

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**ÉTUDE ET RÉALISATION D'OUTILLAGES
DE MISE EN FORME DES MATÉRIAUX****SCIENCES PHYSIQUES**

Durée 2 heures

coefficient 2

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4.*

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront de façon
appréciable dans l'évaluation des copies.*

CALCULATRICE AUTORISÉE

*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.*

Les deux exercices sont indépendants

I. Vidange d'un réservoir (15 points)

Données :

Les unités utilisées sont celles du système international.

Valeur de la pression atmosphérique : $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$.

Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

L'eau sera considérée comme un fluide parfait (non visqueux) et incompressible.

La masse volumique de l'eau a pour valeur : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

La relation de Bernoulli peut s'écrire en notant z la cote d'un point sur un axe vertical orienté vers le haut:

$$p + \rho gz + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{Cte}$$

Une conduite de section s permet de vider par gravité un réservoir cylindrique A de section S_A dans un réservoir B. La surface libre du réservoir B est suffisamment grande pour que l'on puisse considérer sa cote z_3 comme étant invariable. On prendra le niveau de cette surface comme origine des cotes ($z_3 = 0$).

La surface libre de l'eau contenue dans les deux réservoirs est au contact de l'air atmosphérique.

Données : $S_A = 10 \text{ m}^2$; $s = 10^{-3} \text{ m}^2$.

Le schéma du dispositif se trouve sur l'annexe 1

1. Calculs préliminaires.

- 1.a. Les pressions aux points 1 et 3 sont égales. Justifier cette affirmation et donner la valeur commune p de ces pressions.
- 1.b. Dans la suite du problème, on négligera la vitesse v_1 de l'eau au point 1 devant la vitesse v_3 de l'eau au point 3. Calculer le rapport des vitesses v_1 et v_3 , puis justifier l'approximation proposée.
- 1.c. Donner l'expression de la vitesse v_3 . Cette vitesse varie-t-elle lors de la vidange du réservoir A, justifier votre réponse.
- 1.d. Calculer la valeur de la vitesse v_3 puis le débit volumique de la conduite pour une valeur de la cote z_1 égale à 20 m.

2. Mise en évidence d'un phénomène particulier : la cavitation.

- 2.a. Établir l'expression $p_2 = p_{\text{atm}} - \rho g z_2$ de la valeur de la pression p_2 de l'eau au point 2 de cote z_2 .
Calculer la valeur de p_2 pour $z_2 = 5 \text{ m}$.
Que se passe-t-il si la conduite a une paroi souple ?
- 2.b. Lorsque la pression de l'eau est inférieure à la pression maximale de vapeur saturante, l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux. Dans les conditions de cette étude, la pression maximale de vapeur saturante de l'eau a pour valeur $p_{\text{sat}} = 2,4 \times 10^3 \text{ Pa}$.
Calculer la valeur de la cote z pour laquelle cette pression est atteinte.
Que se passe-t-il alors ?

II. Étude d'un usinage par faisceau laser (15 points)

Un "laser à CO₂" possède les caractéristiques suivantes :

- diamètre du faisceau cylindrique émis : $d = 4 \text{ mm}$;
- longueur d'onde $\lambda = 10,6 \text{ }\mu\text{m}$ dans le vide ;
- puissance émise $P = 60 \text{ W}$.

Il est utilisé pour percer une plaque d'acier. Avant de frapper la plaque métallique, le faisceau traverse un système optique de concentration (système afocal) qui diminue sa section.

Les parties 1 , 2 et 3 sont indépendantes

1 Étude du faisceau laser

1.a. Calculer la fréquence du rayonnement émis par le laser.

Donnée : vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

1.b. L'intensité I du faisceau est définie comme étant le quotient de la puissance émise par la section du faisceau. Calculer sa valeur et donner le résultat en W.cm^{-2} .

1.c. Le laser consomme une puissance électrique $P_a = 1 \text{ kW}$. Calculer son rendement.

2. Étude du système optique

La section du faisceau laser est réduite par un système optique constitué de deux lentilles minces : une lentille L_1 de distance focale $f_1 = 4 \text{ cm}$ et d'une lentille L_2 de distance focale $f_2 = -2 \text{ cm}$.

2.a. Indiquer la nature (convergente ou divergente) de chacune des deux lentilles. Calculer leurs vergences.

2.b. Les centres optiques O_1 et O_2 des deux lentilles sont distants de 2 cm . Le système est représenté sur la feuille annexe 2 qui est à rendre avec la copie (l'échelle de représentation indiquée devra être respectée).

Placer sur cette figure les centres optiques O_1 et O_2 , le foyer image F'_1 de la lentille L_1 , les foyers objet F_2 et image F'_2 de la lentille L_2 .

2.c. Les rayons A et A' limitent le faisceau cylindrique. Construire le trajet suivi par ces deux rayons à travers le système optique.

2.d. Déterminer graphiquement le diamètre d' du faisceau à la sortie du système.

2.e. Calculer la valeur I' de l'intensité du faisceau à la sortie du système optique (puissance surfacique exprimée en W.cm^{-2}), sachant que les phénomènes d'absorption, lors de la traversée des lentilles, occasionnent une perte équivalente à 10% de la puissance du faisceau initial.

3. Étude du perçage de la plaque

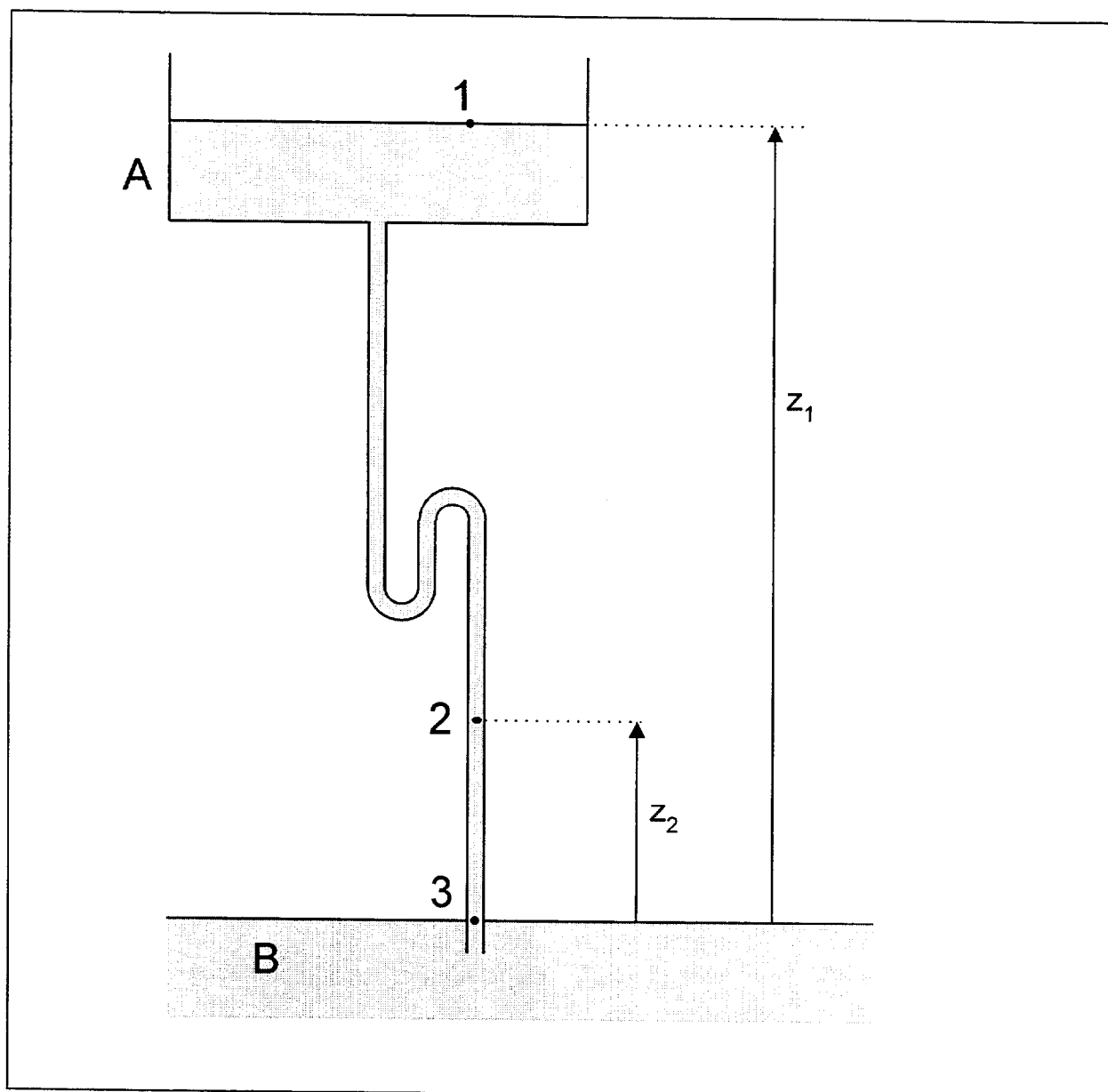
Le faisceau laser perce une plaque métallique d'épaisseur $e = 2 \text{ mm}$. Il a pour diamètre $d' = 2 \text{ mm}$ et pour puissance $P = 54 \text{ W}$ (après traversée du système optique).

3.a. Calculer la masse de métal enlevée lors du perçage de la plaque.

Donnée : masse volumique du métal $\rho = 7800 \text{ kg m}^{-3}$.

3.b. La quantité d'énergie nécessaire pour vaporiser un kilogramme de métal, initialement à 20°C , a pour valeur $Q = 10^7 \text{ J}$. Quelle est la durée nécessaire au perçage de la plaque.

Annexe 1



ANNEXE 2 : (à rendre avec la copie)
schéma du dispositif optique

