

CORRECTION : Etude du pelage d'un adhésif

(1)

1) Pour maintenir l'angle de pelage constant, il suffit que la longueur de l'adhésif qui s'enroule sur l'axe de rotation soit égale exactement à la longueur qui se décolle pendant une durée Δt

$$r_0 \Omega \Delta t = v_0 \Delta t \Leftrightarrow \boxed{r_0 \Omega = v_0}$$

2) $\boxed{x_L(t) = v_0 t}$

3) R est en translation rectiligne uniforme par rapport au référentiel du labo galiléen donc R est galiléen

4) $l(0) = l_0 \quad x_L(0) = 0 \quad \boxed{l(t) = l_0 + v_p t - x_L(t)}$

5) Initialement, la masse ne subit pas de force de la part du ressort et est immobile dans R. (Elle ne subit que la réaction du support et le poids qui se compensent)

La masse ne glisse pas initialement car $x_L(0) = 0$. Il s'agit de la phase de stick. On suppose ensuite que cette phase perdure.

PRD appliquée à M // (Om):

$$0 = +k[l(t) - l_0] + f$$

Cette phase cesse lorsque $f = -F_p \Leftrightarrow F_p = k[l(t_0) - l_0]$

$$\Leftrightarrow F_p = k[v_p t_0 - 0]$$

$$\Leftrightarrow \boxed{t_0 = \frac{F_p}{k v_p}}$$

6) TQR appliqué à la masse m lors de la phase de slip :

$$m \ddot{x}_L = k \underbrace{[p(t) - p_0]}_{>0} + \underbrace{(1-\varepsilon) F_p}_{\text{on choisit } \ominus \text{ puisque } \vec{f} \text{ s'oppose au glissement}}$$

$$\Leftrightarrow m \ddot{x}_L = k [v_p t - x_L(t)] - (1-\varepsilon) F_p$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\ddot{x}_L + \frac{k}{m} x_L(t) = \frac{k}{m} v_p t - (1-\varepsilon) \frac{F_p}{m}}$$

La pulsation propre du système est alors $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$

7) La solution de l'équation différentielle précédente est donnée par :

$$x_L(t) = \underbrace{\text{régime forcé}}_{\downarrow} + \underbrace{\text{régime libre}}_{\parallel} \quad C_1 \cos \omega_0 t + C_2 \sin \omega_0 t$$

on utilise le théorème de superposition car l'éqva diff est LINEAIRE

► $\ddot{x}_L + \omega_0^2 x_L = \frac{k v_p t}{m}$: une solution particulière est $\alpha + \beta t$

on réinjecte $\omega_0^2 (\alpha + \beta t) = \frac{k v_p t}{m}$ d'où $\boxed{\alpha = 0}$ $\omega_0^2 \beta = \frac{k v_p}{m} = \frac{k}{m} \beta$

$$\Rightarrow \boxed{\beta = v_p}$$

régime forcé $x_L(t) = v_p t = \boxed{v_p (t' + t_0)}$

► $\ddot{x}_L + \omega_0^2 x_L = -\frac{(1-\varepsilon) F_p}{m}$: une solution particulière est une constante

D'où $x_L = \boxed{-\frac{1-\varepsilon}{m \omega_0^2} F_p}$

et $C_3 = -\frac{1-\varepsilon}{m \omega_0^2} F_p + v_p t_0 = -\frac{1-\varepsilon}{k} F_p + \frac{F_p}{k}$

On en déduit

$$C_3 = \frac{\varepsilon F_p}{k}$$

et $x_L(t) = C_1 \cos \omega_0 t' + C_2 \sin \omega_0 t' + v_p t' + \frac{-\varepsilon}{k} F_p$

Pour déterminer C_1 et C_2 , il suffit de réinjecter les conditions initiales

$$\begin{aligned} x_L(t_0) = 0 &= C_1 + \frac{\varepsilon}{k} F_p \Rightarrow C_1 = -\frac{\varepsilon}{k} F_p \\ \dot{x}_L(t_0) = 0 &= C_2 \omega_0 + v_p \Rightarrow C_2 = -\frac{v_p}{\omega_0} \end{aligned}$$

8) en $t' = 0$ $x_L = 0$ $v_L = 0$ et $l - l_0 = \frac{F_p}{k} = 1,0 \text{ mm}$

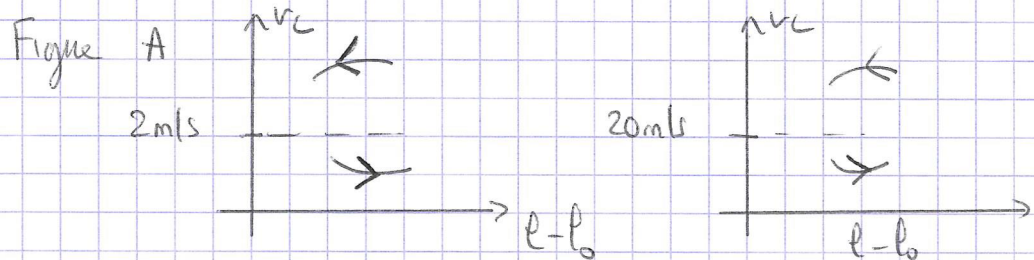
Le point $t' = 0$ correspond sur le portrait de phase au point (1,0 mm, 0 m/s)

Pour déterminer le sens de parcours, déterminons le signe de $\frac{d}{dt}[l - l_0]$

On a : $\frac{d}{dt}[l(t) - l_0] = v_p - \frac{dx_L}{dt} = v_p - v_L$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Figure A : } v_p = 2,0 \text{ m/s} \\ \text{Figure B : } v_p = 20 \text{ m/s} \end{array} \right. \text{ et } \left\{ \begin{array}{ll} \text{si } v_p > v_L & l(t) - l_0 \text{ augmente} \\ \text{si } v_p < v_L & l(t) - l_0 \text{ diminue} \end{array} \right.$$

D'où



9) La phase de glisse (slip) s'arrête si il existe un instant t pour lequel

$$\left\{ \begin{array}{l} v_L = 0 \\ \text{et si la force de frottement } \|\vec{f}\| < F_p \end{array} \right.$$

Sur la figure B, on constate qu'il existe 1 seul point pour lequel $v_L = 0$ sur le portrait de phase : il s'agit du point $(l - l_0 = 1,0 \text{ mm}, 0)$

Sur la figure A il existe 2 points sur le portrait de phase pour lesquels $v_L = 0$: les points $(l - l_0 = 0,7 \text{ mm}, v_L = 0 \text{ m/s})$ et $(l - l_0 = 1,0 \text{ mm}, 0 \text{ m/s})$

Si on suppose qu'à partir de ces points, une phase de stick est amorcée : $\ddot{x}_L = 0$

$$\text{et } 0 = k(l - l_0) + f$$

$$\Rightarrow f = -k(l - l_0)$$

si $l - l_0 = 0,7 \text{ mm}$ on a bien $|f| < F_p$

si $l - l_0 = 1,0 \text{ mm}$ on a $|f| = F_p$

On en déduit que pour $v_p = 20 \text{ m/s}$, la phase de slip perdure

En revanche pour $v_p = 2,0 \text{ m/s}$ en $t' = t'_1$, la phase de slip cesse.

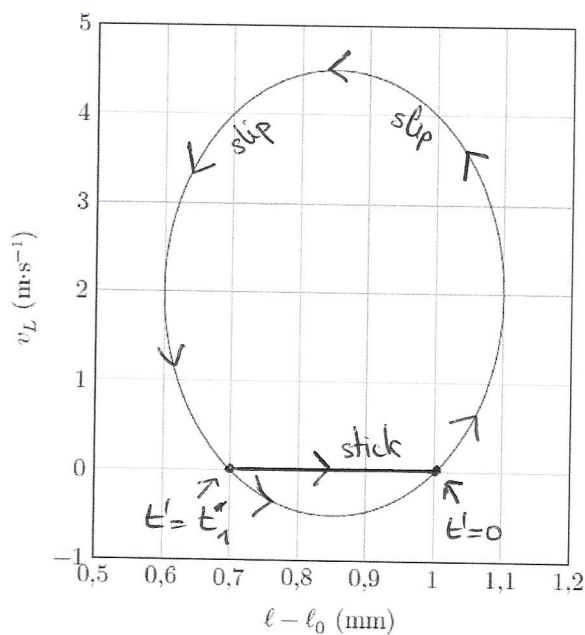
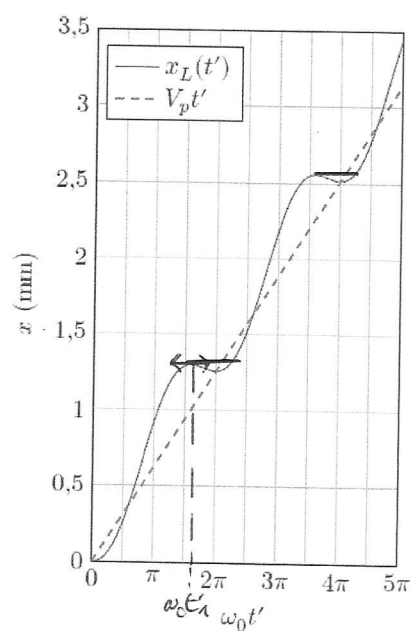
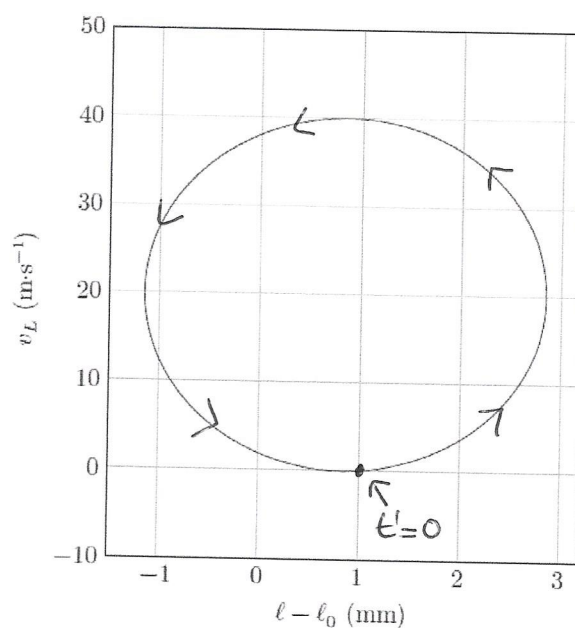
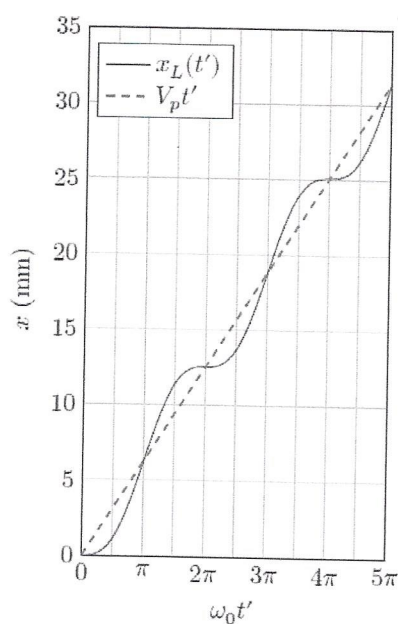
En utilisant la figure de gauche de la figure A $\omega_0 t'_1 = \frac{1,3}{4,1} \times 5\pi = 1,6\pi$

$$\text{Soit } t'_1 = \frac{1,6\pi}{1,0 \cdot 10^4} = \underline{5,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

10) Lorsque la phase de slip cesse $\ddot{x}_L = 0$ et $l(t) - l_0 = v_p t - x_L \uparrow$

jusqu'à atteindre le point $(l - l_0 = 1,0 \text{ mm}, v_L = 0)$ à partir duquel la phase de slip reprend. D'où l'allure des courbes proposées dans le document réponse.

On peut mesurer la force F_p , en dessinant expérimentalement les portraits de phase et en repérant le point où $v_L = 0$ et à partir duquel, il y a une phase de slip. En ce point $k(l - l_0) = F_p$.

Figure A Résultats de la simulation numérique pour $V_p = 2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.Figure B Résultats de la simulation numérique pour $V_p = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

CORRECTION: Installation de chauffage de l'eau d'un centre aquatique

(7)

I

1) cf cours $\begin{cases} \Delta H + \Delta E_m + \Delta E_c = W_u + Q_u \\ D_m(\Delta h + \Delta e_m + \Delta e_c) = p_u + q_u \\ \Delta h + \Delta e_m + \Delta e_c = w_u + q_u \end{cases}$ 3 formulations possibles

2)
$$e = \frac{-Q_c}{W_c}$$

Une pompe à chaleur rend du travail ($W_c > 0$), prend de la chaleur à la source froide ($Q_f > 0$) et en donne à la source chaude ($Q_c < 0$)

Si on applique le 1^{er} principe industriel sur l'ensemble du cycle au fluide frigo: $\Delta H = 0 = Q_c + Q_f + W_c$
 $\Rightarrow W_c = -Q_c - Q_f$

D'où $e = + \frac{Q_c}{Q_c + Q_f} = \frac{1}{1 + Q_f/Q_c}$

Appliquons le 2^d ppe au fluide frigorigène sur l'ensemble du cycle:

$$\Delta S = 0 = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} + 0 \quad \uparrow \text{réversibilité}$$
$$\Rightarrow \frac{Q_f}{Q_c} = - \frac{T_f}{T_c}$$

D'où
$$e = \frac{1}{1 - T_f/T_c} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

AN $e = \frac{13^\circ\text{C} + 273}{44 - 13} = 10,5 > 1$

En dépensant 1 J pour le compresseur, on apporte 10,5 à la source chaude (la piscine). On voit l'intérêt énergétique d'une pompe à chaleur, en comparai-

son par exemple avec une résistance chauffante.

- 3) 1 → 2 : le volume diminue et le fluide est liquide : il s'agit de l'étape A → B associée au compresseur
- 2 → 5 : transformation isobare, au cours de laquelle le fluide se condense en donnant de la chaleur : il s'agit de l'étape B → C associée au condenseur.
- 5 → 6 : le volume augmente et le fluide est dépressé : il s'agit de l'étape C → D, associée au détendeur
- 6 → 1 : transformation isobare, le fluide subit une vaporisation, reçoit de la chaleur, il s'agit de l'étape D → A associée à l'évaporateur.

La transformation 7 → 1 permet de s'assurer que le fluide est bien entièrement sous forme vapeur à l'issue de cette étape, avant le compresseur. Cette phase correspond à une surchauffe de la vapeur (initialement saturante) qui permet d'obtenir de la vapeur sèche et de s'assurer qu'aucune goutte de liquide ne pénètre dans le compresseur (risque d'usure prématurée). La phase 4 → 5 correspond à un sous-refroidissement qui permet d'augmenter le transfert thermique Q_F apportée à la source chaude, afin d'améliorer l'efficacité de la pompe.

La transformation 5 → 6 correspond à $h = \text{cte}$ (droite verticale) car elle est associée à une transformation isenthalpique

$$\Delta h_{5 \rightarrow 6} = w_u + q_u = 0 + 0 \quad (\text{le détendeur est calorigène et n'a pas de pièces mobiles})$$

La transformation 1 → 2 suit une isentropique. En effet cette transformation est adiabatique et réversible.

- 4) Premier principe industriel sur la transfo : ⑥ → ① (pas de travail utile échangé)

$$D_m \Delta h = D_m (-h_g + h_n) = \dot{Q}_F$$

⇒

$$D_m = \frac{\dot{Q}_F}{-h_g + h_n}$$

AN : $\begin{cases} h_5 = 270 \text{ kJ/kg} \\ h_2 = 404 \text{ kJ/kg} \end{cases}$

$\dot{D}_m = \frac{60 \text{ kW}}{(404 - 270) \text{ kJ/kg}} = 0,45 \text{ kg/s}$

(3)

5) 1^{er} principe industriel : (2) → (5)

$\dot{D}_m (h_5 - h_2) = \dot{Q}_c$

1^{er} ppe industrielle : (1) → (2)

$\dot{D}_m (h_2 - h_1) = \dot{W}_c$

D'où $e = \frac{-\dot{Q}_c}{\dot{W}_c} \Rightarrow \boxed{e = \frac{h_2 - h_5}{h_2 - h_1}}$

AN : $\begin{cases} h_5 = 270 \text{ kJ/kg} \\ h_6 = h_5 \end{cases} \quad h_2 = 432 \text{ kJ/kg} \quad h_1 = 400 + \frac{2}{11} \times 20 = 404 \text{ kJ/kg}$

$e = 5,178$

L'efficacité réelle est obtenue en calculant $e = \frac{-\dot{Q}_c}{P_{\text{réel}}} = \frac{\dot{D}_m (h_2 - h_5)}{P_{\text{réel}}}$

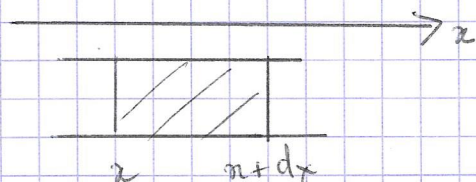
AN : $e = \frac{0,45 \times (432 - 270)}{19} = \underline{3,84}$

Le calcul est faux car il faut tenir compte des pertes énergétiques dans le système. Le compresseur n'offre pas un rendement de 100%.

$\dot{D}_m (h_2 - h_1) = 0,45 \times (432 - 404) = 12,6 \text{ kW} < 19 \text{ kW}$ OK, il y a bien des pertes d'énergie
puissance fournie au fluide < puissance consommée par le compresseur

II

6)



On applique le 1^{er} principe industriel entre x et $x + dx$ et on néglige les phénomènes de conduction thermique

$$Dm_0 c_e [T(x+dx) - T(x)] = \alpha (T_e - T(x)) dx$$

$$\Rightarrow Dm_0 c_e \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha (T_e - T(x))$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\alpha}{Dm_0 c_e} T = \frac{\alpha}{Dm_0 c_e} T_e}$$

On résout $T(x) = T_e + A e^{-x/l_c}$ avec $\boxed{l_c = \frac{Dm_0 c_e}{\alpha}}$

Pour trouver A , on utilise $T(0) = T_i$

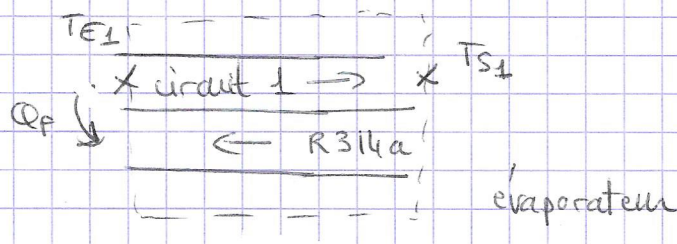
$$\Rightarrow \boxed{A = (T_i - T_e)}$$

l_c = distance caractéristique de variation de T

7)

$$T_{E1} = 15,0^\circ\text{C}$$

$$T_{S1} = 13,0^\circ\text{C}$$



L'évaporateur étant calorigène :

$$Dm_1 c_e (T_{S1} - T_{E1}) = -\dot{Q}_F$$

$$\boxed{Dm_1 = -\frac{\dot{Q}_F}{c_e (T_{S1} - T_{E1})}}$$

AW $Dm_1 = \frac{60}{4,180 \times 2} = \underline{7,2 \text{ kg/s}}$

8) $\boxed{Dm_1 = N_m Dm_0}$

$$\begin{cases} T_F = T_e + (T_i - T_e) e^{-L/l_c} \\ L = N_m L_0 \end{cases} \Rightarrow \ln \left(\frac{T_F - T_e}{T_i - T_e} \right) = -L \frac{L_0}{l_c}$$

On en déduit

$$L = N_m \cdot \frac{l_c}{4} \ln \frac{T_i - T_e}{T_f - T_e}$$

AN

$$L = \underbrace{(N_m \cdot D_{mo})}_{D_{mj}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{c_p}{\alpha} \ln \frac{T_i - T_e}{T_f - T_e}$$

$$L = 7,2 \times \frac{1}{4} \times \frac{4180}{143} \ln \left(\frac{12,5 - 16}{15,5 - 16} \right) = \underline{102 \text{ m}} \quad \text{cdG semblant raisonnable.}$$

L'utilisation de plusieurs modules en parallèle permet de remplacer plus facilement un module en cas d'avarie, sans interrompre le fonctionnement de l'installation.

$$T_f' = T_e + (T_i - T_e) e^{-4L/l_c} \quad T_f' > T_f$$

avec l_c de même valeur numérique

$$\text{AN } l_c = \frac{7,2}{45} \cdot \frac{4180}{143} = 4,6 \text{ m}$$

Cela sert à rien de prendre un échangeur beaucoup plus grand que l_c .

I

1)

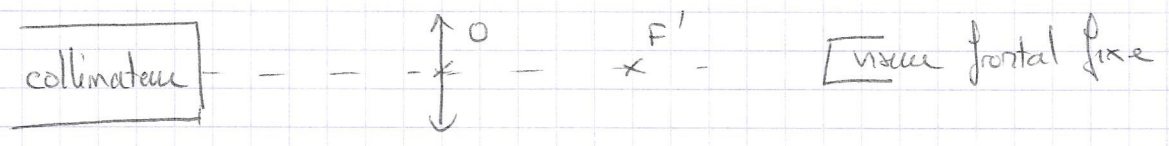
Une lentille CV est une loupe.

Lorsqu'on observe un objet à travers une lentille DV, celui-ci paraît + petit (cf lunette de myope) (si objet près de la lentille)

On peut également éclairer les lentilles par une lumière quasi-ponctuelle (cf lumière de plafonnier) et voir comment se comporte la lumière transmise après la lentille.

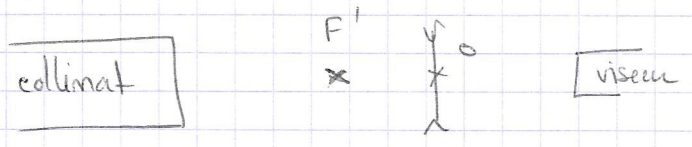
2)

Lentille CV



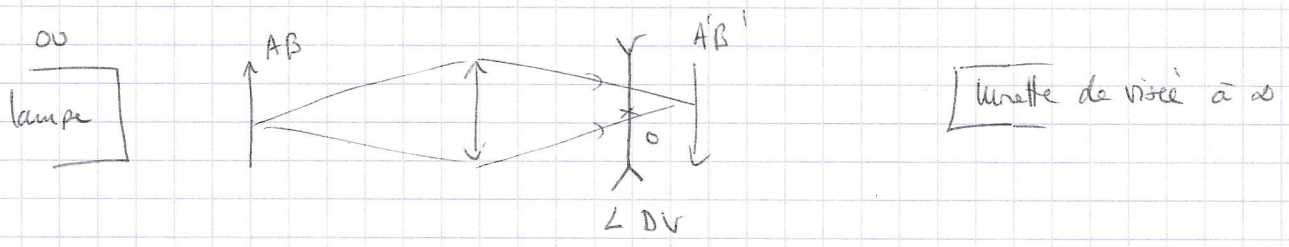
On vise F' puis O et on en déduit $\overline{OF'}$

Lentille DV



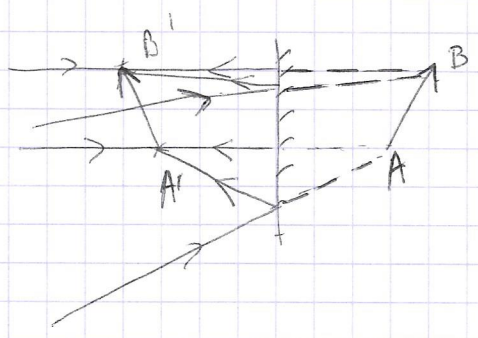
marque si $f' <$ distance frontale du visuer

On vise F' puis O et on en déduit $\overline{OF'}$



On bouge la lentille DV jusqu'à voir nette dans la lunette $A'B'$ puis on vise avec le visuer à frontal fixe O et $A'B'$ pour en déduire f .

3)



L'image de notre usage est virtuelle.

II Mesure de la distance focale d'une lentille CV avec un miroir plan

4) $A \xrightarrow{L} B \xrightarrow{R} C \xrightarrow{L} D$: les différentes conjugaisons réalisées

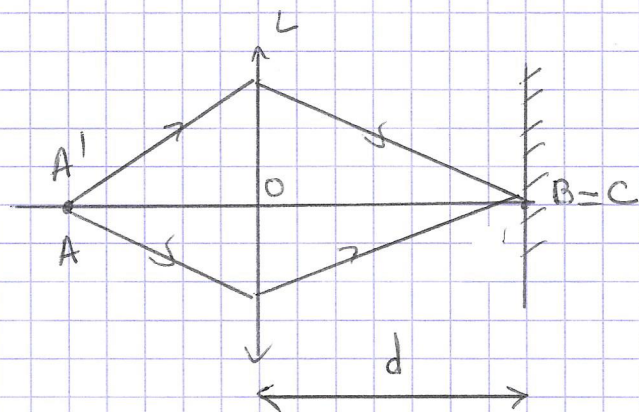
On souhaite avoir $A=D$. D'après le principe de retour inverse de la lumière, on doit alors avoir nécessairement $\underline{B=C}$

Comme R est un miroir plan, on peut envisager 2 cas :

→ B et C appartiennent au plan du miroir et dans ce cas B et C sont bien conjugués $B=C=S$

→ B et C sont des objets à l'infini dans la direction de l'axe optique. Dans ce cas $A=F$.

1^{ère} situation

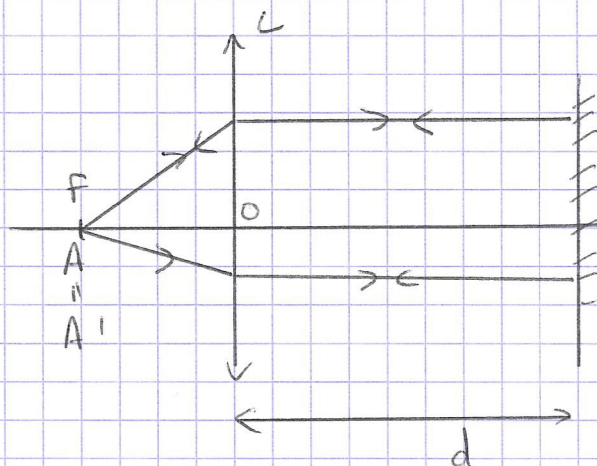


$$\frac{1}{d} - \frac{1}{OA_1} = \frac{1}{f'}$$

$$\Rightarrow \boxed{OA_1 = \frac{f'd}{f'-d}}$$

possible si $OA_1 < 0 \Leftrightarrow \boxed{d > f'}$

2^{ème} situation



$$\boxed{OA_2 = -f'}$$

Si $d < f'$, une position disparaît (il s'agit de A_1), A_2 existe encore.
 Celle qui demeure permet de faire de la focométrie par autocollimation.

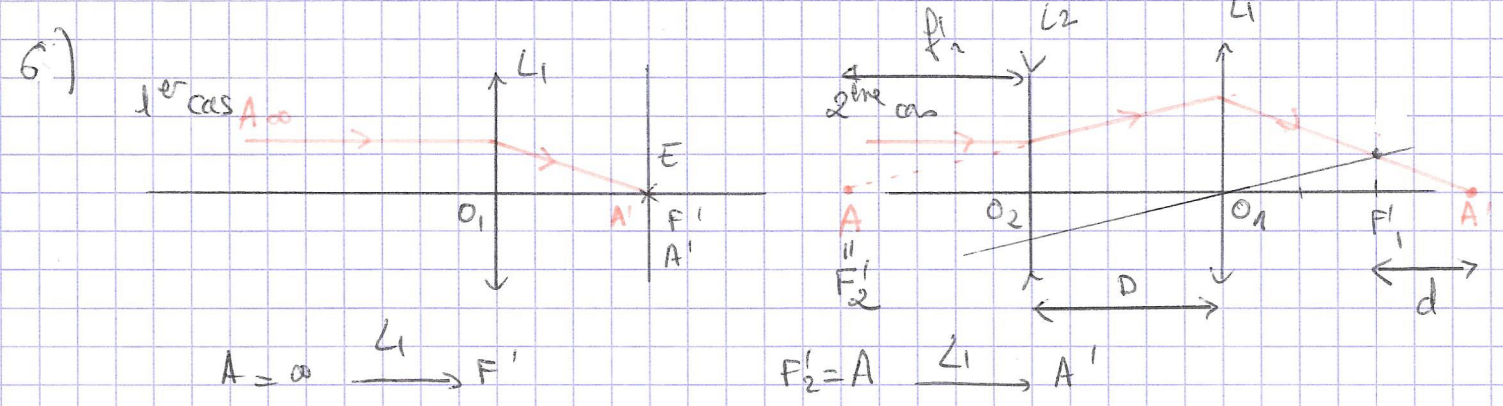
La méthode n'est pas applicable à une lentille DV puisque $\overline{OF} < 0$ et on ne peut donc pas mettre l'objet A en F . On pourrait néanmoins envisager d'utiliser une autre lentille auxiliaire pour créer un objet virtuel pour L .

$$5) \quad \overline{A_1 A_2} = \overline{A_1 O} + \overline{O A_2} = \frac{f'd}{d-f'} - f' = \frac{f'd - f'd + f'^2}{d-f'} = \frac{f'^2}{d-f'}$$

$$D = \frac{f'^2}{d-f'} \Leftrightarrow f'^2 + Df' - Dd = 0$$

$$f' = \frac{-D \pm \sqrt{D^2 + 4Dd}}{2} = \frac{-D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 + 4Dd}}{2} \quad \text{AN} \quad \frac{f'}{f} = \frac{20,0\text{cm}}{(3\text{cs})}$$

III Méthode de Badaï



En dessinant le rayon lumineux à travers les systèmes optiques on constate que A' est à droite de F'_1 dans le 2^{ème} cas. On en déduit que l'écran doit être déplacé vers la droite.

7) voir annexe

8) Dans le 2^{ème} cas, on peut utiliser la relation de Newton pour la conjugaison qu'elle effectue L_1 .

$$\overline{F_1 A'} \cdot \overline{F_1 E_2} = -\frac{p_1'^2}{f_1} = d \cdot \left[-\left(D + f_2 - f_1' \right) \right]$$

$$\Leftrightarrow \frac{p_1'^2}{f_1} = d(D - f_2' - f_1')$$

$$\Rightarrow \boxed{f_2' = -\frac{p_1'^2}{d} + D - f_1'}$$

AN $f_2' = -\frac{20,0^2}{10,0} + 35,0 - 20,0 = \underline{\underline{-25,0 \text{ cm}}}$

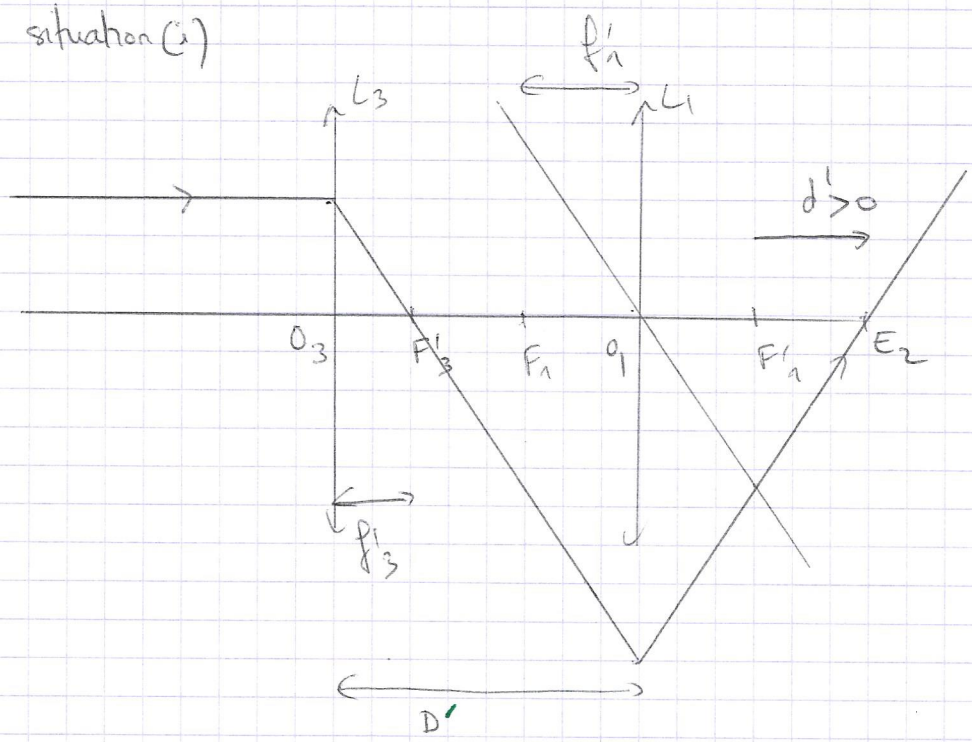
9.) Dans ce cas $D = f_1'$ et $\boxed{f_2' = -\frac{p_1'^2}{d}}$
 Ce qui est cohérent avec la figure ($f_2' = 24,5 \text{ cm}$)

AN $f_2' = -\frac{20^2}{16} = \underline{\underline{-25 \text{ cm}}}$

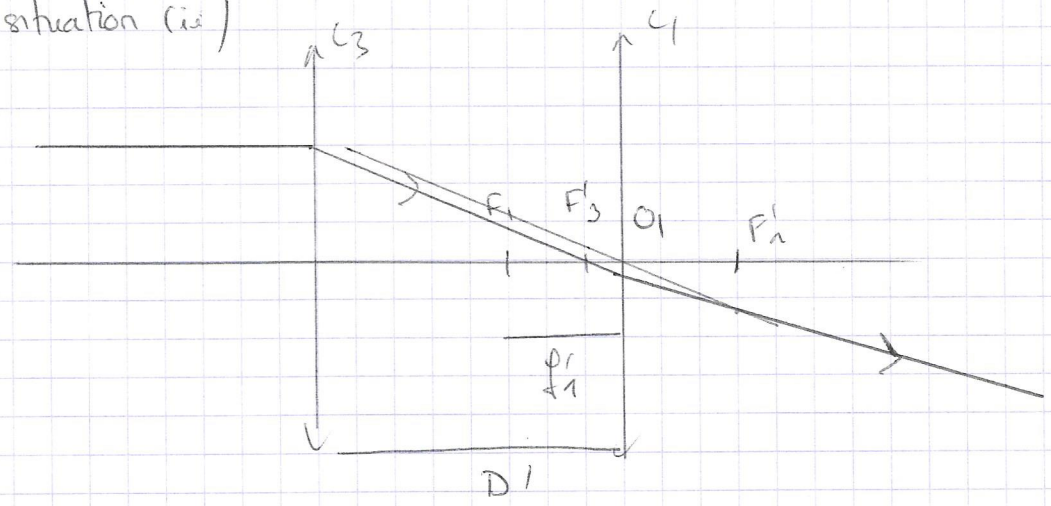
$$\left| \frac{\Delta f_2'}{f_2'} \right| = \sqrt{4 \left(\frac{\Delta f_1'}{f_1'} \right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2}$$

AN $f_2' = -25 \pm 2 \text{ cm}$

situation (i)

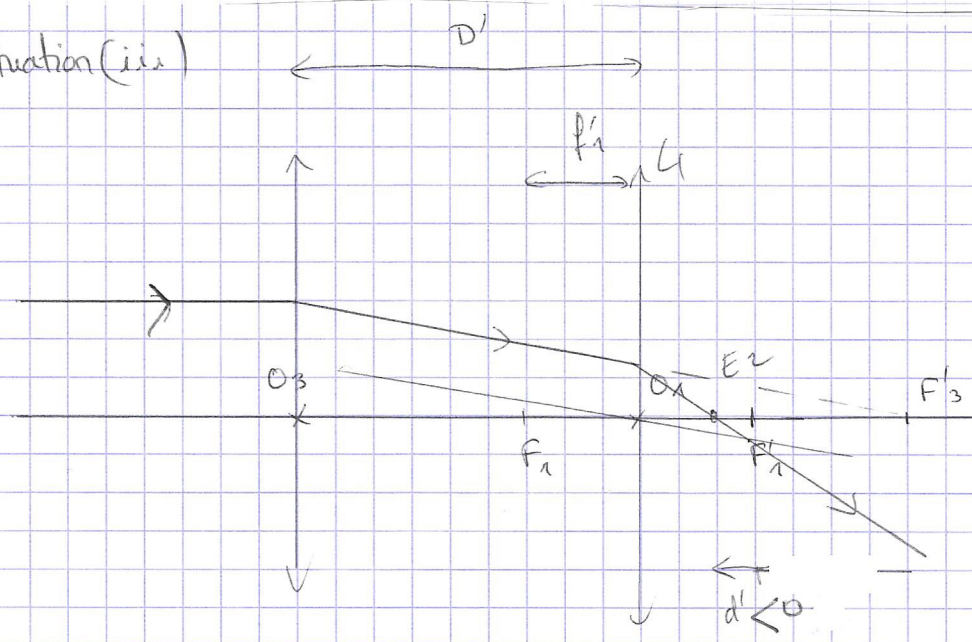


situation (ii)



si $F_3' \in F_1 O_A \rightarrow$ methode ne marche pas

situation (iii)



- Conclusion:
- (i) $d' > 0$
 - (ii) montage impossible
 - (iii) $d' < 0$

On ne peut pas, avec cette methode, mesurer des distances focales comprises entre $D - f_1$ et D'

11) Formule de Newton pour la conjugaison réalisée pour L_3

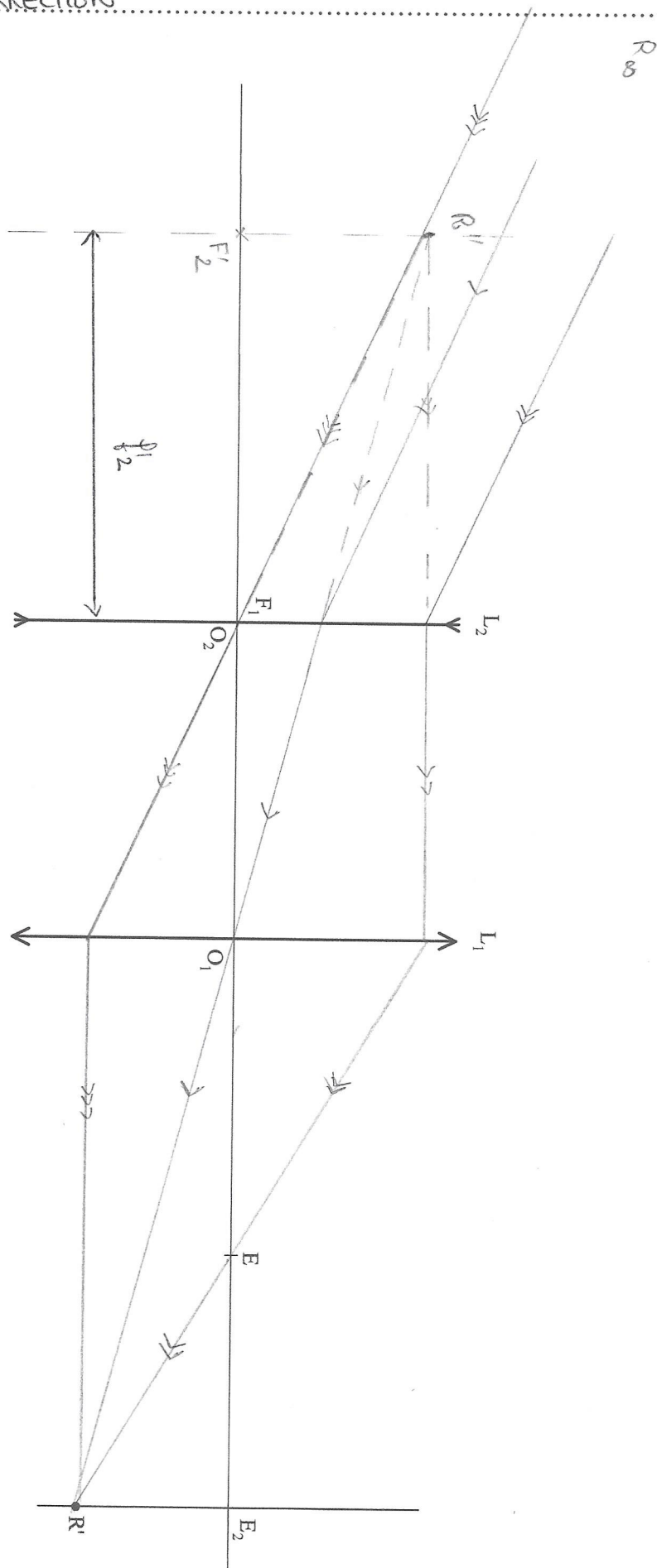
$$\overline{F_1 E_3} \cdot \overline{F_1 P_3} = -\overline{f_1}^2 = +d' \cdot (\overline{F_1 O_1} + O_1 \overline{F_3})$$

$$= +d' \cdot (\overline{f_1} - D' + \overline{f_3})$$

$$\Rightarrow \boxed{\overline{f_3} = + \frac{\overline{f_1}^2}{-d'} + D' - \overline{f_1}}$$

Ans $\overline{f_3} = - \frac{20,0^2}{10,0} + 85,0 - 20,0 = 25 \text{ cm}$

12) Dans ce cas $D' = \overline{f_1}$ $\boxed{\overline{f_3} = - \frac{\overline{f_1}^2}{d'}}$ (dans ce cas $d' < 0$)



$$R \xrightarrow{L_2} R'' \xrightarrow{L_1} R'$$