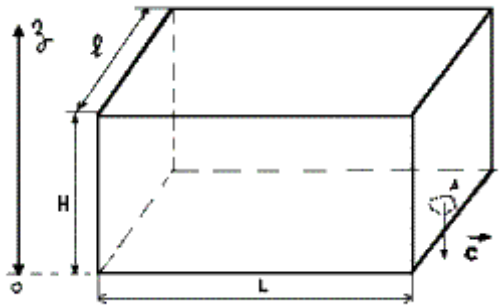
BTS BAT 1991

I : VIDAGE D'UN RÉSERVOIR (9 points)



Données :
$\rho = 900$ kg.m^{-3}
$s = 3{,}0$ cm^2
$g = 9{,}8$ N.kg^{-1}

Le réservoir représenté ci-contre, ouvert à l'air libre, a pour dimensions :
$L = 1{,}60$ m ; $l = 0{,}75$ m ; $H = 1{,}00$ m.

Il est muni, à sa base, d'un orifice de vidage de section s. Le réservoir est plein de fioul, liquide parfaitement fluide, de masse volumique ρ.

1. L'orifice est fermé.

1.1 Exprimer littéralement la valeur F de la force que le liquide exerce sur le bouchon de vidange.

1.2 Calculer la valeur numérique de F.

2 L'orifice est ouvert.

On procède au vidage du réservoir.

2.1 La section horizontale du réservoir ($L \times l = S$) étant très grande par rapport à la section s de l'orifice de vidage, quelle approximation peut-on faire ?

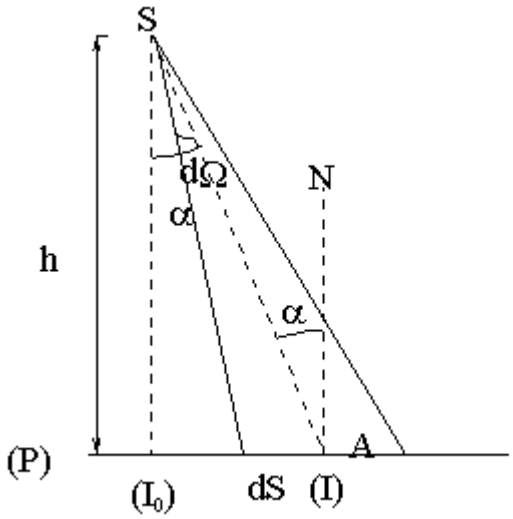
2.2 Établir l'expression littérale de la valeur c de la vitesse du jet au niveau de l'orifice de vidage lorsque la hauteur du liquide est H (la pression extérieure au niveau de l'orifice est celle de l'air environnant).

2.3 Calculer la valeur numérique de c.

2.4 Exprimer le débit volumique q_V en fonction de : H, s, g.

2.5 Calculer la valeur numérique de q_V.

2.6 Quelle serait la durée du vidage si ce débit restait constant ?



3) Calcul de la durée théorique du vidage.

Pendant une durée très petite dt la hauteur du liquide dans le réservoir varie de dz.

3.a) Exprimer la variation de volume dv correspondante :
- en fonction de dz.
- en fonction de q_v.

3.b) En déduire que

$$dt = -\frac{S}{s}.\frac{1}{\sqrt{2gz}}.dz$$

3.c) Sachant qu'une primitive de $\frac{1}{\sqrt{z}}$ est $2\sqrt{z}$, montrer, en utilisant l'équation précédente, que la durée théorique du vidage est voisine de 30 minutes.

3.d) comparer cette valeur à celle trouvée à la question 2.6.
Expliquer cette différence.
La durée réelle du vidage est en fait supérieure à la durée théorique calculée. Pourquoi ?

II : ECLAIREMENT D'UN PLAN DE TRAVAIL (6 points)

Une source lumineuse S éclaire un plan de travail horizontal (P). L'indicatrice d'émission de cette source est telle que l'intensité lumineuse I dans la direction SA est : $I = I_0.\cos\alpha$, Io étant l'intensité lumineuse suivant la verticale descendante.

1) Montrer que l'éclairement E_A en A est égal à :
$I_0 \frac{\cos^4\alpha}{h^2}$.

On rappelle que si un élément de surface ds, entourant le point A, reçoit un flux lumineux $d\Phi$ émis dans un angle solide $d\Omega$, l'éclairement correspondant est :

$$E_A = \frac{d\Phi}{ds}$$

avec $d\Phi = I.d\Omega$
l'angle solide $d\Omega$ est lié à ds par :

$$d\Omega = \frac{ds.\cos\alpha}{SA^2}$$

2) Calculer I_0 pour que l'éclairement en A soit de 200 lx avec h = 1,50 m et $\alpha = 25°$.

3) Démontrer que le flux total émis vers (P) par cette source a pour expression : $\Phi = \pi.I_0$.

On rappelle que l'expression d'un angle solide élémentaire de révolution est : $d\Omega = 2\pi.\sin\alpha\, d\alpha$.

INCANDESCENCE STANDARD		HALOGENES	
P (W)	Φ (lm)	P (W)	Φ (lm)
75	970	100	2100
100	1390	300	6300
150	2000	500	10500

4) Choisir, dans le tableau ci-dessous, la lampe permettant d'obtenir l'éclairement souhaité, les conditions d'utilisation et l'indicatrice d'émission étant les mêmes que pour S.

III TRAITEMENT DES EAUX USÉES. (5 points)

Le couple d'oxydo-réduction $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$ est constitué de l'ion dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ et de l'ion chrome Cr^{3+}

1. Nommer les constituants du couple SO_4^{2-}/SO_2.

2. En considérant ces deux couples et l'extrait ci-dessous de la table des potentiels E d'oxydo-réduction, indiquer entre quels réactifs une réaction spontanée peut se produire.

Établir l'équation-bilan de cette réaction.

3. Une usine chimique rejette, par jour, un volume V = 100 m^3 d'effluents liquides dont la teneur en ions dichromate est
$t = 21{,}6\ mg.l^{-l}$.

Quelle masse m de SO_2 faut-il utiliser quotidiennement pour transformer totalement les ions dichromate en ions chrome ? (Les ions chrome seront ensuite récupérés pour être utilisés dans certaines industries, des tanneries par exemple).

Masses molaires atomiques :

$M(Cr) = 52\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$; $M(S) = 32\ g.mol^{-1}$.

Couple ox-réd	Demi-équation électronique	E en volts
$Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+_{aq} + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+ 1,33
O_2/H_2O	$O_2 + 4H^+_{aq} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	+ 1,23
Br_2/Br^-	$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	+ 1,07
NO_3^-/NO	$NO_3^- + 4H^+_{aq} + 3e^- \rightleftharpoons NO + 2H_2O$	+ 0,96
$SO_4^{2-}/SO2$	$SO_4^{2-} + 4H^+_{aq} + 2e^- \rightleftharpoons SO_2 + 2H_2O$	+ 0,15
$S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$	$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2S_2O_3$	+ 0,09
H^+/H_2	$2H^+_{aq} + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0,00
Fe^{2+}/Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	- 0,44
Cr^{3+}/Cr	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr$	- 0,74
Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	- 0,76
Al^{3+}/Al	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	- 1,67