

## CONCOURS BLANC N°2

### I. Mission Rosetta

(inspiré de Julien Cubizolles, <http://mpsi2llg.free.fr>)

#### I.1. Généralités

**Q1.** Appliquons le théorème du moment cinétique au point matériel dans  $\mathfrak{R}_S$  au point O. La force exercée par la masse en O sur la masse  $m$  étant toujours dirigé vers O, son moment en O est nul. Il vient que  $\vec{\sigma}_O$  est conservé. Le vecteur position étant toujours perpendiculaire à  $\vec{\sigma}_O$  (constant), il vient que le mouvement est plan.

**Q2.** Il vient :

$$\vec{\sigma}_O = \vec{OM} \wedge m\vec{v}_S = \boxed{mr^2\dot{\theta}\vec{e}_z = \sigma_c\vec{e}_z}$$

**Q3.**  $\sigma_c = mR^2\dot{\theta}$  est une constante. Si  $R$  est constant, alors  $\dot{\theta}$  aussi : le mouvement est uniforme.

Le PFD s'écrit :

$$-mr\dot{\theta}^2 = -\frac{Gmm_E}{R^2}$$

donc :

$$v = r\dot{\theta} = \sqrt{\frac{Gm_E}{R}} \quad (1)$$

Il vient :

$$E_c = \frac{Gmm_E}{2R}$$

$$E_p = -\frac{Gmm_E}{R}$$

$$E_m = -\frac{Gmm_E}{2R}$$

**Q4.**  $T = \frac{2\pi R}{v}$ . En utilisant l'expression 1, il vient :

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{Gm_E} \quad (2)$$

**Q5.** On connaît le rayon et la période, donc :

$$v_{T/S} = \frac{2\pi r_T}{T} = 29\text{km/s}$$

Remarquons que  $E_m = -E_c$  dans une trajectoire circulaire, on a donc :

$$E_m = -\frac{1}{2}m_T v_{T/S}^2 = -2\pi^2 m_T \frac{r_T^2}{T^2} = -2,6 \times 10^{33} \text{ J}$$

**Q6.** Pour s'éloigner à l'infini, il doit avoir une énergie mécanique supérieure à  $E_p(+\infty) = 0$  d'où :

$$E_m = -\frac{Gmm_S}{R} + \frac{1}{2}m v_{i/S}^2 > 0$$

soit :

$$v_{i/S} = \sqrt{\frac{2Gm_S}{R}} = \sqrt{2}v_{T/S} = 41\text{km/s} \quad (3)$$

**Q7.** Au périastre et à l'apoastre, la vitesse est purement orthoradiale et le moment cinétique (conservé) s'écrit :  $\sigma_c = mr_p v_p = mr_a v_a$ . En ces deux points, l'énergie mécanique (aussi conservée) s'écrit :

$$\begin{cases} E_m = \frac{1}{2}m v_p^2 - \frac{Gmm_E}{r_p} \\ E_m = \frac{1}{2}m v_a^2 - \frac{Gmm_E}{r_a} \end{cases} \implies \left\{ \begin{array}{l} (r_p^2 - r_a^2) E_m = -Gmm_E (r_p - r_a) \end{array} \right.$$

soit :

$$E_m = -\frac{Gmm_E}{r_p + r_a} \quad (4)$$

#### I.2. Trajectoires

**Q8.** Le raisonnement précédent s'applique à nouveau :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2Gm_T}{R_T}} = 11\text{km/s}$$

**Q9.** La conservation de l'énergie mécanique entre le point de départ et l'infini s'écrit :

$$\frac{1}{2}m_{sonde} v_1^2 - \frac{Gm_{sonde} m_T}{R_T} = \frac{1}{2}m_{sonde} v_\infty^2$$

soit :

$$v_\infty = \sqrt{\frac{6Gm_T}{R_T}} = 19\text{km/s}$$

**Q10.** De son demi grand-axe  $a = \frac{r_{p,Tc} + r_{a,Tc}}{2}$ , il vient en utilisant la loi de Kepler (égalité du rapport pour Tchouri et la Terre) :

$$T_{Tc} = T_T \left( \frac{r_{p,Tc} + r_{a,Tc}}{2r_T} \right)^{3/2} = 2,4 \times 10^3 \text{ jours}$$

L'expression de l'énergie mécanique permet d'écrire ( $m_c$  est la masse de Tchouri) :

$$E_m = -\frac{Gm_c m_S}{r_{p,Tc} + r_{a,Tc}} = \frac{1}{2}m_c v^2 - \frac{Gm_c m_S}{r}$$

soit avec  $Gm_S = \frac{4\pi^2 r_T^3}{T_T^2}$  :

$$v = \frac{2\pi r_T}{T_T} \sqrt{2r_T \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r_{p,Tc} + r_{a,Tc}} \right)}$$

Il vient donc respectivement au périhélie ( $r = r_{p,Tc}$ ) et à l'aphélie ( $r = r_{a,Tc}$ ) :  $v_{Tc,p/S} = 35 \text{ km.s}^{-1}$  et  $v_{Tc,a/S} = 7,3 \text{ km.s}^{-1}$ .

**Q11.** La question précédente montre que la connaissance des périhélie et aphélie permet de remonter à la vitesse de la sonde (en remarquant que  $r_T = r_{p,Ro}$ ) :

$$v_{Ro,p/S} = \frac{2\pi r_T}{T_T} \sqrt{2 \frac{r_{a,Ro}}{(r_T + r_{a,Ro})}}$$

Le périhélie est tel que  $r_{p,Ro} = r_T = 1 \text{ u.a.}$  Sur le schéma, on mesure 1.4cm. Pour l'aphélie, on mesure 7.3cm. Il vient :

$$v_{Ro,p/S} = 38\text{km/s}$$

**Q12.** On utilise la troisième loi de Kepler :

$$T_{Ro} = T_T \left( \frac{r_{a,Ro} + r_T}{2r_T} \right)^{3/2} = 2,0 \times 10^3 \text{ jours}$$

### I.3. Assistance gravitationnelle

**Q13.** Le référentiel géocentrique est galiléen car en translation rectiligne uniforme sous les hypothèses choisies. Loin de la Terre, l'attraction gravitationnelle étant négligeable, le mouvement sera donc rectiligne uniforme.

**Q14.** L'énergie mécanique vaut :  $E_m = \frac{1}{2}m_{sonde}v_{0/T}^2 > 0$ . Il s'agit donc bien d'une trajectoire hyperbolique.

**Q15.** A la fin, l'énergie mécanique, qui se conserve vaut  $E_m = \frac{1}{2}m_{sonde}v_{D/T}^2$ . En égalisant avec la première expression de  $E_m$ , il vient  $\boxed{v_{D/T} = v_{0/T}}$ .

**Q16.**  $D = 0$  correspond à une déviation nulle donc à une influence faible. Cela se produit si la sonde reste éloignée ( $b$  grand) et/ou si la vitesse  $v_{0/T}$  est très grande.

$D = \pi$  correspond à  $\boxed{b = 0}$ .

**Q17.** Remarquons que  $\frac{Gm_T}{b}$  et  $v_{0/T}^2$  ont même unité (ce sont des énergies par unités de masse). Donc les rapports :  $\frac{Gm_T}{bv_{0/T}^2}$  et  $\frac{bv_{0/T}^2}{Gm_T}$  sont sans dimensions.

Pour que  $\tan \frac{D}{2} = \beta$ , il faut que l'expression soit cohérente avec la questions précédentes soit  $\tan \frac{D}{2} = 0$  quand  $bv_{0/T}^2$  tend vers l'infini et  $\tan \frac{D}{2} = +\infty$  quand  $b$  tend vers 0.

La seule expression compatible est :

$$\boxed{\beta = \frac{Gm_T}{bv_{0/T}^2}}$$

**Q18.** Le référentiel géocentrique est supposé en translation par rapport au référentiel héliocentrique pendant la durée de l'assistance, donc en notant  $M_0$  et  $M_T$  les positions respectives de Rosetta et de la Terre :

$$\left. \frac{d\vec{OM}_0}{dt} \right|_{\mathfrak{R}_S} = \left. \frac{d\vec{OM}_0}{dt} \right|_{\mathfrak{R}_T} = \left. \frac{d\vec{OM}_T}{dt} \right|_{\mathfrak{R}_T} + \left. \frac{d\vec{M_T M_0}}{dt} \right|_{\mathfrak{R}_T}$$

d'où  $\boxed{\vec{v}_{0/S} = \vec{v}_{T/S} + \vec{v}_{0/T}}$ . Cf. Fig. 1.

**Q19.** Il vient :

$$\boxed{v_{0/T} = \sqrt{v_{0/S}^2 + v_{T/S}^2 - 2v_{0/S}v_{T/S} \cos \alpha}}$$

**Q20.** On utilise l'égalité des normes entre  $v_{0/T}$  et  $v_{D/T}$  après avoir construit  $v_{0/T}$  et réalisé la rotation d'angle  $D$  (Fig. 1).  $v_{D/S}$  s'obtient par sommation vectorielle.

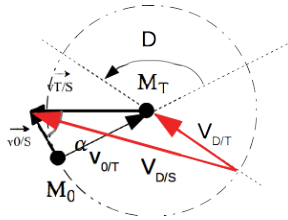


FIGURE 1 -

**Q21.** L'inégalité triangulaire permet de dire que  $v_{D/S}$  sera maximale quand  $v_{D/T}$  est colinéaire à  $v_{T/S}$  (Fig. 2). Il vient alors :

$$v_{D/S} = v_{D/T} + v_{T/S} = v_{D/T} + v_{T/S}$$

donc :

$$\boxed{v_{D/S, \max} = \sqrt{v_{0/S}^2 + v_{T/S}^2 - 2v_{0/S}v_{T/S} \cos \alpha} + v_{T/S}}$$

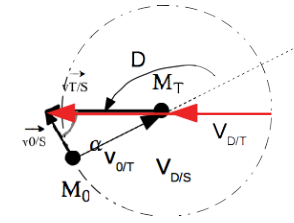


FIGURE 2 -

**Q22.** On veut calculer  $v_{D/S, \max}$  dans des cas particuliers.

a)  $\boxed{v_{D/S, \max} = 2v_{T/S}}$

b)  $v_{D/S, \max} = (\sqrt{2(1 - \cos \alpha)} + 1)v_{T/S} = (1 + 2 \sin \frac{\alpha}{2})v_{T/S}$  soit :

$$\boxed{\frac{v_{D/S, \max} - v_{T/S}}{v_{T/S}} \approx \alpha}$$

**Q23.** Avant son premier passage,  $v_{0/S} = v_{T/S}$ , on peut donc directement utiliser l'expression précédente :  $\Delta v \approx \alpha v_{T/S}$  d'où :

$$\boxed{\alpha \approx \frac{\Delta v}{v_{T/S}} = 0.13 \text{ rad}}$$

## II. Étude d'un réfrigérateur (d'après Agro-Veto 2005)

### Q1. Préliminaires.

a) Par définition, on a  $\ell(T) = h_V(T) - h_L(T)$ , d'où  $\ell_1 = h_{1V} - h_{1L} = 182,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$  et  $\ell_2 = h_{2V} - h_{2L} = 123,6 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

b) Un changement d'état isobare conduit à une température finale égale à la température initiale. Évaluée sur un chemin réversible, donc isobare et isotherme, la variation d'entropie vérifie donc  $\Delta s = \frac{Q_p}{T} = \frac{\Delta h}{T} = \frac{\ell}{T}$ , d'où  $s_{iL} = s_{iV} - \frac{\ell_i}{T_i}$ . On obtient  $s_{1L} = 23,8 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $s_{2L} = 285 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

### Q2. Étude du compresseur A → B.

a) On a  $s(x_A, T_1) = s(x_B = 1, T_2)$ , donc  $s_{1L} + x_A(s_{1V} - s_{1L}) = s_{2V}$ . D'où  $x_A = \frac{s_{2V} - s_{1L}}{s_{1V} - s_{1L}} \approx 0,929$ .

b)  $w^* = h_B - h_A = h_{2V} - (h_{1L} + x_A(h_{1V} - h_{1L})) \approx 40,2 \text{ kW.kg}^{-1}$ .

### Q3. Étude du condenseur B → C.

a) Pour un changement d'état isobare, on a  $q_{BC} = \Delta h$ , donc ici  $q_{BC} = -\ell_2 = -123,6 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

b) L'entropie reçue provient de l'air de la cuisine, qui est à la température  $T_{\text{amb}} = 293 \text{ K}$ . Donc  $s_e = -\frac{\ell_2}{T_{\text{amb}}} = -422 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Par ailleurs on a  $\Delta s = s_{2L} - s_{2V} = -395 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . On déduit l'entropie créée  $s_c = \Delta s - s_e = 27 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

### Q4. Étude du détendeur C → D.

a) La détente étant isenthalpique,  $h_{2L} = h_{1L} + x_D(h_{1V} - h_{1L})$ , d'où  $x_D = \frac{h_{2L} - h_{1L}}{h_{1V} - h_{1L}} \approx 0,471$ .

b) La détente de Joule-Kelvin est adiabatique, donc l'entropie échangée est nulle, d'où  $s_c = \Delta s = s_{1L} + x_D(s_{1V} - s_{1L}) - s_{2L} = 71,4 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

### Q5. Étude de l'évaporateur D → A.

a) On a de nouveau un changement d'état isobare, donc  $q_{DA} = \Delta h$ . Mais il n'est que partiel, d'où  $q_{DA} = (x_A - x_D)\ell_1 = 83,4 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

b) On en déduit  $s_e = \frac{q_{DA}}{T_{\text{fr}}} = 317 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $\Delta s = (x_A - x_D)(s_{1V} - s_{1L}) = 323 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , et  $s_c = \Delta s - s_e = 6 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

### Q6. Bilan.

a) On cherche à optimiser l'apport de chaleur par la source froide  $q_{DA}$  pour un travail total reçu  $w$  :  $e_F = \frac{q_{DA}}{w}$ . Comme le premier principe sur le cycle entier implique  $0 = w + q_{BC} + q_{DA}$ , on obtient  $e_F = \frac{-1}{1 + \frac{q_{BC}}{q_{DA}}} = 2,07$ .

b) D'après le second principe sur un cycle complet,  $\frac{q_{BC}}{T_{\text{amb}}} + \frac{q_{DA}}{T_{\text{fr}}} + s_c = 0$ , donc  $e_F = \frac{-1}{1 - \frac{T_{\text{amb}}}{T_{\text{fr}}} - \frac{T_{\text{amb}} s_c}{q_{DA}}}$ . Comme  $s_c \geq 0$ , on obtient une efficacité maximale pour un cycle réversible ( $s_c = 0$ ), donc  $e_{\text{max}} = \frac{-1}{1 - \frac{T_{\text{amb}}}{T_{\text{fr}}}} = \frac{T_{\text{fr}}}{T_{\text{amb}} - T_{\text{fr}}} = 8,77$ .

c) D'après la question précédente,  $s_c = -\frac{q_{BC}}{T_{\text{amb}}} - \frac{q_{DA}}{T_{\text{fr}}} = 105 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

d) Pour que les sources froide et chaude jouent leur rôle, c'est-à-dire que les transferts thermiques spontanés vérifient  $q_{DA} > 0$  et  $q_{BC} < 0$ , on doit avoir  $T_1 < T_{\text{fr}}$  et  $T_2 > T_{\text{amb}}$ .

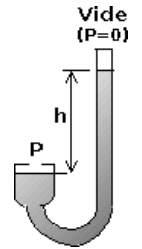
## III. Modélisation thermodynamique du cœur (d'après E3A 2017 Physique-Chimie)

### III.1. Évaluation du travail fourni par le cœur

#### Q1.

Dans un baromètre de type Torricelli (à tube en U) rempli de mercure (cf ci-contre), on lit une dénivellation de hauteur  $h$  pour une pression atmosphérique  $P$  vérifiant  $P = \rho_{\text{Hg}}gh$  en négligeant la pression de saturation du mercure présente dans l'extrémité fermée du tube (proche du vide). On a donc  $P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}}gH_0$  d'où

$$\rho_{\text{Hg}} = \frac{P_{\text{atm}}}{gH_0} = 13,6 \times 10^3 \text{ kg.}$$

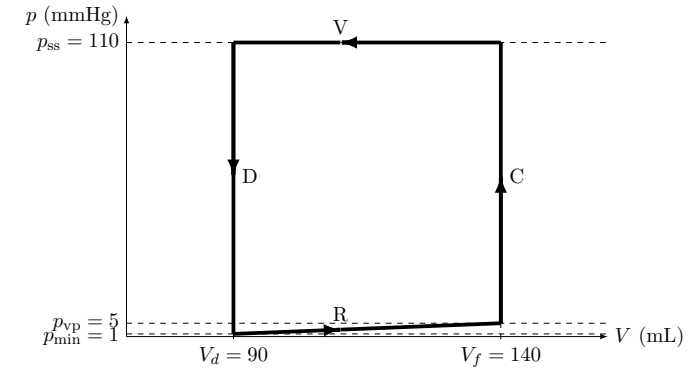


Q2. • Les phases C et D ont lieu valves fermées donc ce sont respectivement une **compression** et une **détente isochores**.

• La phase V a lieu à haute pression (pression systémique à la systole  $p_{\text{ss}}$ ) car l'irrigation complète de tous les organes à travers le réseau sanguin ramifié nécessite une surpression considérable<sup>1</sup>, de sorte que le sang puisse revenir au cœur dans le ventricule droit. Il s'agit donc de l'isobare haute.

• Enfin la phase R correspond à l'arrivée de sang à basse pression en fin de circulation pulmonaire.

Le sens de parcours est nécessairement anti-horaire pour respecter le sens des Compression-Détente et de l'évolution du volume du ventricule en phase de vidage ( $V$  diminue) ou de remplissage ( $V$  augmente).



Q3. On a donc ici  $W_g = -W_{m,g}$  avec  $W_{m,g} = \oint_{\text{cycle}} p \, dV$  qui représente l'aire du cycle. Le sens de parcours étant anti-horaire, l'aire algébrique du cycle est négative, donc  $W_g > 0$ .

Ceci est conforme au fait que pour être mis en mouvement par la pompe cardiaque, le sang doit recevoir du travail moteur de la part du cœur.

Q4. L'aire (en valeur absolue) du cycle se décompose en un rectangle de hauteur  $p_{\text{ss}} - p_{\text{vp}}$  et un triangle de hauteur  $p_{\text{vp}} - p_{\text{min}}$ , tous deux de base  $V_s = V_f - V_d$ , donc  $W_g = (p_{\text{ss}} - p_{\text{vp}})V_s + \frac{1}{2}(p_{\text{vp}} - p_{\text{min}})V_s$ . On en déduit  $W_g = (p_{\text{ss}} - \frac{1}{2}p_{\text{vp}} + p_{\text{min}})V_s$ .

On peut approximer cette expression à environ 1% près par  $W_g \approx p_{\text{ss}}V_s$ .

Par incompressibilité du sang, la quantité  $V_s$  correspond au **volume de sang traversant le réseau sanguin entre chaque battement**.

1. à cause des pertes de charge dues à la viscosité, et à l'hydrostatique

Q5. En appliquant les mêmes raisonnements et approximation, on obtient  $W_d \approx p_{ps} V_s$ .  
Entre 2 battements la puissance moyenne fournie par le cœur au sang est donc

$$\mathcal{P} = f(W_g + W_d) \approx f(p_{ss} + p_{ps}) V_s.$$

Q6. Le cycle nous donne  $V_s = 50 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ . On évalue les puissances moyennes pour les trois états proposés, en convertissant les surpressions en Pa grâce au facteur  $\frac{P_{\text{mmHg}}}{133} \approx 133 \text{ Pa} \cdot \text{mm}^{-1}$  :

- Repos couché :  $\mathcal{P}_{rc} \approx \frac{64}{60} \times 50 \times 10^{-6} \times (130 + 20) \times 133 \approx 1,1 \text{ W}$  ;
- Repos debout :  $\mathcal{P}_{rd} \approx \frac{73}{60} \times 50 \times 10^{-6} \times (136 + 15) \times 133 \approx 1,2 \text{ W}$  ;
- Pic d'activité :  $\mathcal{P}_{pa} \approx \frac{167}{60} \times 50 \times 10^{-6} \times (220 + 34) \times 133 \approx 4,7 \text{ W}$  ;

On évalue l'énergie totale journalière avec une répartition de  $d_{rc} = 8 \text{ h}$  de repos couché,  $d_{rd} = 15 \text{ h}$  de repos debout, et  $d_{pa} = 1 \text{ h}$  de pic d'activité :

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{P}_{rc} d_{rc} + \mathcal{P}_{rd} d_{rd} + \mathcal{P}_{pa} d_{pa} \approx 0,11 \text{ MJ}, \quad \text{correspondant à} \quad \mathcal{P}_{\text{moy}} = \frac{\mathcal{E}_m}{d_{rc} + d_{rd} + d_{pa}} = 1,3 \text{ W}.$$

### III.2. Rendement cardiaque

Q7. Le rendement du cœur peut être défini par  $\eta = \frac{\text{énergie fournie au sang}}{\text{énergie apportée par } O_2} = \frac{\mathcal{E}_m}{\mathcal{E}_j} \approx \frac{0,11}{0,14 \times 10} \approx 8\%$ .

Q8. On note respectivement  $W_m = -(W_g + W_d)$ ,  $Q_c$  et  $Q_f$  le travail, le transfert thermique en provenance de la source chaude et le transfert thermique en provenance de la source froide, reçus par le cœur (c'est-à-dire par son agent thermique si on pouvait le définir) au cours d'un cycle complet.

Par périodicité des variables d'état énergie mécanique macroscopique, énergie interne et entropie du cœur (ou de l'agent thermique), les premier et second principe s'écrivent respectivement

$$0 = W_m + Q_c + Q_f \quad \text{et} \quad 0 = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} + S_p$$

où  $S_p \geq 0$  est l'entropie produite au cours d'un cycle.

Cette machine étant un moteur, on définit le rendement par  $\eta = -\frac{W_m}{Q_c}$ , ce qui donne après injection des équations précédentes :

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} - \frac{T_f}{T_c} S_p \quad \text{donc} \quad \eta \leq \eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_f}{T_c},$$

l'égalité étant obtenue pour un cycle parfaitement réversible.

Q9. On obtient  $T_c \geq \frac{T_f}{1 - \eta} = 319 \text{ K} = 46^\circ \text{C}$ . Cette température est nettement supérieure à la température corporelle de  $37^\circ \text{C}$ , ce qui prouve que le modèle est grossier.  
Toutefois l'ordre de grandeur est raisonnable car le rendement a aussi été évalué de façon grossière. Par exemple on trouve  $T_c \geq 37^\circ \text{C}$  pour un rendement  $\eta = 5,5\%$ .

### III.3. Évolution du rendement du cœur en fonction de l'effort fourni

Q10. → Première méthode : on sépare les variables puis on intègre.

$$\int_{\eta_0}^{\eta} \frac{d\eta'}{b - \eta'} = \int_{\Omega_0}^{\Omega} \frac{d\Omega'}{\Omega'} \Leftrightarrow \ln \left| \frac{b - \eta_0}{b - \eta} \right| = \ln \frac{\Omega}{\Omega_0} \Leftrightarrow \frac{\eta - b}{\eta_0 - b} = \varepsilon \frac{\Omega_0}{\Omega},$$

avec  $\varepsilon$  qui est nécessairement une constante égale à  $\pm 1$  sinon la solution  $\eta$  n'est pas de classe  $\mathcal{C}^1$  sur l'intervalle de résolution. Par passage à la limite en  $\eta_0$  on obtient par continuité  $\varepsilon = 1$ , d'où finalement

$$\eta = \frac{\alpha_1}{\Omega} + \alpha_2 \quad \text{avec} \quad \alpha_1 = \Omega_0(\eta_0 - b) \quad \text{et} \quad \alpha_2 = b.$$

→ Deuxième méthode : on injecte directement la forme de solution proposée et en cherchant une condition nécessaire et suffisante, on obtient :

$$\Omega \left( -\frac{\alpha_1}{\Omega^2} \right) + \frac{\alpha_1}{\Omega} + \alpha_2 = b \Leftrightarrow \alpha_2 = b.$$

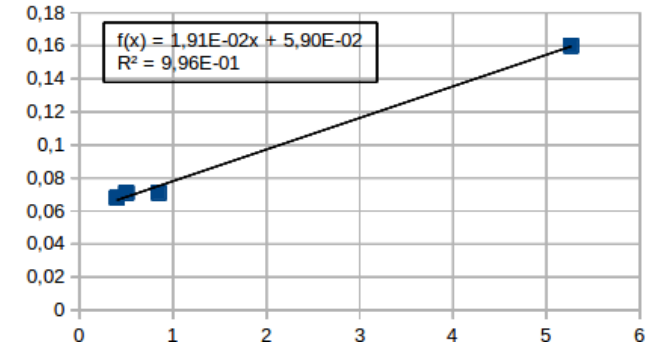
Donc la solution convient quelque soit  $\alpha_1$ . Pour vérifier la condition initiale on aussi  $\eta_0 = \frac{\alpha_1}{\Omega_0} + b$  d'où

$$\alpha_1 = \Omega_0(\eta_0 - b).$$

REMARQUE : L'équation est d'ordre 1 mais avec un second membre constant, ce qui justifie la forme proposée avec deux constantes. Toutefois l'équation n'est pas linéaire au sens de la physique car le coefficient  $\Omega$  n'est pas constant. Donc la solution générale ne s'obtient pas avec la méthode de l'équation caractéristique.

Q11. On représente la relation entre  $\eta$  et  $\frac{1}{\Omega} : \eta = f(\frac{1}{\Omega})$ , et on effectue une régression linéaire.

Omega (L/min)	0,19	1,18	2,00	2,51
eta	0,16	0,071	0,071	0,068
Omega^-1 (min/L)	5,263158	0,847458	0,50	0,398406



On obtient donc  $\alpha_1 = 1,9 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  et  $\alpha_2 = 5,9 \times 10^{-2}$ . Le coefficient de régression n'est pas excellent compte tenu de la distribution irrégulière des points en abscisse. En l'absence d'un modèle plus sophistiqué, on peut dire que **ce modèle n'est pas invalidé**.