Physique

TRAVAUX DIRIGES n°14

PC/PC*

2024-2025

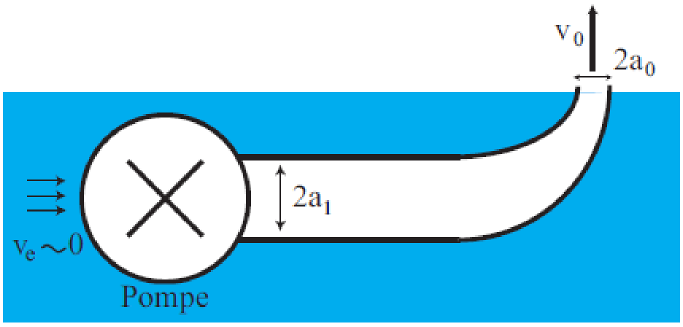
Thème : Bilans macroscopique

Mardi 10 décembre 2024

Bilan d'énergie cinétique

MF602 - Le jet d'eau de Genève *(Brieuc / Rachel)*

Le jet d'eau de Genève est alimenté par une grande canalisation de diamètre $2a_1 = 1{,}0\ m$.
Le diamètre de l'orifice de sortie vaut $2a_0 = 10{,}7 cm$ et le débit volumique du jet est égal à $D_V = 500\ L.s^{-1}$.



$\rho = 1{,}0.10^3\ kg.m^{-3}$

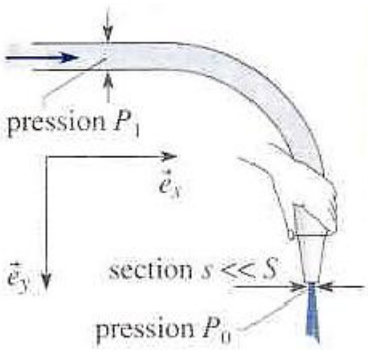
1 - Quelle est la vitesse à laquelle l'eau sort de l'orifice ? Si l'on néglige tous les frottements, quelle est la hauteur h atteinte par le jet d'eau ?
2 - Quelle est la pression P_1 en aval de la pompe, dans la grande canalisation ?
3 - En admettant que toute la puissance fournie par la pompe est transformée en énergie mécanique, quelle doit être la puissance Π de la pompe alimentant le jet d'eau ?

Bilan de quantité de mouvement

MF618 – Force sur une lance à incendie *(Albane)*

Un tuyau souple de section S se termine par un embout de section terminale $s << S$. La pression à l'entrée du tuyau est P_1 et la pression atmosphérique à la sortie de l'embout est P_0. La direction du jet de sortie de l'embout fait un angle droit avec la direction du courant d'eau entrant dans le tuyau.
On effectue les hypothèses usuelles dans le cadre des bilans (fluide incompressible, parfait, écoulement unidimensionnel, vitesse uniforme dans la section des canalisations).

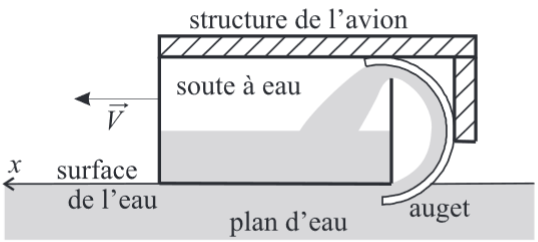
Calculer le débit massique D_m et F_y, composante de la force $\vec{F}$ exercée par l'opérateur tenant la lance pour la maintenir immobile dans le référentiel terrestre.
Données : $P_1 = 10\ bar$; $P_0 = 1{,}0\ bar$; $s = 1{,}0\ cm^2$



Vue de dessus

MF620 – Remplissage d'un canadair (Mines-Ponts PC 2010) *(Jean-Marc / Hugo)*

Le bombardier d'eau CL 415 en phase d'écopage

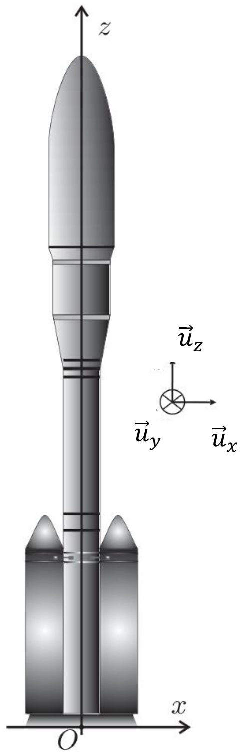


Le bombardier d'eau CL 415, familièrement appelé Canadair, est l'élément principal de la lutte aérienne contre les incendies. Il est propulsé par 2 moteurs de *1,78 MW* chacun. Il est équipé d'un kit bombardier d'eau qui comprend 2 écopes, 2 soutes d'une capacité totale de *6 137 litres*.

Le bombardier d'eau CL 415 effectue ses remplissages (ou écopages) en effleurant la surface de l'eau avec une vitesse de module $V = 120\ km.h^{-1}$. L'eau s'engouffre alors dans les soutes au moyen des deux écopes de section rectangulaire $s_a = 11{,}8\ \times 6{,}5\ cm^2$.

1 - Déterminer le temps de remplissage t_r des 2 soutes et la distance d_r qu'il faut parcourir sur le plan d'eau pour les remplir.
On modélise le remplissage au travers d'une écope, par un auget orienté dans le sens de déplacement qui renvoie les veines d'eau dans le sens opposé à la direction incidente. La section droite du jet d'entrée s_e est prise égale à la section d'une écope. La hauteur de l'auget est de *50 cm*.
2 - Montrer qu'en première approximation, la section du jet de sortie est la même que celle d'entrée. On suppose que l'auget est place dans un environnement à la pression atmosphérique p_0.
3 - Calculer la force exercée par l'eau sur l'auget et la puissance qu'elle développe dans le référentiel terrestre.

MF626 – Fusée *(CMP – PSI – 2015)* *(Camille / Ekaïn)*



À l'instant $t = 0$, une fusée de masse totale m_0 décolle verticalement dans le référentiel terrestre (voir figure 1). On définit le débit de masse $D_m > 0$ des gaz brûlés par $D_m = -\frac{dm}{dt}$, $m(t)$ désignant la masse de la fusée à un instant $t > 0$ quelconque.
On note $\vec{u} = -u\,\vec{u}_z$, avec $u > 0$, la vitesse d'éjection des gaz par rapport à la fusée.
On note $\vec{v} = v(t)\,\vec{u}_z$ la vitesse de la fusée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
On suppose que D_m et u restent constants et que le champ de pesanteur $\vec{g}$ reste uniforme lors du lancement.

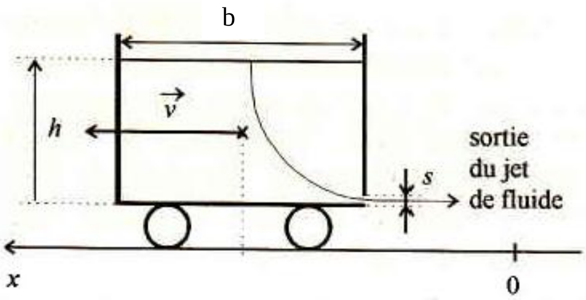
❑ **1** – Effectuer un bilan de quantité de mouvement entre *t* et *t + dt*, sur le système ayant la masse m(t) à l'instant t.

❑ **2** – Etablir l'équation différentielle : $m\frac{dv}{dt} = D_m u - mg$. (1)

❑ **3** – Identifier, dans le second membre de l'équation (1), l'intensité *F* de la force de poussée. À quelle condition la fusée décolle-t-elle ?

❑ **4** – Déterminer l'expression de la vitesse $v(t)$ de la fusée à l'instant t, en fonction de $t,\ m(t),\ g,\ u$ et de la masse de la fusée à l'instant $t = 0$ notée m_0.

★**MF612 – Un récipient à réaction !** *(Inès)*
Considérons un chariot sur lequel est posé un récipient de grande section *S*, percé d'un orifice de section *s << S* par où s'échappe de l'eau, fluide supposé parfait, de masse volumique $\rho = 1{,}0.10^3\ kg.m^{-3}$.



1 – En raisonnant sur un système clairement défini, et en indiquant les hypothèses faites sur l'écoulement, établir sa variation de quantité de mouvement entre les instants *t* et *t + dt*. En déduire l'accélération du chariot en fonction des données.
Application numérique : $g=10\ m.s^{-2}$, $s = 1{,}0\ cm^2$, $S = 100.s$
$m_{chariot} = 1{,}0\ kg$, $h = b = 20\ cm$.
2 – Donner l'expression de la vitesse du chariot en fonction du temps. Il est initialement au repos.

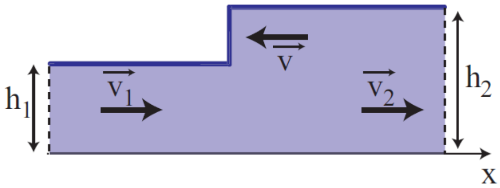
✯ MF622 – Mascaret

On appelle mascaret une vague solitaire remontant l'estuaire de certains fleuves au moment de la marée montante.

a)  b) 

a) Mascaret à proximité du Mont Saint-Michel. *(b) Surf sur un mascaret en Gironde.*

On adopte un modèle à une dimension. Le fleuve de largeur constante L s'écoule vers la mer dans la direction Ox dirigée de l'amont vers l'aval avec une vitesse constante v_1 et une hauteur d'eau h_1 en amont du mascaret. On considère que le mascaret a un profil rectangulaire et remonte l'axe Ox avec une vitesse constante v. La vitesse du fleuve et la hauteur d'eau assez loin en aval du mascaret sont respectivement v_2 et h_2. L'eau est un fluide parfait incompressible de masse volumique μ.
On peut mesurer facilement v_1, h_1 et h_2. On se propose de calculer v et v_2.



1 - On se place dans le référentiel galiléen R_m qui se déplace avec le front du mascaret.
Effectuer un bilan de masse dans ce référentiel et en déduire une relation entre v, v_1 , v_2 , h_1 , h_2.
Retrouver cette relation en travaillant dans le référentiel fixe.
2 – a) Justifier que le champ de pression en amont du mascaret d'une part et en aval d'autre part est identique au champ de pression statique.
b) En effectuant un bilan de quantité de mouvement, dans le référentiel R_m, pour une masse d'eau "à cheval" sur le front du mascaret, établir une relation entre v, v_1, v_2, h_1 et h_2 et g.
3 - a) Exprimer v en fonction de v_1, h_1 et h_2. La vitesse du mascaret est-elle la plus rapide au moment des basses eaux ou au moment des crues du fleuve ?
b) Exprimer v_2 en fonction v_1, h_1 et h_2. Interpréter le changement de signe de v_2 quand h_2 augmente. Commenter.