

<p style="text-align: center;"><b>BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ETUDE ET REALISATION D'OUTILLAGE</b></p>
---

## SCIENCES PHYSIQUES

Durée 2 heures

coefficient 2

**Matériel autorisé :**

***CALCULATRICE CONFORMÉMENT À LA CIRCULAIRE N°99-186 DU 16/11/1999***

*Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.*

*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*

*Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

**Tout autre matériel est interdit**

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

*Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1 à 6.*

**Document à rendre avec la copie :**

**Annexe page 6**

# ETUDE DE DEUX OUTILS DE DECOUPE DE LA MATIERE

Pour découper la matière, il existe plusieurs méthodes de découpe utilisant des procédés différents comme la découpe à l'eau ou la découpe au laser.

Le sujet est constitué de quatre parties indépendantes :

- A.I. Étude de la buse de découpe
- A.II. Étude du servomoteur
- B.I. Principe de la découpe au laser
- B.II. Propagation du faisceau laser

## A. LA DECOUPE AU JET D'EAU

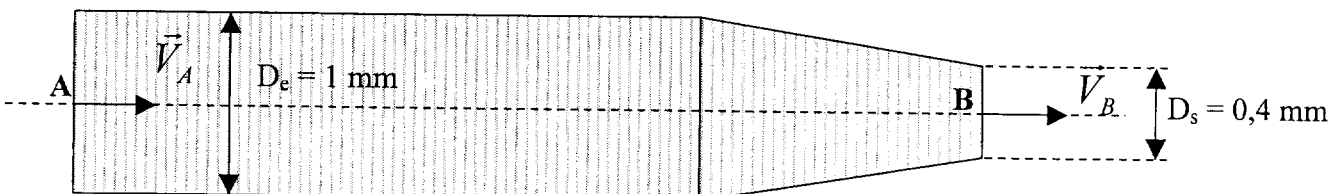
La découpe au jet d'eau est un procédé qui utilise un jet d'eau pour découper la matière comme la mousse, le cuir...

### A.I. Étude de la buse de découpe (7 points)

1. L'eau sous pression est dirigée vers la surface à découper à l'aide d'une buse (**figure 1**). Dans un premier temps, l'eau est considérée comme un fluide incompressible parfait et son régime d'écoulement est permanent.

Données : Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$   
Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

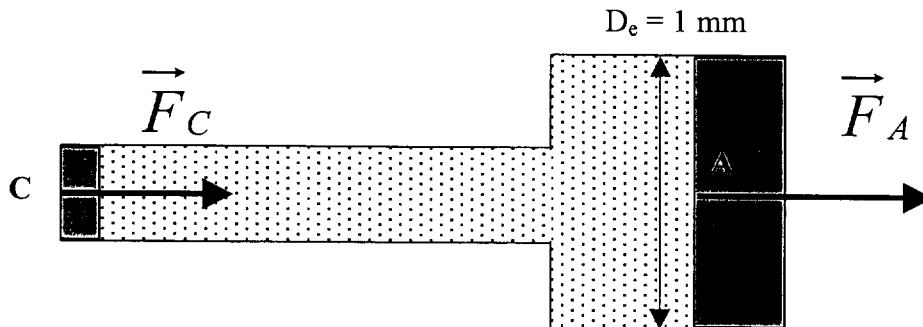
- 1.1. A partir de ces hypothèses, qu'est-il possible de dire du débit de l'eau le long de la buse ?
- 1.2. Le débit volumique est de  $6,00 \text{ L.min}^{-1}$ . Montrer qu'il est égal à  $1,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .
- 1.3. Déterminer alors la vitesse d'écoulement de l'eau  $v_A$  au point A d'entrée de la buse et  $v_B$  au point B à la sortie de la buse (**figure 1**).



**Figure 1 : Buse d'écoulement**

- 1.4. Le point B étant situé à l'air libre, indiquer la relation qui existe entre la pression  $P_B$  en ce point et la pression atmosphérique notée  $P_{\text{atm}}$ .
- 1.5. Ecrire l'expression de l'équation de Bernoulli appliquée aux points A et B.
- 1.6. La buse étant horizontale, utiliser l'équation de Bernoulli afin de calculer la pression de l'eau  $P_A$  au point A, sachant qu'une mesure donne  $v_A = 127 \text{ m.s}^{-1}$  et  $v_B = 796 \text{ m.s}^{-1}$ .

2. La buse est alimentée par une pompe UHP (Ultra Haute Pression).  
Un couple de clapet permet de démultiplier les forces (**figure2**).



**Figure 2 : couple de clapet**

Le fluide séparant les deux clapets est incompressible et la pression est considérée comme homogène entre les deux clapets.

- 2.1. Calculer la force  $F_A$  exercée sur le clapet en A lorsque  $P_A = 3\ 100\ \text{bar}$  ( $3\ 100 \cdot 10^5\ \text{Pa}$ ).
- 2.2. En déduire la force  $F_C$  qui s'applique en C sachant que le rapport des surfaces  $S_C/S_A = 0,5$ .
3. Les calculs précédents ont été réalisés en considérant l'écoulement comme étant laminaire ( $Re < 2300$ ).

Données :  $Re = \frac{2 \cdot v \cdot r \cdot \rho}{\mu}$

avec :

- Re : nombre de Reynolds (sans unité)
- v : la vitesse moyenne du fluide à travers la section de la buse (m/s)
- r : rayon de la buse (m)
- $\rho$  : masse volumique du fluide ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\mu$  : coefficient de viscosité dynamique (Pa.s)

Pour l'eau  $\mu_{\text{eau}} = 10^{-3}\ \text{Pa.s}$

Déterminer le nombre de Reynolds  $Re$  de l'eau en mouvement dans le corps principal de la buse (partie qui se trouve du côté de l'entrée de la buse) ; indiquer si cette hypothèse était justifiée ou non.

### A.II. Étude du servomoteur (5 points)

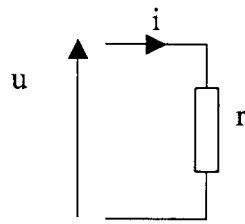
Afin de procéder à la découpe de différentes formes, la buse est fixée sur un portique mobile dont le déplacement est assuré par quatre servomoteurs à courant continu identiques.

Une plaque signalétique d'un des moteurs à courant continu à excitation indépendante indique les valeurs nominales (**figure 3**).

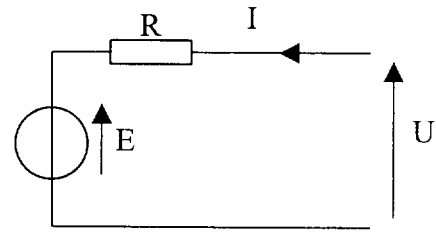
Inducteur : intensité  $i = 1,00\ \text{A}$  ; tension  $u = 230\ \text{V}$   
 Induit : intensité  $I = 15,0\ \text{A}$  ; tension  $U = 230\ \text{V}$   
 Vitesse de rotation :  $n = 1500\ \text{tr.min}^{-1}$ .

**Figure 3 : plaque signalétique**

Données : Résistance d'induit :  $R = 0,60 \Omega$ .  
 La réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée.  
 Les pertes magnétiques et mécaniques (pertes collectives) sont négligées.



modèle électrique équivalent  
de l'inducteur



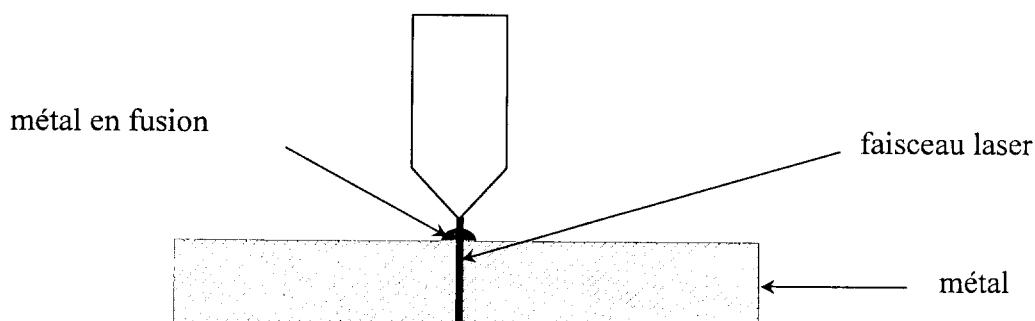
modèle électrique équivalent  
de l'induit

On se place en fonctionnement nominal :

1. Exprimer la f.é.m. du moteur  $E$  en fonction de  $U$ ,  $I$  et  $R$ . Calculer  $E$ .
2. En déduire la puissance électromagnétique  $P_{em}$ .
3. Calculer la vitesse angulaire  $\Omega$  nominale.
4. En déduire le moment du couple électromagnétique  $T_e$ .
5. Quelle est la valeur du moment du couple utile  $T_u$ ?
6. En déduire la puissance mécanique utile  $P_u$  fournie par le moteur.
7. Calculer la puissance totale  $P_a$  absorbée par le moteur (puissance absorbée par l'induit et par l'inducteur).
8. En déduire le rendement  $\eta$  du moteur.

## B. LA DECOUPE AU LASER

Le métal, sous l'échauffement créé par le laser, entre en fusion (**figure 4**). Lors de la découpe au laser, le bain de fusion est chassé.

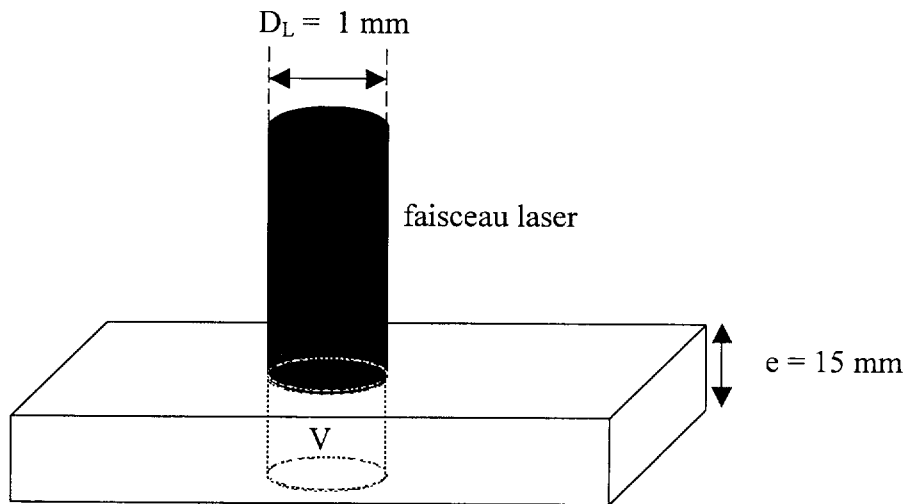


**Figure 4 : découpe du métal**

### B.I. Principe de la découpe au laser (4,5 points)

La forme du faisceau laser peut être assimilée à un cylindre de diamètre  $D_L = 1,00$  mm. L'épaisseur de la plaque d'acier à découper est de 15,0 mm. Les effets de dissipation thermique sont négligés.

Lors de la découpe le faisceau laser fait fondre un volume  $V$  de matière (**figure 5**).



**Figure 5 : Plaque à découper**

<u>Données :</u>	Masse volumique de l'acier :	$\rho = 7\,300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
	Capacité calorifique massique de l'acier :	$C = 460 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	Chaleur latente de fusion de l'acier :	$L_f = 272 \cdot 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$
	Température initiale de l'acier :	$\theta_i = 20^\circ\text{C}$
	Température de fusion de l'acier :	$\theta_f = 1500^\circ\text{C}$

1. Déterminer la masse de matière  $m$  que le faisceau laser doit faire fondre afin de transpercer la plaque.
2. L'acier soumis au faisceau laser a totalement fondu, sans toutefois être vaporisé.
  - 2.1. Tracer sur le **document 1 de l'annexe à rendre avec la copie**, l'allure de l'évolution de sa température en fonction du temps. Indiquer dans quel état (solide, solide+liquide, liquide) est la matière.
  - 2.2. Déterminer l'énergie totale  $Q$  totale nécessaire pour faire fondre entièrement un bloc d'acier de 1,00 kg à la température initiale  $\theta_i$ .
  - 2.3. En déduire l'énergie totale  $Q_V$  nécessaire pour faire fondre le volume  $V$  d'acier.
3. Sachant que le temps  $t$  nécessaire pour transpercer la plaque de métal est de 30 ms, calculer la puissance moyenne  $P$  fournie par le laser.

## B.II Propagation du faisceau laser (3,5 points)

Afin de faciliter son utilisation, la tête laser (qui permet de diriger le faisceau et régler son diamètre) est reliée à la source laser par une fibre optique à saut d'indice (**figure 6**)

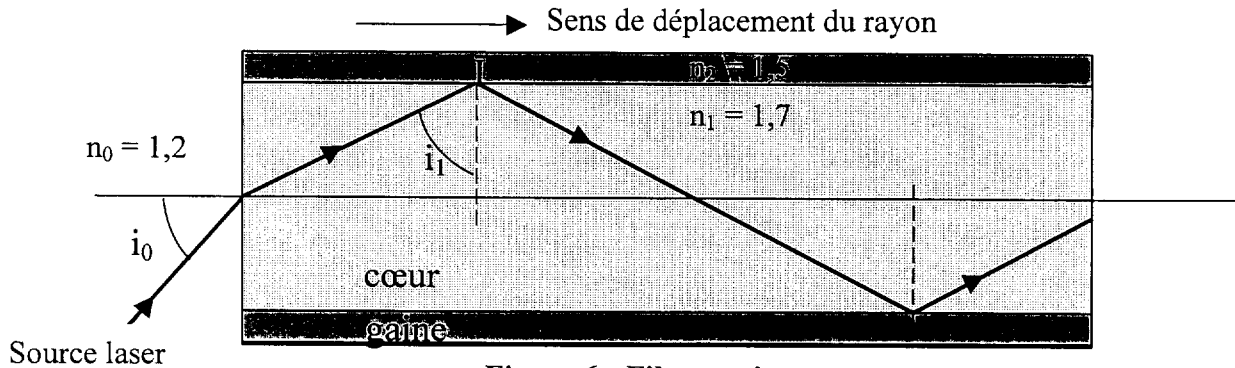
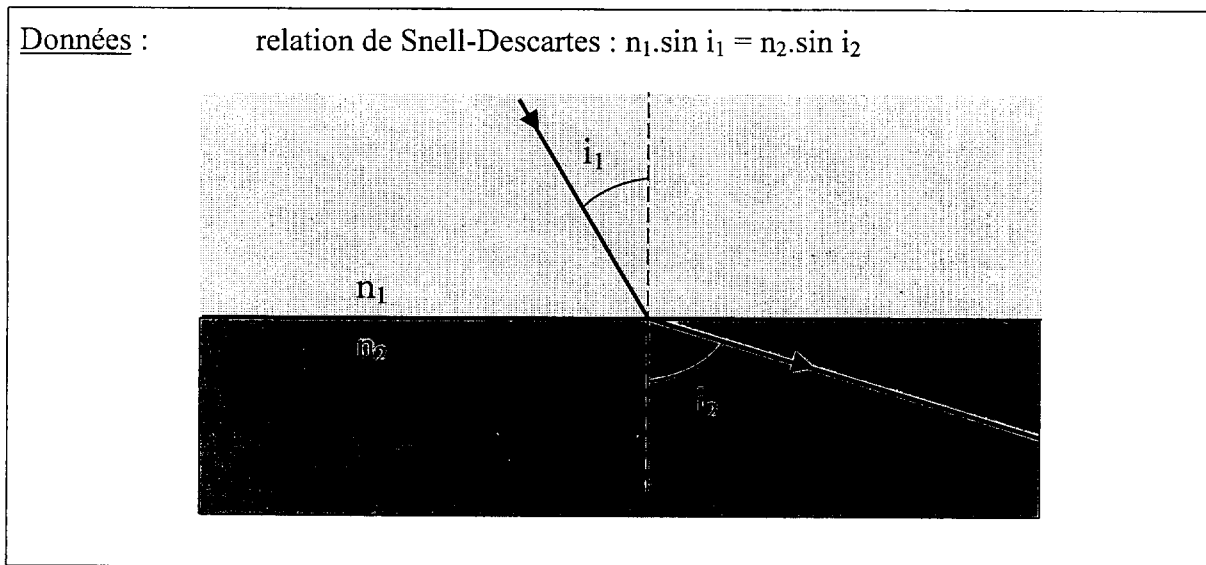


Figure 6 : Fibre optique

1. L'angle d'entrée  $i_0$  du rayon dans la fibre ne doit pas dépasser une valeur maximale  $i_{0\max}$  pour que le rayon puisse se propager dans la fibre optique.

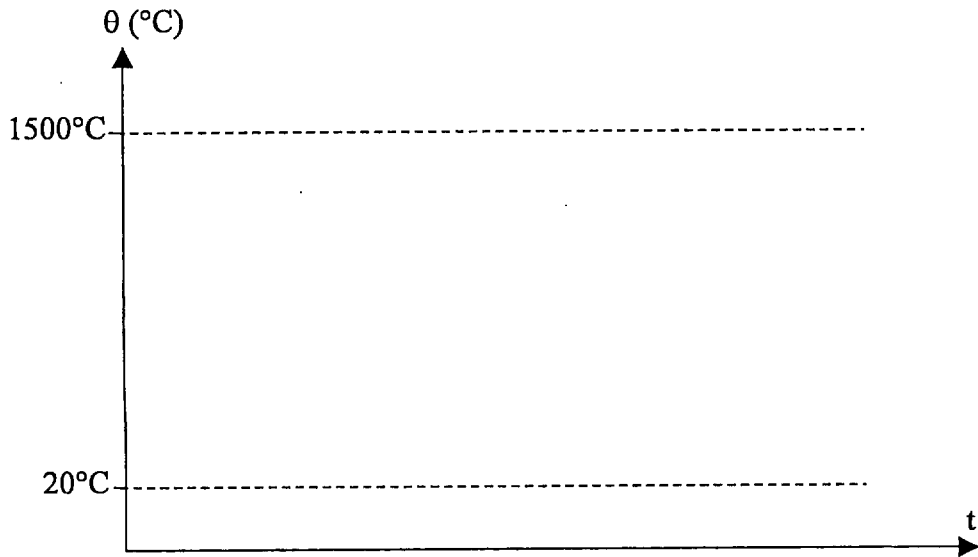


1.1. Déterminer l'angle d'incidence limite  $i_{1\lim}$  permettant une réflexion totale du rayon en I (pas de rayon réfracté transmis dans le milieu 2).

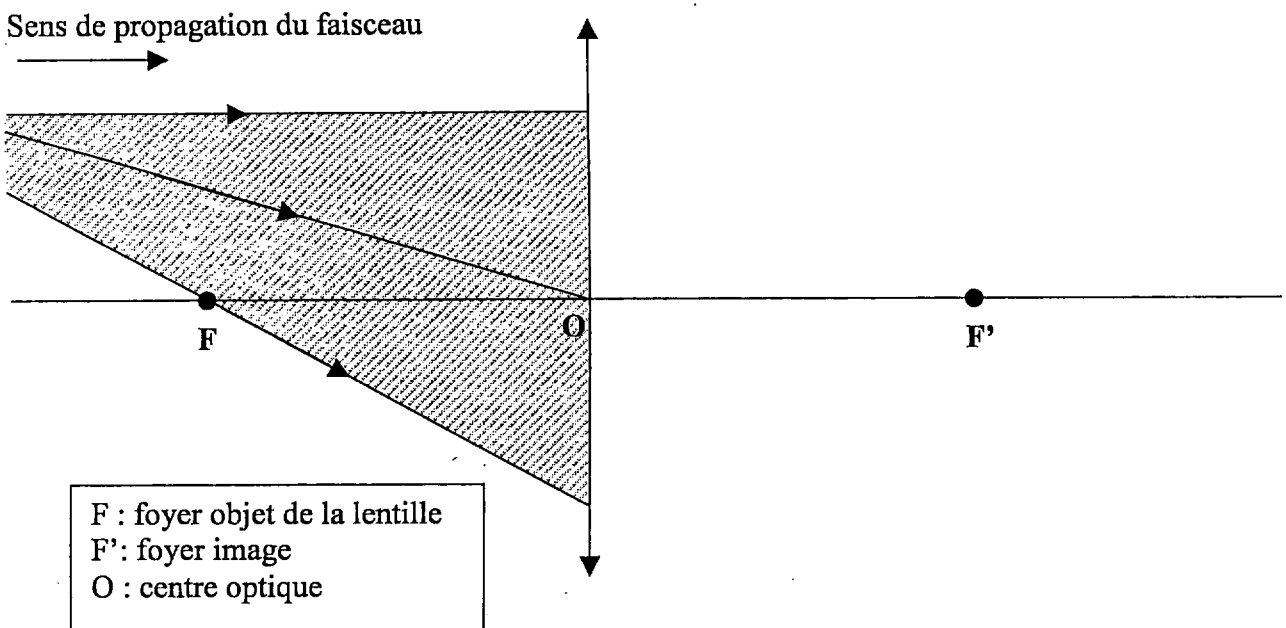
1.2. En déduire alors l'angle maximal  $i_{0\max}$  d'entrée du rayon dans la fibre qui autorise la propagation du rayon dans celle-ci.

2. Afin de limiter la divergence du faisceau laser, un dispositif optique comportant une lentille convergente est incorporée au système. Tracer, sur le **document 2 de l'annexe à rendre avec la copie**, le trajet des trois rayons représentés passant par la lentille.

**ANNEXE  
A RENDRE AVEC LA COPIE**



**Document 1**



**Document 2**