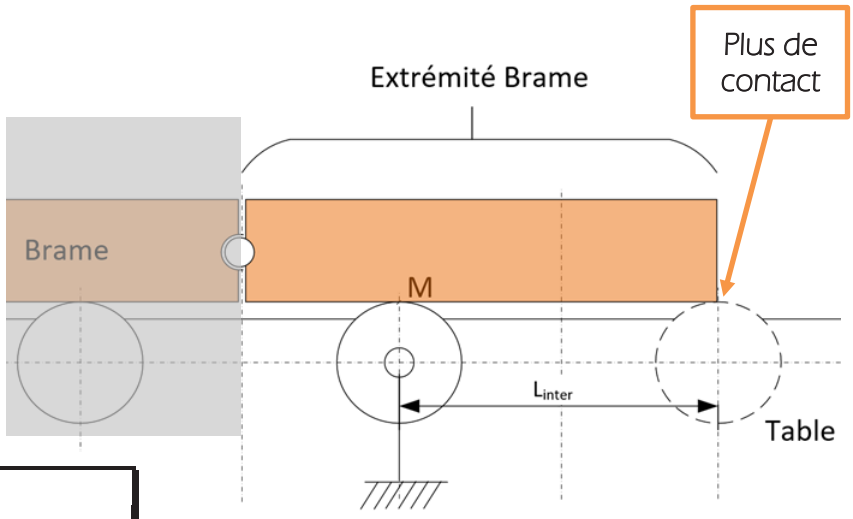
=

Justification :

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 5

Modélisation →



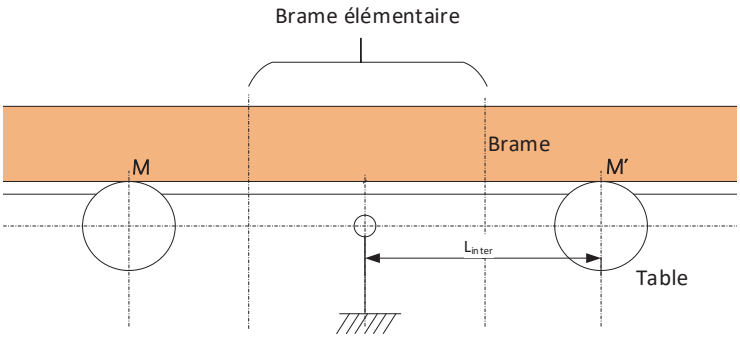
Expressions :

$$P_{b_extrem} =$$

$$F_{M_EXTREM\ b/r} =$$

Question 6

Représentation des efforts



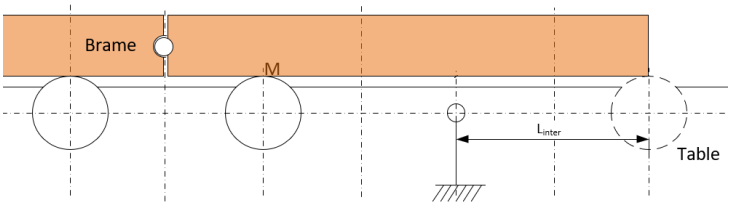
Expression :

$$F_{M_ROUL_ABST\ b/r} =$$

Question 7

Valeur proposée :

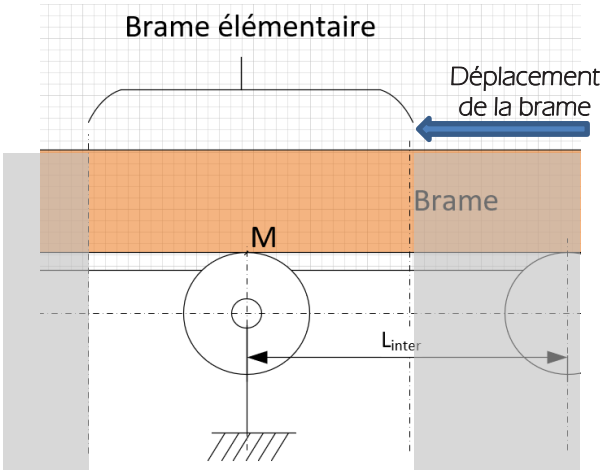
$$K_{ba} =$$



Question 8

Relation

Question 9



Question 10

Théorème :

- ☐ Théorème de l'énergie cinétique
- ☐ Théorème de la résultante statique
- ☐ Théorème du moment statique
- ☐ Théorème de la résultante dynamique
- ☐ Théorème du moment dynamique

Projection :

- ☐ Projection sur Ox
- ☐ Projection sur Oy
- ☐ Projection sur Oz

Question 11

Expressions :

(1) $\boldsymbol{F_{M\ r/b}} =$

(2) $\boldsymbol{F_{M\ r/b}} =$

Question 12

$\boldsymbol{a} =$

Question 13

Le risque de glissement entre la brame et le rouleau est le plus important. :

- ☐ Quand la brame la plus légère est sur les rouleaux
- ☐ Quand la brame la plus lourde est sur les rouleaux
- ☐ Ce risque est indépendant de la masse de la brame

Application numérique :

$\boldsymbol{a_{adm}} =$

Question 14

Equations ou caractéristiques du mouvement rectiligne uniformément accéléré :

$\boldsymbol{x} =$

$\boldsymbol{v} =$

$\boldsymbol{a} =$

Question 15

Expression :

$\boldsymbol{x} =$

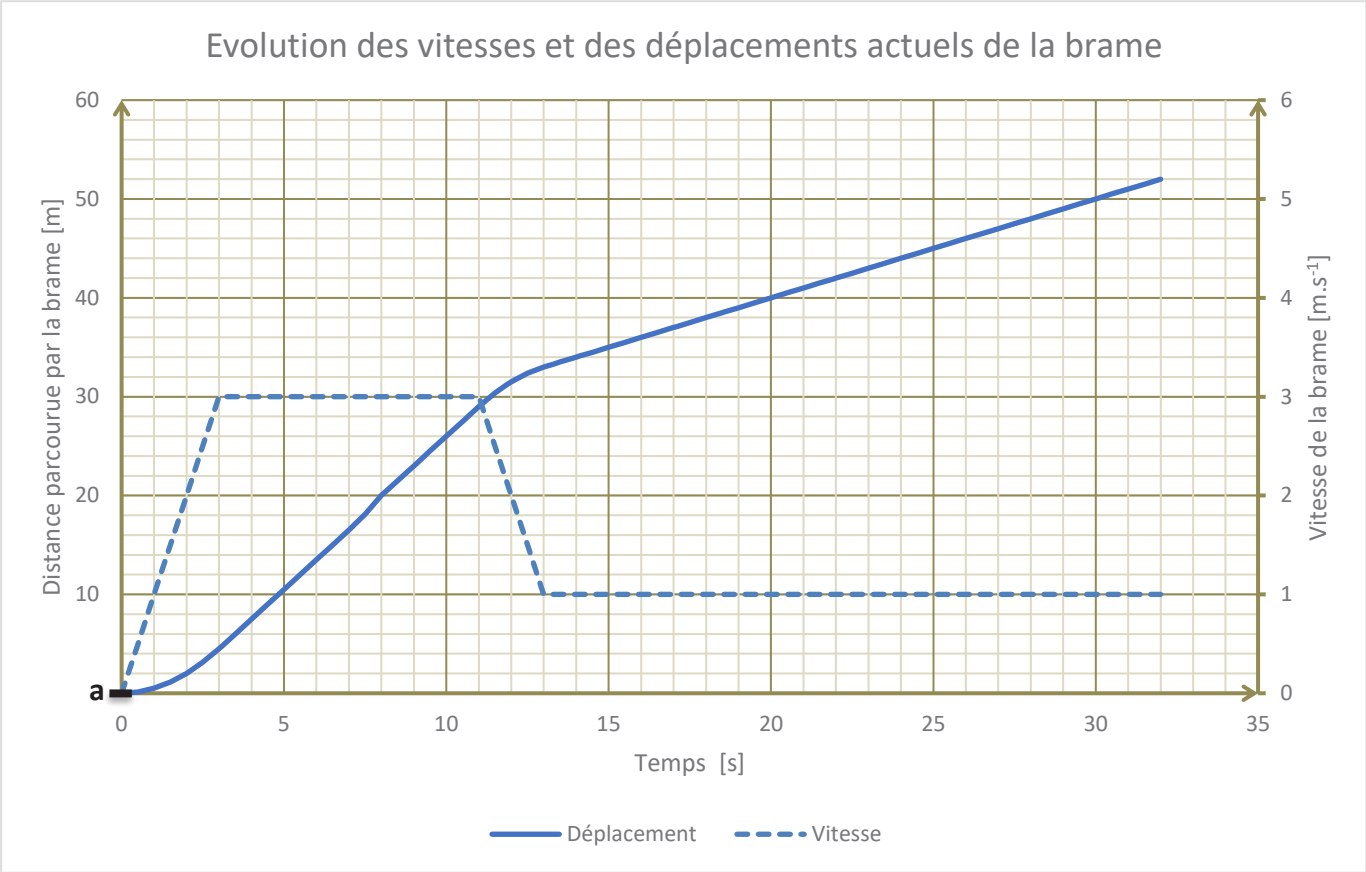
Applications numériques :

$\boldsymbol{d_{min}} =$

$\boldsymbol{t_{min}} =$

Tournez la page S.V.P

Question 16 *Figure à compléter*



Question 17 *Valeurs :*

$v_{max_act} =$

$v_{décal_act} =$

$a_{a-b_act} =$

$T_{a-f} =$

Question 18 *Placer ce symbole* [————] *dans la cadre de la question 16*

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : ..... Section/Spécialité/Série : .....

Epreuve : ..... Matière : ..... Session : .....

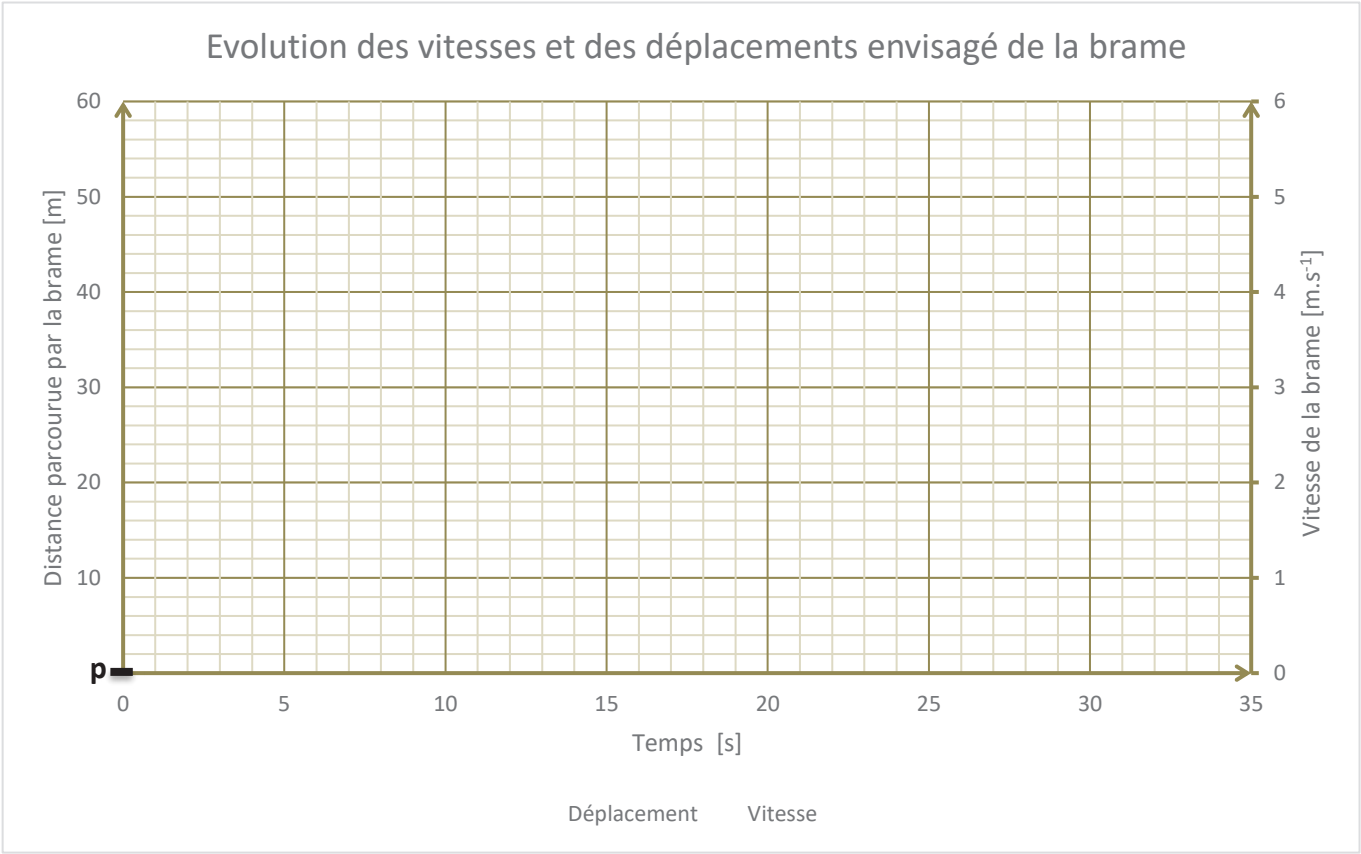
CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

012

Question 19

Figure à compléter



Valeurs de $v_q =$ $T_{p-q} =$

Question 20

Valeurs de $x_q =$ *et compléter la figure question 19*

Question 21

Compléter la figure de la question 19

Question 22

Compléter la figure de la question 19

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 23 *Compléter la figure de la question 19*

Question 24 *Gain de temps envisagé*

Partie II Etude des nouveaux rouleaux

Question 25 *Poids P_R du rouleau plein*

Expression littérale :

$P_R =$

Unité des paramètres :

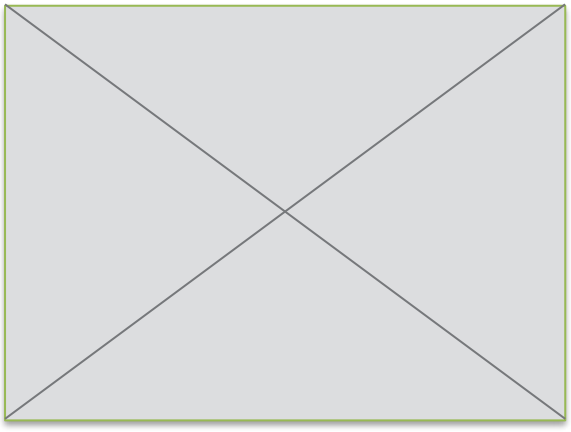
Question 26

Théorème(s) utilisé(s) :

Système isolé :

Hypothèse(s) supplémentaire(s) :

Question 27 *Composantes des actions mécaniques de liaison en B_{av} et B_{ar}*



$\overrightarrow{R_{B_{av}}} = \left(\quad\right)$ *en N*

$\overrightarrow{M_{B_{av}}} = \left(\quad\right)_{B_{av}}$ *en N.m*

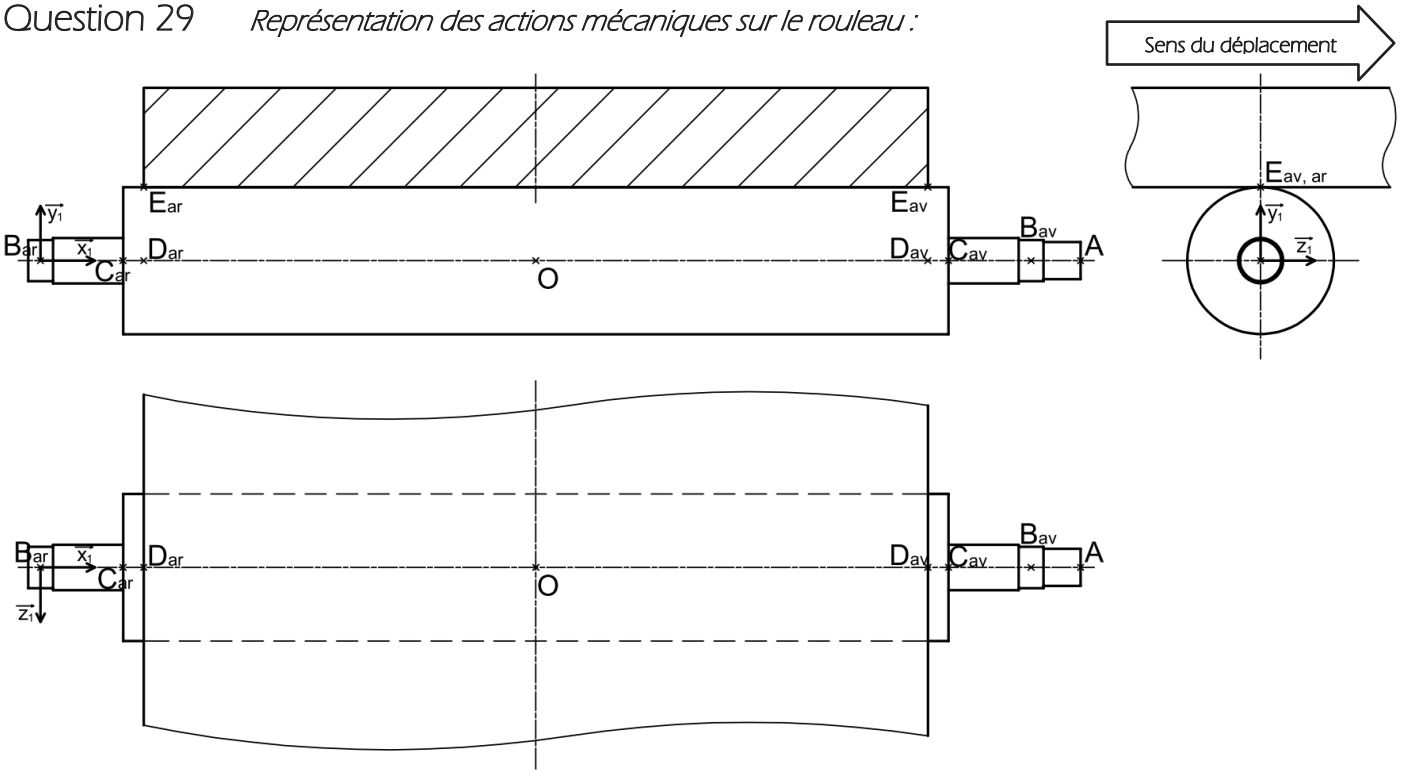
$\overrightarrow{R_{B_{ar}}} = \left(\quad\right)$ *en N*

$\overrightarrow{M_{B_{ar}}} = \left(\quad\right)_{B_{ar}}$ *en N.m*

Question 28 *Définitions des actions mécaniques sur le rouleau :*

Actions mécaniques	Type	Sens de la charge	Point ou segment	Valeur	Unité
$\overrightarrow{\mathbf{C_{mot}}}$	Couple ponctuel	$\overrightarrow{\mathbf{x_1}}$	A	$\mathbf{C_{mot}} = 800$	N.m
$\overrightarrow{\boldsymbol{B_{av}}}$	Force ponctuelle	0	B_{av}	$\boldsymbol{B_{av\,x_1}} = 0$	
		$\overrightarrow{\mathbf{y_1}}$		$\boldsymbol{B_{av\,y_1}} =$	
		$\overrightarrow{\mathbf{z_1}}$		$\boldsymbol{B_{av\,z_1}} =$	
$\overrightarrow{\boldsymbol{B_{ar}}}$					
$\overrightarrow{\mathbf{P_{b\,él\,max}}}$	Charge uniformément répartie	$-\overrightarrow{\mathbf{y_1}}$	de E_{av} à E_{ar}	$\mathbf{q_{P_{b\,él\,max}}} =$	
$\overrightarrow{\mathbf{T_{b\,él\,max}}}$					
$\overrightarrow{\mathbf{P_R}}$					

Question 29 *Représentation des actions mécaniques sur le rouleau :*



Question 30 *Couple moteur maximal*

Expression littérale :

$C_{M\,max}$ =

Unité des paramètres :

Question 31 *Composantes du torseur de cohésion* $\{\boldsymbol{\tau}_{\boldsymbol{coh\,2/1}}\}$ *en* $\boldsymbol{x_G}$ *pour* $\boldsymbol{x_G} \in (\boldsymbol{D_{ar}}, \boldsymbol{D_{av}})$ *:*

Composantes N du torseur de cohésion du tronçon $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

$\mathbf{N}$ =

Composantes T_y *du torseur de cohésion du tronçon* $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

$\mathbf{T_{y_1}}$ =

Composantes T_z *du torseur de cohésion du tronçon* $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

$\mathbf{T_{z_1}}$ =

Composantes M_t *du torseur de cohésion du tronçon* $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

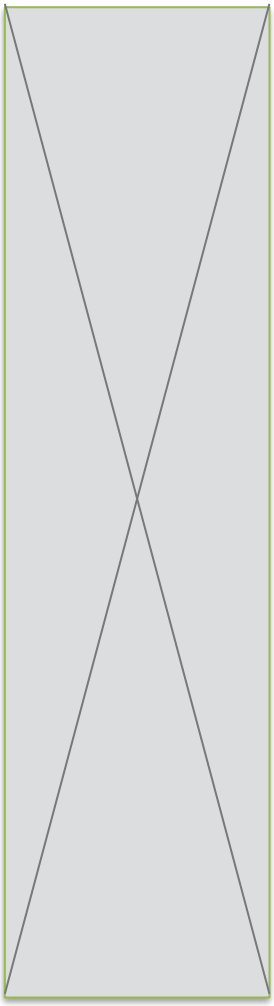
$\mathbf{M_t}$ =

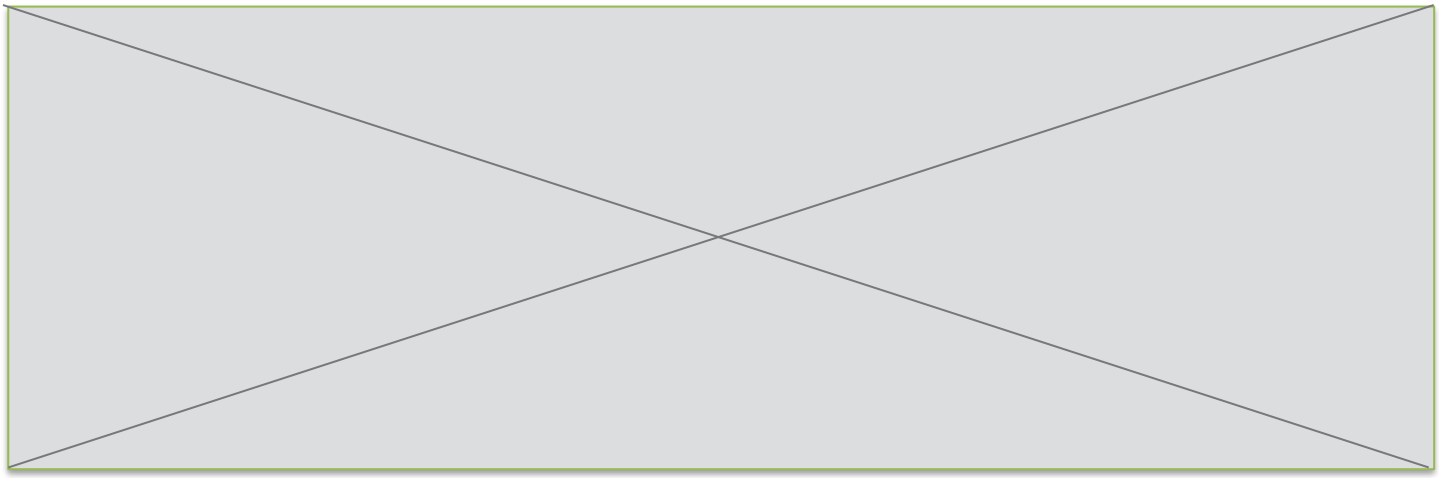
Composantes M_{fy} *du torseur de cohésion du tronçon* $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

$\mathbf{M_{fy_1}}$ =

Composantes M_{fz} *du torseur de cohésion du tronçon* $(\mathbf{D_{ar}}, \mathbf{D_{av}})$ *:*

$\mathbf{M_{fz_1}}$ =





Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille : *(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)*

Prénom(s) :

Numéro Inscription : *(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)*

Né(e) le : / /

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

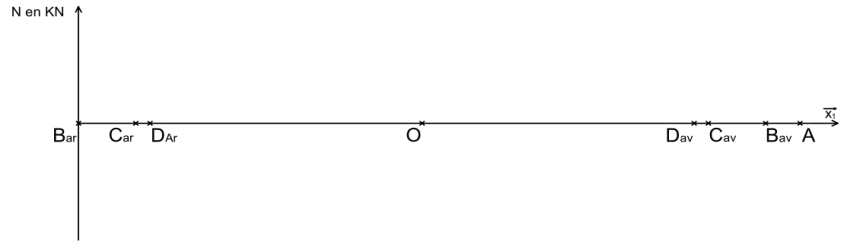
Concours / Examen : ..... **Section/Spécialité/Série :** .....

Epreuve : ..... **Matière :** ..... **Session :** .....

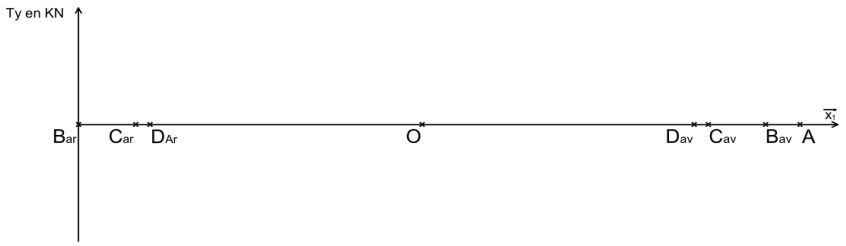
CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

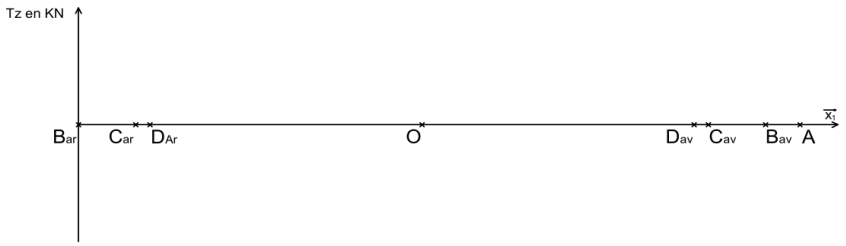
Question 32 *Graphes des composantes du* $\{\boldsymbol{\tau_{coh\ 2/1}}\}$:



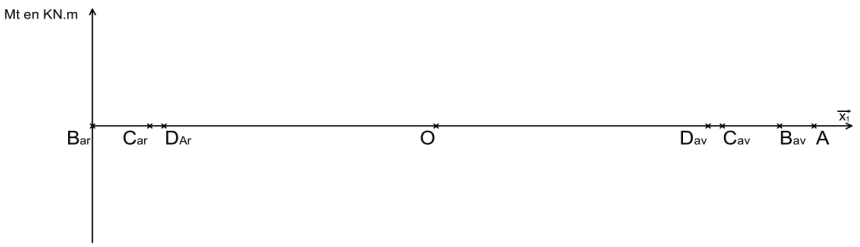
Pour $x_G \in$	Nature de la courbe N
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	



Pour $x_G \in$	Nature de la courbe T_y
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	

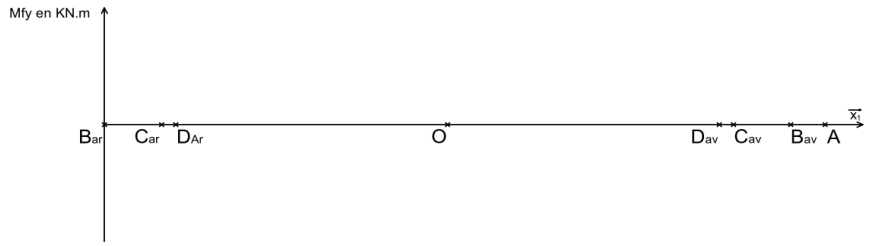


Pour $x_G \in$	Nature de la courbe T_z
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	

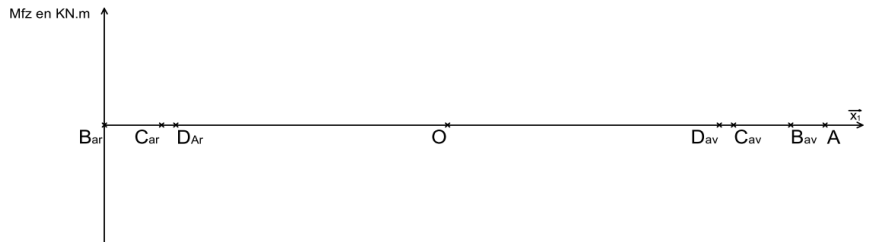


Pour $x_G \in$	Nature de la courbe Mt
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE



Pour $x_G \in$	Nature de la courbe Mf_y
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	



Pour $x_G \in$	Nature de la courbe Mf_z
(B_{ar}, C_{ar})	
(C_{ar}, D_{ar})	
(D_{ar}, D_{av})	
(D_{av}, C_{av})	
(C_{av}, B_{av})	
(B_{av}, A)	

Question 33

Type de sollicitation par tronçon :

Pour $z_G \in$	Traction compression	Cisaillement	Flexion	Torsion	Contraintes normales longitudinales	Contraintes tangentielles transversales
(B_{ar}, C_{ar})						
(C_{ar}, D_{ar})						
(D_{ar}, D_{av})						
(D_{av}, C_{av})						
(C_{av}, B_{av})						
(B_{av}, A)						

Question 34

Coefficient de sécurité S_{RP} :

S_{RP}=

Conclusion pour la partie centrale du rouleau :

Question 35

Coefficient de sécurité :

S_{RC} =

Conclusion pour la partie centrale du rouleau :

Question 36

Energie cinétique E_R d'un rouleau :

E_R=

Energie cinétique E_{R1} d'un rouleau amont :

E_{R1}=

Energie cinétique E_{R2} d'un rouleau aval :

E_{R2}=

Question 37

Energie cinétique E_{GR} de l'ensemble des rouleaux amonts et avals :

E_{GR}=

Valeur E_{GRP} de l'ensemble des rouleaux amonts et avals :

E_{GRP}=

Valeur E_{GRC} de l'ensemble des rouleaux amonts et avals :

E_{GRC}=

Question 38

Expression littérale de E_B :

E_B =

Application numérique et valeur de E_B:

E_B =

Question 39

Expression littérale de E_{TRP}:

E_{TRP} =

Expression littérale de E_{TRC}:

E_{TRC} =

Question 40

Expression littérale de $G_{\%}$:

$G_{\%}$ =

Application numérique et valeur de $G_{\%}$:

$G_{\%}$=

Conclure :

Partie III Choix de composants

Question 41

Expression littérale de N_R :

$N_R =$

Calcul et valeur de N_R :

$N_R =$

Expression littérale de $N_{b\,t/B}$:

$N_{b\,t/B} =$

Calcul et valeur de $N_{b\,t/B}$:

$N_{b\,t/B} =$

Expression littérale de $N_{b\,t/j}$:

$N_{b\,t/j} =$

Calcul et valeur de $N_{b\,t/j}$:

$N_{b\,t/j} =$

Question 42

Expression littérale de $L_{10\,C}$:

$L_{10\,C} =$

Calcul et valeur de $L_{10\,C}$:

$L_{10\,C} =$

Expression littérale de $N_{b\,JR}$:

$N_{b\,JR} =$

Calcul et valeur de D_{VR} :

$D_{VR} =$

Conclusion :

Question 43

Théorème du moment dynamique en G, projeté sur l'axe z :

Expression littérale de $C_{M\,max}$:

$C_{M\,max} =$

Valeur de $C_{M\,max}$:

$C_{M\,max} =$

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille : *(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)*

Prénom(s) :

Numéro Inscription : *(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)*

Né(e) le : / /

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : ..... **Section/Spécialité/Série :** .....

Epreuve : ..... **Matière :** ..... **Session :** .....

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

Question 44

Calcul de $C_{M\,max\,réel}$:

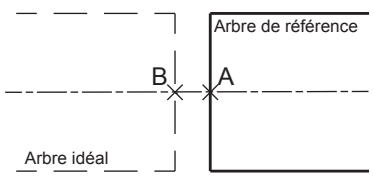
$C_{M\,max\,réel}$ =

Référence :

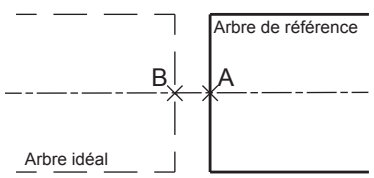
M.....

Question 45

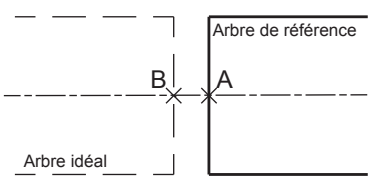
Défaut d'alignement axial d_a = 5mm :



Défaut d'alignement radial d_r = 5mm :



Défaut d'alignement angulaire θ_a = 15° :



Question 46

Désignation :

RDZ ..... DTO

Justification :

Partie IV Bilan

Question 47

Impacte principalement →	La réduction des émissions de CO_2	La facilitation de la maintenance	Les temps d'arrêt de la ligne
La diminution du temps de transfert de la brame en sortie du four jusqu'au réversible			
Le changement d'architecture de la motorisation des rouleaux			
Le remplacement des rouleaux pleins par des rouleaux creux			

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 48

Nouvelle température de consigne

°C

Gain de consommation spécifique

%

Question 49

Tableau à compléter

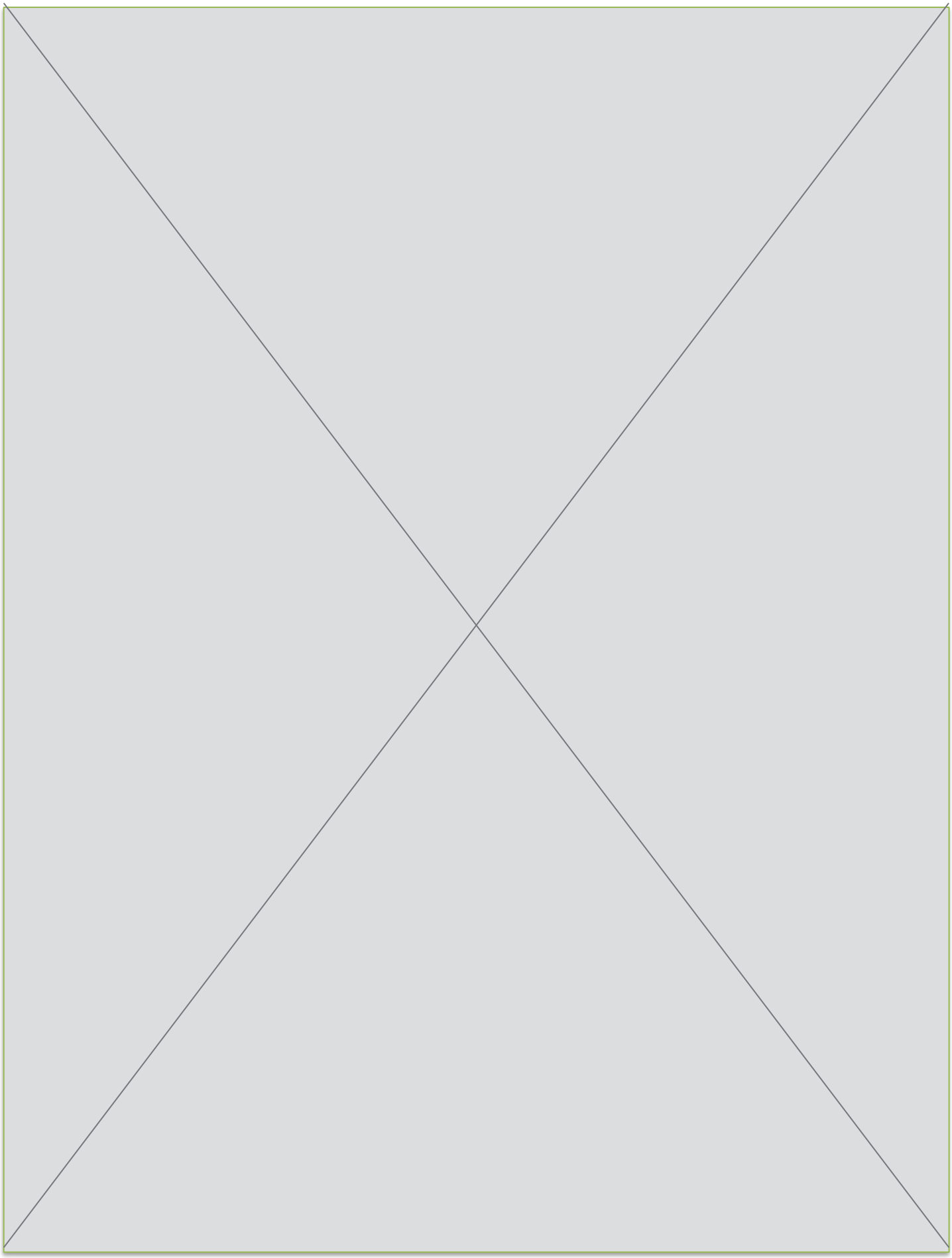
Libellé	Valeur	Unité
Consommation spécifique du four	1,2	GJ/t
Production horaire d'acier maximale	250	t/h
Rejet de CO^2 dû à la combustion de gaz naturel	60	$kg_{CO^2}/GJ_{gaz\ naturel}$
Prix du gaz naturel	15	$€/GJ_{gaz\ naturel}$
Taxe sur les rejets de CO^2	80	$€/t_{CO^2}$
Production annuelle d'acier		t_{acier}/an
Consommation annuelle de gaz naturel		$GJ_{gaz\ naturel}/an$
Tonnage de CO^2 rejeté annuellement		t_{co^2}/an
Coût annuel du gaz naturel consommé		€/an
Montant annuel de la taxe sur les rejets de CO^2		€/an
Cout annuel cumulé		€/an
Pourcentage de réduction de consommation spécifique envisagé		%
Gain annuel envisagé (coût)		€/an
Gain annuel envisagé (t_{CO^2})		t_{co^2}/an

Question 50

Avis sur les résultats précédents

Cet espace peut être utilisé en cas d'extrême nécessité pour remplacer entièrement une question qui aurait été raturée dans l'espace prévu.





Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PT chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière :
écrire sur WhatsApp

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/banque-pt/pt