



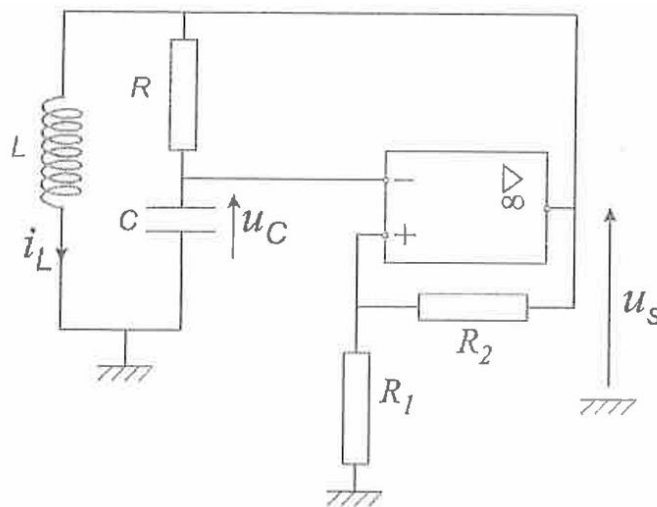
Consignes pour les candidats

Merci de ne rien marquer sur le sujet.

- ▶ Dans ce sujet, il y a une seule bonne réponse à chaque question. Le principe de notation est le suivant : **Bonne réponse** → +1, **Pas de réponse** → 0, **Mauvaise réponse** → -1.
- ▶ Les réponses aux questions sont à donner exclusivement sur la grille fournie.
- ▶ Pour chaque question (**Q01 à Q60**), une seule bonne réponse possible (**A à D**).
- ▶ Mettre une croix (X) dans la case correspondant à votre choix (**A à D**).

I.

Le filtre représenté sur la figure ci-après fonctionne avec un amplificateur opérationnel (AO) supposé idéal, trois résistors de résistances $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$ et $R = 1 \text{ k}\Omega$, un condensateur de capacité $C = 1 \mu\text{F}$ et une bobine d'inductance L . On suppose que l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime non linéaire et l'on désigne par $U_{\text{sat}} = 15 \text{ V}$ et $-U_{\text{sat}}$ les tensions de saturation haute et basse symétriques.



Q01. Indiquer la réponse exacte

- | | |
|-------------------------------------|--|
| A) La tension u_s est continue | C) La tension u_s est triangulaire |
| B) La tension u_s est sinusoïdale | D) La tension u_s est en créneaux (signaux carrés) |

Q02. La tension $u_c(t)$, périodique de période T , est alternativement croissante puis décroissante.

En régime établi (ou permanent), entre l'instant $t_1 = 0$ où $u_s = U_{\text{sat}}$ et $u_c(t)$ devient croissante et l'instant $t_2 = \frac{T}{2}$, $u_c(t)$ se met sous la forme :

$$u_c(t) = A + B \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Exprimer la constante A :

- | | | | |
|---|--|---|-------------|
| A) $A = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{\text{sat}}$ | B) $A = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_{\text{sat}}$ | C) $A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{sat}}$ | D) Autre: ? |
|---|--|---|-------------|

Q03. Exprimer la constante τ :

- A) $\tau = RC$ B) $\tau = \frac{L}{R}$ C) $\tau = (LC)^{\frac{1}{2}}$ D) Autre: ?

Q04. Exprimer la constante B :

- A) $B = -\frac{R_1+2R_2}{R_1+R_2} U_{sat}$ B) $B = -\frac{2R_1+R_2}{R_1+R_2} U_{sat}$ C) $B = -U_{sat}$ D) Autre: ?

Q05. En déduire la période des oscillations :

- A) $T = 2\tau \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$ B) $T = 5\tau$ C) $T = 2\tau \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$ D) Autre: ?

Q06. Que vaut l'amplitude crête à crête de la variation de l'intensité du courant I_{cc} dans la bobine ?

- A) $I_{cc} = T \frac{U_{sat}}{2L}$ C) $I_{cc} = 2(R_1 + R_2)C \frac{U_{sat}}{L}$
 B) $I_{cc} = 2T \frac{U_{sat}}{L}$ D) Autre: ?

Q07. Calculer L sachant que $I_{cc} = 40 \text{ mA}$ et que $\ln 2 \approx 0,7$.

- A) $L \approx 0,25 \text{ mH}$ B) $L \approx 25 \text{ mH}$ C) $L \approx 0,25 \text{ H}$ D) Autre: ?

II

Pour modéliser le fonctionnement d'un moteur Diesel, on considère une masse d'air, évoluant en système fermé, subit les transformations suivantes, constituant le cycle ABCDA :

- A → B: compression adiabatique réversible*
B → C: combustion monobare
C → D: détente adiabatique réversible
D → A: refroidissement isochore

L'air est assimilé à un gaz parfait diatomique $\gamma = 1,4$ de constante massique $r = \frac{R}{M} = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$, où R est la constante des gaz parfaits et M, la masse molaire de l'air.

On note P_i , V_i et T_i la pression, le volume et la température, respectivement, de l'état i, avec $i = A, B, C, D$.

On donne : $P_A = 10^5 \text{ Pa}$, $T_A = 300 \text{ K}$, $T_B = 1015 \text{ K}$, $V_A = 2,50 \text{ L}$ et $V_C = 0,53 \text{ L}$.

Q08. La masse m d'air subissant le cycle vaut :

- A) $m = 0,34 \text{ g}$ B) $m = 2,90 \text{ g}$ C) $m = 0,34 \text{ kg}$ D) Autre: ?

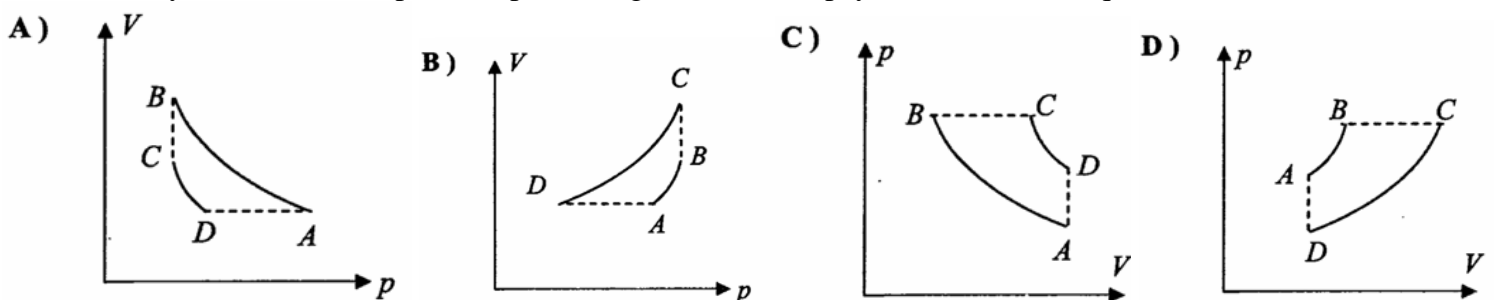
Q09. L'état B est caractérisé par ;

- A) $\begin{cases} P_B = 1,40 \cdot 10^3 \text{ Pa} \\ V_B = \frac{1}{2} V_C \end{cases}$ B) $\begin{cases} P_B = 1,40 \cdot 10^3 \text{ Pa} \\ V_B = 0,12 \text{ L} \end{cases}$ C) $\begin{cases} P_B = 71,24 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V_B = \frac{1}{2} V_C \end{cases}$ D) Autre: ?

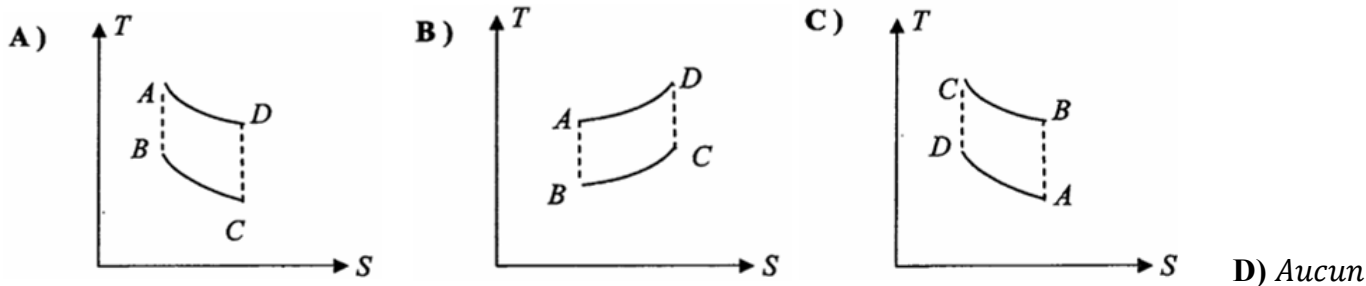
Q10. Les états C et D sont caractérisés

- A) $\begin{cases} P_C = P_B \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^\gamma \\ T_D = 2436 \text{ K} \end{cases}$ B) $\begin{cases} V_D = V_C \\ P_C = P_B \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^\gamma \end{cases}$ C) $\begin{cases} P_B = 8,12 \text{ Pa} \\ T_D = 2436 \text{ K} \end{cases}$ D) Autre: ?

Q11. Le cycle ABCD est représenté par le diagramme de Clapeyron ci-dessous, lequel :



Q12. Le cycle ABCD est représenté par le diagramme entropique ci-dessous, lequel :



Au cours d'un cycle, on note Q_C , Q_f et W , respectivement, les transferts thermiques reçus par l'air de la part de la source chaude, de la source froide, et le travail.

Q13. A) $Q_C = \frac{myr}{\gamma-1} T_C \left(\frac{V_C}{V_D} - 1 \right)$ B) $Q_C \cong 20 \text{ kJ}$ C) $Q_C = \frac{myr}{1-\gamma} T_B \left(1 - \frac{V_C}{V_B} \right)$ D) Autre: ?

Q14. A) $Q_f = \frac{P_A V_A}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{T_A}{T_B} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \left(\frac{V_C}{V_A} \right)^{\gamma} \right]$ B) $Q_f \cong 0,6 \text{ kJ}$

C) $W = \frac{P_A V_A}{(\gamma-1)T_A} [\gamma(T_C - T_B) + T_A - T_D]$ D) Autre: ?

Q15. L'efficacité η du moteur vérifie :

A) $\eta = 1 - \frac{T_A}{T_C}$ B) $\eta = -\frac{W}{Q_C}$ C) $\eta = 0,93$ D) Autre: ?

Q16. On suppose que, sur (DA), l'air échange au contact de l'atmosphère (considéré alors comme une source à température constante égale à T_A) au cours d'une transformation isochore. L'entropie produite S_{DA}^p au cours de cette transformation et la variation d'entropie ΔS_{DA} sur (DA) vérifie :

A) $\left\{ \begin{array}{l} S_{DA}^p = \Delta S_{DA} - \frac{Q_f}{T_A} \\ S_{DA}^p = \frac{mr}{\gamma-1} \left[\ln \frac{T_D}{T_A} - \frac{T_A - T_D}{T_A} \right] \end{array} \right.$ B) $\left\{ \begin{array}{l} S_{DA}^p = \Delta S_{DA} - \frac{Q_{DA}}{T_A - T_D} \\ S_{DA}^p = \frac{mr}{\gamma-1} \left[\ln \frac{T_D}{T_A} - \frac{T_A - T_D}{T_A} \right] \end{array} \right.$

C) $\left\{ \begin{array}{l} S_{DA}^p = \Delta S_{DA} - \frac{Q_{DA}}{T_A - T_D} \\ S_{DA}^p = \frac{mr}{\gamma-1} \left[\ln \frac{T_A}{T_D} - \frac{T_A - T_D}{T_A} \right] \end{array} \right.$ D) Autre: ?

Q17. Le bilan entropique montre que :

- A) La variation d'entropie au cours d'un cycle est négative. C) Le cycle est réversible.
 B) L'entropie créée au cours d'un cycle est nulle. D) Le cycle est irréversible.

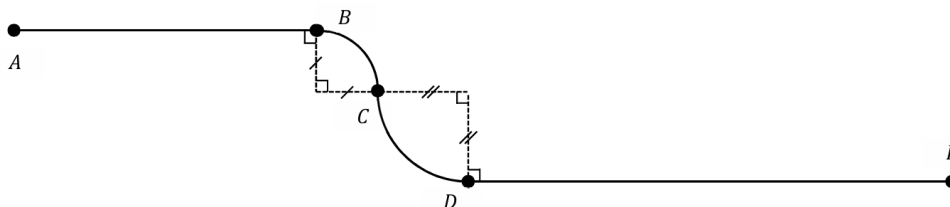
III

Cinématique

On étudie un mobile M_a , assimilé à un point matériel (ou corpuscule), en mouvement uniforme dans le référentiel du laboratoire à la vitesse de 25 cm.s^{-1} , sur une piste qui comporte quatre portions :

- un segment rectiligne AB de longueur 1 m ;
- un quart de cercle BC de longueur 50 cm ;
- un quart de cercle CD de longueur 75 cm ;
- un segment rectiligne DE de longueur 2 m.

La piste est parcourue par M_a de A vers E (Fig. ci-après).



Q18. Quelle durée τ met M_a pour parcourir la totalité de la piste (de A à E) ?

- A) $\tau = 0,17$ s B) $\tau = 1,6$ s C) $\tau = 17$ s D) Autre: ?

Q19. On note a_1 la norme de l'accélération de M_a sur la portion BC. Que vaut a_1 ?

- A) $a_1 = 0$ m.s⁻² B) $a_1 = 0,2$ m.s⁻² C) $a_1 = 1,3$ m.s⁻² D) Autre: ?

Q20. On note a_2 la norme de l'accélération de M_a sur la portion CD. Quelle relation existe-t-il entre a_1 et a_2 ?

- A) $a_2 = 0$ m.s⁻² B) $a_2 = a_1$ C) $a_2 = \frac{2}{3}a_1$ D) Autre: ?

Q21. Lorsque M_a atteint le point D, à un instant pris comme origine temporelle, un second mobile M_b (également assimilé à un point matériel) quitte E en direction de D. Son mouvement est uniforme dans le référentiel du laboratoire à la vitesse de 50 cm.s⁻¹. À quelle date t_r les deux mobiles se rencontrent-ils ?

- A) $t_r \approx 0,4$ s B) $t_r \approx 2,7$ s C) $t_r \approx 4$ s D) Autre: ?

Q22. Quelle est alors la distance d_a parcourue par M_a sur la piste DE ?

- A) $d_a \approx 40$ cm B) $d_a \approx 67$ cm C) $d_a \approx 1$ m D) Autre: ?

Q23. Quelle était, $\frac{1}{5}$ s avant la rencontre, la distance d séparant M_a et M_b ?

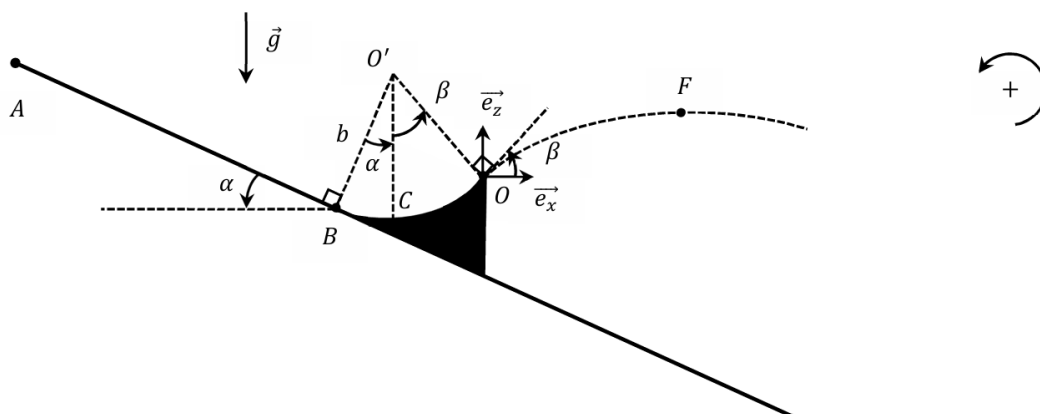
- A) $d \approx 5$ cm B) $d \approx 10$ cm C) $d \approx 15$ cm D) Autre: ?

Dynamique

Un tremplin de saut à ski est constitué par l'association d'une portion rectiligne $L = AB = 40$ m de piste inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale, suivie par une portion circulaire \widehat{BO} de centre O' et de rayon $b = 20$ m. La tangente en O à la piste circulaire forme un angle $\beta = 45^\circ$ avec l'horizontale (Fig. ci-après).

Le point C sur la piste circulaire est situé au-dessous et à la verticale de O' . On munit le référentiel du laboratoire d'un repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$, \vec{e}_z étant un vecteur unitaire orienté dans la direction et dans le sens de la verticale ascendante. On note (x_A, z_A) , (x_B, z_B) et (x_C, z_C) , respectivement les coordonnées cartésiennes des points A, B et C. On étudie le mouvement d'un skieur, initialement immobile en A, en l'assimilant à un corpuscule (ou « point matériel) S de masse $m = 80$ kg, de coordonnées cartésiennes (x, z) . On désigne par $\vec{g} = -g \vec{e}_z$ le vecteur champ de pesanteur et $g \approx 10$ m.s⁻² son intensité.

On néglige tout frottement.



Q24. Exprimer puis calculer numériquement la vitesse v_B du skieur en B .

- A) $v_B = \sqrt{\sqrt{3}gL}$ B) $v_B = \sqrt{2gL \sin \alpha}$ C) $v_B = \sqrt{gL}$ D) Autre: ?

Q25. Application numérique

- A) $v_B = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ B) $v_B = 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ C) $v_B = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ D) Autre: ?

Q26. On note \vec{a}_C le vecteur accélération du skieur au point C . Que peut-on affirmer :

- A) $\begin{cases} \vec{a}_C = \vec{0} \\ \|\vec{a}_C\| = \frac{v_C^2}{b} \end{cases}$ B) $\begin{cases} \vec{a}_C \cdot \vec{e}_x = 0 \\ \|\vec{a}_C\| = \frac{v_C^2}{b} \end{cases}$ C) $\begin{cases} \vec{a}_C \cdot \vec{e}_z = 0 \\ \vec{a}_C = \vec{0} \end{cases}$ D) Aucune proposition n'est correcte

Q27. On choisit l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur en O . Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur $\varepsilon_p(B)$ en B du skieur :

- A) $\varepsilon_p(B) = mgb(\sin \beta - \sin \alpha)$ C) $\varepsilon_p(B) = mgb(\sin \beta - \cos \alpha)$

- B) $\varepsilon_p(B) = mgb(\cos \beta + \cos \alpha)$ D) Autre: ?

Q28. Que dire de la norme du vecteur vitesse, v_O , du skieur en O ?

- A) $v_O = \sqrt{v_B^2 - 2 \frac{\varepsilon_p(B)}{m}}$ B) $v_O = v_B$ C) $v_O = \sqrt{v_B^2 + 2 \frac{\varepsilon_p(B)}{m}}$ D) Autre: ?

Q29. Le skieur quitte le tremplin en O . On note F le sommet de sa trajectoire (Fig. précédente). En tenant compte de la valeur numérique de β , quelle est l'altitude Z_F de F ?

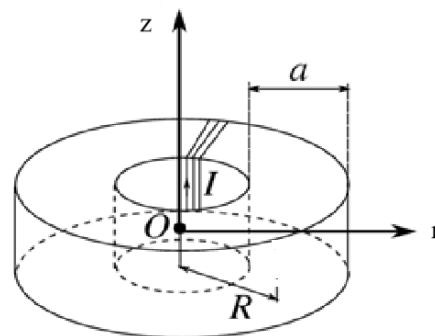
- A) $z_F = \frac{v_O^2}{g}$ B) $z_F = \frac{v_O^2}{2g}$ C) $z_F = \frac{v_O^2}{4g}$ D) Autre: ?

Q30. Un autre skieur, moins aguerri, se retrouve confiné au voisinage de C et oscille, d'avant en arrière, dans un mouvement de très faible amplitude. Quelle est la période T de ses oscillations ?

- A) $T = \sqrt{\frac{b}{g}} \approx 1,5 \text{ s}$ B) $T = 2\pi \sqrt{\frac{b}{g}} \approx 9 \text{ s}$ C) $T \approx 13 \text{ s}$ D) Autre: ?

IV

Une bobine est constituée par un fil conducteur bobiné en spires jointives sur un tore circulaire à section carrée de côté a de rayon moyen R . On désigne par N le nombre total de spires et par I le courant qui les parcourt. Parmi les quatre propositions pour chaque question, choisir la réponses juste.



Q31. Tout plan méridien du bobinage c'est-à-dire tout plan contenant l'axe de révolution Oy est :

- A) Plan de symétrie de la distribution de courant.
 B) Plan d'antisymétrie de la distribution de courant.
 C) Plan d'antisymétrie du champ magnétique et de la distribution de courant.
 D) Plan de symétrie du champ magnétique.

Q32. Il en résulte que les lignes de champ du champ magnétique passant par un point quelconque M situé à l'intérieur de la bobine sont :

- A) Des cercles d'axe OZ. B) Des cercles de centre O.
 C) Des cercles dont le centre est le centre de la spire contenant M.
 D) Des carrés dont l'un des sommets contient M.

Q33. La norme du champ magnétique qui règne en un point M(r,z) quelconque du plan (\vec{e}_r, \vec{e}_z) à l'intérieur du tore est :

A) $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi\sqrt{r^2 + z^2}}$ B) $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$ C) $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi z}$ D) Autre: ?

Q34. Le flux Φ du champ magnétique à travers la surface d'une spire dont la normale est orientée dans le sens du champ est :

A) $\Phi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{2R + a}{2R - a}$ B) $\Phi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{R + a}{R - a}$ C) $\Phi = \frac{\mu_0 n I a}{2\pi} \ln \frac{R + 2a}{2R - 2a}$ D) Autre: ?

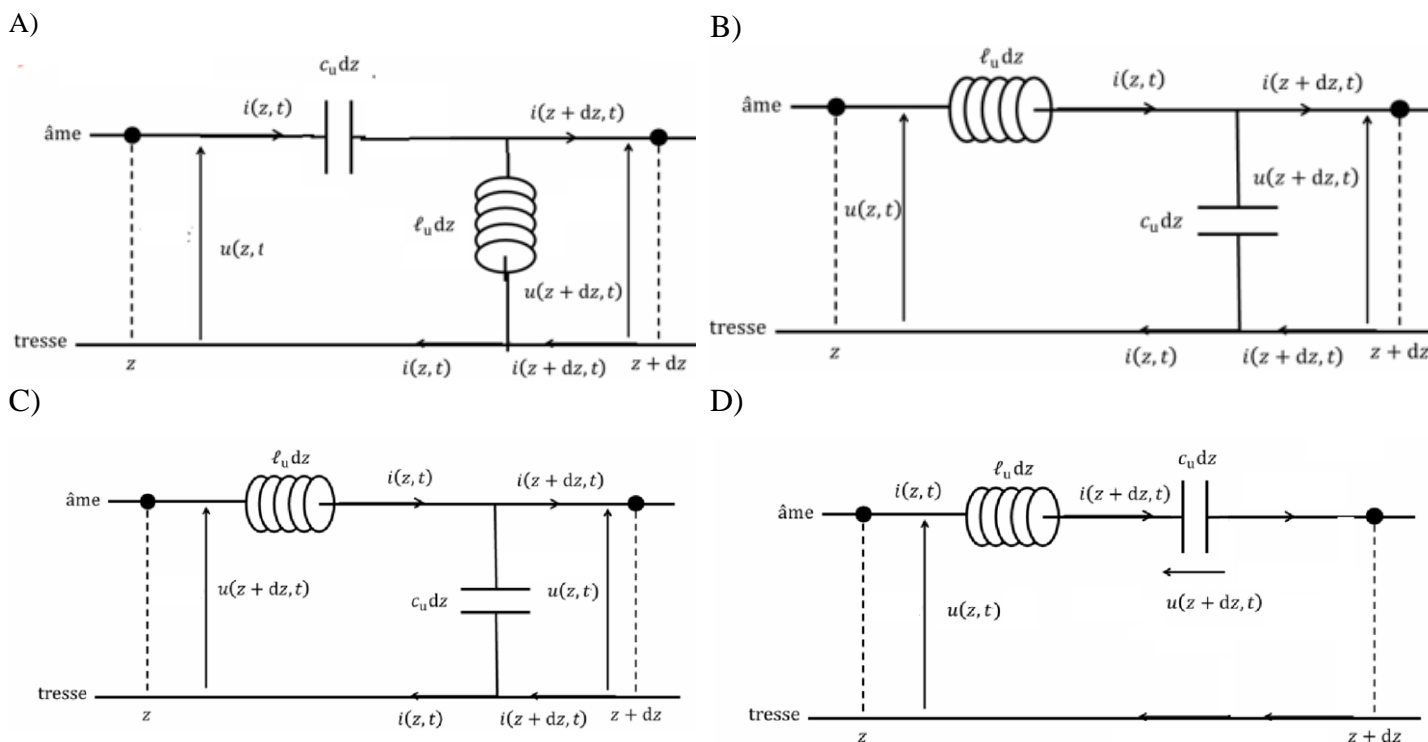
Q35. On désigne respectivement par B_{\min} et B_{\max} les valeurs minimum et maximum du champ magnétique à l'intérieur de la bobine. Calculer la valeur numérique du rapport $\frac{a}{R}$ pour une variation relative du champ de 10% :

A) $\frac{a}{R} = 0,200$ B) $\frac{a}{R} = 0,050$ C) $\frac{a}{R} = 0,075$ D) Autre: ?

V

Depuis l'installation de lignes télégraphiques sous-marines, l'obligation d'isoler la ligne conduit à utiliser une forme géométrique particulière : le câble coaxial, formé d'une armature centrale métallique formant un cylindre de rayon a, entouré d'une gaine isolante et d'un second câble métallique de rayon $b > a$. Les photographies de la figure 2 représentent les extrémités dénudées de deux câbles de ce type qui relient la télévision à l'antenne ; quelques éléments de la fiche technique du plus performant des deux sont repris dans la table 1. Un tel câble est d'abord modélisé comme un milieu continu sans pertes caractérisé par une inductance linéique ℓ_u et une capacité linéique c_u .

Q36. Le schéma équivalent à une longueur infinitésimale dz du câble est :



Q37. Les équations de propagation des ondes de courant et de tension sont :

A) $\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 i}{\partial z^2} \end{cases}$ B) $\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 i}{\partial z^2} \end{cases}$ C) $\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 i}{\partial z^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} \end{cases}$ D) Autre: ?



FIGURE 1 – Câble coaxial professionnel (à gauche) et bas de gamme (à droite)

Conducteur interne :	cuivre, $\varnothing 1,6$ mm	Impédance :	75 Ω
Isolant :	Polyéthylène, $\varnothing 7,2$ mm	Capacité nominale :	53 pF/m
Tresse externe :	cuivre, couverture > 95%	Inductance nominale :	0,32 μ H/m
Gaine :	Polyéthylène	Résistance nominale câble :	8,5 Ω /km
Délai :	4,0 ns/m	Résistance nominale tresse :	3,6 Ω /km

Q38. La célérité c des ondes électriques le long du câble s'écrit :

A) $c = \sqrt{\frac{\ell_u}{c_u}}$ B) $c = \sqrt{\ell_u c_u}$ C) $c = \sqrt{\frac{c_u}{\ell_u}}$ D) Autre: ?

Q39. La valeur de la vitesse

A) $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ B) $c = 2,5 \cdot 10^8$ m.s⁻¹ C) $c = 6037,7$ m.s⁻¹ D) Autre: ?

Q40. L'impédance caractéristique Z_0 du câble est :

A) $Z_0 = \sqrt{\frac{\ell_u}{c_u}}$ B) $Z_0 = \sqrt{\frac{c_u}{\ell_u}}$ C) $Z_0 = \sqrt{\ell_u c_u}$ D) Autre: ?

Lorsqu'un tel câble relie un générateur (par exemple l'antenne de réception du signal TV) à un récepteur (ici, l'étage d'entrée de l'amplificateur TV) modélisé par une impédance complexe Z_e en $z = 0$ sur la figure 2, on observe en général la superposition d'ondes de tension et de courant incidente et réfléchie, donc la superposition d'une onde strictement progressive, d'amplitude $u_p = U_p \cos(\omega t - kz + \varphi_p)$ et d'une onde stationnaire, d'amplitude $u_s = U_s \cos(\omega t - \varphi_s) \sin(kz - \Psi_s)$. L'importance de cette dernière est caractérisée par le rapport $\rho = \frac{U_s}{U_p}$, qui peut être mesuré pour indiquer le degré de désaccord entre le câble et sa charge.

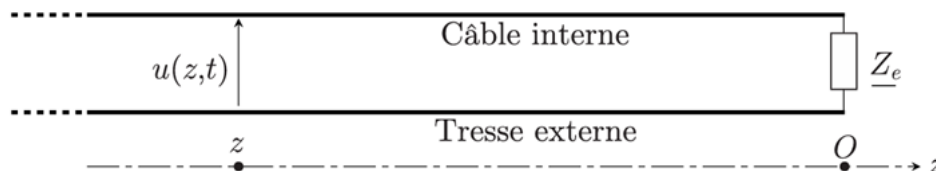


Figure 2 – Câble TV alimentant un étage électronique

Q41. On impose d'abord dans la partie $z < 0$ du câble une onde de tension incidente $\underline{u}^+(z,t)$ d'amplitude complexe \underline{U}^+ , de pulsation ω et de vecteur d'onde k .

L'onde courant \underline{i}^+ est :

A) $\underline{i}^+ = \frac{U^+}{Z_0} \exp j(\omega t + kz)$ B) $\underline{i}^+ = \frac{U^-}{Z_0} \exp j(\omega t - kz)$
 C) $\underline{i}^+ = \frac{U^+}{Z_0} \exp j(\omega t + kz) - \frac{U^-}{Z_0} \exp j(\omega t - kz)$ D) Autre: ?

Q42. Les ondes de tension $u(z,t)$ et de courant $i(z,t)$ réfléchies par le câble en fonction de \underline{Z}_e , Z_0 , U^+ , k et ω

$$A) \begin{cases} \underline{u}^-(z,t) = \left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) U^+ \exp j(\omega t - kx) \\ \underline{i}^-(z,t) = \left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) \frac{U^+}{Z_0} \exp j(\omega t - kx) \end{cases} \quad B) \begin{cases} \underline{u}^-(z,t) = \left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) U^+ \exp j(\omega t - kx) \\ \underline{i}^-(z,t) = \left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) \frac{U^+}{Z_0} \exp j(\omega t - kx) \end{cases}$$

$$C) \begin{cases} \underline{u}^-(z,t) = -\left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) U^+ \exp j(\omega t + kx) \\ \underline{i}^-(z,t) = -\left(\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0}\right) \frac{U^+}{Z_0} \exp j(\omega t + kx) \end{cases} \quad D) \text{ Autre: ?}$$

Q43. Expression de ρ en fonction de Z_0 et \underline{Z}_e .

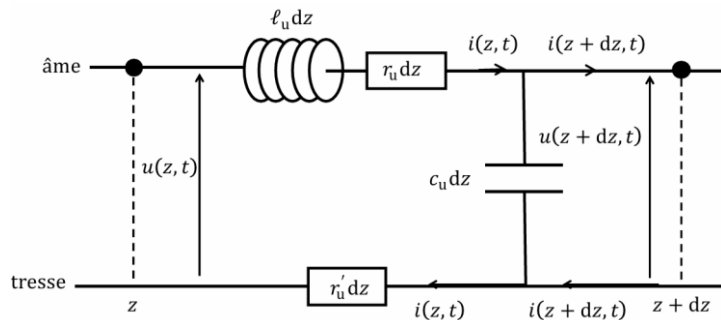
$$A) \rho = \left[\frac{\underline{Z}_e - 3Z_0}{\underline{Z}_e + Z_0} \right] \quad B) \rho = \left[\frac{\underline{Z}_e - Z_0}{\underline{Z}_e} \right] \quad C) \rho = \left[\frac{3\underline{Z}_e - Z_0}{Z_0} \right] \quad D) \text{ Autre: ?}$$

Q44. On parle d'adaptation (ou accord) entre le câble et sa charge pour :

$$A) \underline{Z}_e = 3Z_0 \quad B) \underline{Z}_e = 2Z_0 \quad C) \underline{Z}_e = Z_0 \quad D) \underline{3Z}_e = Z_0$$

Dans tout ce qui suit, on choisit une valeur de \underline{Z}_e qui assure cet accord. On souhaite évaluer l'importance des pertes en ligne dues aux résistances électriques par unité de longueur r_u et r'_u du câble et de la tresse.

Q45. Une proposition de schéma modifié de l'élément de longueur dz de câble est :



L'équation de propagation de l'onde de tension devient :

$$A) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (r_u + r'_u) c_u \frac{\partial u}{\partial t} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad B) \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + (r_u + r'_u) \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$C) \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \ell_u c_u \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (r_u + r'_u) c_u \frac{\partial u}{\partial t} \quad D) \text{ Autre: ?}$$

Q46. La valeur du module d'onde dans le cas où $\frac{r_u + r'_u}{\ell_u \omega} \ll 1$, s'écrit :

$$A) k \approx \frac{\omega}{c} \left(1 + j \left(\frac{r_u + r'_u}{2\ell_u \omega} \right) \right) \quad B) k \approx \frac{\omega}{c} \left(1 - j \left(\frac{r_u + r'_u}{2\ell_u \omega} \right) \right) \quad C) k \approx \frac{\omega}{c} \left(1 + j \left(\frac{r_u + r'_u}{4\ell_u \omega} \right) \right) \quad D) \text{ Autre: ?}$$

Q47. L'onde de tension complexe est donc de la forme :

$$A) \underline{u}(z,t) = U_0 \exp j \left(\omega t - \frac{\omega}{c} z \right) \exp \left(-\frac{r_u + r'_u}{2\ell_u c} z \right) \quad B) \underline{u}(z,t) = U_0 \exp j \left(\omega t - \frac{\omega}{c} z \right) \exp \left(\frac{r_u - r'_u}{2\ell_u c} z \right)$$

$$C) \underline{u}(z,t) = U_0 \exp j \left(\omega t - \frac{\omega}{c} z \right) \exp \left(\frac{r_u + r'_u}{4\ell_u c} z \right) \quad D) \text{ Autre: ?}$$

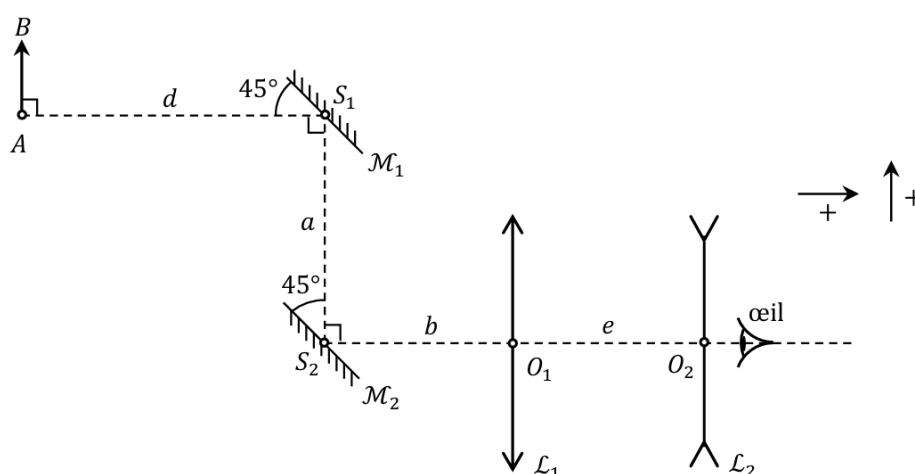
Q48. La longueur caractéristique d'atténuation de l'amplitude des ondes en fonction de Z_0 , r_u et r'_u .

$$A) \delta = \frac{2\ell_u c}{r_u + r'_u} = 2 \frac{Z_0}{r_u + r'_u} \quad B) \delta = \frac{2\ell_u c}{r_u - r'_u} = 2 \frac{Z_0}{r_u - r'_u} \quad C) \delta = \frac{2\ell_u \omega}{r_u + r'_u} = 2 \frac{Z_0}{r_u + r'_u} \quad D) \text{ Autre: ?}$$

VI

L'entrée d'un périscope est constituée de deux miroirs plans \mathcal{M}_1 et \mathcal{M}_2 , circulaires et de centres respectifs S_1 et S_2 (Fig. ci-après). Après réflexions sur \mathcal{M}_1 et \mathcal{M}_2 , la lumière entre dans un système de deux lentilles \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 , assimilées à des lentilles minces de centres respectifs O_1 et O_2 . Les miroirs sont inclinés d'un angle de 45° par rapport à l'axe optique du système représenté en pointillés. L'orientation algébrique de l'axe optique ainsi que celle de l'axe transversal sont indiquées sur la figure (signes +). Les distances focales images algébrisées de \mathcal{L}_1 et \mathcal{L}_2 sont respectivement $f'_1 = 1\text{m}$ et $f'_2 = -0,125$. Un œil emmétrope (c'est-à-dire sans défaut) est placé juste derrière \mathcal{L}_2 . Le périscope \mathcal{S}_p est donc l'ensemble catadioptrique $\{\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2, \mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2\}$. On observe un objet placé dans un plan transversal, en avant de \mathcal{S}_p .

On introduit les distances $a = S_2S_1 > 0$, $b = S_2O_1 > 0$, $e = O_1O_2 > 0$ et $d = AS_1 > 0$. Dans tout l'exercice, on admet que les lentilles fonctionnent dans les conditions de Gauss.



Q49. L'objet AB est placé à grande distance du périscope (suffisamment loin pour que d puisse être considéré infini). On note e_0 la valeur de e permettant à l'œil d'observer AB à travers \mathcal{S}_p sans accommoder. Exprimer e_0 :

- A) $e_0 = f'_1 - f'_2$ B) $e_0 = f'_1$ C) $e_0 = f'_2$ D) Autre: ?

Q50. L'objet étant encore à l'infini, on règle \mathcal{S}_p de telle sorte que $e = e_0 - \epsilon$ où $\epsilon > 0$ et $\epsilon \ll e_0$. Que peut-on affirmer ?

- A) L'image de AB par \mathcal{S}_p est réelle. C) L'œil peut observer une image floue à travers \mathcal{S}_p .
 B) L'image de AB par \mathcal{S}_p est virtuelle. D) L'œil ne peut pas observer d'image nette à travers \mathcal{S}_p .

Q51. L'objet est maintenant placé à distance finie. On note A_1B_1 l'image de AB par le système $\{\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2, \mathcal{L}_1\}$ et

$p'_1 = \overline{O_1A_1}$. Exprimer p'_1 :

- A) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+d)}{a+b+d-f'_1}$ B) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+d)}{a+b+d+f'_1}$ C) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+e)}{a+b+d+f'_1}$ D) Autre: ?

Q52. Quelle est alors la taille (grandeur algébrique) A_1B_1 de cette image intermédiaire ?

- A) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1+a+b+d} \overline{AB}$ B) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1+d} \overline{AB}$ C) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1-d} \overline{AB}$ D) Autre: ?

Q53. L'image A_2B_2 de AB par \mathcal{S}_p se forme en avant de \mathcal{L}_2 , à une distance $\overline{A_2O_2} = d_m$ où $d_m = 25\text{ cm}$. On envisage que l'œil puisse désormais accommoder. En outre, $\overline{A_2B_2} = 1\text{ mm}$. On note $\theta > 0$ l'angle sous lequel l'image de AB par \mathcal{S}_p est vue par l'observateur (on rappelle que l'œil est derrière et à proximité immédiate de \mathcal{L}_2). Que peut-on affirmer ?

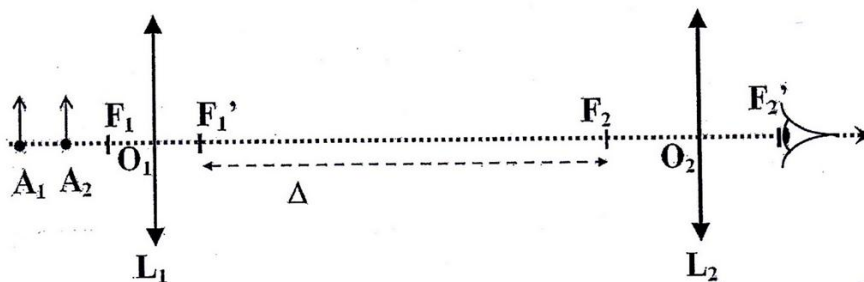
- A) $\theta \approx 10^{-3}$ rad et l'image est étendue pour l'œil C) $\theta \approx 4 \times 10^{-3}$ rad et l'image est ponctuelle pour l'œil.
 B) $\theta \approx 4 \times 10^{-3}$ rad et l'image est étendue pour l'œil D) Autre: ?

Q54. De quelle distance $\Delta e > 0$ faut-il déplacer \mathcal{L}_2 depuis la position précédente pour retrouver le réglage initial $e = e_0$?

- A) $\Delta e = 1 \text{ mm}$ B) $\Delta e = 1,25 \text{ cm}$ C) $\Delta e = 5 \text{ cm}$ D) Autre: ?

Q55. Un microscope se compose de deux lentilles convergentes : l'objectif L_1 de distance focale image $f'_1 = 5 \text{ mm}$ et l'oculaire L_2 de distance focale $f'_2 = 25 \text{ mm}$ (cf. figure ci-dessous qui n'est pas à l'échelle).

Ces deux lentilles sont maintenues à une distance fixe l'une de l'autre $\overline{F'_1 F_2} = \Delta$. Lors du réglage du microscope pour effectuer la mise au point sur un objet, on déplace, à l'aide d'une vis micrométrique, l'ensemble des deux lentilles en maintenant Δ constant. L'observateur place son œil au niveau de F'_2 . L'étude sera menée dans le cadre de l'approximation de Gauss.



Si l'on note l'image de A_1 par la lentille L_1 , la formule de Newton s'écrit :

- A) $\overline{F_1 A_1} \times \overline{F_1 A'_1} = -f'^2_1$ B) $\overline{F_1 A_1} \times \overline{F'_1 A'_1} = -f'^2_1$ C) $\overline{F'_1 A_1} \times \overline{F'_1 A'_1} = f'^2_1$ D) Autre: ?

Q56. Sachant qu'un point objet A_1 placé à $0,10 \text{ mm}$ en avant de F_1 est vu net par l'observateur lorsqu'il n'accommode pas, déterminer Δ .

- A) $\Delta = 0$ B) $\Delta = 16 \text{ mm}$ C) $\Delta = 6,0 \text{ cm}$ D) $\Delta = 25 \text{ cm}$

Q57. Lorsqu'il accommode au maximum, l'observateur, sans microscope, voit net les objets placés à $d = 20 \text{ cm}$ en avant de son œil (ce point est le punctum proximum). Déterminer, lors de l'accommodation maximale, la position du point objet A_2 vu net par l'observateur à travers le microscope.

- A) $\overline{F_1 A_2} = \frac{-f'^2_1 d}{\Delta \times d + f'^2_2}$ B) $\overline{F_1 A_2} = \Delta + d$ C) $\overline{F_1 A_2} = \frac{f'^2_1}{\Delta - d + 2f'^2_2}$ D) Autre: ?

Q58. Exprimer le grandissement transversal γ_t pour la lentille L_1 d'un objet placé perpendiculairement à l'axe optique au point A_1 :

- A) $\gamma_t = -\frac{\overline{F'_1 A'_1}}{\overline{F_1 A_1}}$ B) $\gamma_t = -\frac{\overline{F'_1 A'_1}}{f'_1}$ C) $\gamma_t = \frac{2f'_1}{\overline{F_1 A_1}}$ D) Autre: ?

Q59. On place un objet de taille y perpendiculairement à l'axe optique au point A_1 . Quel est l'angle α_1 sous lequel l'observateur voit cet objet à la sortie du microscope ?

- A) $\alpha_1 = \frac{y}{\overline{A_1 O_1}}$ B) $\alpha_1 = \frac{f'_1 \overline{A_1 O_1}}{f'_2}$ C) $\alpha_1 = \frac{f'_2}{f'_1}$ D) Autre: ?

Q60. Sous angle α_2 verrait-il cet objet sans microscope s'il le plaçait à la distance $d = 20 \text{ cm}$ en avant de son œil ?

- A) $\alpha_2 = \frac{y}{d + \Delta}$ B) $\alpha_2 = \frac{y}{f'_1}$ C) $\alpha_2 = \frac{y}{\Delta}$ D) Autre: ?