

Partie A

I) S: $P_0, V_0, T_0 \longrightarrow P_f, 2V_0, T_f$

1°) Systeme = gaz + vide et isolé
 car $W=0$ enceintes rigides ($V=2V_0=cte$)
 $Q=0$ " adiabatiques.

$\rightarrow \Delta U = 0$

or $\Delta U = \Delta U_{gp} + \Delta U_{vide} = \Delta U_{gp}$ car $U_{vide} = 0$
 et pr gp $U_{gp} = U(T)$ (1^{er} loi de Joule)

$\rightarrow \Delta U_{gp} = 0 \Leftrightarrow U(T_f) = U(T_0) \Leftrightarrow \boxed{T_f = T_0}$

Rq: si on considère cⁱ syst que le g.p, son volume varie mais il ne travaille pas! Car il se détend "contre" le vide donc $p_{ext} = p_{vide} = 0 \rightarrow \delta W = -p_{ext} dV = 0 \rightarrow W_{gp} = 0$

Rq: le transf. est spontané \rightarrow irréversible.

le gaz ne reviendra pas spontanément de ce compartiment c₁.

Rq: le travail associé à l'ouverture du robinet est supposé négligeable.

2°) $P_0 V_0 = n R T_0$
 $P_f 2V_f = n R T_0 \rightarrow \boxed{P_f = \frac{P_0}{2}}$

3°) $dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T}$

on calcule ΔS sur chemin imaginaires réversibles et isothermes T_0 .

car $T_f = T_0$: $dU = 0$ car gp + isotherme

$\rightarrow \delta Q_{rev} = -\delta W_{rev} = p dV = n R T_0 \frac{dV}{V}$

$\rightarrow dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T_0} = n R \frac{dV}{V}$

$\rightarrow \boxed{\Delta S_S = n R \ln \frac{2V_0}{V_0} = n R \ln 2}$

4°) $\Delta S_s > 0$ + transf. adia \rightarrow transf. irréversible
 [normal, car spontanée...] d'après le 2^e principe.

transf. irrév \rightarrow syst pas à l'éq pdt la transformation.
 \rightarrow p et T pas définis " " " "

Rq: $\Delta S_s = \Delta S_{\text{créé}}$ (car transf. adia) qui est > 0 d'après 2^e principe

5°)
$$W_s = \int -p_{\text{ext}} dV = \int -p_{\text{int}} dV = 0 \quad \text{car } p_{\text{int}} = 0$$

$$\Delta U_s = 0 \quad \text{car } g_p \text{ et } T_f = T_0$$

$$\rightarrow Q_s = \Delta U_s - W_s = 0$$

$$\Delta H_s = 0 \quad \text{car } g_p \text{ et } T_f = T_0 \quad (2^{\text{e}} \text{ loi de Joule } H = H(T))$$

AN
$$P_f = \frac{P_0}{2} = \frac{nRT_0}{2V_0} = \frac{1 \times 8,31 \times 273}{2 \times 20 \times 10^{-3}} = 0,57 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

$$\Delta S_s = nR \ln 2 = 1 \times 8,31 \ln 2 = 5,76 \text{ J K}^{-1}$$

T_f (K)	P_f (Pa)	Q_s (J)	W_s (J)	ΔU_s (J)	ΔH_s (J)	ΔS_s (J K ⁻¹)
273	$0,57 \times 10^5$	0	0	0	0	5,76

II) gaz ds C_1 $p_0, V_0, T_0 \xrightarrow{Q_1} p_1, V_1, T_1$
 C_2 $p_0, V_0, T_0 \xrightarrow{\text{adia}} p_2, V_2, T_2$

échanges thermiques avec résistor étant très lents on peut supposer les 2 transf. réversibles.

1°) Equilibre du piston ds l'état final : $p_1 = p_2$

Or $p_1 = 2p_0 \rightarrow \boxed{p_2 = p_1 = 2p_0}$

Rq: la transf. étant lente, la pression est la même ds les 2 côtés du piston pendant toute la transformation mais elle n'est pas constante!

2°) $V_1 + V_2 = 2V_0$

gaz ds C_2 : gaz + transf. adia, rév \rightarrow loi de Laplace $pV^\gamma = \text{cte}$
 $\rightarrow p_2 V_2^\gamma = p_0 V_0^\gamma \Leftrightarrow \boxed{V_2 = \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{1/\gamma} V_0 = \frac{V_0}{2^{1/\gamma}}}$

$$V_1 = 2V_0 - V_2 = V_0 \left(2 - \frac{1}{2^{1/\gamma}} \right) = V_0 \frac{2^{1/\gamma} - 1}{2^{1/\gamma}}$$

Rq: le gaz de (C₁) échange de la chaleur (Q₁) avec le résistor
 → loi de Laplace pas valable pour ce gaz ...

$$3^{\circ}) \quad T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{2P_0 V_0}{nR 2^{1/\gamma}} = 2^{1-\frac{1}{\gamma}} T_0$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR} = \frac{2P_0 V_0}{nR} \frac{2^{1/\gamma} - 1}{2^{1/\gamma}} = 2^{1-\frac{1}{\gamma}} (2^{1/\gamma} - 1) T_0 = (4 - 2^{1/\gamma}) T_0$$

où $n = \frac{P_0 V_0}{RT_0}$ = nombre de moles de gaz de chaque compartiment

$$4^{\circ}) \quad \gamma P \rightarrow \begin{cases} C_{pm} - C_{vm} = R \text{ (relation de Mayer)} \\ \gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}} \end{cases}$$

$$\rightarrow C_{vm} = \frac{R}{\gamma - 1}$$

$$\text{et } \Delta U_1 = n C_{vm} (T_1 - T_0) = \frac{nRT_0}{\gamma - 1} (4 - 2^{1/\gamma} - 1) = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} (3 - 2^{1/\gamma})$$

$$\text{et } \Delta U_2 = n C_{vm} (T_2 - T_0) = \frac{nRT_0}{\gamma - 1} (2^{1-\frac{1}{\gamma}} - 1) = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} (2^{1-\frac{1}{\gamma}} - 1)$$

$$5^{\circ}) \quad \Delta U_1 + \Delta U_2 = W_1 + Q_1 + W_2 + Q_2$$

or $Q_2 = 0$ car gaz de C₂ subit transf ad'a.

$W_1 + W_2 = 0$ car cylindre rigide ($V = 2V_0 = \text{cte}$)

$$\rightarrow \boxed{Q_1 = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{2P_0 V_0}{\gamma - 1}}$$

Rq: Preuve $\Delta U_1 + \Delta U_2$ on a pris comme syst: les 2 gaz + piston
 et on suppose $\Delta U_{\text{piston}} + \Delta E_{c, \text{piston}} \approx 0$ car masse négligeable
 et sans frot.

$$6^{\circ}) \quad T_1 = (4 - 2^{\frac{0.66}{1.66}}) \times 273 = \underline{732,4 \text{ K}}$$

$$T_2 = 2^{\frac{0.66}{1.66}} \times 273 = \underline{359,6 \text{ K}}$$

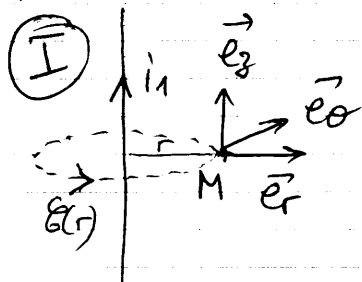
$$\Delta U_1 = \frac{10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0.66} (3 - 2^{\frac{0.66}{1.66}}) = \underline{5099,1 \text{ J}}$$

$$\Delta U_2 = \frac{10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0.66} \left(2^{\frac{0.66}{1.66}} - 1 \right) = \underline{961,5 \text{ J}}$$

$$Q_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0.66} = \underline{6060,6 \text{ J}}$$

$T_1 \text{ (K)}$	$T_2 \text{ (K)}$	$\Delta U_1 \text{ (J)}$	$\Delta U_2 \text{ (J)}$	$Q_1 \text{ (J)}$
732,4	359,6	5099,1	961,5	6060,6

Partie B



10) Symétries de $\vec{B}_1(M)$:

le pbu $(M, \vec{e}_r, \vec{e}_z) =$ pbu de symétrie passant par M

$$\rightarrow \vec{B}_1(M) = B(r, \theta, z) \vec{e}_\theta$$

ch' est de courant \vec{I} invariante par rotation autour (zz') et par translation $\parallel^t \circ (zz')$

$$\rightarrow B_1(r, \theta, z) = B_1(r)$$

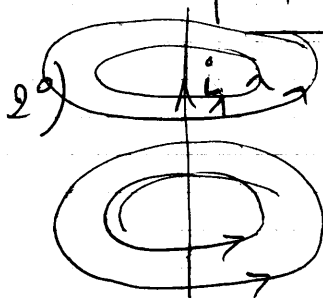
$$\rightarrow \vec{B}_1(M) = B(r) \vec{e}_\theta$$

th'd d'Ampère sur cercle d'axe (zz') et de rayon r $\vec{e}_\theta(r)$ orienté

$$\oint \vec{B}_1(M) \cdot d\vec{l} = \int_{\vec{e}_\theta(r)} B_1(r) \vec{e}_\theta \cdot dl \vec{e}_\theta = B_1(r) \int_{\vec{e}_\theta(r)} dl = B_1(r) 2\pi r$$

$$\rightarrow B_1(r) 2\pi r = \mu_0 i_1$$

$$\rightarrow \boxed{\vec{B}_1(M) = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r} \vec{e}_\theta}$$

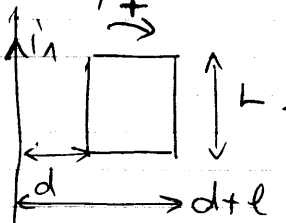


lignes de champ \vec{B} = cercles d'axe zz'

$$30) \phi_1 = \iint_{\text{cadre}} \vec{B}_1(M) \cdot d\vec{S} = \iint_{\text{ARCD}} B_1(r) dr dz = \frac{\mu_0 i_1 L}{2\pi} \int_d^{d+l} \frac{dr}{r}$$

$$\rightarrow \boxed{\phi_1 = \frac{\mu_0 i_1 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)}$$

où orientation + t.g. \vec{B}_1 et $d\vec{S}_1$ to m sens:

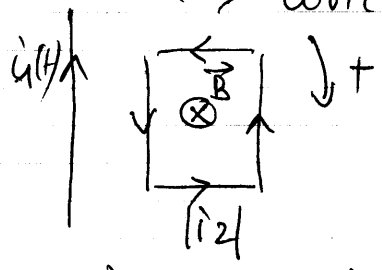


II) 1°) Cadre immobile $\rightarrow d = \text{cste}$
 Courant $i_1 = I_1 = \text{cste}$
 \rightarrow pas d'induction

$\rightarrow \phi_1 = \text{cste}$
 $\rightarrow \boxed{e_1 = -\frac{d\phi_1}{dt} = 0}$

2°) Cadre immobile $\rightarrow d = \text{cste}$
 $i_1(t) = at + b$

2.1.1) $\rightarrow \phi_1(t) = \frac{\mu_0 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) i_1(t) \uparrow$
 $\rightarrow e_2 = -\frac{d\phi_2}{dt} = -\frac{\mu_0 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) a < 0$
 \rightarrow courant induit de sens opposé au sens + de I. 3°)



2.1.2) voir 2.1.1)

loi de Lenz: l'induction s'oppose à ses causes.

le dipôle induit est de sens opposé à B_1 de façon à ce que son flux s'oppose à l'augmentation de $\phi_1(t)$.

2.1.3) $e_2 = Ri_2 \rightarrow \boxed{i_2 = -\frac{\mu_0 a L}{2\pi R} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right)} < 0$

2.2) Lorsque l'interrupteur est ouvert, les électrons vont s'accumuler sur borne P, créant un déficit de charge négative sur borne Q, et ainsi une différence de potentiel:

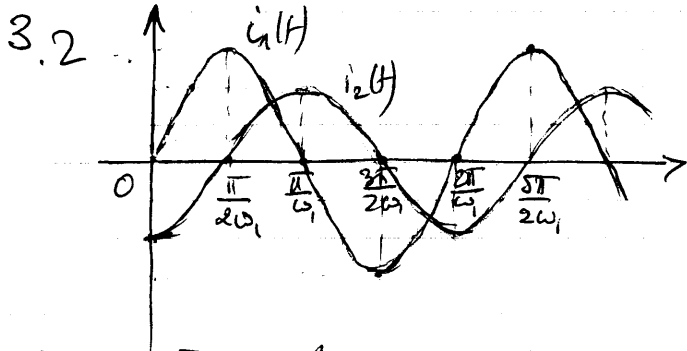
$\begin{matrix} Q \\ \downarrow \\ P \end{matrix} \left| \begin{matrix} \uparrow e_{21} \end{matrix} \right.$

$|e_2| = V_Q - V_P$
 $\rightarrow \boxed{V_P - V_Q = -\frac{\mu_0 a L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) = e_2}$

3°) Cadre immobile $\rightarrow d = \text{cste}$
 $i_1(t) = I_m \sin(\omega_1 t)$

3.1) $\phi_1(t) = \frac{\mu_0 I_m L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) \sin(\omega_1 t)$ oscillent
 $\rightarrow e_2(t) = -\frac{d\phi_1}{dt} = -\frac{\mu_0 I_m \omega_1 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) \cos \omega_1 t$

$$\rightarrow \boxed{i_2(t) = \frac{e_2(t)}{R} = -\frac{\mu_0 I_1 \omega_1 L}{2\pi R} \ln\left(\frac{d+l}{d}\right) \cos(\omega_1 t)} \quad \text{oscilleur } \phi,$$



Rq : loi de Lenz

- si $i_1(t) \uparrow$, $|\Phi_1(t)| \uparrow$ alors $i_2(t)$ opposé à $i_1(t)$ de façon à ce que flux induit s'oppose à l'augmentation de $|\Phi_1|$
- inversement, si $i_1(t) \downarrow$, $|\Phi_1(t)| \downarrow$ et $i_2(t)$ de "n" sens que $i_1(t)$.

4°) $i_1 = I_1 = \text{cte} > 0$

cadre en mvnt $\rightarrow d(t)$ orcc (AB) // (z z')

4.1) cadre en rotation uniforme à vit angulaire ω_2 autour $z z'$

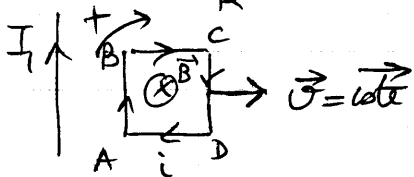
$\rightarrow d = \text{cte} \rightarrow \Phi_1 = \text{cte} \rightarrow \boxed{e = 0}$ pas d'induction

4.2) $d(t) = d_0 + vt$

$\rightarrow \Phi_1(t) = \frac{\mu_0 I_1 L}{2\pi} \ln\left(\frac{d_0+l+vt}{d_0+vt}\right) \downarrow$

$\rightarrow \boxed{e(t) = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -\frac{\mu_0 I_1 L}{2\pi} \left(\frac{v}{d(t)+l} - \frac{v}{d(t)}\right)}$
 $= \frac{\mu_0 I_1 L v}{2\pi d(t)(d(t)+l)} > 0$

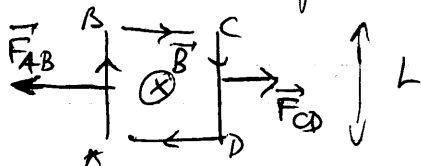
Rq: $i(t) = \frac{e(t)}{R} > 0 \rightarrow$ courant induit de le sens +



loi de Lenz:

\vec{B} induit est de le "n" sens que \vec{B}_1 de façon à ce que son flux s'oppose à la diminution de Φ_1

ou en calculant force de Laplace : $\vec{F} = \vec{F}_{AB} + \vec{F}_{\Phi}$



$\|\vec{F}_{\Phi}\| = i L B(d+l) < \|\vec{F}_{AB}\| = i L B(d)$ car $B(r) \downarrow$

\rightarrow force de Laplace \vec{F} tend à ramener le

cadre vers le f1

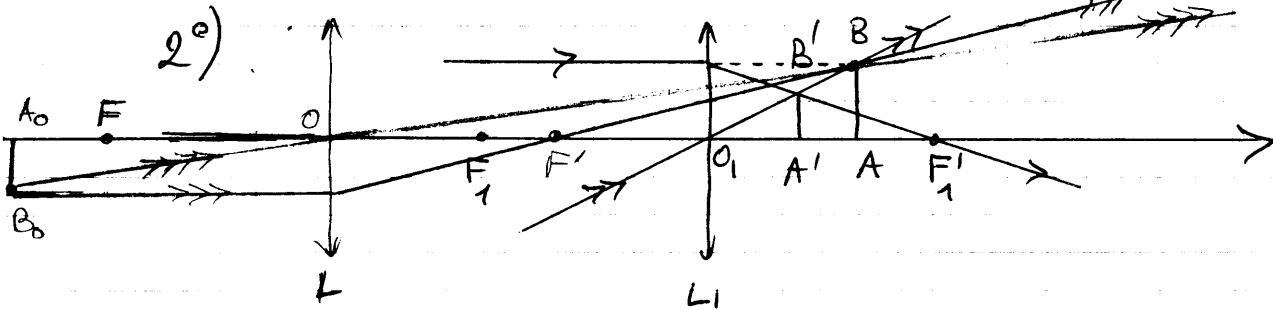
\rightarrow s'oppose à la cause = cadre s'écarte du f1 ---

Partie C

Une 3^e formule utile $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}}$...

I 1^o) L'objet AB est situé après L₁

→ **objet AB est virtuel**: les rayons incidents passent virtuellement par A ou B.



3^o) les rayons émergents de L₁ passent réellement par l'image A'B'
→ **image A'B' est réelle**

4^o) Moyen physique d'obtenir objet virtuel: mettre une 2^e lentille L devant L₁ t.q. AB = image réelle de L = objet virtuel de L₁

→ voir schéma au 2^o)

$$5^o) \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f_1'} \rightarrow \frac{1}{\overline{O_1A'}} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{1}{6} \text{ cm}^{-1}$$

→ **$\overline{O_1A'} = 6 \text{ cm}$**

II

AB $\xrightarrow{L_1}$ A₁B₁ $\xrightarrow{L_2}$ A'B'

$$1^o) \gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} \quad \text{avec} \quad \frac{1}{\overline{O_1A_1}} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{f_1' + \overline{O_1A}}{f_1' \overline{O_1A}}$$

→ **$\gamma_1 = \frac{f_1'}{f_1' + \overline{O_1A}}$**

2^o) image A₁B₁ réelle si $\overline{O_1A_1} > 0$ (1)

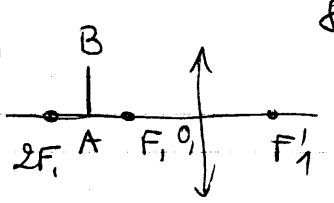
agrandie si $|\gamma_1| > 1$ (2)

(1) $\overline{O_1A_1} > 0 \Leftrightarrow \frac{f_1' \overline{O_1A}}{f_1' + \overline{O_1A}} > 0$ or $f_1' \overline{O_1A} < 0$

$\Rightarrow f_1' + \overline{O_1A} < 0$ soit $\overline{O_1A} < -f_1'$

(2) $|\gamma_1| > 1 \Rightarrow \frac{f_1'}{-f_1' - \overline{O_1A}} > 1$ car $f_1' + \overline{O_1A} < 0$ d'après condition (1)

soit $\overline{OA} > -2f'_1$
 → il faut placer AB tq. $\boxed{-2f'_1 < \overline{OA} < -f'_1}$



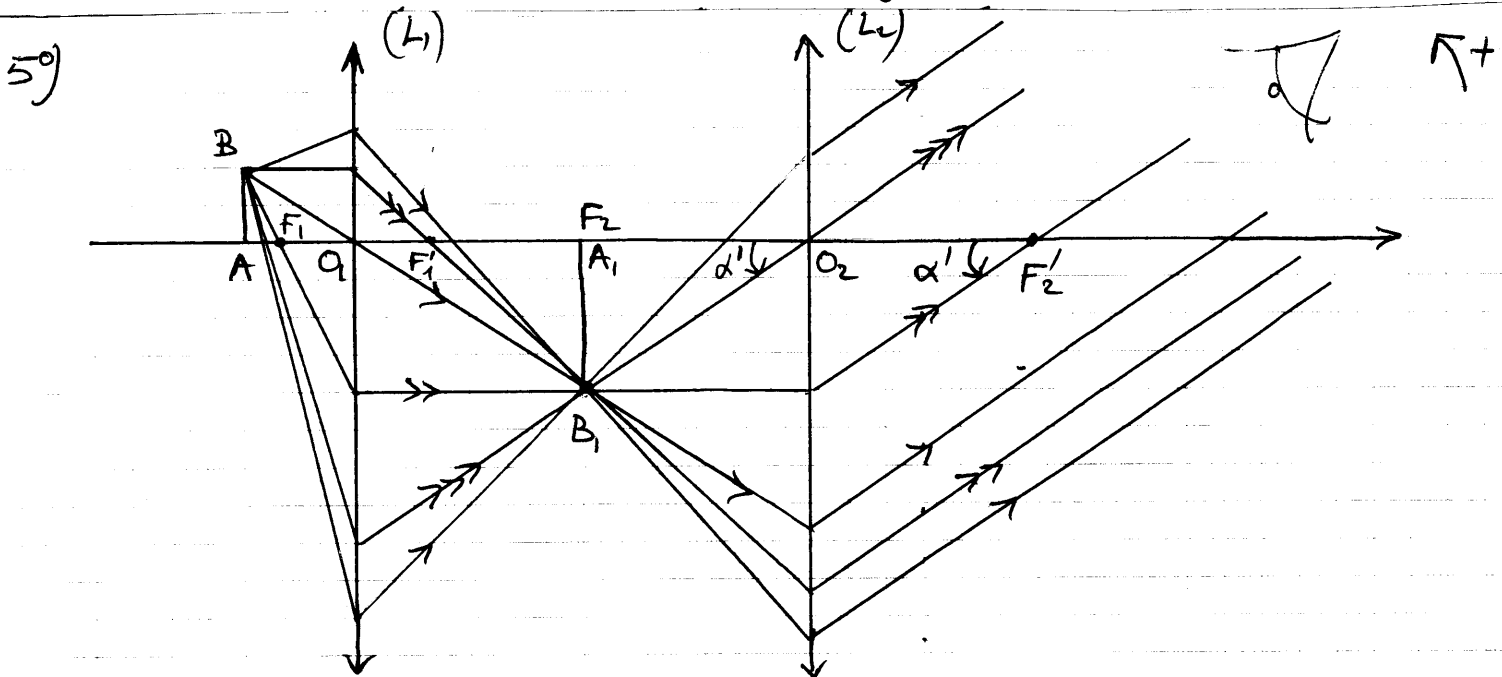
3°) Oui, il suffit qu'il soit placé devant lui au minimum L_1
 à $d_u = 25 \text{ cm}$ (= pouce ou proximum) par un œil normal
 ↳ distance minimale de vision nette

Rq: on peut observer à l'œil nu un objet ou une image réelle ou virtuelle ! L'œil voit les rayons issus de ces objets ou images, que ces rayons passent réellement ou non par ces objets ou images.

4°) Pour qu'un œil normal n'ait pas à accommoder, l'image finale $A'B'$ doit être à l'infini → l'image intermédiaire A_1B_1 doit être de ce plan focal objet de L_2

→ $\boxed{A_1 \equiv F_2}$

Rq: un œil normal observe correctement sans se fatiguer un objet à l'infini or l'objet pour l'œil = image finale de l'instrument.



$-2f'_1 < \overline{OA} < -f'_1$ → A_1B_1 bien réelle et agrandie
 A_1B_1 bien inversée aussi ($\gamma_1 < 0$)

6°) 6.1 $\boxed{\overline{O_1 O_2} = \overline{O_1 A_1} + \overline{A_1 O_2} = \overline{O_1 A_1} + \overline{F_2 O_2} = \overline{O_1 A_1} + f_2'}$ 9

$$\frac{1}{\overline{O_1 A_1}} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{\overline{O_1 A_2}} = \frac{1}{10} - \frac{1}{11} = \frac{1}{110} \text{ cm}^{-1} \rightarrow \overline{O_1 A_1} = 110 \text{ cm}$$

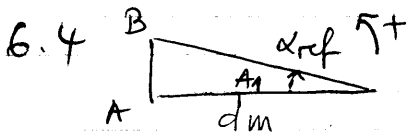
$$\rightarrow \boxed{\overline{O_1 O_2} = 110 + 4 = 114 \text{ cm}}$$

6.2 $\boxed{\gamma_1 = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1 A_1}}{\overline{O_1 A_2}} = \frac{110}{-11} = -10}$ (bien < 0 et $|\gamma_1| > 1$)
car $-2f_1' < \overline{O_1 A_2} < -f_1'$

6.3 $\tan \alpha' = -\frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{F_2 O_2}}$ car $\alpha' > 0$

$$\rightarrow \boxed{\tan \alpha' = -\frac{\gamma_1 \overline{AB}}{f_2'}} = \frac{10 \times 0,1}{4} = 0,25$$

$$\tan \alpha' \approx \alpha' \rightarrow \boxed{\alpha' \approx 0,25 \text{ rad}}$$



$$\boxed{\tan \alpha_{ref} = -\frac{AB}{dm}} = -\frac{0,1}{25} = -0,004 \ll 1$$

$$\rightarrow \tan \alpha_{ref} \approx \alpha_{ref}$$

$$\rightarrow \boxed{\alpha_{ref} \approx -4 \cdot 10^{-3} \text{ rad}} \quad (\alpha_{ref} < 0)$$

$$\boxed{G = \frac{\alpha'}{\alpha_{ref}}} \approx -0,25 \times 250 \approx \boxed{-62,5}$$

Rq: $G < 0$ car l'image vue renversée par rapport à l'objet.

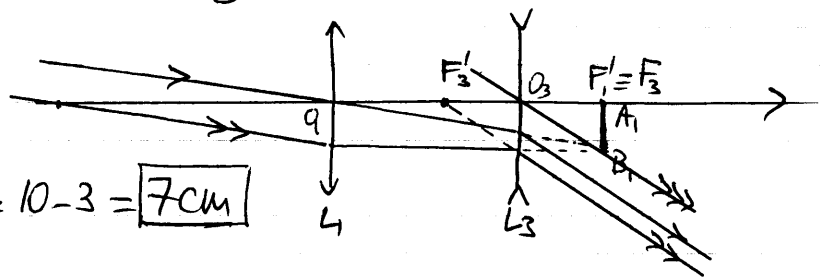
Rq: pour l'œil, la "taille" d'un objet correspond à son diamètre angulaire

III $AB \xrightarrow{L_1} A_1 B_1 \xrightarrow{L_3} A' B' \text{ wr } (P) \rightarrow \boxed{A' \equiv P}$

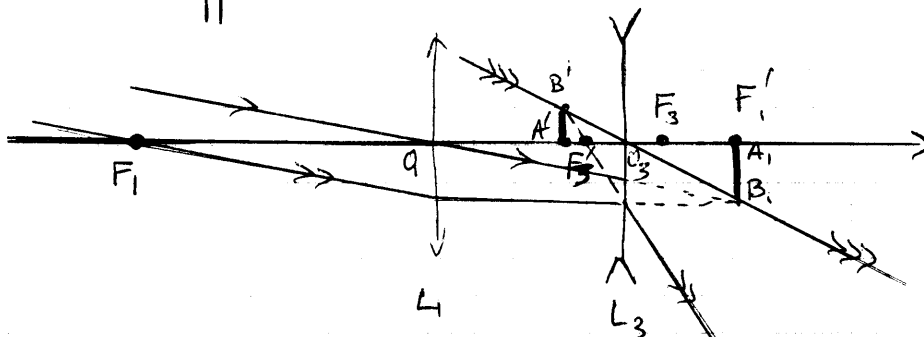
1°) Appareil afocal : $A_{\infty} \xrightarrow{L_1} A_1 \equiv F_1' \equiv F_3 \xrightarrow{L_3} A'_{\infty}$

$$\rightarrow \boxed{F_3 \equiv F_1'}$$

$$\text{et } \boxed{\overline{O_1 O_3} = \overline{O_1 F_1'} + \overline{F_1' O_3} = \overline{O_1 F_1'} + \overline{F_3 O_3} = f_1' + f_3'} = 10 - 3 = \boxed{7 \text{ cm}}$$

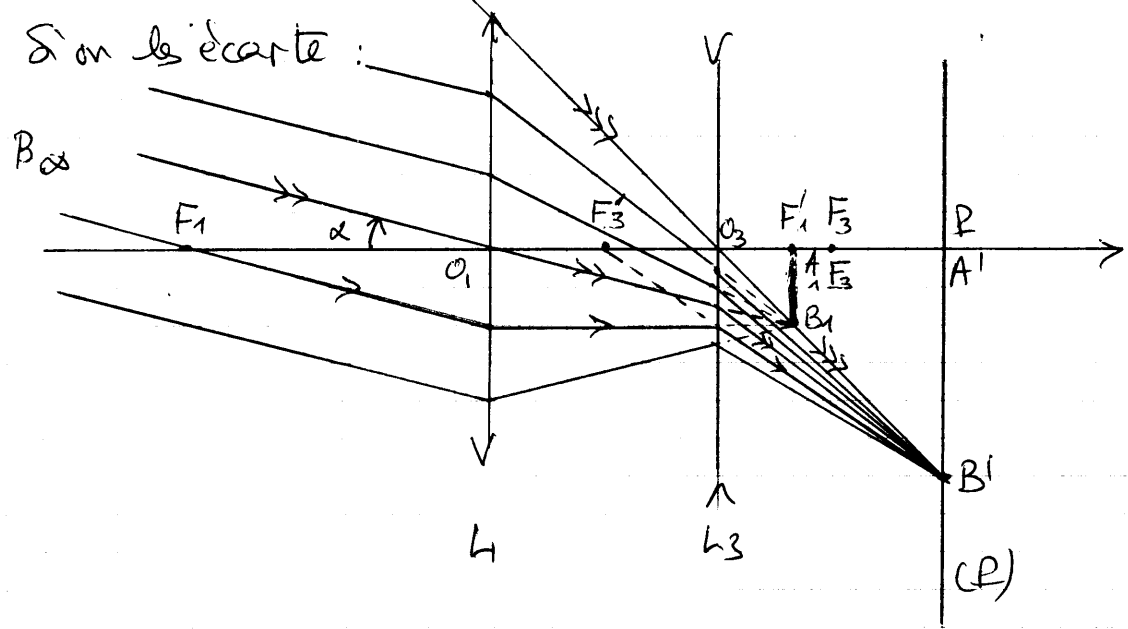


2°) Si on le rapproche :



l'image $A' B'$ est virtuelle
→ ne peut se former sur un écran
(elle est à l'arrière de L_3 ...)

Si on les écarte :



l'image A'B' est bien réelle
 → se formera bien sur un écran.

→ il faut les écarter : $\boxed{O_1 O_3 > 7 \text{ cm}}$

3°) cf 2°)

4°) AN

4.1) $\overline{F_3 A_1} \overline{F'_3 A_1} = -f_3'^2$

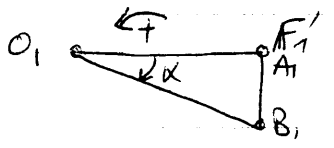
avec $\overline{F'_3 A_1} = \overline{F_3 O_3} + \overline{O_3 A_1} = -f_3' + \overline{O_3 P}$

et $\overline{F_3 A_1} = \overline{F_3 F_1}$

→ $\boxed{\overline{F_1 F_3} = \frac{f_3'^2}{O_3 P - f_3'}} = \frac{9}{10+3} = \frac{9}{13} \approx \boxed{0,7 \text{ cm}}$ ($> 0 \rightarrow$ bien écartées au 2°)

4.2) $\gamma_3 = \frac{A'B'}{A_1 B_1} = \frac{\overline{O_3 A_1}}{\overline{O_3 A_1}} = \frac{\overline{O_3 P}}{\overline{O_3 F_1'}} \rightarrow A'B' = A_1 B_1 \frac{\overline{O_3 P}}{\overline{O_3 F_1'}}$

$\overline{O_3 F_1'} = \overline{O_3 F_3} + \overline{F_3 F_1'} = -f_3' - \overline{F_1' F_3}$



$\tan \alpha = \frac{A_1 B_1}{O_1 F_1'}$ (bien $< 0!$)

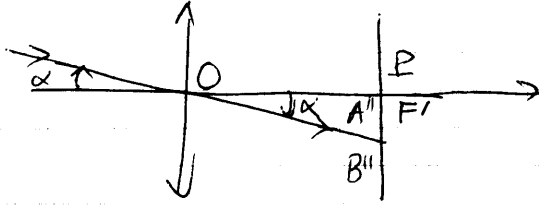
or $\tan \alpha \approx \alpha$ ($\alpha = -0,1 \text{ rad} \ll 1$)

→ $A_1 B_1 \approx \alpha \overline{O_1 F_1'} \approx \alpha f_1'$

→ $\boxed{A'B' = -\alpha f_1' \frac{\overline{O_3 P}}{f_3' + \overline{F_1' F_3}}} = 0,1 \times 10 \frac{10}{-3 + \frac{9}{13}} = -\frac{10 \times 13}{30} \approx \boxed{-4,3 \text{ cm}}$

Rq: intéret des téléobjets:

si on utilise une lentille seule:



→ image se forme de plan focal image : $\overline{OP} = f'$
 tous $\approx \alpha \approx \frac{\overline{A''B''}}{f'}$

• si on veut le m encombrement qu'avec le téléobjectif:

$$\begin{aligned} \text{c'èd si on veut } f' = d = \overline{O_1P} &= \overline{O_1F_1} + \overline{F_1F_2} + \overline{F_2O_2} + \overline{O_2P} \\ &= f'_1 + \overline{F_1F_2} + f'_2 + \overline{O_2P} \\ &= \frac{230}{13} \approx 17,7 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\rightarrow \overline{A''B''} \approx \alpha f' \approx \alpha d = -1,8 \text{ cm}$$

→ $\frac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}} \approx \frac{1,8}{4,3} \approx 0,4$: l'image $A''B''$ est 60% fois + petite que l'image $A'B'$ obtenue avec le téléobjectif!

• si on veut m taille image :

$$\rightarrow f' \approx \frac{\overline{A'B'}}{\alpha} \approx \frac{-4,3}{-0,1} \approx 43,3 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \frac{f'_1}{d} \approx \frac{43,3}{17,7} \approx 2,45$$

→ l'encombrement est + de 2 fois + gd avec une lentille seule qu'avec un téléobjectif!

Rappels de thermo

o par def $\Delta S_{\text{sys}} = \int \frac{\delta Q_{\text{rev}}}{T}$

calculé sur chemin réversible partant à l'état initial et arrivant au même état final (S étant une fct d'état, le ΔS sera le même)

↳ T est la T° syst sur ce chemin rev.

en part, si transf réelle est irrév, le calcul de ΔS_{sys} se fait sur chemin imaginaire

o 2^e principe

$\Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{source}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{sources}} \geq 0$ > si transf irrév = - rev

car {syst + source} est isolé thermiquement (= ad'ia)

on peut le formuler autrement :

$\Delta S_{\text{sys}} = -\Delta S_{\text{source}} + \Delta S_{\text{source}} + \Delta S_{\text{sys}} = \Delta S_{\text{source}} + \Delta S_{\text{sys}}$

où $\Delta S_{\text{source}} + \Delta S_{\text{sys}} \geq 0$

$\Delta S_{\text{source}} = -\Delta S_{\text{sys}} = \sum_i \frac{Q_i}{T_{\text{source } i}}$, Q_i = chaleur réellement échangée par syst avec source i

car $dS_{\text{source } i} = \frac{\delta Q_{\text{source } i}}{T_{\text{source } i}}$ $\delta Q_{\text{source } i}$ = chaleur échangée par source i = -δQ_i car (syst + source i) isolé thermiquement

o Ex: détente de Jale (partie A, I)

Q_{syst} = 0 = chaleur réellement échangée par gp (donc sur transf. irrév)

ΔS_{syst} calculée sur chemin rév (donc imaginaire) allant de p₀ V₀ T₀ à p₂ V₀ T₀ : on le choisit isotherme pour simplifier car T_i = T_f = T₀

↳ Q_{rev} = nRT₀ ln $\frac{V_2}{V_0} \neq 0$: le chemin imaginaire n'est pas adiabatique!

on peut le retrouver par le 2^e principe :

si chemin imaginaire rév et ad'ia → ΔS = S_f' - S_i = 0 → S_f' = S_i

or ici ΔS_{syst} = S_f - S_i > 0 → S_f > S_i

on aurait S_f > S_f' si on partait du même état initial i

→ on arriverait à l'état final f' ≠ état final f ! (S étant fct d'état)