Physique

Semestre 1

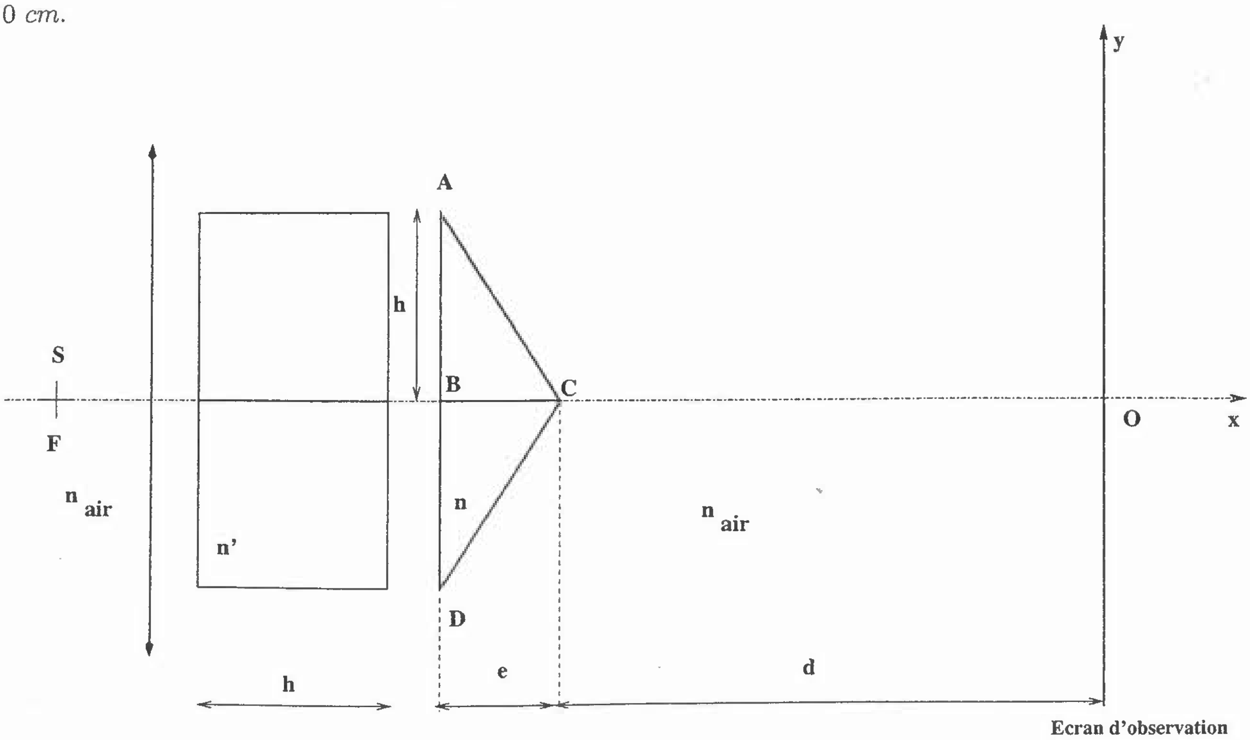
UNIVERSITÉ DE NANTES
U.F.R. des Sciences et des Techniques
S.E.V.E.
Bureau des Examens

Année universitaire 2012-2013
Semestre ☒ 1 ☐ 2
Session ☒ 1 ☐ 2

Nom de l'U.E. :	**ondes et vibrations, optique ondulatoire**
Code de l'E.C. :	**X3P0020**
Durée :	1h30
Documents autorisés :	Aucun
Calculatrice non programmable autorisée :	☒ oui ☐ non

Problème 1.

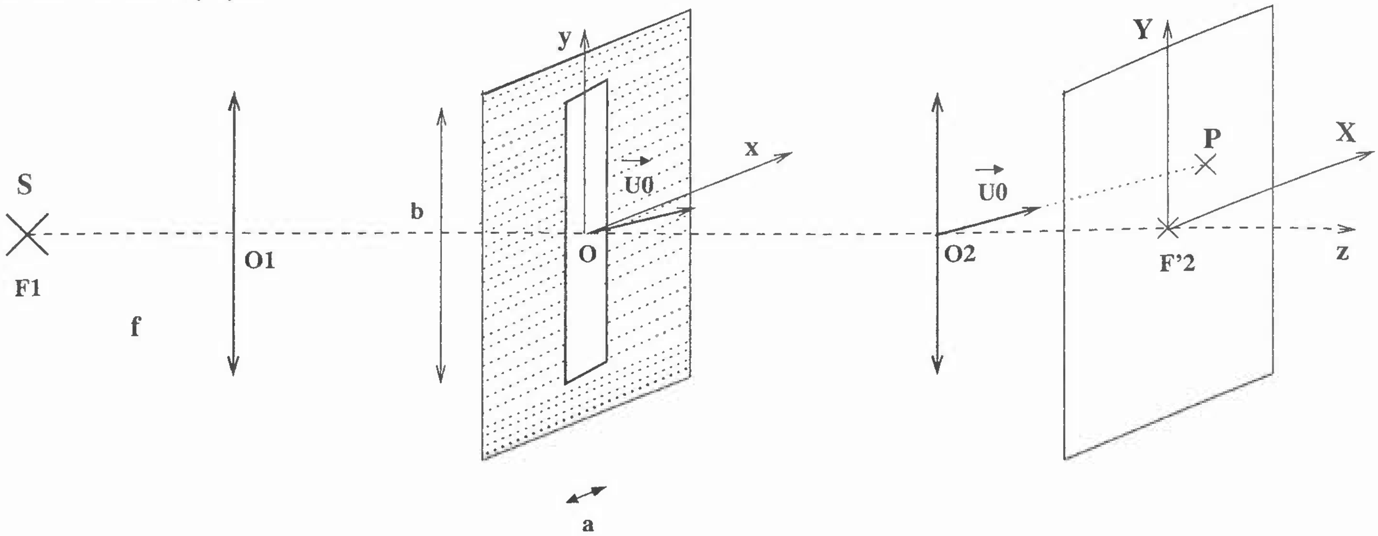
On considère le dispositif du biprisme de Fresnel éclairé par une source S placée au foyer objet d'une lentille (cf figure ci-dessous), deux cuves initialement remplies d'air (indice n_{air}) ont été intercalées entre le biprisme (indice $n = 1.5$) et la lentille. La source est monochromatique ($\lambda = 0.56$ μm), les prismes ont pour base $e = 1$ mm et pour hauteur $h = 10$ cm.



1. Donnez sur un schéma la forme des surfaces d'ondes (en les justifiant éventuellement) avant la lentille, après la lentille, après les cuves, après les prismes.
2. Expliquez où et pourquoi nous observerons des interférences sur l'écran.
3. Justifiez pourquoi les surfaces d'ondes sont déviées à la sortie des deux prismes et déterminez l'angle de déviation de la surface par rapport à la verticale en fonction de n, h et e.
4. Déterminez en justifiant votre réponse le déphasage entre les deux surfaces d'ondes issues du bi-prisme en C. Puis toujours en le justifiant, déterminez le déphasage en O et enfin en M en fonction de y, n, h et e.
5. Exprimez alors l'ordre d'interférence en M. Déterminez l'interfrange et la position de la frange d'ordre 0.
6. La cuve 2 est vidée, déterminez alors la différence de phase entre les deux surfaces d'onde en C. Déterminez alors la nouvelle différence de marche en M. Décrivez comment a évolué la figure d'interférence observée sur l'écran. Déterminez la position de la frange d'ordre 0.

Problème 2.

Deux lentilles coaxiales donnent d'une source S monochromatique, placée au foyer-objet de la première, une image que l'on observe dans le plan focal-image de la seconde. Un diaphragme à ouverture rectangulaire est intercalé entre les lentilles. La figure ci dessous explicite le montage et les notations utilisées dans l'exercice. Le vecteur unitaire $\overrightarrow{U}_0$ a pour coordonnées ($\frac{X}{f}$,$\frac{Y}{f}$,1)



1. La source S émet une onde ayant pour fonction d'onde en F1 : $\Psi_0 = A_0 e^{j\omega t}$. Justifier que la fonction d'onde incidente sur le plan du diaphragme a une phase constante dans ce même plan.
2. Enoncer le principe qui régit le phénomène de diffraction en justifiant que l'onde réémise par la surface infinitésimale dS autour d'un point M (x,y,0) du diaphragme vue par le point P a pour expression :

$$d\Psi_M(P) = K\Psi_0 e^{j\phi_0(P)} t(x,y) e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\overrightarrow{U}_0.\overrightarrow{OM}} dS$$

3. Compte tenu des considérations précédentes et en prenant comme référence de phase celle de l'onde qui arrive en P après avoir été diffractée en O, centre du diaphragme, donner en fonction des variables $u = \frac{\pi a X}{\lambda f}$ et $v = \frac{\pi b Y}{\lambda f}$ (avec $f = O_2F_2'$) l'expression de la fonction d'onde totale $\Psi(P)$ vue par le point P.
4. La "fente" rectangulaire est translatée d'une quantité d suivant $\overrightarrow{Ox}$ dans le plan du diaphragme. Exprimer alors la fonction d'onde totale $\Psi_d(P)$ vue par le point P.
5. Déterminer l'expression des intensités observées (I et I$_d$) sur l'écran avant et après la translation de la fente.

Semestre 2
Session 1

Électromagnétisme et imagerie
Examen
1h30min

Exercice 1.

Questions préliminaires

On considère une source ponctuelle S émettant une onde sphérique, et un écran placé à une distance d de la source. L'écran est dans un plan (Oxy) perpendiculaire à l'axe (OS) et on se place dans l'approximation paraxiale $(x, y << d)$.

1. Calculer l'amplitude lumineuse sur l'écran, montrer qu'elle peut être mise sous la forme :

$$A(x,y) = \frac{e^{i\psi}}{d} e^{i\kappa(x^2+y^2)}$$

en exprimant ψ et κ.

On considère maintenant la situation réciproque : une onde sphérique converge vers un point S situé sur l'axe (OS) et on cherche l'amplitude lumineuse dans un plan (Oxy) perpendiculaire à (OS) situé à une distance d avant S.

2. Déduire de la question précédente, sans calculs supplémentaires, l'amplitude lumineuse dans le plan.

Réseau Soret

On considère un objet dans le plan (O, x, y) dont la transparence est :

$$t(x,y) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos\left[2\pi\alpha(x^2+y^2)\right]$$

Cet objet est éclairé par une onde plane se propageant suivant (Oz).

3. Montrer qu'après l'objet, la lumière peut être vue comme la superposition de 3 ondes. Donner la nature de ces ondes.
4. En déduire que l'objet se comporte comme plusieurs lentilles dont on donnera les focales.

Exercice 2.

Un diaphragme circulaire de rayon R placé dans le plan $z = 0$ est éclairé sous incidence normale par une onde plane monochromatique se propageant vers les $z > 0$, de longueur d'onde λ et d'amplitude ψ_0 dans le plan du diaphragme.

1. Calculer dans l'approximation paraxiale l'amplitude complexe diffractée en tout point de coordonnées $x = y = 0, z > 0$, avec $z >> \lambda$.
2. Montrer qu'il existe certaines valeurs de z pour lesquelles l'intensité est nulle au centre.

Formulaire

Si $E(x_i, y_i)$ est l'amplitude lumineuse dans un plan $(O_i x_i y_i)$ perpendiculaire à l'axe $(O_i O_f)$ alors l'amplitude lumineuse dans un plan $(O_f x_f y_f)$ perpendiculaire à $(O_i O_f)$ situé à une distance z grande devant la longueur d'onde est donnée par :

$$E(x_f,y_f) = \frac{e^{ikz}}{i\lambda z}\, e^{i\frac{k}{2z}(x_f^2+y_f^2)} \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} E(x_i,y_i)\, e^{i\frac{k}{2z}(x_i^2+y_i^2)}\, e^{-2i\pi\left(x_i\frac{x_f}{\lambda z}+y_i\frac{y_f}{\lambda z}\right)} \mathrm{d}x_i \mathrm{d}y_i$$

Exercice 3.

On considère un système optique de fonction pupillaire $P_L(x,y)$. Sa réponse impulsionnelle pour une image se faisant dans un plan situé à une distance d' de la pupille est

$$h(x,y) = \mathcal{F}\left[P_L(\lambda d' f_X, \lambda d' f_Y)\right]$$

Sa fonction de transfert en éclairage cohérent est alors égale à :

$$\mathcal{H}(f_X, f_Y) = \mathcal{F}[h(x,y)] = P_L(-\lambda d' f_X, -\lambda d' f_Y)$$

La fonction de transfert optique est définie comme :

$$H(f_X, f_Y) = \frac{\mathcal{F}\left[|h(x,y)|^2\right]}{\iint |h(x,y)|^2 \mathrm{d}x\ \mathrm{d}y}$$

1. Montrer que la fonction de transfert optique est égale à :

$$H(f_X, f_Y) = \frac{\iint \mathcal{H}\left(\xi + \frac{f_X}{2}, \eta + \frac{f_Y}{2}\right)\ \mathcal{H}^*\left(\xi - \frac{f_X}{2}, \eta - \frac{f_Y}{2}\right) \mathrm{d}\xi\ \mathrm{d}\eta}{\iint |\mathcal{H}(\xi,\eta)|^2 \mathrm{d}\xi\ \mathrm{d}\eta}$$

2. La pupille du système est un carrée de côté a :

$$P_L(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si} \quad |x| \leq a/2 \quad \text{et} \quad |y| \leq a/2 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Déterminer la fonction de transfert optique du système.

UNIVERSITE DE NANTES
Faculté des Sciences et des Techniques

Année Universitaire 2012-2013
Examen, 1ère Session
Resp. K. Werner

Physique moderne

Documents interdits. Calculatrice non programmable autorisée.

A Questions (10P)

1. La diffusion Compton peut être considérée comme la collision d'un photon avec un électron d'un atome (l'électron est consideré immobile avant la collision). Soient λ_0 et λ les longueurs d'onde du photon avant et après la collision, ϕ l'angle de diffusion du photon, α l'angle d'émission de l'électron. m_e désigne la masse de l'électron. Quelle est l'énergie de l'ensemble (photon plus électron) avant et après la collision, exprimée en fonction de m_e, c, h et λ_0 (avant) ou λ (après) ?

2. Un tube de verre, rempli d'un gaz à faible pression, est le siège d'une décharge électrique entretenue par deux électrodes qui sont sousmises à une tension très élevée.

   (a) Expliquer ce qu'on observe. Comment peut-on comprendre cette observation ?

   (b) Une décharge électrique permet d'identifier un élément par "son" spectre. Pourquoi ?

   (c) Rappeler la formule de Rydberg.

3. Énergie de liaison des noyaux atomiques :

   (a) Énoncer la définition de l'énergie de liaison ? Quelle est sa signification physique ?

   (b) Faites une esquisse de la courbe de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse pour les noyaux stables.

   (c) Comment cette courbe permet-elle de comprendre l'existence de la fission nucléaire ?

B Exercices (10P)

1. Une étoile blanc-bleuâtre de la classe O a une température de surface d'environ $40 \cdot 10^3\,\mathrm{K}$. Quelle est la longueur d'onde à laquelle le rayonnement est maximal ?

2. Une station de radio a une puissance émettrice de 400 kW pour une fréquence de 100 MHz. Combien de photons par seconde sont-ils émis ?

3. Effet photoélectrique : On mesure un potentiel d'arrêt V_0 de 0.75 V pour un faisceau incident de longueur d'onde de 450 nm. Donner le travail d'extraction.

4. Représenter graphiquement le profil de la fonction d'onde $y = \sin 2\pi(x/\lambda - t/T)$ en fonction de x à l'instant $t = 3T/2$.

5. L'atome d'hydrogène (justifier les réponses) :

   (a) Quelle sont les sous-couches parmi 2p, 4f, 2f, 3d, 1d qui ne peuvent pas exister ?

   (b) Le nombre de valeurs de m possibles dépend-il de n ?

   (c) Combien de sous-couches y a-t-il pour $n = 3$? Lesquelles ?

   (d) Quelles sont les valeurs possibles de m dans un état où $l = 0$?

Rappels des constantes (pas forcément utilisées) :

Masse du proton : $m_{\mathrm{proton}}\, c^2$=938,27 MeV.
Masse du neutron : $m_{\mathrm{neutron}}\, c^2$=939,57 MeV.
Masse de l'électron : $m_{\mathrm{electron}}\, c^2$=0,511 MeV.
Charge élémentaire : $e = 1,6021 \cdot 10^{-19}$ C.

Vitesse de la lumière : $c = 2,99792 \cdot 10^8 \mathrm{m/s}$.
Constante dans la loi de Wien : $0,0029\,\mathrm{mK}$.
Constante de Planck : $h = 6,6261 \cdot 10^{-34}$ Js
Longueur d'onde de Compton : $\lambda_{\mathrm{Compton}} = 2.4262\,10^{-12}\,\mathrm{m}$

Semestre 2

Session 2

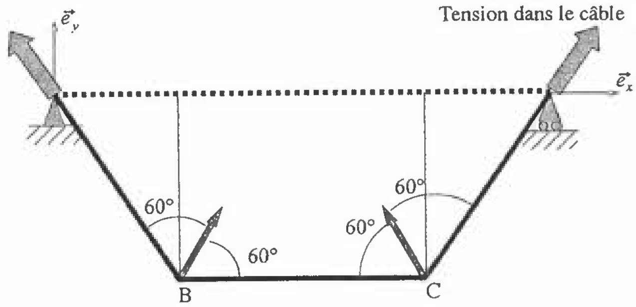
UNIVERSITÉ DE NANTES
U.F.R. des Sciences et des Techniques
S.E.V.E.
Bureau des Examens

Nom de L'U.E. :	MÉCANIQUE DES MILIEUX DÉFORMABLES
Code de L'U.E. :	X4P0040
Examen du :	2ÈME SESSION (JUIN 2013)
Durée :	1H30
Documents autorisés :	AUCUN
Calculatrice autorisée :	NON PROGRAMMABLE

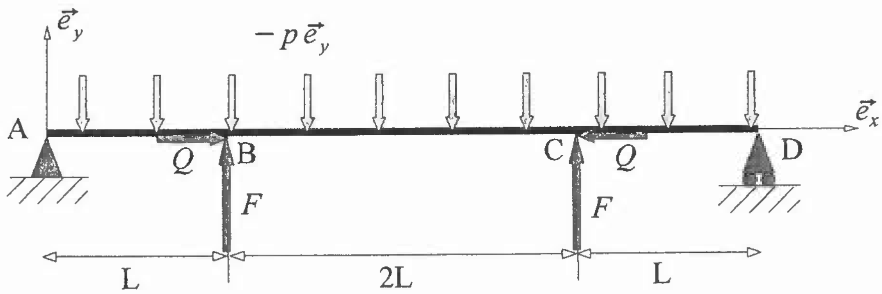
Renforcement du pont de Saint Nazaire

Le pont de Saint-Nazaire a été construit en 1974. Il détenait alors le record national de longueur des ponts de France et le record mondial de portée des ponts à haubans. Il fait actuellement l'objet de travaux de confortement. C'est un chantier important qui durera deux ans et que vous pourrez visiter... en vous remémorant la modélisation simple qui vous est proposée dans cet exercice.

On examine une portion de viaduc et son renforcement par des câbles de précontrainte externes comme on peut en voir sur la photo ci-dessous. La tension dans le câble génère des forces sur le viaduc comme cela est illustré sur la figure de droite.



On modélise le viaduc par une poutre rectiligne de longueur $4L = 50$m. Elle est posée sur deux appuis en A et D qui représentent les piles de l'ouvrage. On note $\vec{R}_A = X_A\vec{e}_x + Y_A\vec{e}_y$ et $\vec{R}_D = Y_D\vec{e}_y$ les actions de liaison en A et en D.



Le chargement est constitué :
- du poids propre de la poutre $-p\vec{e}_y$. On note $\vec{g} = -g\vec{e}_y$ ($g = 10$ m.s^{-2}) l'accélération de la pesanteur et ρ la masse volumique moyenne pour le béton ($\rho = 2500$ kg.m^{-3}),
- des efforts transmis par le câble : $Q\vec{e}_x + F\vec{e}_y$ en B et $-Q\vec{e}_x + F\vec{e}_y$ en C, avec $Q = \frac{F}{\sqrt{3}}$.

La symétrie du problème permettra de limiter l'étude à la moitié de la poutre. On n'étudiera donc que les portions AB et BC. Les quantités seront notées de la façon suivante :
- indice 1 sur le tronçon AB, $x \in]0, L[$
- indice 2 sur le tronçon BC, $x \in]L, 3L[$

Problème 1— Torseur des efforts intérieurs

Dans toute cette partie, les résultats sont à exprimer en fonction de L, Q, F et p sans les remplacer par leur expression ou leur valeur.

Q1 – Calculer les actions de liaison en A et en D.

Sollicitation de traction-compression

Q2 – Déterminer l'effort normal $N(x)$ dans la poutre sur les tronçons AB et BC par la méthode de votre choix.

Sollicitation de flexion

Q3 – Déterminer l'effort tranchant $T_y(x)$ et le moment de flexion $M_{fz}(x)$ dans la poutre sur les tronçons AB et BC par la méthode de votre choix.

On s'intéresse maintenant au calcul de la flèche de la poutre. Compte tenue de la **symétrie du problème**, on ne considère que la moitié gauche, $x \in [0, 2L]$ de la poutre pour le calcul de la flèche.

Q4 – Quelles conditions aux limites et de raccord sur le déplacement transverse v et la rotation de la section $\frac{dv}{dx}$ peut-on écrire entre 0 et $2L$? (Exploitez la symétrie !)

Q5 – Déterminez le déplacement transverse $v(x)$ de la poutre.

Q6 – Montrer en particulier que

$$v(L) = \frac{1}{EI_z}\left(-pL^4\frac{57}{24} + FL^3\frac{4}{3}\right)$$

Q7 – Le câble de précontrainte a pour fonction de "soulager" le pont d'une partie de sa charge notamment en diminuer sa flèche. Calculer F pour que les flèches en B et C soient nulles.

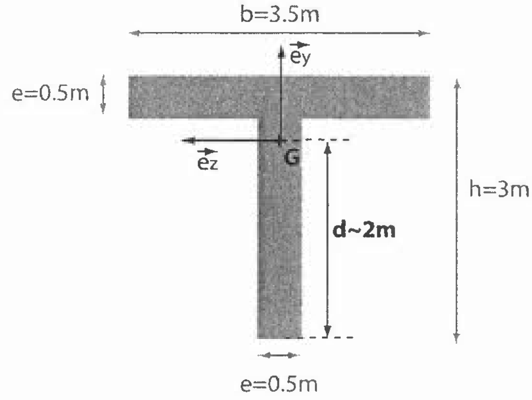
Diagramme des sollicitations

Q8 – Tracer les diagrammes des sollicitations de traction $N(x)$ et de flexion $T_y(x)$ et $M_f(x)$ en précisant toutes les valeurs remarquables des courbes. On prendra F déterminé à la question 7.

Problème 2— Contrainte normale et dimensionnement

La section de la poutre est une section en "T" dont les dimensions sont reportées sur la figure ci-contre.

Les propriétés de la sections sont :
- la surface : $S = 3\text{m}^2$
- le centre géométrique G positionné sur la figure
- le moment quadratique en G selon $\vec{e}_z$: $I_z \approx 2\text{m}^4$



Dans la suite on se place à F déterminé à la question 7 du problème 1.

Q1 – Montrer que le moment de flexion en $x = 2L$ a pour expression $M_{fz}(2L) = \frac{7}{32}pL^2$.

Q2 – Exprimer la contrainte normale $\sigma_f(x, y)$ due au moment de flexion et tracer l'allure du profil de contrainte $\sigma_f(2L, y)$ dans la section d'abscisse $x = 2L$.

Q3 – Sachant que le béton résiste mieux à la compression qu'à la traction, commenter la forme de la section de la poutre et l'action de la compression induite par les câbles.

Problème 3— Câble

Questions subsidiaires (BONUS) L'effort F est généré par la tension T des câbles qui est ajustable. On considèrera pour simplifier qu'il s'agit d'un seul et même câble (en fait il y en a 16), en acier à haute performances ($E = 200$ Gpa, $\sigma_e = 1650$ MPa) de section $S = 200$ cm^2.

Q1 – Sachant que seule la contrainte normale est à prendre en compte dans un câble et que cette contrainte est constante le long du câble, quelle valeur de T faut-il atteindre pour obtenir la valeur de F précédente ? Est-ce admissible par rapport à la limite élastique ?

Q2 – Quel est alors l'allongement total du câble ?