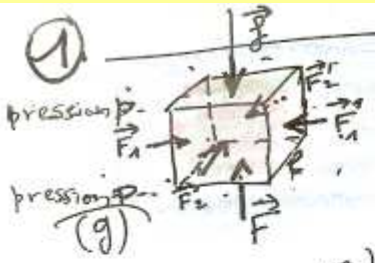
- Hydrostatique (Archimède et Pascal)

1



$(S = l^2)$

1) $\vec{F_1} = -\vec{F_1}$

$\vec{F_2} = -\vec{F_2}$

$\sum \vec{\text{Force}} = \cancel{\vec{F_1} + \vec{F_1'}}^{(0)} + \cancel{\vec{F_2} + \vec{F_2'}}^{(0)} + \vec{F} + \vec{f}$

$\vec{F} + \vec{f} = \vec{\mathcal{F}}$ résultante $\begin{cases} \text{direction verticale} \\ \text{sens, vers le haut} \\ \text{point d'application : centre de poussée} \\ \text{intensité} \end{cases}$

$F - f = (P - p).S$

$P.S$; $p.S$ principe hydrostatique

$= (\rho . g . \underbrace{l}_{V}) S$

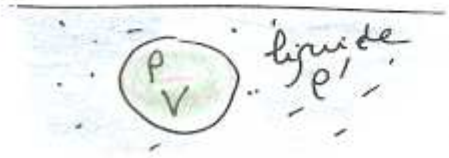
résultante d'intensité : $\rho . g . V$

2) $\Pi_a = \rho . g . V$

c'est pareil

3) ION ... qu'il soit en Cu ou autre la poussée sera toujours la même elle ne dépend que du volume immergé

2



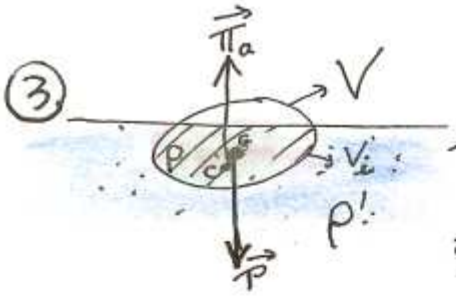
1) poids : $P = m . g = \rho . V . g$

poussée d'Archimède : $\Pi_a = \rho' . V . g$

2) a - je coule
b - je suis en équilibre
c - je flotte

$\rho > \rho'$
$\rho = \rho'$
$\rho < \rho'$

3

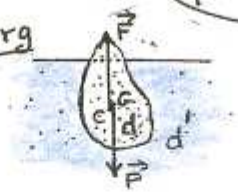


1) $P = \Pi_a$

$\rho . V g = \rho' . V_i . g$

$\rho . V = \rho' . V_i$

2) iceberg



$P = F$

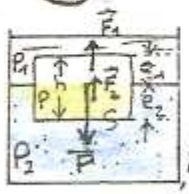
$m g = \rho' . V' . g$

$\rho . V . g = \rho' . x V . g$ → volume total de l'iceberg

$x = \frac{\rho}{\rho'}$

$\boxed{x = \frac{1}{d'}} \simeq 92,5\%$

4



à la place de Π_a

$P = F_1 + F_2$

$\rho . V . g = \rho_1 . V_1 g + \rho_2 . V_2 . g$

$\rho . V = \rho_1 . V_1 + \rho_2 . V_2$

$\rho . S . h = \rho_1 . S . e_1 + \rho_2 . S . e_2$

on simplifie par g

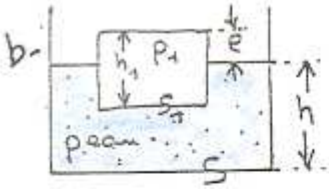
$\begin{cases} e_1 + e_2 = h \\ \rho_1 . e_1 + \rho_2 . e_2 = \rho . h \end{cases}$ système de 2 équations à 2 inconnues

... $e_1 \simeq 6,7$ cm $\quad e_2 \simeq 3,3$ cm

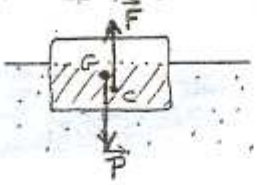
on va utiliser la grandeur S (section du corps immergé) pour le raisonnement littéral ... puis S va disparaître et n'est donc plus nécessaire pour l'application numérique.

⑤ 1) a- $\rho_{1\,solide} < \rho_{eau}$ → le solide flotte (exercice 2)

b-



1. le solide flotte $P < F$ car $\rho_1 < \rho_{eau}$.



- à l'équilibre (le solide flotte) le poids $\vec{P}$ appliqué au centre de gravité G a la même intensité que la poussée $\vec{F}$ appliquée au centre de poussée C.

$F = P$

$\rho \cdot V \cdot g = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g$

$V = S_1 \cdot (h_1 - e)$; $V_1 = S_1 \cdot h_1$

$\rho \cdot (h_1 - e) = \rho_1 \cdot h_1$

$h_1 - e = h_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho}$

$$\boxed{e = h_1 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right)} \quad e = 2\,cm$$

2) a- on rajoute de l'alcool. le mélange d'eau alcoolisée a une nouvelle masse volumique ρ' →

$$\rho' = \frac{m_{ae}}{V_a + V_e} \qquad V_e = S \cdot h - S_1 (h_1 - e)$$

$$\rho' = \frac{\rho_a \cdot V_a + \rho_e \cdot V_e}{V_a + V_e} = 0{,}928\ g.cm^{-3}$$

$$e' = h_1 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho'}\right)$$

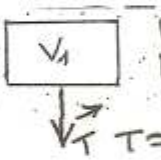
b- $e' \simeq 1{,}38\ cm$

3)

b- $F = \rho \cdot V \cdot g$ ($V = 9/10 \cdot S_1 \cdot h_1$) $F = 8{,}829\,N$

$T \simeq 0{,}981\,N$

c-



$P = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g$

$P \simeq 7{,}848\,N$

$F = \rho \cdot V_1 \cdot g$

$F = 9{,}810\,N$

$T \simeq 1{,}962\,N$

d- tension $\vec{T}$ ($T = F - P$)

⑥ 1)

$\vec{\Pi}$ poussée d'Archimède $\Pi = \rho \cdot V \cdot g$

$\vec{P}$ poids réel $P = m \cdot g$ (0,4905 N) ←

poids apparent = poids réel − poussée d'Archimède

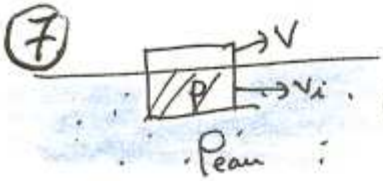
$P' = m \cdot g - \rho \cdot V \cdot g$

$$\boxed{P' = g \cdot (m - \rho_{air} \cdot V)}$$

$P' \simeq 0{,}489\,N$ ←

2) pourcentage d'erreur $\frac{\Delta P}{P} \times 100 \simeq 0{,}3\%$

⑦



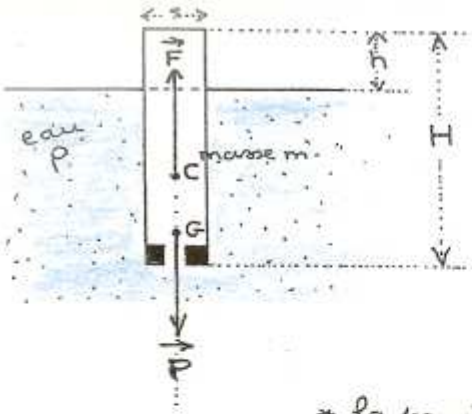
$P = \Pi$

$\rho \cdot V \cdot g = \rho_{eau} \cdot V_i \cdot g$

$$V_i = V \cdot \frac{\rho}{\rho_{eau}}$$

$V_i = 450\,dm^3$

8)



à l'équilibre le thermomètre lesté est soumis à deux forces opposées

$\vec{P} + \vec{\ } = \vec{0}$

poussée d'Archimède due à l'eau sur le thermomètre.

poids du thermomètre.

$m \cdot g = \rho \cdot g \cdot V$, $V = S.(H-h)$

$m = \rho . S . (H-h)$

$\boxed{h = H - \frac{m}{\rho . S}}$ (m, kg, m^2, $kg.m^{-3}$)

$h = 0{,}1\ m$

* la poussée s'exerce sur la partie immergée du thermomètre.

9)

1) $\boxed{m = \rho_b \cdot V}$ (kg, $kg.m^{-3}$, m^3)

$m = 1320\ t$

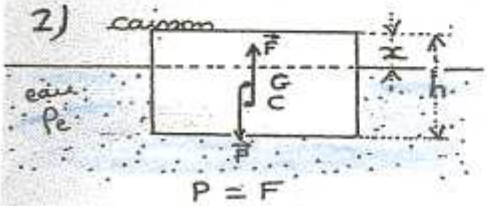
$V = [\ell . h - (\ell - 2e) . (h - 2e)] . L$

$V \rightarrow \ell . h . L$

$F = \rho_e . V . g$

$F = 24\ MN$

2)



$P = F$

$m.g = \rho . V . g$

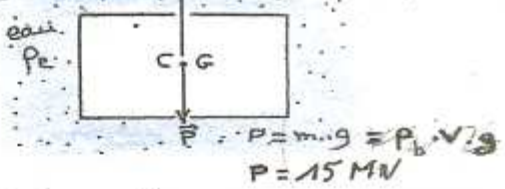
$V = L . \ell (h - x)$ (h : hauteur d'immersion)

$m = \rho_e L . \ell . (h - x)$ (kg)

$\boxed{h - \frac{m}{\rho_e L . \ell} = x}$ ($kg.m^{-3}$, m, m)

$x = 2{,}8\ m$

pour savoir si le caisson flotte il faut comparer son poids $\vec{P}$ à la poussée d'Archimède s'il était totalement immergé.

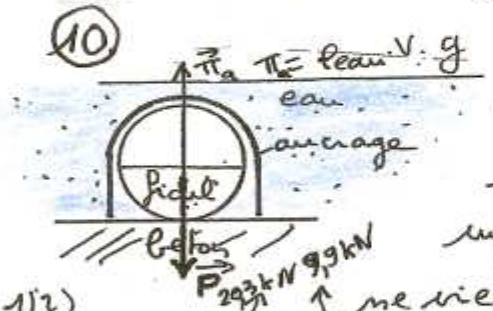


$P = m.g = \rho_b . V . g$

$P = 15\ MN$

$F >> P$ le caisson remonte, puis flotte, alors le poids $\vec{P}$ devient opposé à la nouvelle poussée d'Archimède $\vec{F}$ sur la partie immergée du caisson.

10)



$\Pi_a = \rho_{eau} . V . g$

si la poussée d'Archimède $\vec{\Pi_a}$ est plus intense que le poids $\vec{P}$ de la cuve vide ... il faut prévoir un ancrage pour éviter qu'elle remonte et ne vienne « flotter » à la surface de l'eau.

1)2)

3) $F = \frac{\Pi_a - P}{4}$ (P : poids de la cuve ($P = m.g$) à moitié pleine.)

$P = (M + M') . g$

M' : masse du fioul $M' = (\rho . V) = \rho_F . \frac{1}{2} C$ (C : $1000\ L$, $1\ m^3$)

M : masse de la cuve.

$P \simeq 9{,}9\ kN < \Pi_a$

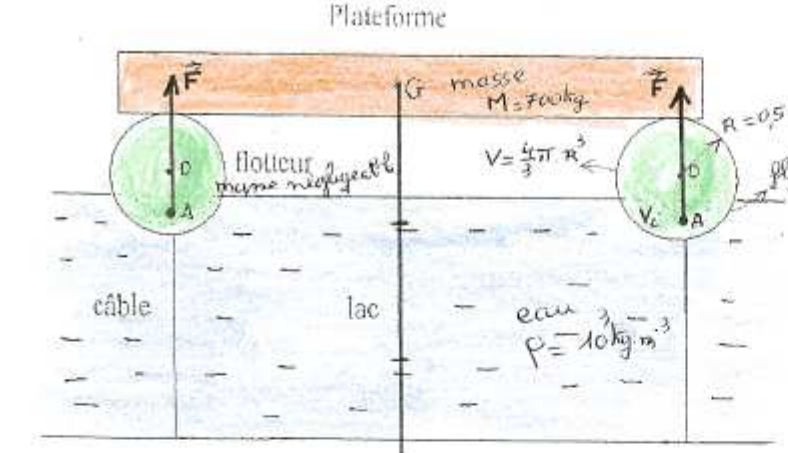
$F \simeq 2{,}61\ kN$

(1.)

1) $\vec{P}$: poids de la plateforme

$\vec{F}$: poussée d'Archimède

	point d'application	direction	sens
$\vec{P}$	G centre de gravité de la plateforme	verticale	de haut en bas
$\vec{F}$	A centre de poussée	verticale	de bas en haut



(il y a 4 flotteurs donc 4 poussée d'Archimède $\vec{F}$)

2) $\vec{P} + 4\vec{F} = \vec{0}$ à l'équilibre (somme des forces = $\vec{0}$)

3) $P = 4 \cdot F$

(la poussée d'Archimède est égale au poids de l'eau déplacé par le flotteur $F = \rho \cdot V_i \cdot g$)

$V_i = \frac{4/3\,\pi R^3}{3}$

$P = 4\,\rho\,\frac{4\pi R^3}{9}\,g$

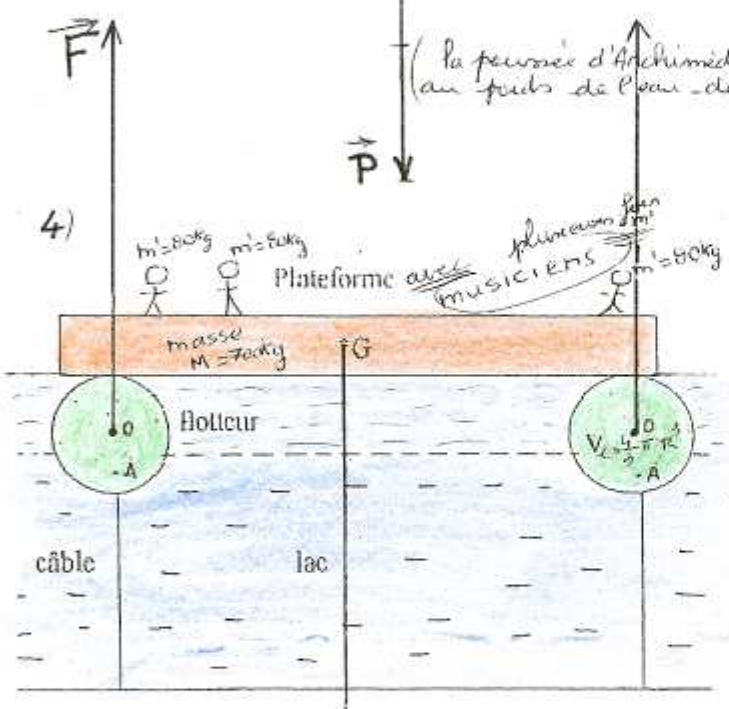
$$\boxed{P = \frac{16}{9}\pi\,\rho\,R^3\,g}$$

N ; kg.m⁻³ ; m ; m s⁻²

$P \simeq 6981{,}3\,N$ ($\simeq 7\,kN$)

vérification $P = Mg$ (70×10) ok ! et c'est plus simple

4)



a- $F = \rho V g$ pour chaque flotteur

$F = 4\,\rho V g$ ... poussée d'Archimède sur l'ensemble des 4 flotteurs.

$F = 4\,\rho\,\frac{4}{3}\pi R^3 g$

$$\boxed{F = \frac{16}{3}\pi\,\rho\,R^3\,g}$$

$F \simeq 20\,944\,N$ ($21\,kN$) plus grand ! c'est normal plus

b- soit x le nombre de musiciens sur la plateforme.

$F = P$

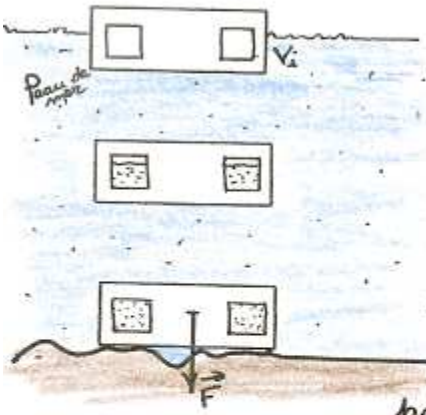
$F = P_{plateforme} + x\,m'$ ... soit $x = \frac{F - P_{plateforme}}{m'}$

$x \simeq 174$ musiciens

$\vec{P}$ = (poids plateforme + $x\,m'$ (poids musiciens))

5) avec de l'eau salée $\rho > 10^3\,kg.m^{-3}$, F est plus grande donc on aurait **plus** de musiciens

12) sous-marin



poussée d'Archimède sur le volume immergé

$P_1 = \rho \cdot V_i \cdot g$ $\quad M \cdot g = \rho \cdot V_i \cdot g$ $\quad M = \rho \cdot V_i$ $\quad M = 4223\,t$

$P_2 = \Pi_a$ $\quad (M + \frac{3}{4} m) g = \Pi_a$

poussée d'Archimède

$P_3 - \Pi_a = F$ $\quad (M + m) g - \Pi_a = F$

poids du sous-marin

$(M+m)g - (M + \frac{3}{4} m) \cdot g = F$

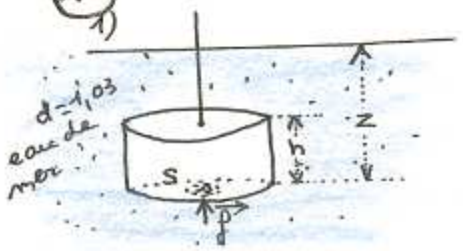
$\frac{1}{4} \cdot m \cdot g = F$

$m = \frac{4 \cdot F}{g}$

$m = 688\,t$

13)

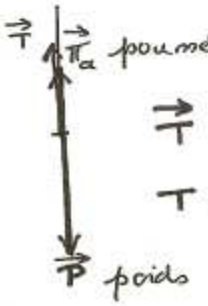
1)



$\mathcal{F} = p \cdot s$

$\boxed{\mathcal{F} = \rho \cdot g \cdot z \cdot s} \simeq 50{,}5\,kN$

2)



$\vec{T} + \vec{\Pi}_a = \vec{P}$

$T = P - \Pi_a$

$= m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V$

$(V = S \cdot h)$

$\boxed{T = g \cdot (m - \rho \cdot S \cdot h)} \simeq 36{,}3\,kN$

14)

1) $\rho(17°C) \simeq 1{,}21\,kg \cdot m^{-3}$ $\quad \rho(35°C) \simeq 1{,}14\,kg \cdot m^{-3}$ $\quad \left(\rho = \rho_0 \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}\right)$

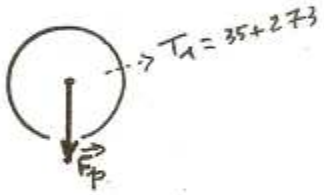
2) $F_P = m \cdot g$ (poids de l'air enfermé dans le ballon)

$m = \rho_1 \cdot V$

$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_1}$

$\boxed{F_P = \rho_0 \cdot \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_1} \cdot V \cdot g}$

N $\quad kg \cdot m^{-3}$ $\quad (P_1 = P_0)$ $\quad K$ $\quad m^3$ $\quad m \cdot s^{-2}$



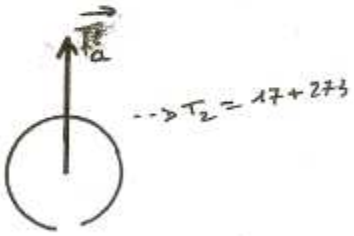
$F_P \simeq 2{,}24 \cdot 10^4\,N$

3) $\Pi_a = m' \cdot g$ (poids de l'air extérieur déplacé)

$m' = \rho_2 \cdot V$

$\rho_2 = \rho_0 \cdot \frac{P_2}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_2}$ $\quad (P_2 = P_0)$

$\boxed{\Pi_a = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_2} \cdot V \cdot g}$



$\Pi_a = 2{,}38 \cdot 10^4\,N$

14 (suite)

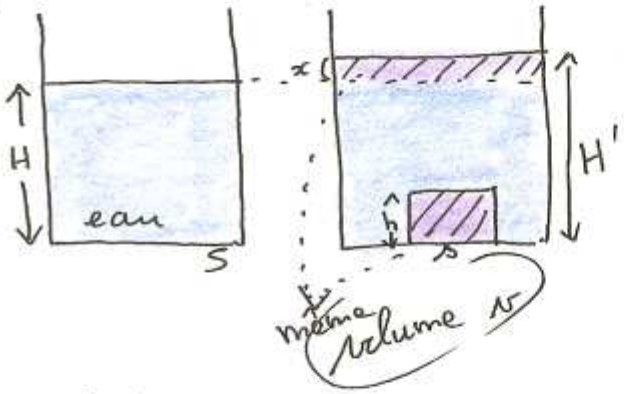
4) $\Pi_a > F_p \dashrightarrow \Pi = M_m \cdot g = \Pi_a - F_p$

↳ poids limite soulevable

$(\vec{\Pi_a} = \vec{F_p} + \vec{\Pi})$

$$\boxed{M_m = \frac{\Pi_a - F_p}{g}} \simeq 142{,}7\ kg$$

15



a) $F = P \cdot S$

$F = \rho \cdot g \cdot H \cdot S$

$F = 120\ N$

b) $F' = P' \cdot S$

$\rho \cdot g \cdot H' \cdot S$

$H' = (H + x)$ $\quad x = \frac{V}{S} = \frac{S \cdot h}{S}$

$F' = \rho \cdot g H \cdot S + \rho \cdot g \cdot \cancel{S} \cdot S$

$F' = F + \rho \cdot g \cdot \frac{S \cdot h \cdot \cancel{S}}{\cancel{S}}$

$F' = F + \rho \cdot g \cdot S \cdot h$

$F' = 120 + 10$

$F' = 130\ N$

c) $\frac{\Delta F}{F} \times 100 \simeq 8{,}5\%$

Théorème de PASCAL

16

1) $p = \frac{F}{S}$ (F → N, S → m^2, p → Pa)

1) $p = \frac{m \cdot g}{S} \simeq 26667\ Pa$

2) $p = \frac{m \cdot g}{S'} \simeq 8000\ Pa$

on s'enfonce moins dans la neige avec les raquettes

17

1)

• $P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

$\boxed{P_B = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B) + P_A}$ ⇢ $P_{atm} = 10^5\ Pa$

$P_B \simeq 100\ 979{,}0\ Pa$

• $P_C - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_D)$

$\boxed{P_C = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_D) + P_A}$

$P_C \simeq 228\ 254{,}0\ Pa$

2) a. $\boxed{\Delta P = \frac{F}{S}}$ ($S \to \pi \cdot \frac{d_1^2}{4}$)

$\Delta P \simeq 23\ 873\ Pa$

b. $\Delta P \simeq 23\ 873\ Pa$

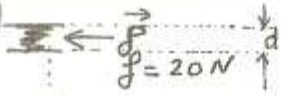
$P'_C \simeq 252\ 127\ Pa$

c. $F' = P'_C \cdot S$

$F' \simeq P'_C \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}$

$F' \simeq 970\ N$

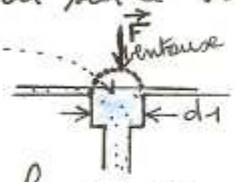
(18)



$S = \pi \frac{d^2}{4}$

$\vec{P}$: surpression qu'il faut avoir sur le bouchon

$P = \frac{f}{S}$ ... $\simeq 63\,662$ Pa



$S = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4}$

la ventouse doit exercer une surpression $P \simeq 63\,662$ P

soit $\boxed{F = P \cdot S}$

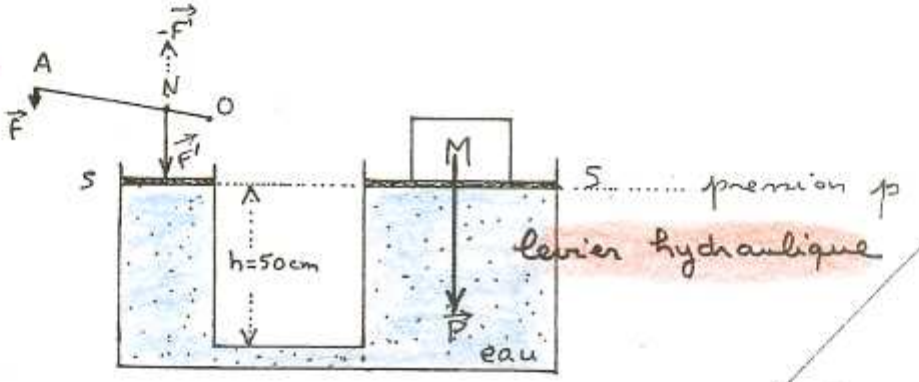
$F = \frac{f}{S} \cdot S$ $\quad \boxed{F = f \cdot \frac{S}{S}} = f \cdot \left(\frac{d_1}{d}\right)^2$

$F \simeq 125\,N$

(19)

levier mécanique

$f \cdot OA = F' \cdot ON$



1.)

$P = p \cdot S$

$p = \frac{P}{S} = \frac{M \cdot g}{S}$

$F' = p \cdot s$

$F' = \frac{P}{S} \cdot s$

$\boxed{F' = Mg \cdot \frac{s}{S}}$ $\quad F' \simeq 9{,}81\,N$

$f = F' \cdot \frac{ON}{OA}$

$f = P \cdot \frac{ON}{OA} \cdot \frac{s}{S}$

$\boxed{f = M.g \cdot \frac{ON}{OA} \cdot \frac{s}{S}}$

2) $f \simeq 0{,}89\,N$

3) on peut considérer que la pression p reste « pratiquement » inchangée au niveau du grand piston car :

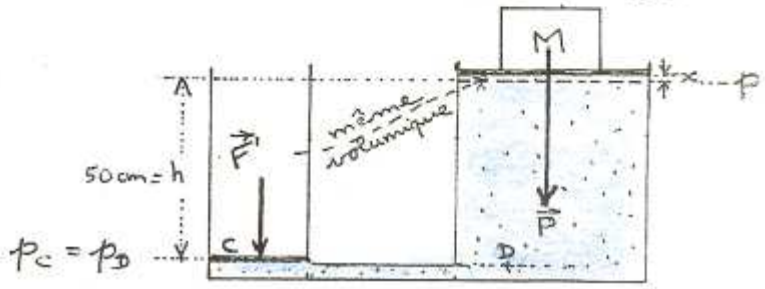
volume du liquide déplacé :

$V = s.h \Rightarrow x = \frac{V}{S} = h \cdot \frac{s}{S}$

$x = 0{,}5\,mm$!

$p_c = p + \rho \cdot g \cdot h = \frac{M \cdot g}{S} + \rho \cdot g \cdot h$

$= 15000\,Pa$

$F' = p_c \cdot s$

$\boxed{F' = g \cdot \left(\frac{M}{S} + \rho \cdot h\right) \cdot s}$ $\quad F' \simeq 15\,N$