

ATS 2024 Problème 1

② | 1 I.1.1. $C = mc = \rho V c$
 $C = 10 \cdot 10^3 \times 500 \times 4,2 \cdot 10^3$
 $= 5 \times 4,2 \cdot 10^8 = 2,1 \cdot 10^9 \text{ J.K}^{-1}$

I.1.2. $\frac{dT}{dt} + \frac{1}{\tau} T(t) = \frac{1}{\tau} T_0$

1 SEH: $T_h(t) = A e^{-\frac{t}{\tau}}$

1 SP: $T_p(t) = T_0$

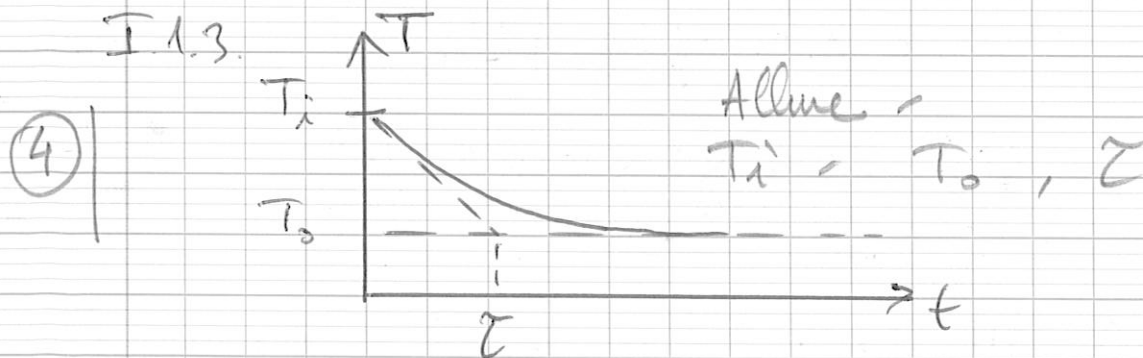
1 SG: $T(t) = T_0 + A e^{-\frac{t}{\tau}}$

⑤ | CI: $T(0) = T_i$
 $T_0 + A = T_i$
 $A = (T_i - T_0)$

Solution:

1 $T(t) = (T_i - T_0) e^{-\frac{t}{\tau}} + T_0$

I.1.3.



I.1.4. $T(t) = (T_i - T_0) \left(1 - \frac{t}{\tau}\right) + T_0$

1 $T(t) = (T_0 - T_i) \frac{t}{\tau} - \cancel{T_0} + T_i + \cancel{T_0}$

$T(t) = \frac{T_0 - T_i}{\tau} t + T_i$

1 $a = \frac{T_0 - T_i}{\tau}$

1 $b = T_i$

Doc 2 :
5. Ordonnée à l'origine : $T_i = 29,5^\circ\text{C} = 5$
Coefficient directeur :

$$a = \frac{T_o - T_i}{\tau} = \frac{16 - 29,5}{\tau} = \frac{27,5 - 29,5}{500}$$

sur $[0; 500]$

③ | Avec : Doc 3 : $T_o = T_{\text{air int}} = 16^\circ\text{C}$

d'où :

$$\frac{\tau}{13,5} = \frac{500}{2} \Rightarrow \tau \approx 7 \times 500 \approx \underline{3500 \text{ min}}$$

16. $\Delta H_1 = C \cdot \Delta T -$
1 $\Delta H_1 = \rho V c \cdot \Delta T -$

③ | $\Delta H_1 = 2,1 \cdot 10^9 \times (27,5 - 29,6)$
1 $= -2,1 \times 2,1 \cdot 10^9 = \underline{-44 \cdot 10^9 \text{ J} -}$

17. $\Delta H_2 = m \cdot \Delta h_{\text{vap}} -$
② $= \rho V_2 \cdot \Delta h_{\text{vap}}$
1 $= \rho \cdot D_o \cdot (\ell_f - \ell_i) \cdot \Delta h_{\text{vap}} -$

① 8. $\Delta H_2 = 10 \cdot 10^3 \times 2 \times 500 \times 23 \cdot 10^6$
 $= \underline{23 \cdot 10^9 \text{ J}}$

9. $\Delta H_2 > 0 =$ l'eau fournit de l'énergie à l'extérieur

①

$\Rightarrow$ l'eau perd de l'énergie

$\Rightarrow$ la température de l'eau baisse.

10. Si $T \geq T_{\text{air}}$, alors l'eau de la piscine perd de l'énergie $\Rightarrow P_{\text{air}}$ (puissance "cédée" par l'eau au milieu extérieur) ≥ 0 .

Si $T \leq T_{\text{air}}$, $P_{\text{air}} \leq 0$

Or : $P_{\text{air}} = \epsilon h S (T - T_{\text{air}})$
avec $h \geq 0, S \geq 0$

d'où : $\underline{\epsilon = +1}$

②
QM et Q12:
page 5

ATB 2024

I-2.3.

13. $Q_{IR} = |Q_b| - |Q_a|$

D'après document 4 :

$$|Q_a| = \underset{\substack{\text{J} \\ \swarrow}}{\langle y_a \rangle} \times \underset{\substack{\text{W/m}^2 \\ \downarrow}}{S} \times \underset{\substack{\text{m}^2 \\ \downarrow}}{\Delta t}$$

$$\begin{aligned} |Q_a| &= (320) \times (300) \times (500 \times 60) \\ &\approx 3,2 \times 3 \times 5 \times 6 \times 10^7 \\ &\approx 10 \times 30 \times 10^7 \\ &\approx 3 \cdot 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$

De même :

$$|Q_b| = \langle y_b \rangle \times S \times \Delta t$$

$$\begin{aligned} &\approx 470 \times 300 \times 500 \times 60 \\ &\approx 4,7 \times 3 \times 5 \times 6 \times 10^7 \\ &\approx 14 \times 30 \times 10^7 \\ &\approx 4,2 \cdot 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$

Donc :

$$Q_{IR} \approx 4,2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^9 \approx \underline{1,2 \cdot 10^9 \text{ J}}$$

I-2.4

14. Transformation monobare (Pression Extérieure Constante)

Donc : $\Delta H = Q_{\text{reg}}$

$$\begin{aligned} \Delta H &= -Q_{\text{air}} - Q_{IR} \quad (Q_{\text{air}} \text{ et } Q_{IR} \text{ "cédés"}) \\ &\approx -5,6 \cdot 10^8 - 1,2 \cdot 10^9 \\ &\approx \underline{-1,8 \cdot 10^9 \text{ J}} \end{aligned}$$

Et :

$$\begin{aligned} \Delta R &= \Delta H_1 + \Delta H_2 = -4,4 \cdot 10^9 + 2,3 \cdot 10^9 \\ &\approx \underline{-2,1 \cdot 10^9 \text{ J}} \end{aligned}$$

Environ vérifié !
 Pour répondre à la question :

$$\Delta H = -Q_{\text{air}} - Q_{\text{IR}} = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

D'où :

$$\underline{\Delta H_1 = -\Delta H_2 - Q_{\text{air}} - Q_{\text{IR}}}$$

15. Le terme de pertes dominant est lié à l'évaporation. Pour diminuer l'évaporation, on peut couvrir la piscine la nuit.

16. En python

$$n = \text{len}(t)$$

$$\text{somme} = 0$$

for i in range(n-1):

$$\text{somme} = \text{somme} + y[i] * (t[i+1] - t[i]) * 60$$

$$\text{print}(\text{somme} * 300)$$

17. $Q_{\text{solair}} = 2,8 \text{ GT} < \begin{array}{l} |\Delta H_1| = 4,6.10^9 \text{ J} \\ = 4,4 \text{ GT} \end{array}$

pertes la nuit

D'où :

Il faut installer un système de chauffage (PAC ?).

Q40-21 - 1 page

I3.2.

18 - $\frac{W > 0}{Q_f > 0}$

le compresseur fournit un travail au fluide -
la source froide fournit un transf. thermique
au fluide

$\underline{Q_c < 0}$

le fluide fournit un transfert thermique
à la piscine -

19 - $e = -\frac{Q_c}{W}$

20 - 1^{er} principe sur un cycle :

$\Delta U = W + Q_f + Q_c = 0 \Rightarrow W = -Q_c - Q_f$

D'où :

$e = \frac{Q_c}{Q_c + Q_f}$

2^{ème} principe sur un cycle :

$\Delta S = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$

$\Rightarrow Q_f = -\frac{T_f}{T_c} Q_c$

D'où :

$e = \frac{Q_c}{Q_c - \frac{T_f}{T_c} Q_c} = \frac{T_c Q_c}{T_c Q_c - T_f Q_c} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$

21 - $e \approx \frac{28 + 273}{28 - 20} \approx \frac{301}{8} \approx \underline{40}$

② 11 - $Q_{air} = \int_{t_i}^{t_f} P_{air}(t) dt$ car P_{air} non constante.

12. Document 3 : $T_{int} \approx 16^\circ C$

④ Document 2 : $T \approx 28,5^\circ C$ (valeurs moyennes) | Nat.

$\Rightarrow Q_{air} \approx P_{air} \cdot (T_f - T_i)$

$\approx \epsilon \cdot h \cdot S \cdot (T - T_{air}) \cdot (T_f - T_i)$

$\approx 1 \times 5 \times 300 \times (28,5 - 16) \times 100 \times 60 \approx \underline{5,6 \cdot 10^8 J}$

Q. 22 à 28 : pages 7 à 10

28. $RC \frac{de}{dt} = RC \frac{du}{dt} + u$ (A établi).
 loi des mailles :

(4) $u_c(t) + u(t) = e(t)$ - On dérive :
 $\frac{du_c}{dt} + \frac{du}{dt} = \frac{de}{dt}$ avec $i_c = C \frac{du_c}{dt} = \frac{u}{R}$
 On obtient $\frac{1}{RC} u + \frac{du}{dt} = \frac{de}{dt}$ (ou) $u + RC \frac{du}{dt} = RC \frac{de}{dt}$

29. $RC \frac{de}{dt} = RC \frac{du}{dt} + u$

$RC j\omega A e^{j\omega t} = RC j\omega U_0 e^{j\omega t} e^{j\varphi} + U_0 e^{j\omega t} e^{j\varphi}$

(4) (a) $RC j\omega A = RC j\omega U_0 e^{j\varphi} + U_0 e^{j\varphi}$

$RC j\omega A = RC j\omega U_0 + U_0$
 $= U_0 (RC j\omega + 1)$

$\underline{U_0} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} A$

30. Amplitude de $\underline{U_0}$:
 (2) $U_0 = |\underline{U_0}| = \frac{RC\omega}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} A$

Phase à l'entrée de $u_0(t)$:

$\varphi = \arg(\underline{U_0}) = \arg(jRC\omega) - \arg(1 + jRC\omega) + \arg A$

$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctan(RC\omega)$

et $u(t) = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$

(2) 31. BF : $RC\omega \ll 1 \Rightarrow \underline{U_0} \approx RC\omega A$

22. Energie thermique reçue par le piston :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta T$$

Puissance thermique reçue par le piston :

$$P = \rho \cdot \frac{V}{\Delta t} \cdot c \cdot \Delta T = \rho \cdot D_s \cdot c \cdot \Delta T$$

A.N.:

$$P \approx 1,0 \cdot 10^3 \times \frac{20}{3600} \times 4,2 \cdot 10^3 \times 5$$

$$\approx 1,0 \cdot 10^3 \times \frac{20}{36 \cdot 10^2} \times 4,2 \cdot 10^3 \times 5$$

$$\approx 100 \cdot 10^3 \approx 10^5 \text{ W} \approx \underline{100 \text{ kW}}$$

En supposant l'échangeur parfait :

$$P_c = -P = \underline{-100 \text{ kW}}$$

Puissance de la pompe :

$$P = \underline{12 \text{ kW}}$$

D'où :

$$\text{efficace} = -\frac{Q_c}{W} = -\frac{P_c}{P} = \frac{100}{12} = \underline{8}$$

23. $\vec{E}(M) = E_x(x, y, z) \vec{e}_x + E_y(x, y, z) \vec{e}_y + E_z(x, y, z) \vec{e}_z$
à priori.

* Plans de symétrie de la distribution de charges :

$$\Pi_1 = (M, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$$

$$\Pi_2 = (M, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$$

$$\Rightarrow \vec{E} \in \Pi_1 \cap \Pi_2 \Rightarrow \vec{E} \text{ suivant } \vec{e}_z$$

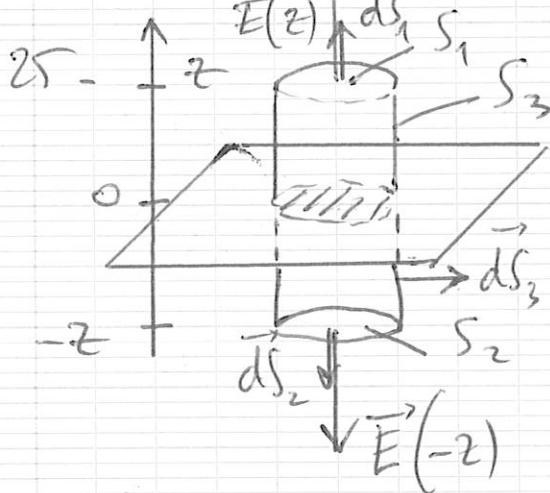
$$\vec{E}(M) = E_z(x, y, z) \vec{e}_z$$

* Invariances de la distribution de charges suivant x et y
 $\Rightarrow E$ ne dépend pas de x , ni de y .

Conclusion :

$$\vec{E}(M) = E_z(z) \cdot \vec{e}_z = \underline{E(z) \cdot \vec{e}_z}$$

24 - Distribution de charge symétrique par rapport
au plan $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$
 $\Rightarrow \vec{E}(z) = -\vec{E}(-z)$



Surface de Gauss Σ :
Cylindre de hauteur $2z$,
symétrique par rapport
au plan $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$,
section S

Théorème de Gauss :

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \iint_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{S}_1 + \iint_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{S}_2 + \underbrace{\iint_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{S}_3}_{=0}$$

car $\vec{E} \perp d\vec{S}_3$

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot S + E \cdot S + 0$$

$$= 2 \cdot E \cdot S$$

$$Q_{\text{int}} = \sigma S$$

D'où :

$$\oint_{\Sigma} \vec{E} \cdot d\vec{S} = 2ES = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

On en déduit :

$$\vec{E}(z) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \vec{e}_z \text{ pour } z > 0$$

$$\vec{E}(z) = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \vec{e}_z \text{ pour } z < 0$$

26.



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$$

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2 \Rightarrow \vec{E} = 2\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2$$

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$$

$\vec{E}_1$ champ électrostatique créé par le plan $z=0$, charge $-\sigma$.

$\vec{E}_2$ champ électrostatique créé par le plan $z=e$, charge $+\sigma$.

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ (Th. de superposition)
Entre les armatures :

$$\vec{E} = 2\vec{E}_1 = 2\vec{E}_2 = -\frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{e}_z$$

27.

$$\vec{E} = -\text{grad } V$$

$$-\frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{e}_z = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{e}_y + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{e}_z\right)$$

$$= -\frac{\partial V}{\partial z} \vec{e}_z = -\frac{dV}{dz} \vec{e}_z$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{dV}{dz} \Rightarrow \frac{\sigma}{\epsilon_0} z + \text{cte} = V(z)$$

Donc :

$$U = V(e) - V(0)$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_0} e + \text{cte} - \text{cte} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} e = \frac{Q}{S\epsilon_0} e$$

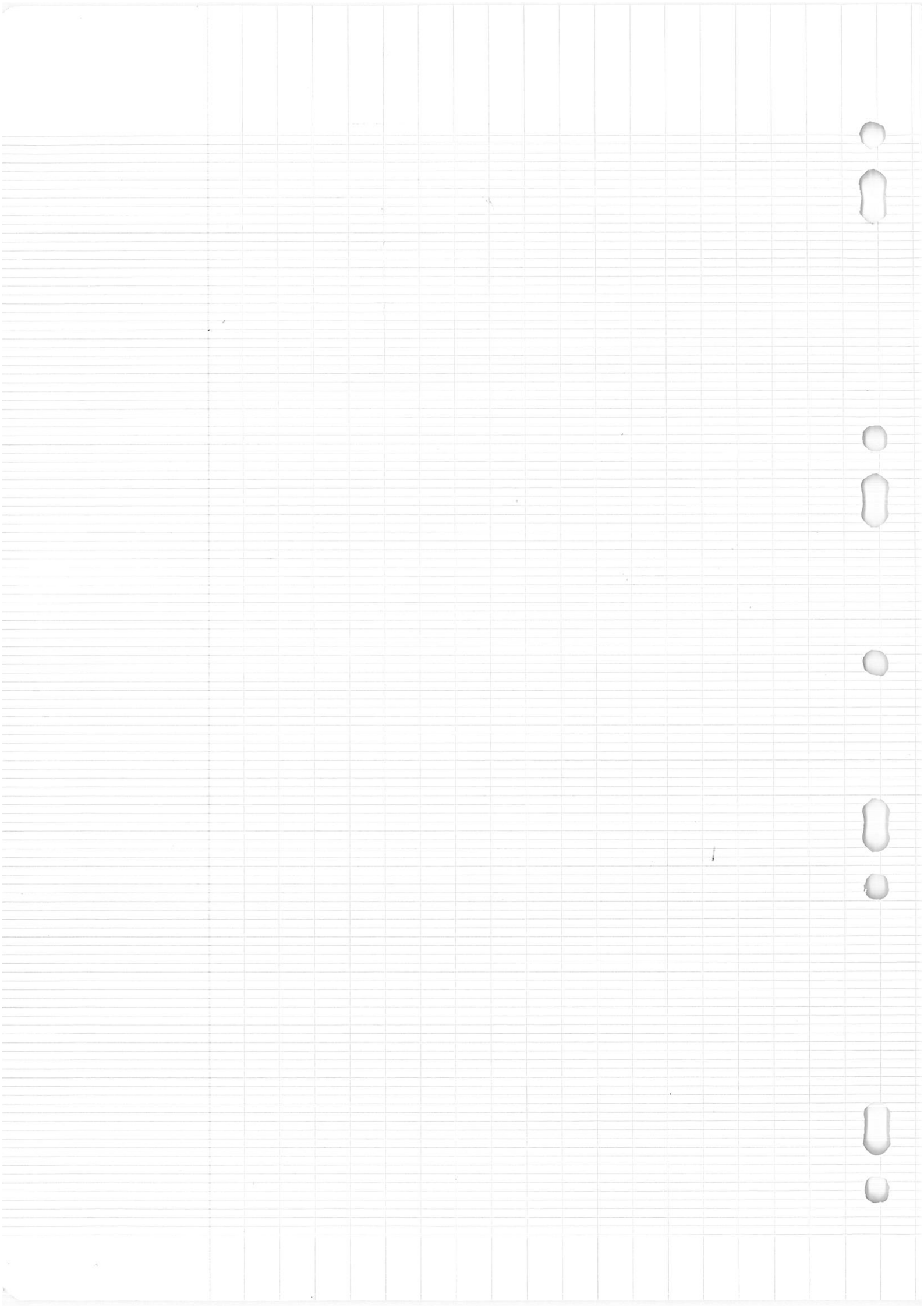
Donc :

$$\text{car } \sigma = \frac{Q}{S}$$

$$U = \frac{Qe}{S\epsilon_0} = \frac{Q}{C}$$

Par identification :

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{e}$$



28. Condensateurs en parallèle :

$$C = C_1 + C_2$$

Avec :

$$C_1 = C_{\text{air}} = \frac{\epsilon_0 S_{\text{air}}}{e} = \frac{\epsilon_0 L(H-x)}{e}$$

Donc :

$$C_2 = C_{\text{eau}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S_{\text{eau}}}{e} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r Lx}{e}$$

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 L}{e} (H-x) + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r Lx}{e}$$

$$= \frac{\epsilon_0 L}{e} (H-x + \epsilon_r x)$$

$$= \frac{\epsilon_0 L}{e} (\epsilon_r - 1)x - \frac{\epsilon_0 L}{e} H$$

$$a = \frac{\epsilon_0 L}{e} (\epsilon_r - 1)$$

$$b = \frac{\epsilon_0 L}{e} H$$

32. En BF, on a :

$$U_0 \simeq RC\omega A$$

$$\simeq R\omega A(ax+b)$$

En BF, U_0 est une fonction affine de x (hauteur d'eau), donc la mesure de U_0 permet de connaître la hauteur donc le volume d'eau.

33. En python :

$$n = \text{len}(h)$$

$$\text{somme} = 0$$

for i in range(n):

$$\text{somme} = \text{somme} + h[i]$$

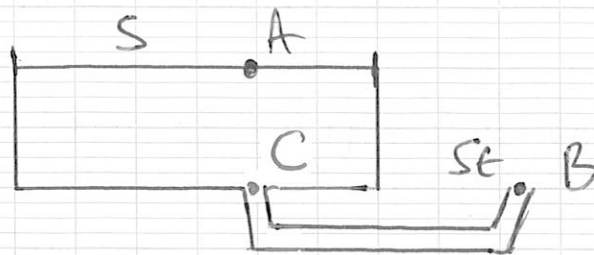
$$\text{moyenne} = \text{somme} / \text{len}(h)$$

34. $\text{somme 2} = 0$ # $\text{somme 2} = \text{variance}$
 for i in range(n):
 $\text{somme 2} = \text{somme 2} + (h[i] - \text{moyenne})^2$
 $V = \text{somme 2} / \text{len}(h)$
 print(somme 2). # ou print(variance).

35. Incertitude type :

$$u(h) = \frac{\sqrt{V}}{\sqrt{n}}$$

III. 1.
36.



- * Hypothèses :
 Écoulement parfait (sans perte)
 Eau incompressible ($\rho = \text{cte}$)
 Débit volumique $D_v = S \cdot v_A = S_t \cdot v_B$

- * Bernoulli entre A et B :

$$p_A + \rho g z_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = p_B + \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

- * A et B sont en contact avec l'air

$$\Rightarrow p_A = p_B = p_{\text{atm}}$$

$$* S \gg S_t \Rightarrow v_A = 0$$

$$\Rightarrow \rho g z_A = \rho g z_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

$$\frac{\rho g (z_A - z_B)}{H} = \frac{1}{2} \rho v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2gH}$$

$$37. D_v = S_t \sqrt{2gH}$$

$$38. D_v = \frac{V}{\Delta t} = \frac{HS}{\Delta t} = S_t \sqrt{2gH}$$

d'où :

$$\Delta t = \frac{HS}{S_t \sqrt{2gH}} = \frac{S}{S_t} \sqrt{\frac{H}{2g}}$$

- 39. En réalité, le temps sera plus long, car la pression baisse lorsque le bassin se vide (pression en C) $\Rightarrow v_B \searrow \Rightarrow D_v \searrow$

Par ailleurs, l'écoulement n'est pas parfait.

40. $D_0(t) = S \cdot v_0(t) = S_t \cdot v(t)$
Hypothèses : Eau incompressible.

41. En utilisant le raisonnement de Q36 et Q37 :

$$D_0(t) = S \cdot v_0(t) = S_t \cdot v(t)$$

$$= S \left(-\frac{dh}{dt}(t) \right) = S_t \cdot \sqrt{2g h(t)}$$

On obtient :

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{S_t \sqrt{2g}}{S} \sqrt{h} = -\alpha \sqrt{h} \quad \text{avec :}$$

$$\alpha = \frac{S_t \sqrt{2g}}{S}$$

$$\frac{dh}{\sqrt{h}} = -\frac{S_t \sqrt{2g}}{S} dt$$

Non demandé

Intégration par variables séparées :

$$\int_H^0 \frac{dh}{\sqrt{h}} = -\frac{S_t \sqrt{2g}}{S} \int_0^T dt$$

avec T temps de vidange.

$$\left[2\sqrt{h} \right]_H^0 = -\frac{S_t \sqrt{2g}}{S} T$$

$$2\sqrt{H} = \frac{S_t \sqrt{2g}}{S}$$

$$T = \frac{S}{S_t} \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

42. $h(t) = \left(A - \frac{\alpha t}{2} \right)^2$

Donc : $\sqrt{h} = A - \frac{\alpha t}{2} \quad \Rightarrow$

$$\frac{dh}{dt} = -\alpha \left(A - \frac{\alpha t}{2} \right)$$

On a bien :

$$\frac{dh}{dt} = -\alpha \sqrt{h}$$

$$A \text{ à } t=0 :$$

mathématiquement : $h(0) = A^2$
 physiquement : $h(0) = H$
 donc : $A^2 = H$
 $A = \sqrt{H}$

43. $h(t) = \left(\sqrt{H} - \frac{st}{2} \right)^2 = \left(\sqrt{H} - \frac{st}{2} \sqrt{2g} \frac{t}{2} \right)^2$
 pour $t=T$:
 $h(T) = \left(\sqrt{H} - \frac{st}{2} \sqrt{2g} \frac{T}{2} \right)^2 = 0$
 maths

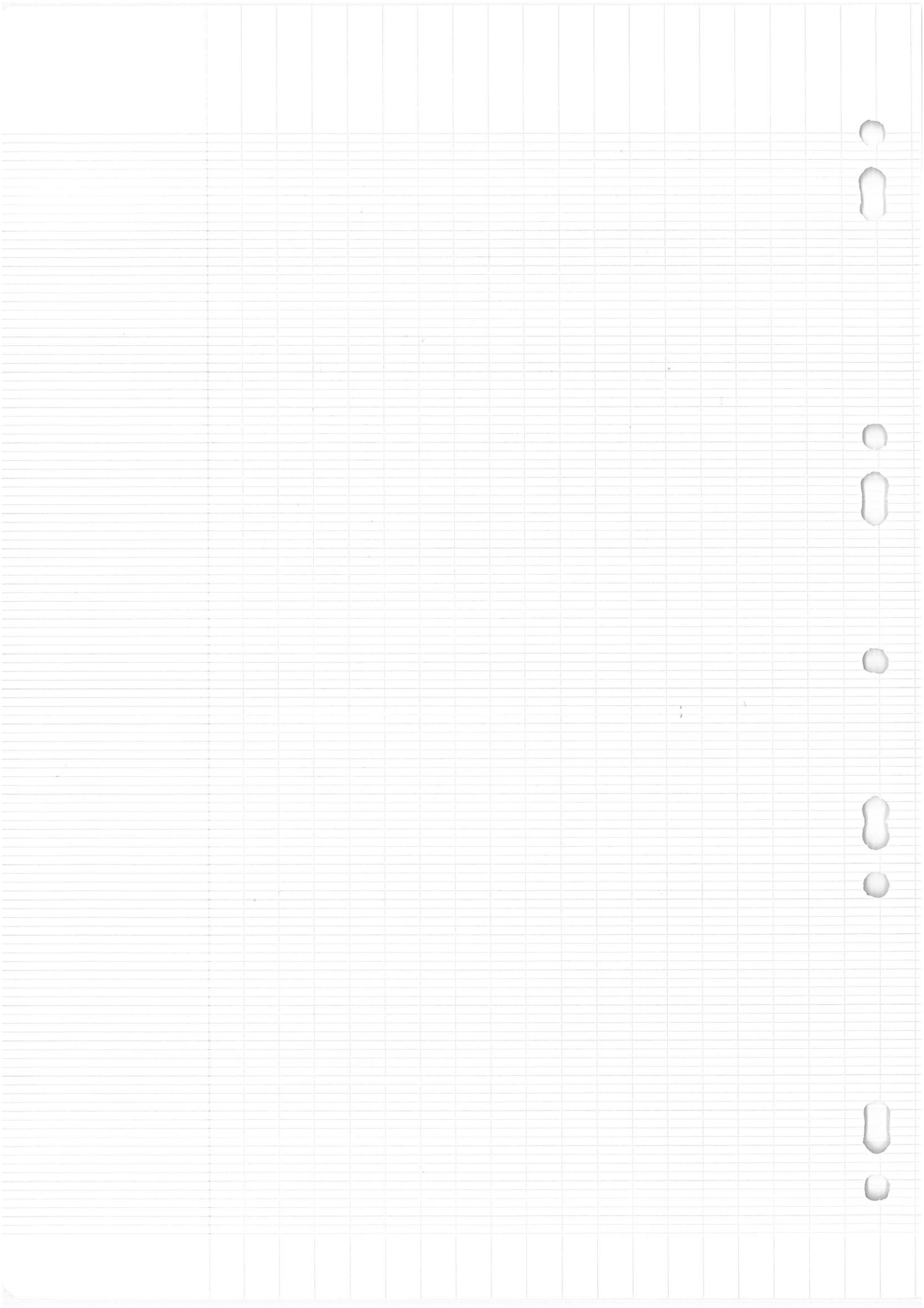
phys.
 $\sqrt{H} = \frac{st}{2} \sqrt{2g} \frac{T}{2} = \frac{st}{2} \sqrt{\frac{g}{2}} T$

$T = \frac{2}{st} \sqrt{\frac{2H}{g}}$

44. Débit constant : $\Delta t = \frac{S}{st} \sqrt{\frac{H}{2g}}$

Débit variable : $T = \frac{S}{st} \sqrt{\frac{2H}{g}}$

On a : $T = 2 \Delta t$
 le temps de vidange est le double.



IV-1. 45. Conservation de l'énergie mécanique :

$$E_{mA} = E_{m0} /$$

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{c0} + E_{p0} /$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

④

d'où :

$$v = \sqrt{2gh} /$$

A.N. :

$$v \approx \sqrt{2 \times 10 \times 10} \approx \sqrt{200} \approx \underline{14 \text{ m.s}^{-1}} /$$

1 46. Référentiel = Terrestre, galiléen /

1 Système = Projectile de masse m . /

$$\text{BAHE} = \vec{P} = m\vec{g}$$

$$1 \text{ PFD : } m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\text{d'où : } \vec{a} = \vec{g}$$

Mouvement suivant Axe z :

⑥

1

$$\text{C'est à dire : } a_z = g /$$

$$\text{On intègre : } \ddot{z} = g$$

$$\dot{z} = gt + \dot{z}(0) /$$

$$\text{On intègre } z = \frac{1}{2}gt^2 + z(0) /$$

1

$$\underline{z(t) = \frac{1}{2}gt^2 - h} /$$

47. Impact dans l'eau : $z = 0$

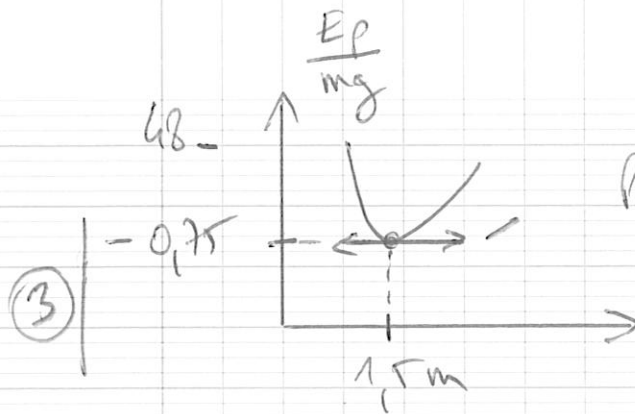
$$\frac{1}{2}gt^2 - h = 0$$

②

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} /$$

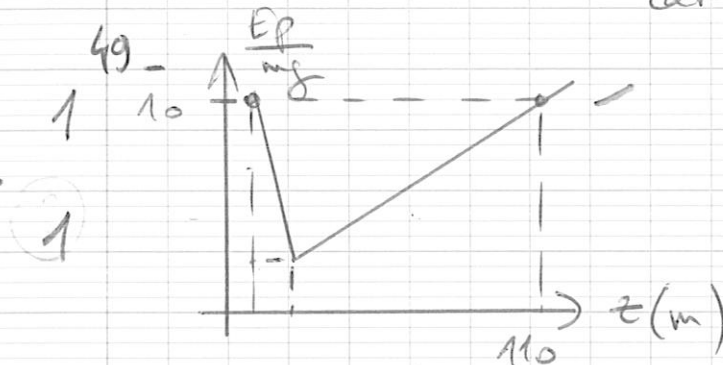
A.N. :

$$t \approx \sqrt{\frac{2 \times 10}{10}} \approx \underline{1.4 \text{ s}} /$$



Position d'équilibre
 $z = 1,5 \text{ m}$

Position d'équilibre stable
car minimum d' E_p



Conservation de l'énergie
mécanique -
 $\Rightarrow \underline{z_{\max} = 110 \text{ m} !}$

④ 1 Résultat non raisonnable -
Il manque à la modélisation :

- Impact au contact de l'eau
- Frottement de l'eau

50.
$$W(\vec{F}) = \int_0^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_0^B -F \cdot dl$$

③
$$= -F \int_0^B dl = \underline{-F \cdot z_{\max}}$$

(En supposant F constante)
 $W(\vec{F}) < 0$: cette force est résistante et s'oppose au mouvement.

① 51. $\Delta E_m = W$
Doc 13 : $h = 10 \text{ m} \Rightarrow \underline{z_{\max} = 2,4 \text{ m}}$
Doc 12 : $z = 2,4 \text{ m}$

④ 1 $\Rightarrow \frac{E_p}{mg} = -0,65 \text{ m}$

$\Rightarrow E_{pB} = -0,65 mg$

① 1 $W = E_{mB} - E_{mA}$
 $= E_{pB} - E_{pA}$ (car $E_{cA} = E_{cB} = 0$, vitesses nulles)

Non
pair

$$-F \cdot z_{\max} = E_B - E_A = -mg(z_B - z_A)$$

$$F = \frac{E_B - E_A}{z_{\max}} = \frac{mg}{z_{\max}} (z_B - z_A)$$

$$= \frac{mg}{z_{\max}} (z_B - z_A)$$

$$= \frac{80 \times 10}{2,4} (2,4 - (-1,0))$$

$$= \frac{80 \times 10 \times 12,4}{2,4} \approx 80 \times 10 \times 5$$
$$\approx \underline{\underline{4 \cdot 10^3 \text{ N}}}$$

