

Nom et Prénom :

---

Procédés de fabrication - IGI 2

12 janvier 2021

## TRAVAIL ECRIT

- L'examen dure en tout **1h30**.
- Tous les documents issus du cours sont admis : polycopié, problèmes et notes personnelles.
- Les étudiants se muniront d'une calculatrice simple sans moyen de communication. Aucun autre appareil électronique n'est autorisé.  
Les étudiants sont priés de se munir du matériel nécessaire pour écrire (papier, stylos, crayons, gommes, ...).
- Les réponses doivent être rédigées **lisiblement** dans les espaces prévus à cet effet.
- L'étudiant est aussi responsable d'indiquer son **nom** sur la page de garde.

Ex 1	
Ex 2	
<b>Total</b>	

## Problème 1

On vous demande de remplir la Tab. 1 avec les mots ou les morceaux de phrase qui permettent de donner un sens au texte lacunaire ci-dessous :

Par opposition à l'usinage qui est un procédé ablatif et à l'impression 3d qui est une procédé ..... (1) , la fonderie est un procédé ..... (2) . Cela veut dire que la pièce est obtenue en déformant la matière dans un outil de ..... (3) . Cet outil est appelé ..... (4) . En fonderie classique, la matière dans laquelle cet outil est fait est le ..... (5) . Celui-ci est généralement agglomérée autour d'un objet appelé ..... (6) qui a exactement la ..... (7) de la pièce à produire et qui est dit ..... (8) s'il peut être réutilisé pour fabriquer plusieurs outils ou alors ..... (9) si on doit le détruire à chaque fois. Le procédé de fonderie ..... (10) est un exemple où cet objet est à usage unique et où il est fabriqué en ..... (11) . Le procédé dit de ..... (12) appliqué pour fabriquer les caquelons à ..... (13) est par contre un exemple où cet objet ne doit pas être reconstitué à chaque fois. Il existe une situation particulière dans laquelle la fonderie au sable n'est pas la dernière étape d'une chaîne de procédés duplicative. Dans cet exemple l'outil de forme sera fabriqué par un procédé ..... (14) , au cours duquel on consolide le sable de fonderie couche par ..... (15) en déposant un liant chimique à l'aide d'une ..... (16) .

Il est parfaitement possible en fonderie de fabriquer des pièces avec des cavités internes (e.g. des tuyaux). Pour cela, il faut installer des ..... (17) à l'intérieur de l'outil utilisé pour fabriquer la pièce. L'opération qui consiste à fabriquer ces objets est le ..... (18) . L'opération qui consiste à détruire ces objets pour dégager la cavité interne de la pièce est le ..... (19) .

En fonderie, il y a un risque important que la pièce obtenue après décochage ne soit pas complète. On fait référence à ce problème en parlant de malvenue ou de ..... (20) et on considère souvent qu'il est lié à une mauvaise ..... (21) du métal utilisé. Cette propriété particulière peut être mesurée a priori en coulant un échantillon de métal fondu dans un instrument appelé spirale de ..... (22) puis en mesurant la ..... (23) que cette matière ..... (24) avant d'être complètement solidifiée.

Outre la cavité réservée à la pièce, l'outil utilisé en fonderie comporte généralement une autre cavité qui correspond à la ..... (25) . Cette pièce est notamment là pour alimenter la cavité principale en métal fondu lorsque celui-ci se ..... (26) en se solidifiant.

		<b>Juste</b>	<b>Faux</b>
(1)	_____	_____	_____
(2)	_____	_____	_____
(3)	_____	_____	_____
(4)	_____	_____	_____
(5)	_____	_____	_____
(6)	_____	_____	_____
(7)	_____	_____	_____
(8)	_____	_____	_____
(9)	_____	_____	_____
(10)	_____	_____	_____
(11)	_____	_____	_____
(12)	_____	_____	_____
(13)	_____	_____	_____
(14)	_____	_____	_____
(15)	_____	_____	_____
(16)	_____	_____	_____
(17)	_____	_____	_____
(18)	_____	_____	_____
(19)	_____	_____	_____
(20)	_____	_____	_____
(21)	_____	_____	_____
(22)	_____	_____	_____
(23)	_____	_____	_____
(24)	_____	_____	_____
(25)	_____	_____	_____
(26)	_____	_____	_____

TABLE 1 – Liste des morceaux de phrase complétant le texte lacunaire

## Problème 2

Un bloc d'aluminium de 50 mm d'épaisseur et de 300 mm de largeur doit être réduit à la dimension d'une feuille de 5 mm d'épaisseur par laminage. Les rouleaux ont un rayon de 150 mm. A la température de laminage, la limite élastique du matériau est de  $R_e = 120 \text{ MPa}$ . Ce matériau est supposé incompressible avec un comportement plastique idéal. En plus de cela, on imagine que la largeur de laminage est constante tout au long de l'opération.

- (a) Les moteurs rattachés aux arbres des rouleaux sont limités en couple. Le moment maximum qu'ils peuvent développer chacun est de  $M_{\max} = 100 \text{ kN}\cdot\text{m}$ . Vérifiez que, dans ce cas, l'opération de laminage ne peut pas être réalisée en une seul passe.

- (b) Planifiez l'opération en deux passes de telle sorte que la force de laminage  $F_{\text{lam}}$  qui repousse les rouleaux soit le même dans chacune d'elle. On vous demande de calculer :

- 1) l'épaisseur intermédiaire  $t_i$  à atteindre en fin de la première passe,

- 2) les rétrécissements  $\delta^{(1)}$  et  $\delta^{(2)}$  de chaque passe,

- 3) la valeur commune  $F_{\text{lam}}$  de la force de laminage agissant sur les arbres de rouleaux dans chacun passe,

- 4) les facteurs de laminage successifs  $r^{(1)}$  et  $r^{(2)}$ .

- (c) Vérifier que le laminoir est capable d'effectuer les deux passes.

- (d) Calculer le coefficient de frottement rouleau-lopin qui est nécessaire dans chaque passe. Que faudrait-il changer au **laminoir** pour pouvoir effectuer les mêmes opérations mais avec un coefficient de frottement exactement deux fois plus faible ?

- (e) Calculer les travaux spécifiques de laminage pour chaque passe.

- (f) Comme vous vous attendez à devoir effectuer l'opération en question sur le long terme, vous décidez d'acquérir deux laminoirs identiques que vous installerez **en série** afin d'effectuer les deux passes en continu (cf. Fig. 1) :

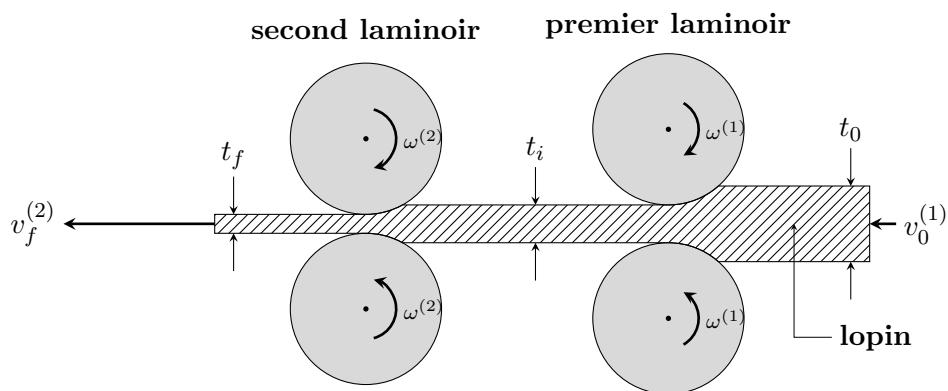


FIGURE 1 – Deux laminoirs en série

La puissance disponible sur chaque laminoir est  $P = 50\text{ kW}$ . Dans le but d'avoir la plus grande productivité possible, on vous demande de

- 1) déterminer lequel des deux laminoirs doit fonctionner à pleine puissance, justifiez votre réponse,

- 2) déterminer le taux de matière laminée  $\dot{V}$ .

- 3) déterminer la puissance à utiliser sur le laminoir qui ne fonctionne pas au maximum de ses capacités,

- 4) déterminer la vitesse d'entrée  $v_0^{(1)}$  du lopin dans le premier laminoir et sa vitesse de sortie  $v_f^{(2)}$  en fin de chaîne (cf. Fig. 1),

- 5) déterminer la vitesse  $v_f^{(1)}$  du lopin à la sortie du premier laminoir ainsi que la vitesse  $v_0^{(2)}$  du lopin à l'entrée du second laminoir,

- 6) déterminer les vitesses de rotation  $\omega^{(1)}$  et  $\omega^{(2)}$  des deux laminoirs (cf. Fig. 1).

7) L'investissement pour les deux laminoirs est de  $p = 5'000$  kCHF. Cet argent vous a été prêté par la banque sur 5 ans avec un intérêt de 3%. Calculez votre bénéfice brut<sup>1</sup> annuel si

- votre installation fonctionne 24h/24 et 7j/7,
- vous facturez à votre client un coût de façonnage de 30 Frs par tonne de matière laminée,
- La densité de l'acier laminé est de  $\rho \simeq 8$  kg/l.

---

1. Le bénéfice **brut** vous servira à couvrir les coûts de main d'oeuvre, de loyer et d'énergie. Il ne faut pas le confondre avec le bénéfice **net** qu'on obtient en déduisant ces frais annexes du bénéfice brut.