



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE

EAI PHC 1

SESSION 2018

**AGRÉGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : PHYSIQUE CHIMIE

**COMPOSITION SUR LA PHYSIQUE
ET LE TRAITEMENT AUTOMATISÉ DE L'INFORMATION**

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1500C	101	0385

► **Concours interne du CAER / Agrégation de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1500C	101	0385

Le fil qui chante

Ce sujet traite des phénomènes de propagation unidimensionnelle en prenant appui sur deux systèmes physiques, la corde de Melde et le câble coaxial. Dans le premier cas, il s'agit d'étudier un modèle d'une corde de piano et de comprendre en quoi le couplage à une autre structure — la table d'harmonie — est essentiel pour la production du son. Dans le second cas, il s'agit de retrouver les caractéristiques principales d'un câble coaxial figurant dans un catalogue constructeur.

Données numériques :

- accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- célérité des ondes acoustiques dans l'air : $c_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c_0 = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- permittivité diélectrique du vide : $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$;
- perméabilité magnétique du vide : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$;
- masse volumique de l'acier : $\rho_{\text{acier}} = 7,8 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- masse volumique du cuivre : $\rho_{\text{Cu}} = 9,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- conductivité électrique du cuivre : $\gamma_{\text{Cu}} = 6,0 \times 10^7 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$.

Les questions de nature pédagogique sont identifiées par le symbole **(QP)**. Elles représentent environ un tiers du total des points attribués. Les candidats sont invités à y consacrer le temps nécessaire.

I. Caractéristiques du son émis par une corde vibrante

La corde vibrante reliée à une caisse de résonance est un dispositif couramment employé dans les instruments de musique. Les exemples sont nombreux, comme le piano, le violon ou la guitare. L'étude du son qui peut être émis par ce type d'instruments apparaît à plusieurs reprises dans les programmes de physique et chimie, depuis le collège jusqu'à la classe de terminale. Après avoir abordé quelques aspects pédagogiques de l'enseignement de ce concept, cette première partie du sujet s'attache à étudier la corde vibrante en prenant en compte les effets de son élasticité, puis à montrer le rôle de la caisse de résonance à travers l'étude d'un diapason.

A – Le son : une première approche

1. **(QP)** Modifier l'exercice « Un coup de foudre à Viñales » de l'annexe 1 en une tâche complexe proposée en dernière année de cycle 4. Proposer un corrigé de l'exercice ainsi modifié et justifier sa place dans la progression, à savoir en dernière année de cycle 4. On pourra se référer à l'annexe 5.
2. **(QP)** La résolution de l'exercice modifié (version tâche complexe) est évaluée par compétences. Préciser les critères et les indicateurs de réussite pouvant être utilisés lors de cette évaluation.
3. **(QP)** Dans le but de gérer l'hétérogénéité, le professeur s'appuie sur l'exercice « Un coup de foudre à Viñales » pour mettre en place une différenciation pédagogique au sein de la classe. Pour atteindre ce but, préciser comment le professeur :
 - détermine les besoins spécifiques des élèves ;
 - organise la classe et adapte éventuellement l'exercice de l'annexe 1 pour prendre en compte les besoins des élèves ;
 - évalue l'impact de son action.

Les éléments de réponse seront argumentés.

4. Décrire succinctement l'expérience historique qui a permis à Arago, Gay-Lussac et de Prony de déterminer une valeur de la célérité du son dans l'air. Préciser à quelle période cette expérience s'est déroulée. Indiquer une autre contribution scientifique d'Arago.

B – Corde tendue en régime libre

Soit une corde homogène, parfaitement souple, inélastique, de longueur L et de masse m , tendue horizontalement entre deux points A et B .

Dans toute cette partie, les effets de la pesanteur seront négligés devant ceux dus à la tension T_0 , supposée uniforme, de la corde. Les différents points de la corde sont animés de mouvements transversaux supposés de faible amplitude, notée $y(x, t)$ (cf. figure 1). À un instant t donné, l'angle que fait la tangente à la corde avec l'horizontale est noté $\alpha(x, t)$ (cf. figure 2).

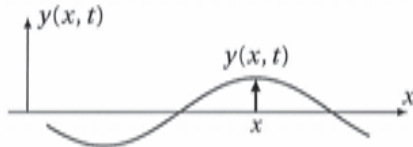


Figure 1 – Mouvements transversaux sur une corde.

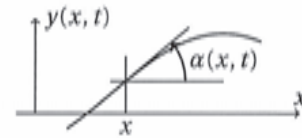


Figure 2 – Angle de la corde avec l'horizontale.

5. Par analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de la célérité c des ondes transversales sur cette corde.
6. De l'étude des mouvements de faible amplitude, établir que l'équation de propagation de la corde libre tendue s'écrit :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0. \quad (1)$$

7. Donner la solution générale de cette équation de propagation, dite équation de d'Alembert. Cette équation est linéaire : que signifie ce qualificatif ?
8. (QP) Quelle(s) expérience(s) un enseignant d'une classe de terminale de la série scientifique peut-il utiliser pour introduire la notion d'onde progressive? Décrire celle(s)-ci, expliciter les objectifs visés et préciser la place de l'outil numérique en la justifiant.
9. Dans le cas où cette corde est fixée à ses deux extrémités, on peut observer des ondes stationnaires. Définir ce type d'onde et expliquer ce qu'il peut y avoir de paradoxal dans cette expression.
À l'aide d'un raisonnement simple, déterminer les fréquences associées aux modes propres.
10. La figure 4 représente la simulation de l'impact du marteau sur une corde de piano (en l'occurrence, la corde du do3). La corde est fixée au point A , H est le point de la corde que vient frapper le marteau et B est le point où la corde transmet la vibration à la table d'harmonie, non représentée ici (cf. figure 3). La fréquence fondamentale du do3 est $f_0 = 262 \text{ Hz}$.

Toutes les $62,5 \mu\text{s}$, la simulation représente le profil de la corde.

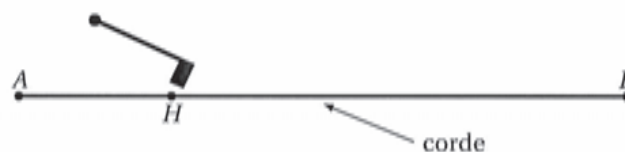


Figure 3 – Schéma de la corde de piano.

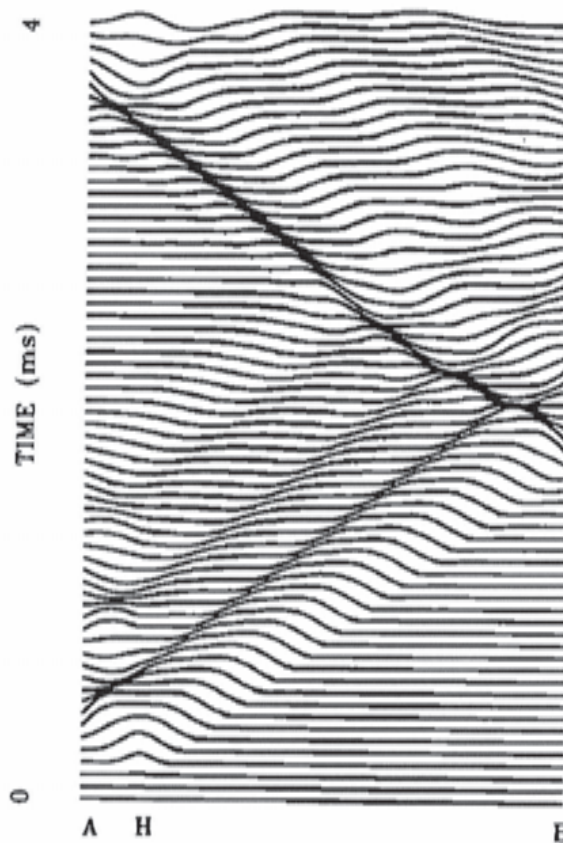


Figure 4 – Simulation d'une corde frappée de piano (d'après Antoine Chaigne et André Akenfelt, Numerical simulations of piano strings, *J. Acoust. Soc. Am.* **95** (2), Feb.94).

Décrire avec précision les phénomènes observés. Des éléments qualitatifs et quantitatifs sont attendus.

C – Corde de Melde

À présent, l'extrémité située en $x = 0$ est attachée à un vibreur qui impose un mouvement transversal d'amplitude y_0 et de pulsation ω . Pour simplifier, le mouvement est supposé sinusoïdal. Le vibreur est alimenté par un générateur dont on peut régler la fréquence. À l'autre extrémité, la corde passe dans la gorge d'une poulie idéale, d'axe horizontal, et est lestée par une masselotte marquée de masse M .

Données :

- longueur totale de la corde : 154 ± 1 cm ;
- masse de la corde : $m = 0,41 \pm 0,01$ g ;
- longueur vibreur - axe de la poulie : $L = 121,5 \pm 0,5$ cm ;
- masse de la masselotte : $M = 100,0 \pm 0,5$ g.

Les fréquences pour lesquelles un maximum de l'amplitude est observé sont relevées dans le tableau 1 ; le nombre de fuseaux observés est également indiqué.

fréquence (en Hz)	$25,3 \pm 0,1$	$50,2 \pm 0,2$	$74,9 \pm 0,3$	$100,3 \pm 0,4$	$124,5 \pm 0,5$
nombre de fuseaux	1	2	3	4	5

Tableau 1 – Fréquences de résonance d'une corde de Melde pour une masselotte de masse M .

La fréquence du générateur qui alimente le vibreur est mesurée avec un fréquencemètre.

11. À quoi peut-on attribuer l'incertitude sur la longueur totale de la corde ?
12. L'équation de propagation des ondes le long de la corde a été établie en négligeant le poids de celle-ci devant la tension. Cette hypothèse est-elle raisonnable dans ce dispositif ?

13. On pose $y(x = 0, t) = y_0 \cos(\omega t)$ et $y(x, t) = w(x) \cos(\omega t)$ pour un point quelconque de la corde d'abscisse x , avec $w(x)$ une fonction de x , x vérifiant $0 \leq x \leq L$.

Quelles sont les raisons qui justifient la recherche d'une solution sous la forme proposée pour $y(x, t)$? Déterminer l'expression de la fonction $w(x)$. En déduire les expressions des fréquences de résonance; expliquer pourquoi, dans ce cas, on retrouve les fréquences associées aux modes propres définies à la question 9.

14. Exploiter les résultats expérimentaux pour comparer les fréquences de résonance observées expérimentalement avec celles associées aux modes propres, compte tenu des incertitudes indiquées. Un calcul d'incertitude est attendu pour la valeur de la fréquence fondamentale.
15. Quand la fréquence d'excitation est assez différente d'une fréquence de résonance, la corde ne vibre presque plus. Expliquer cette observation.
16. Qu'est-ce qui limite l'amplitude des oscillations à la résonance?

D – Approche d'une notion : l'analyse spectrale d'un son

Dans son cours d'enseignement de physique-chimie en classe de terminale S, un professeur aborde la notion d'analyse spectrale d'un son.

17. (QP) Donner la définition du spectre en fréquence d'un son telle que le professeur peut l'énoncer à ses élèves de terminale S.
18. (QP) Un élève se demande s'il y a une différence entre l'analyse spectrale d'un son et la partie « analyse spectrale » traitée antérieurement dans le cours de chimie en terminale S. Proposer une réponse que le professeur peut lui apporter.

E – Prise en compte de l'élasticité

Pour éviter d'avoir des cordes trop longues, les cordes associées aux sons les plus graves d'un piano à queue sont filées, c'est-à-dire qu'elles sont formées d'un fil d'acier autour duquel un fil de cuivre est enroulé.

La corde filée est ainsi structurée :

- une corde homogène en acier de diamètre $d = 1,0 \text{ mm}$;
- un fil de cuivre enroulé sur ce cœur en acier, parfois en double épaisseur. Une simple couche de cuivre est assimilée à une couche homogène de cuivre d'épaisseur égale à $e = 1 \text{ mm}$.

La fréquence fondamentale de la corde émettant le son le plus grave du piano est $f_0 = 28 \text{ Hz}$ et la longueur L de cette corde peut atteindre $L = 2,20 \text{ m}$ pour un piano de concert. La tension vaut typiquement $T_0 = 1,2 \times 10^3 \text{ N}$.

19. Quelle serait la longueur de la corde la plus grave du piano si elle était homogène, en acier, et d'un diamètre de $1,0 \text{ mm}$? Commenter.
20. Quel est l'intérêt d'utiliser des cordes filées? Compte tenu des données, toujours pour cette même corde, est-ce qu'une simple couche de cuivre suffit pour obtenir une longueur de corde raisonnable?

Les cordes présentent toujours un peu d'élasticité, en particulier les cordes graves filées. Cela se traduit par une anharmonicité, c'est-à-dire que les valeurs des fréquences propres d'une corde ne sont pas proportionnelles à la valeur de la fréquence fondamentale. L'effet est marqué pour les cordes graves dont le spectre en fréquence est riche et dont les composantes spectrales peuvent devenir très voisines de certaines fréquences fondamentales d'autres cordes.

Sur un piano accordé, chaque intervalle $[f; 2f]$, appelé octave, est divisé en douze demi-tons. Chaque demi-ton est un intervalle de la forme $[f; 2^{1/12} f]$ où f est une fréquence quelconque.

L'élasticité d'une corde est prise en compte par son module d'Young E . L'équation de propagation des ondes transversales de faible amplitude sur une corde élastique est donnée par la relation :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + A \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \quad \text{avec} \quad A = \frac{\pi r^4 E}{4\mu}. \quad (2)$$

E est le module d'Young effectif de la corde filée, r le rayon de la corde et μ sa masse linéique.

21. Chercher les modes propres sous la forme $y(x, t) = y_0 \cos(kx + \phi) \cos(\omega t)$ et montrer que

$$f_n = n f_0 \sqrt{1 + B n^2} \quad \text{avec } n \text{ entier.} \quad (3)$$

Pourquoi ne peut-on pas dire que le piano est un instrument harmonique?

22. À partir de la courbe ci-dessous (cf. figure 5), déterminer la valeur numérique de B . Pour la corde qui émet le son le plus grave, déterminer à partir de quel rang n la valeur de f_n est plus élevée d'un demi-ton que celle de $n f_0$. Pourquoi ce phénomène est-il plus gênant pour les cordes émettant dans le grave que pour les cordes émettant dans l'aigu?

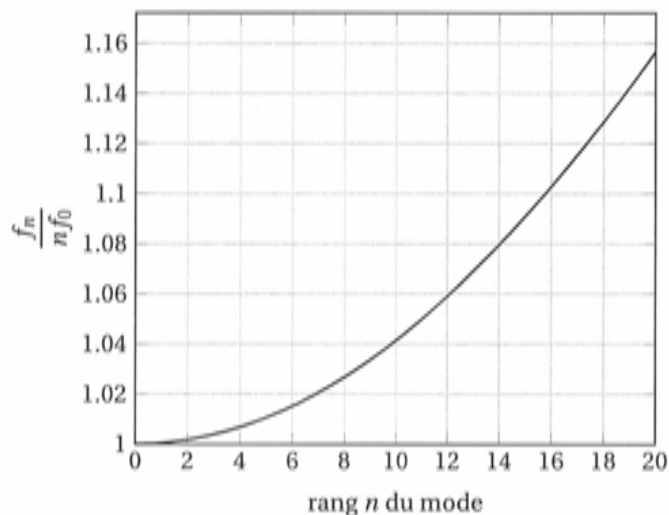


Figure 5 – Anharmonicité d'une corde de piano : courbe $\frac{f_n}{n f_0}$ en fonction du rang n du mode.

F – Rôle de la table d'harmonie

À cause des faibles dimensions transversales de la corde, son rayonnement acoustique est faible. Sur un instrument de musique, la corde est fixée sur une table d'harmonie à qui elle transmet ses vibrations et qui permet un rayonnement efficace des ondes acoustiques. Un système modèle est étudié : un diapason, de fréquence fondamentale 320 Hz, monté sur sa caisse de résonance (cf. figure 6).

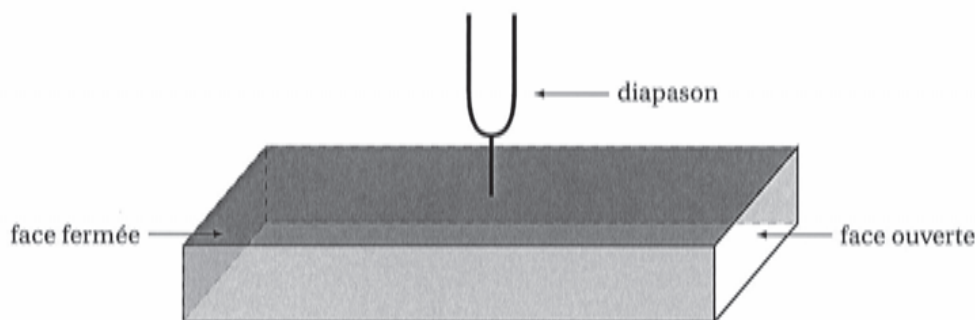


Figure 6 – Diapason monté sur sa caisse de résonance.

Les dimensions intérieures de la caisse de résonance ont été mesurées avec un réglet gradué au demi-millimètre et sont données dans le tableau ci-dessous. Un soin particulier a été apporté à la mesure de la profondeur.

largeur	hauteur	profondeur
10 cm	4,9 cm	23,95 cm

Tableau 2 – Dimensions intérieures de la caisse de résonance pour le diapason ($f_0 = 320\text{Hz}$).

À l'aide d'un micro branché sur une carte d'acquisition d'un ordinateur, plusieurs enregistrements du son émis par l'ensemble (diapason et caisse de résonance) ont été réalisés.

23. Que vaut la longueur d'onde dans l'air des ondes acoustiques de fréquence 320 Hz? Commenter ce résultat en lien avec les valeurs des dimensions intérieures de la caisse de résonance (cf. tableau 2).
24. Les figures 7 et 8 représentent deux acquisitions du son émis par ce diapason effectuées avec des paramètres d'acquisition très différents. Lequel de ces deux enregistrements donne une description satisfaisante du signal? Pourquoi l'autre enregistrement est-il incorrect? Quel critère faut-il respecter pour réaliser une acquisition numérique convenable? Pour l'enregistrement incorrect, proposer une valeur possible de la fréquence d'échantillonnage utilisée.

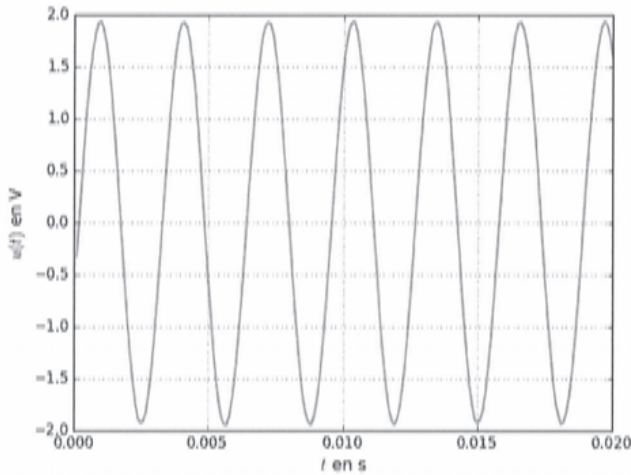


Figure 7 – Premier enregistrement temporel du son émis par le diapason.

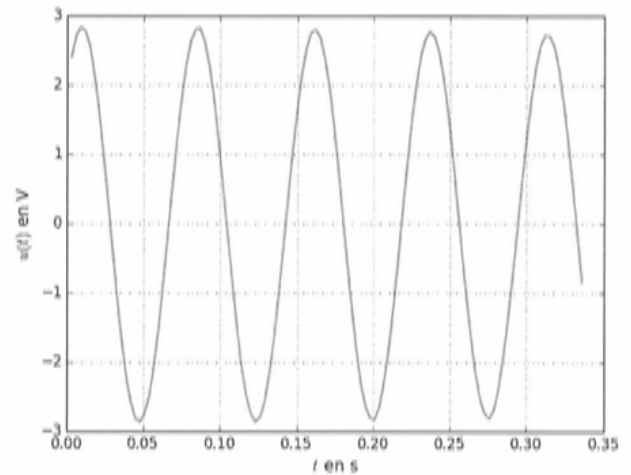


Figure 8 – Second enregistrement temporel du son émis par le diapason.

25. Une acquisition du son émis réalisée sur une durée beaucoup plus longue permet de mettre en évidence l'atténuation avec le temps (cf figure 9).

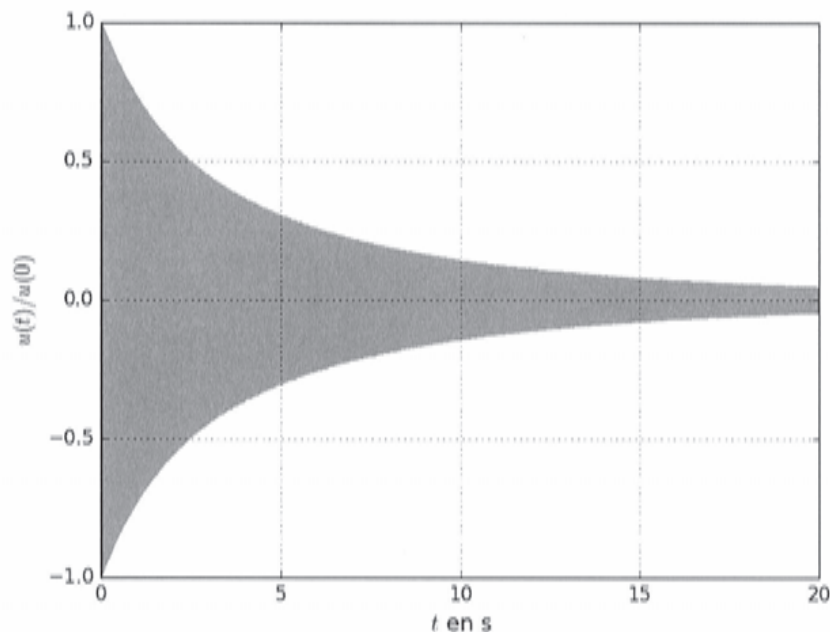


Figure 9 – Enregistrement du son émis par le diapason sur une longue durée. L'amplitude a été normalisée à 1.

Donner l'ordre de grandeur du facteur de qualité du système résonateur ainsi constitué (cf. figure 9).

G – Son et niveau sonore

En enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de terminale S, un professeur de physique-chimie souhaite proposer à ses élèves un exercice de type « démarche de résolution de problème ». Il rassemble les documents de l'annexe 2 « Bouchons d'oreille ».

26. (QP) Construire un exercice correspondant au type d'exercice souhaité par le professeur. Pour cela, indiquer les documents choisis et préciser le questionnement proposé. L'énoncé intègrera tout ou partie des documents de l'annexe 2. Si des données ou des documents supplémentaires sont mis à disposition de l'élève, ils seront précisément décrits.
27. (QP) Proposer une résolution de l'exercice rédigé dans la question précédente.

H – Accorder nos violons

Quand on accorde un instrument, une méthode consiste à comparer, à l'oreille, le son émis par une corde à une référence acoustique.

Pour simuler expérimentalement cette situation, deux diapasons donnant le la_3 (fréquence fondamentale 440 Hz) ont été utilisés. En rajoutant une masselotte sur une branche d'un des deux diapasons, la fréquence est changée significativement. L'importance de l'effet dépend de la position de la masselotte sur la branche.

La figure 10 montre un enregistrement du son résultant de la superposition des ondes produites par les deux diapasons excités, l'un des deux ayant été décalé en fréquence à l'aide d'une masselotte.

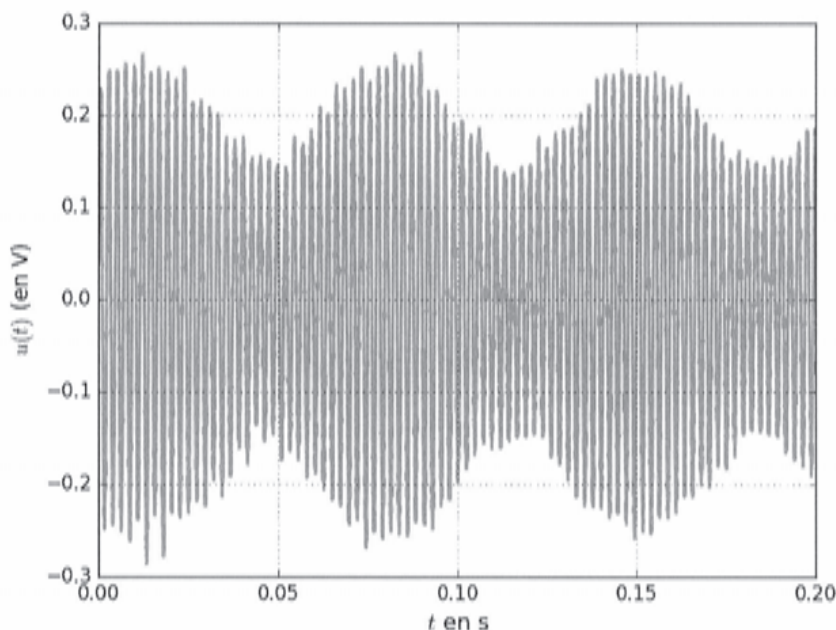


Figure 10 – Superposition des ondes issues de deux diapasons dont un est « désaccordé ».

28. Quel phénomène observe-t-on ? Décrire précisément la sensation auditive associée.
29. Que vaut l'écart entre les fréquences des ondes émises par les deux diapasons ?
30. Dans la série d'enregistrements suivante (cf. figure 11), seule la position de la masselotte change. Dans quelle situation la masselotte est-elle la plus proche de l'extrémité libre d'une branche de l'un des diapasons ? Justifier.

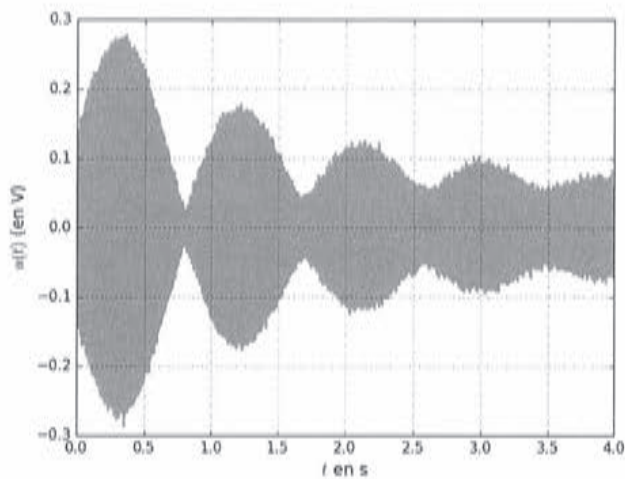


Figure 11.a

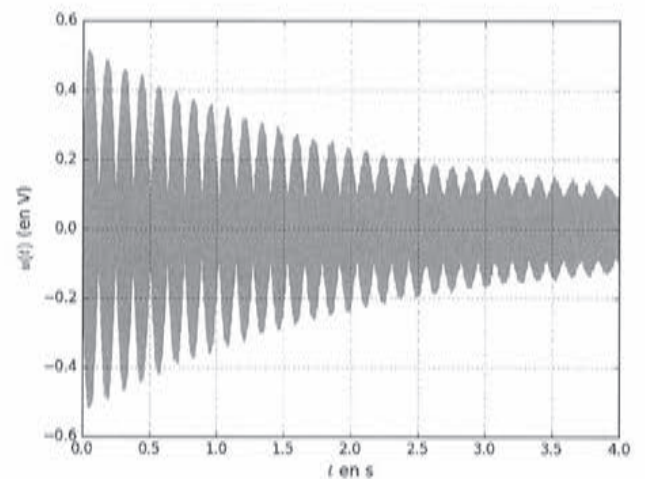


Figure 11.b

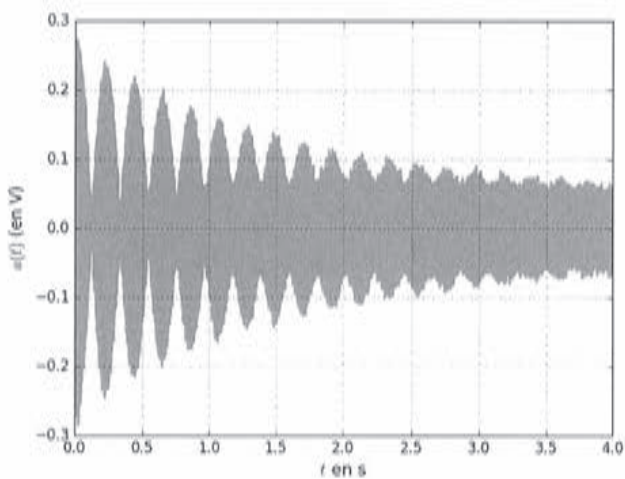


Figure 11.c

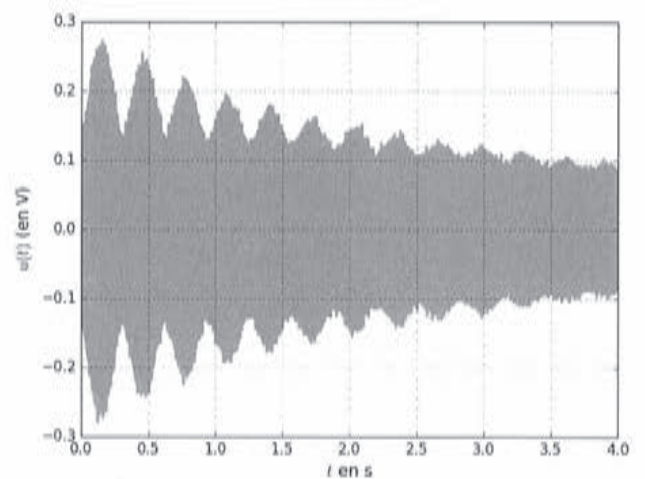


Figure 11.d

Figure 11 – Enregistrements du son émis par deux diapasons selon la position de la masselotte sur une branche de l'un des diapasons.

II. Étude d'un câble coaxial

Le câble coaxial est un exemple de guide d'onde (cf. figure 12), au même titre qu'une fibre optique. Il s'agit d'un objet courant que l'on peut trouver dans une salle de travaux pratiques d'électricité, ou bien entre le récepteur des signaux de télévision et le téléviseur lui-même ou le décodeur. Si le câble en lui-même, contrairement à la corde vibrante, « ne chante pas », il permet de transmettre des signaux dont la musique ou la voix. Ainsi, en 1956 est inaugurée une liaison transatlantique téléphonique utilisant des câbles coaxiaux. Aujourd'hui, les liaisons transatlantiques ou transocéaniques utilisent des fibres optiques et sont numériques.

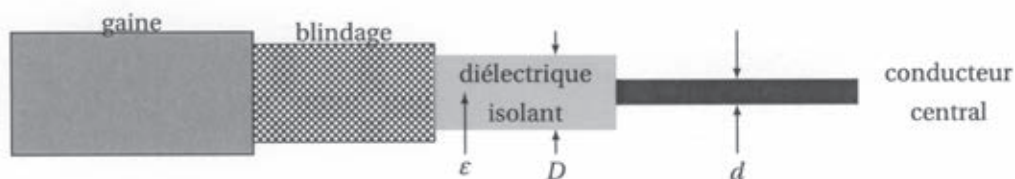


Figure 12 – Structure d'un câble coaxial. Les différentes grandeurs sont définies à l'annexe 4.

A – Propagation guidée au lycée

Lors d'une épreuve d'un « bac blanc » dans la série sciences et technologies de laboratoire STL, un professeur propose un extrait d'exercice de baccalauréat (document 1 de l'annexe 3) ; il corrige ensuite la copie d'un élève (document 2 de l'annexe 3) répondant à cet extrait d'exercice.

31. (QP) Sur le document réponse en dernière page du sujet, à rendre avec votre copie :
- relever les erreurs figurant sur cette copie et les corriger ;
 - noter les conseils qu'il faudrait formuler pour faire progresser l'élève.
32. (QP) Le professeur souhaite ajouter dans l'énoncé de l'exercice (annexe 3, document 1) une question supplémentaire afin de mobiliser une capacité disciplinaire de la classe de terminale STL (spécialité sciences physiques et chimiques au laboratoire) non testée dans cet exercice.
- Rédiger une question qu'il serait possible de poser, préciser la capacité alors mobilisée et indiquer la réponse attendue.

B – Étude rapide

Dans un catalogue d'un fabricant de câbles coaxiaux, les éléments suivants peuvent être relevés :

« L'usage du câble coaxial s'étend à toute application dans laquelle un signal doit subir un minimum de déformation et d'affaiblissement, ou à celles où l'élimination des interférences extérieures est prépondérante.

L'utilisation des câbles coaxiaux aide à résoudre les problèmes que posent les lignes bifilaires : la construction des coaxiaux de deux conducteurs (conducteur central et blindage) séparés par un diélectrique empêche la réception de rayonnements et l'échappement de l'onde électromagnétique.

Les différents types de câbles coaxiaux sont caractérisés par les matériaux de base utilisés (conducteurs et isolants), le diamètre du conducteur central, l'impédance caractéristique, la capacité, l'atténuation maximale et la gamme de fréquence employée. »

33. Quel est l'intérêt de la propagation guidée par rapport à la propagation libre ?
34. Comment comprenez-vous l'expression « réception de rayonnements » ? On pourra se référer à la ligne bifilaire ou à la paire torsadée.
35. Citer un mécanisme de dissipation d'énergie dans le câble coaxial.

C – Approche statique et modèle électrique

Les caractéristiques principales des câbles coaxiaux sont données dans le document de l'annexe 4.

L'objectif des parties C, D, E et F qui suivent est d'analyser les informations données dans ce document, d'éventuellement critiquer leur présentation et de retrouver, si possible, les expressions fournies.

En négligeant les phénomènes dissipatifs, un petit élément de longueur dz de câble a pour modèle électrique équivalent le schéma de la figure 13. L'inductance propre et la capacité de cet élément de longueur dz sont notées respectivement dL et dC . On pose $dL = \Lambda dz$ et $dC = \Gamma dz$. Γ est la capacité par unité de longueur et Λ est l'inductance propre par unité de longueur.

36. En régime statique, le câble se comporte comme un condensateur cylindrique dont les effets de bord seront négligés. Pour une longueur h de câble, arbitrairement choisie, la charge portée par le conducteur central — l'âme — est notée Q , l'autre armature porte donc la charge $-Q$. Dans cette partie, le champ électrostatique dans l'isolant a les mêmes propriétés que dans un milieu vide de charges, à ceci près qu'il faut remplacer la permittivité diélectrique du vide ϵ_0 par celle du milieu $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$.

Sur des conducteurs électriques en équilibre, la charge n'est portée qu'en surface.

On note σ la densité surfacique de charges sur le conducteur central et on la suppose uniforme.

Déterminer avec soin, en exploitant notamment des arguments de symétrie et d'invariance, l'expression du champ électrostatique dans tout l'espace.

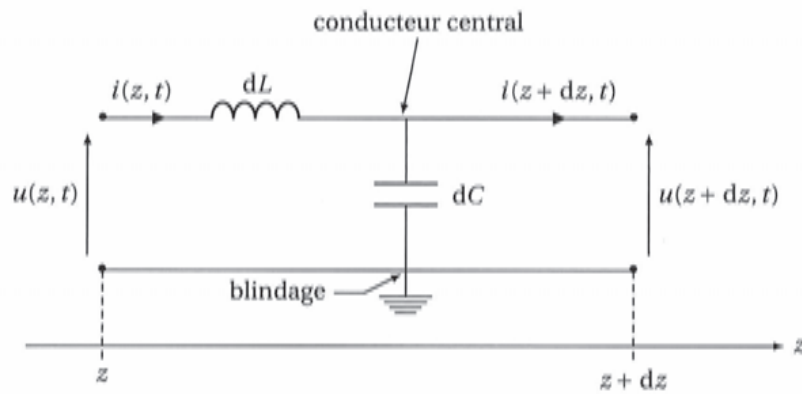


Figure 13 – Modèle électrique équivalent d'un élément de longueur dz de câble coaxial, en l'absence de pertes.

37. Dédurre des résultats précédents la différence de potentiel entre les armatures et retrouver l'expression de la capacité par unité de longueur fournie à l'annexe 4.

Effectuer l'application numérique pour $\epsilon_r = 2,2$, $D = 2,9$ mm et $d = 0,9$ mm. Commenter.

38. L'expression de l'inductance propre par unité de longueur est la suivante :

$$\Lambda = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D}{d}\right). \quad (4)$$

Faire l'application numérique pour $D = 2,9$ mm et $d = 0,9$ mm. Commenter la valeur numérique obtenue.

39. (QP) Le programme de 1^{ère} S est l'occasion de familiariser les élèves avec la notion de champ, que ce soit un champ scalaire comme celui de température ou bien un champ vectoriel comme le champ magnétique. Les deux figures suivantes donnent des informations complémentaires sur le champ magnétique terrestre.

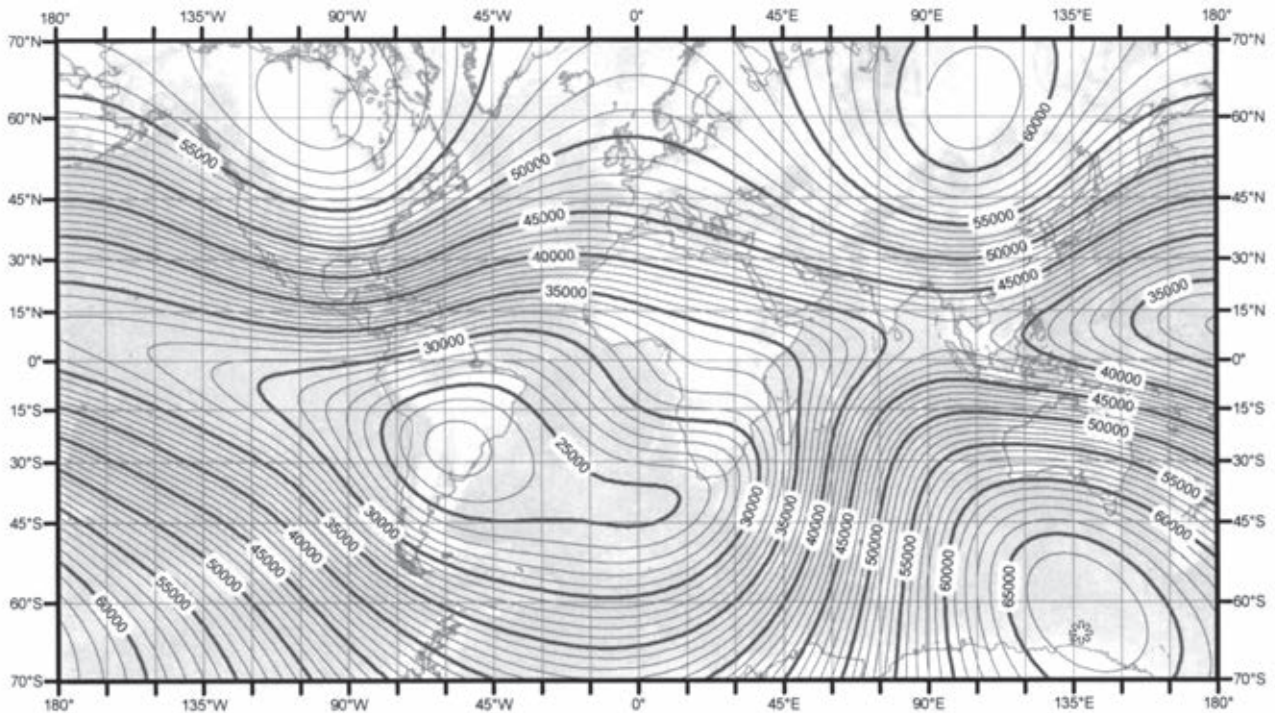


Figure 14 – Intensité du champ géomagnétique. L'unité est le nT et l'écart entre deux contours est de 1000 nT (document internet http://www.geomag.bgs.ac.uk/documents/WMM2010_Report.pdf).

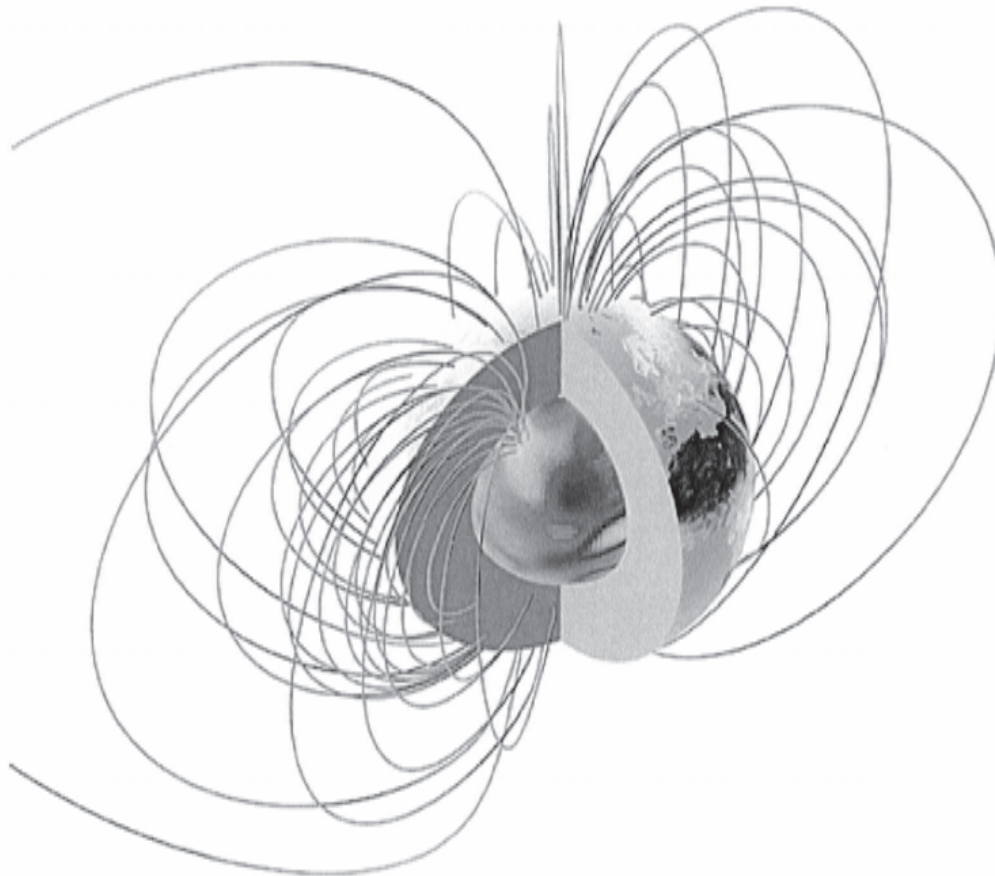


Figure 15 – Lignes de champ du champ magnétique terrestre.

Citer deux obstacles, chez les élèves, associés à ces deux types de représentations? Comment y remédier?

D – Équation de propagation

40. Pourquoi doit-on choisir un élément mésoscopique de câble pour traiter de la propagation des ondes électriques le long du câble? Devant quelle longueur caractéristique, la taille dz doit-elle être petite?
41. Grâce au modèle électrique équivalent d'un élément de longueur dz de câble, établir deux équations couplées reliant les dérivées spatio-temporelles des grandeurs électriques tension $u(z, t)$ et intensité $i(z, t)$ du modèle équivalent.
42. En déduire l'équation de propagation des ondes électriques relatives aux grandeurs $u(z, t)$ et $i(z, t)$ en fonction des paramètres du modèle équivalent. Donner l'expression de la célérité de ces ondes en fonction des paramètres du modèle électrique, puis en fonction de c_0 et de la constante diélectrique relative ϵ_r .
43. Soit une onde progressive plane se propageant selon Oz, dans le sens des z croissants, sur un câble de longueur supposée infinie. Montrer que $u(z, t) = Z_c i(z, t)$ où Z_c est appelée impédance caractéristique. Ce résultat est-il en accord avec les informations contenues dans la documentation de l'annexe 4?

E – Atténuation

L'atténuation peut être modélisée par une résistance électrique $dR = r dz$ placée en série avec l'inductance dL (cf. figure 13). Les pertes dans le diélectrique sont négligées.

L'équation de propagation devient :

$$\Lambda \Gamma \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + r \Gamma \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0. \quad (5)$$

44. Sachant que l'onde de tension s'écrit, en notation complexe, sous la forme

$$\underline{u}(t) = U_0 e^{j(\omega t - kz)}, \quad \text{avec } k \in \mathbb{C} \text{ et } j^2 = -1, \quad (6)$$

comment s'écrit alors la relation de dispersion des ondes planes progressives, reliant la pulsation ω à k ?

45. La pulsation étant supposée réelle, déterminer une expression approchée de la grandeur complexe $k = k_1 - jk_2$ (où $j^2 = -1$), en supposant que $r \ll \frac{\omega}{\Gamma c^2} = \Lambda\omega$.

Les calculs seront menés à l'ordre 2 inclus en $\frac{r\Gamma c^2}{\omega} = \frac{r}{\Lambda\omega}$.

46. Interpréter physiquement ces résultats : quelles sont les conséquences de la prise en compte des phénomènes dissipatifs?

En quoi l'atténuation et la dispersion sont-elles importantes pour les télécommunications? Quelles limitations ces phénomènes imposent-ils?

47. Le modèle précédent ne permet pas d'expliquer que l'atténuation dépend de la fréquence. Pour cela, il faut aussi invoquer l'effet de peau : plus la fréquence est élevée, plus les courants sont rejetés à la périphérie des conducteurs qu'ils traversent. L'épaisseur traversée par les courants est appelée *épaisseur de peau*.

Le cadre de l'étude est celui de l'Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires magnétique (ou ARQS magnétique).

Simplifier les équations de Maxwell et montrer que le vecteur champ électrique \vec{E} au sein d'un conducteur ohmique de conductivité électrique γ vérifie l'équation :

$$\Delta \vec{E} = \mu_0 \gamma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \quad (7)$$

48. Par analyse dimensionnelle, construire une longueur caractéristique δ dans le cas où \vec{E} est le champ électrique d'une onde harmonique, de pulsation ω .

49. Rappeler l'expression de la résistance électrique d'un tronçon cylindrique de matériau conducteur, de section Σ , de longueur dz et de conductivité γ .

50. En déduire une expression approchée de la résistance du conducteur central du câble coaxial, de longueur L_z , quand l'épaisseur de peau est petite devant le diamètre d du conducteur central. Comparer ce résultat avec celui indiqué dans l'annexe 4, dans le cas d'un conducteur en cuivre.

51. L'atténuation linéique est définie à partir du rapport des amplitudes de l'onde de tension en $z = 0$ et $z = L_z$, notées $U(z = 0)$ et $U(z = L_z)$:

$$A = 20 \log \left(\frac{|U(z = 0)|}{|U(z = L_z)|} \right) \times \frac{1}{L_z}. \quad (8)$$

Montrer que l'atténuation linéique A est effectivement proportionnelle au rapport r/Z_c .

F – Étude expérimentale

On étudie, grâce un générateur de fonctions, la propagation des ondes électriques le long du câble selon deux régimes, en régime sinusoïdal forcé, puis en régime impulsionnel.

On dispose d'un câble de longueur mesurée égale à 50,24 m, d'impédance caractéristique annoncée de 50Ω , auquel on peut brancher une résistance terminale notée R_u . Le signal est délivré par un générateur de fonctions d'impédance interne égale à 50Ω (cf. figure 16). La tension à l'entrée du câble est mesurée à l'aide d'un oscilloscope et le câble est en circuit ouvert.

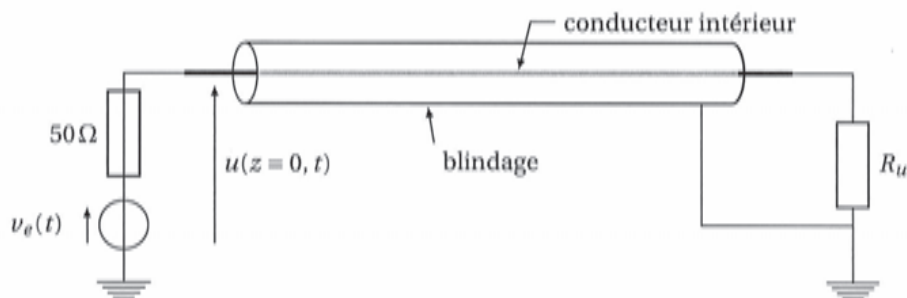


Figure 16 – Étude expérimentale du câble coaxial; schéma du montage.

52. Le générateur délivre un signal sinusoïdal, de fréquence ajustable. Pour certaines fréquences caractéristiques, l'amplitude du signal mesuré est maximale. Voici le tableau de ces fréquences :

f (en MHz)	1,9	3,8	5,7	7,6	9,4	11,2	13,2	14,9	16,8	18,5	20,4
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

À partir de cette série de valeurs, déterminer la valeur expérimentale de la célérité des ondes dans le câble coaxial. Commenter.

53. Le générateur fournit maintenant des impulsions. La figure 17 montre la tension à l'entrée du câble, visualisée à l'oscilloscope. Dans cette expérience, le câble est en circuit ouvert ($R_u = \infty$).

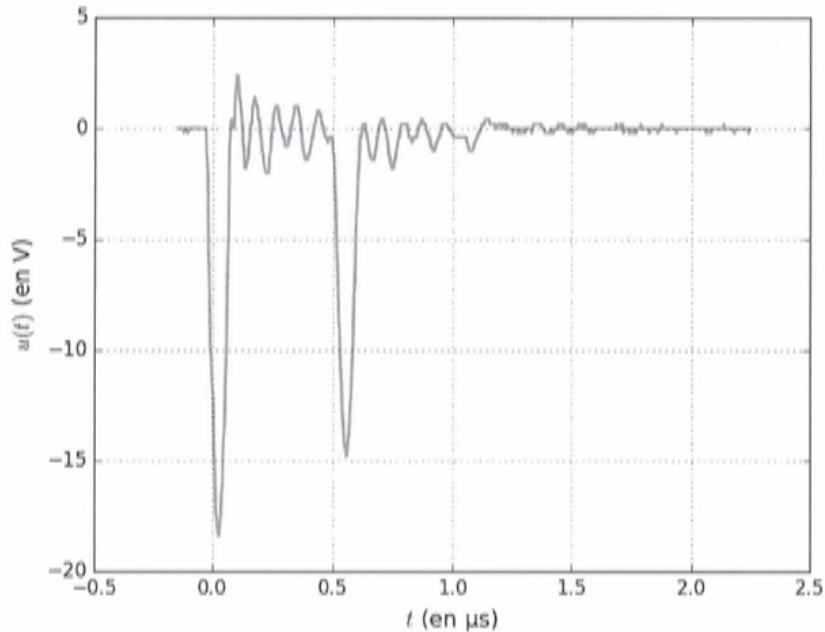


Figure 17 – Propagation d'une impulsion sur un câble coaxial en circuit ouvert : oscillogramme de $u(z = 0, t)$ (ordonnée en V).

On admet que le coefficient de réflexion en amplitude pour l'onde de tension s'écrit $r_u = \frac{R_u - Z_c}{R_u + Z_c}$. Commenter l'allure de cette courbe.

À partir de l'oscillogramme de la figure 17, déterminer l'atténuation du câble, en dB/100 m.

Déduire de ces mesures la valeur de la permittivité diélectrique relative ϵ_r .

ANNEXE N°1 : Un coup de foudre à Viñales

Exercice : un coup de foudre à Viñales (d'après une situation présentée sur le site <http://pc.ac-creteil.fr/spip.php?article576>).

Jenny est en vacances dans la région de Viñales, à Cuba. Elle souhaite faire un tour en vélo du côté de la maison Vasquez Torres (casa Vasquez Torres). Cependant, tout comme la veille, le ciel s'assombrit ... Depuis Viñales cafe, elle observe en direction de Casa Vasquez Torres et voit un éclair violent qui émerge de gros nuages gris. Jenny évalue la durée que met le bruit du tonnerre pour arriver jusqu'à ses oreilles ; elle mesure 10 s.

On donne la vitesse de propagation du son dans l'air : $c_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

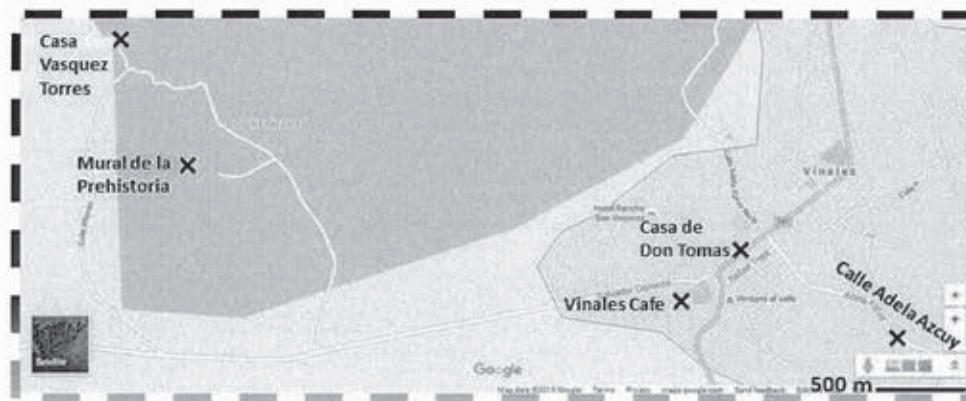


Figure 18 – Carte de Viñales et échelle des distances.

- Donner la relation entre la vitesse v du son, la distance d parcourue et la durée de propagation t .
- En déduire l'expression de d en fonction de v et de t , puis calculer la distance d_1 séparant Jenny de l'éclair.
- En utilisant l'échelle donnée, déterminer la distance d_2 séparant Jenny de la maison de Vasquez Torres.
- En comparant d_1 et d_2 , montrer que la foudre est vraisemblablement tombée à proximité de la maison Vasquez Torres.

ANNEXE N°2 : Bouchons d'oreille

D'après le sujet du baccalauréat S 2009 Métropole, session de remplacement.

- Document 1 : Musique et niveau sonore.

Une pratique musicale régulière d'instruments tels que la batterie ou la guitare électrique nécessite une atténuation du niveau sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas être trop importante afin que le musicien entende suffisamment; elle ne doit pas dépasser 25 dBA.

Durant un concert de rock, le batteur est soumis en moyenne à une intensité sonore $I = 1,0 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

- Document 2 : Bouchons et bouchons.

Nos oreilles sont fragiles. Une exposition prolongée à 85 dBA est nocive et une trop grande intensité sonore peut les endommager de façon irréversible. Pour prévenir ce risque, il existe des protections auditives de natures différentes selon leur type d'utilisation.

On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreille :

- les bouchons en mousse (ou les boules en cire).

Ce sont largement les plus courants. Ils sont généralement jetables, de faible coût et permettent de s'isoler du bruit.

- les bouchons moulés en silicone.

Ils sont fabriqués sur mesure et nécessitent la prise d'empreinte du conduit auditif. Ils sont lavables à l'eau et se conservent plusieurs années. Leur prix est relativement élevé.

- Document 3 : Atténuation du son par quelques protections auditives.

Sur un document technique, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant à deux types de protections auditives (cf. figure 19).

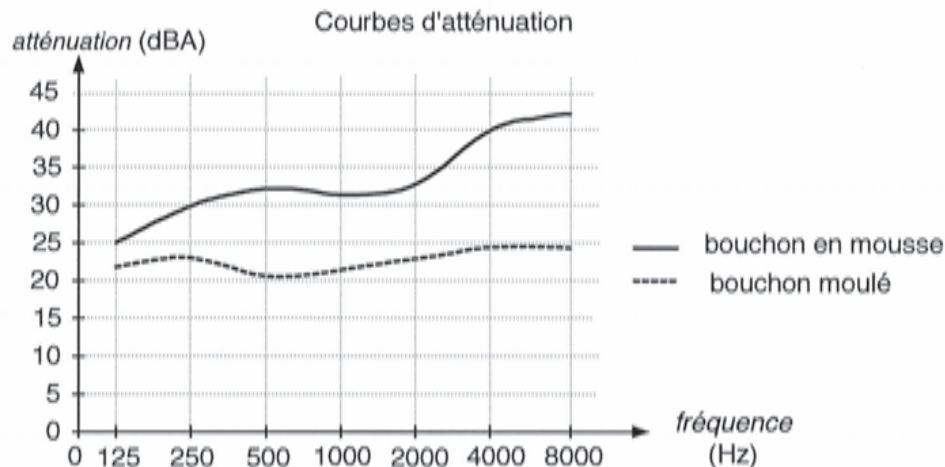


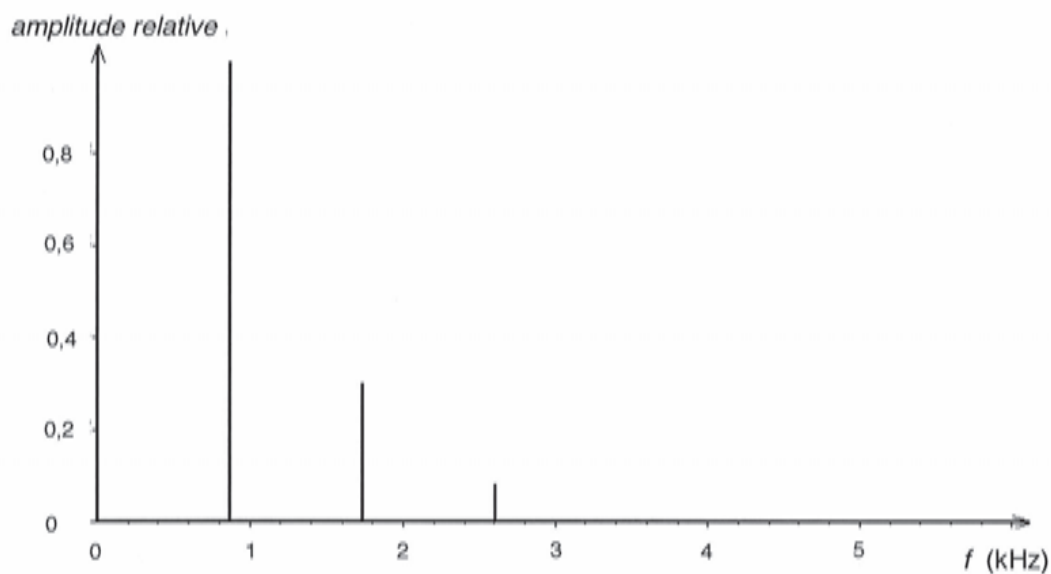
Figure 19 – Courbes d'atténuation d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé.

- Document 4 : Durée maximale d'exposition suivant le niveau sonore

80 dB	8 heures
83 dB	4 heures
86 dB	2 heures
89 dB	1 heures
92 dB	30 minutes
95 dB	15 minutes
98 dB	7 mn 30 s
101 dB	3 mn 45 s
104 dB	1 mn 53 s
107 dB	56 secondes
110 dB	28 secondes
113 dB	14 secondes
116 dB	7 secondes

- Document 5 : Spectres en fréquence de la note la4 produite par une flûte.

Un dispositif adapté permet d'enregistrer le son émis par la flûte et ceux restitués par les deux types de bouchons lorsqu'un musicien joue la note la4. Les spectres en fréquence de ces sons sont représentés sur les figures 20, 21 et 22.



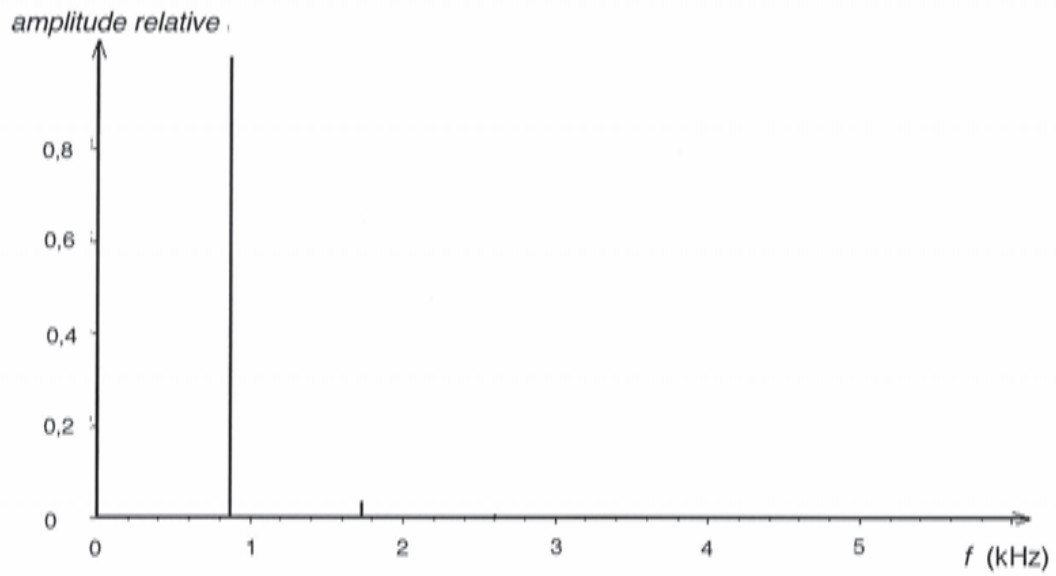


Figure 21 – Spectre du la4 restitué après passage par un bouchon en mousse.

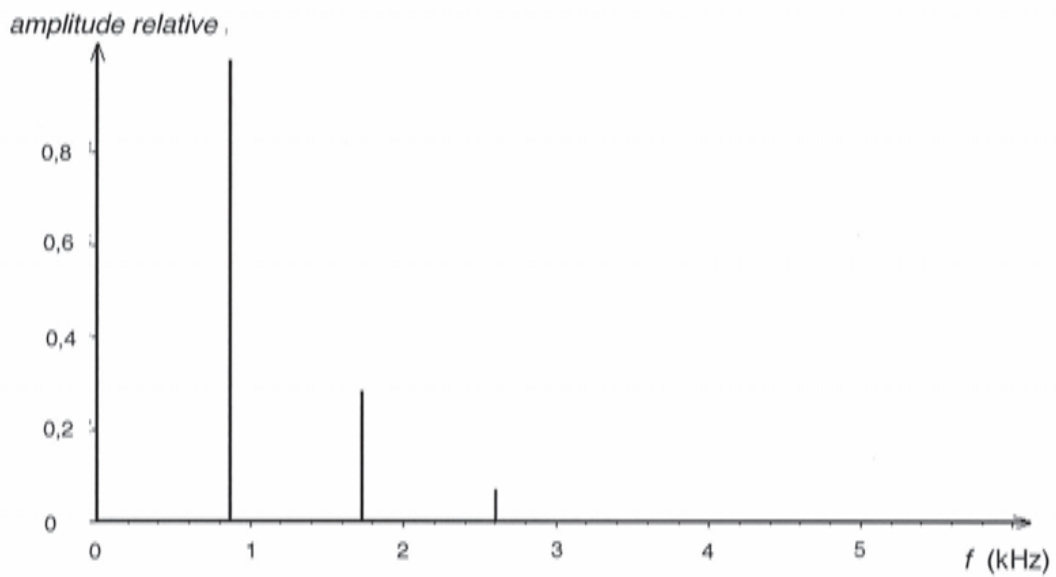


Figure 22 – Spectre du la4 restitué après passage par un bouchon en silicone.

ANNEXE N°3 : Fibre optique

Document 1 : extrait du sujet du baccalauréat technologique 2015 Métropole session de remplacement – série STL – spécialité Sciences physiques et chimiques en laboratoire.

Partie 2 - Utilisation du polymère : les fibres optiques

Échanger des données à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un bout à l'autre de la planète nécessite des réseaux de communication adaptés.

Le choix du type de fibre optique utilisé dépend de l'atténuation linéique qu'elle introduit. Une fibre est jugée performante lorsque, sur une longueur donnée, la puissance du signal qu'elle transmet subit une atténuation faible. Dans la suite, nous nous intéressons à l'installation d'une fibre optique en P.M.M.A. dans une habitation.

Principe de propagation de la lumière dans la fibre optique

On représente ci-dessous le schéma en coupe d'une fibre optique à saut d'indice multimodale.



Pour une fibre en Plexiglas[®], on donne l'indice de réfraction du cœur $n_c = 1,495$ et celui de la gaine $n_g = 1,485$.

- 2.1 À l'aide des lois de Descartes, calculer l'angle limite α_{lim} au-delà duquel le rayon ne passe plus dans la gaine.
- 2.2 Indiquer le nom de ce phénomène.
- 2.3 Si $\alpha > \alpha_{lim}$, représenter le trajet de la lumière tout au long de la fibre, sur le **document réponse**.

Choix d'une fibre optique adaptée à une habitation

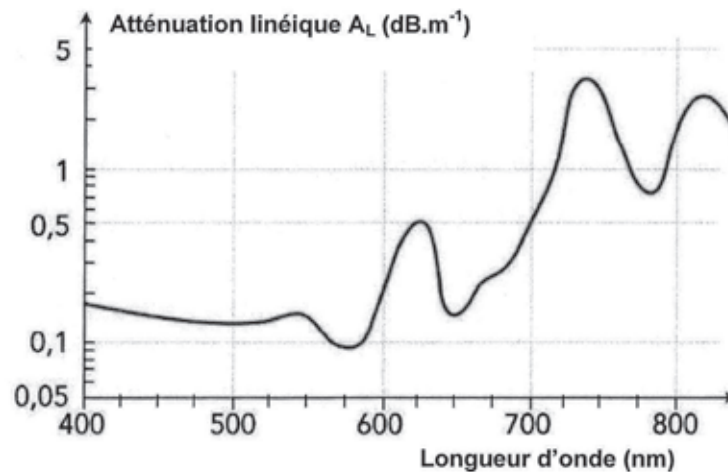
Un installateur d'accès internet réalise l'installation d'une fibre dans une habitation. Il utilise de la fibre optique en P.M.M.A. La **longueur** de la fibre qu'il souhaite installer dans la maison est **L = 50 m**. Il pense ainsi pouvoir desservir toutes les pièces.

- 2.4 En utilisant le **document 7**, préciser quelle est la longueur d'onde du signal utilisé pour que la transmission soit la meilleure possible.
- 2.5 Déterminer l'atténuation linéique A_L correspondante. Calculer l'atténuation A pour la fibre optique installée dans la maison.
- 2.6 Calculer, à l'aide du **document 7**, le rapport $P_{entrée}/P_{sortie}$ entre la puissance du signal d'entrée et la puissance du signal de sortie.

Le rapport $P_{entrée} / P_{sortie}$ est compris entre 2,8 et 3,2. On considère que le signal de sortie reste performant sans répéteur si la puissance de sortie est supérieure à 1 % de la puissance d'entrée.

- 2.7 Préciser si le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.
- 2.8 À l'aide du **document 8**, expliquer en quelques lignes pourquoi la fibre optique peut être choisie en Plexiglas[®] (P.M.M.A.) pour les réseaux informatiques domestiques mais que la fibre en silice est privilégiée pour tous les autres réseaux.

Document 7 : Atténuation linéique A_L des fibres en matériau plastique (Plexiglas®)



Atténuation d'un signal :

- **Atténuation** en décibel (dB) pour une fibre optique de longueur L (en m) : $A = A_L \times L$ avec A_L , l'atténuation linéique en dB/m.
- **Atténuation** en décibel d'un signal de puissance d'entrée $P_{\text{entrée}}$ et de puissance de sortie P_{sortie} à travers une chaîne de transmission : $A = 10 \times \log\left(\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$

Document 8 : Caractéristiques de deux types de fibres optiques

Type de fibre optique	Silice	Plastique (Plexiglas®).
Coefficient d'atténuation linéique moyenne A_L	10 dB/km	0,12 dB/m
Prix	Elevé	Très faible
Rayon de courbure mini	30 cm	5 cm
Protection de l'intégrité et sécurité des données	bonne	très bonne

Document réponse à rendre avec votre copie

Question 2.3. – Propagation de la lumière dans la fibre optique



Partie 2 :

2-1 $n_c \sin i_1 = n_g \sin i_2$
 pour $i_1 = 90^\circ$, on a $\sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{1,485}{1,495} = 83,37^\circ$

2-2 C'est la réflexion totale

2-3 Voir document réponse

2-4 $d = 575 \text{ nm}$

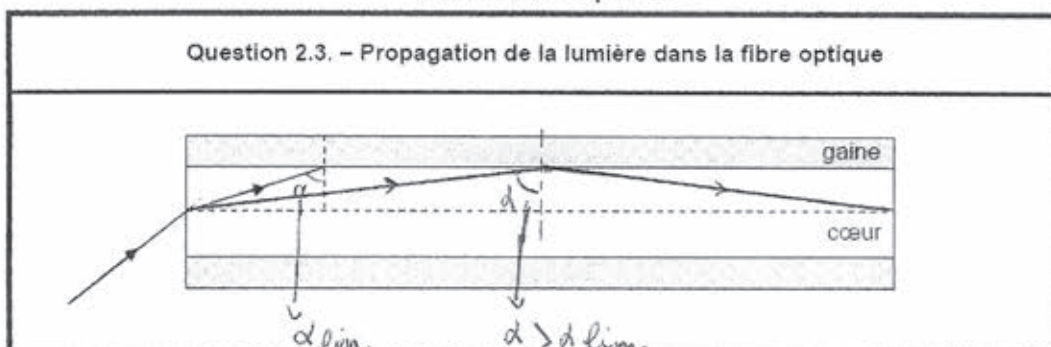
2-5 $A_L = 0,095 \Rightarrow A = 0,095 \times 50 = 4,75$

2-6 $\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = ? \quad \log \frac{P_e}{P_s} = \frac{A}{10}$
 $\frac{P_e}{P_s} = 10^{-\frac{A}{10}} = 0,335$

2-7 $0,335 > 1\% \Rightarrow$ le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.

2-8 la fibre optique peut-être choisie en Plexiglas pour les réseaux domestiques car son prix est très faible pour les particuliers. Pour tous les autres réseaux, la fibre en silice est meilleure car elle atténue beaucoup moins sur des longues distances.

Document réponse



ANNEXE N°4 : Caractéristiques techniques des câbles coaxiaux

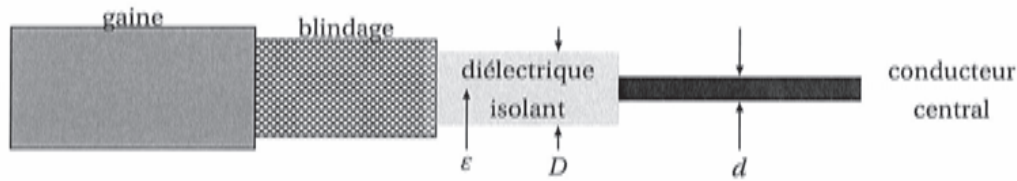


Figure 23 – Structure d'un câble coaxial.

Le dessin de la figure ci-dessus montre la structure du câble et définit les notations :

- le diamètre du conducteur central est noté d ;
- le diamètre de l'isolant est noté D ;
- l'isolant est un milieu diélectrique homogène, linéaire, isotrope, de permittivité diélectrique relative ϵ_r . La permittivité diélectrique de l'isolant vaut $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$.
- **impédance caractéristique** : terme représentant le rapport entre la tension et le courant dans un câble de longueur supposée infinie. Il existe trois valeurs classiques de l'impédance caractéristique, à savoir 50Ω , 75Ω et 95Ω . La formule donnant l'impédance caractéristique s'écrit

$$Z_c = \frac{59,97}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad \text{en } \Omega. \quad (9)$$

- **capacité linéique** : propriété d'un câble coaxial qui est de stocker des charges électriques quand il existe une différence de potentiel entre les deux conducteurs. Cette capacité linéique dépend de la géométrie du câble et des propriétés de l'isolant. Elle est calculée ainsi :

$$\Gamma = \frac{55,6\epsilon_r}{\ln(D/d)} = \frac{3334\sqrt{\epsilon_r}}{Z_c} \quad \text{en pF} \cdot \text{m}^{-1}. \quad (10)$$

- **célérité** : c'est la vitesse de propagation du signal électrique. Elle s'exprime sous la forme :

$$c = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r}}. \quad (11)$$

- **atténuation** : il s'agit de la somme des pertes dans le conducteur et dans l'isolant. La transmission d'un signal dans le câble occasionne une perte exponentielle. Exprimée en dB/100 m, à la fréquence f , l'atténuation peut s'exprimer sous la forme

$$A = \frac{4,34R}{Z_c} + 9,15\sqrt{\epsilon_r} f F \quad \text{avec} \quad R = 16,3 \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right) \sqrt{f}. \quad (12)$$

Dans cette expression :

- d et D sont en mm ;
- f est la fréquence en MHz ;
- F est le facteur de pertes ;
- R est la résistance électrique du conducteur de longueur $L_z = 100 \text{ m}$ à la fréquence f .

ANNEXE N°5 : Extrait du programme de Physique - Chimie du cycle 4
BO n°48 du 24 décembre 2015

Compétences travaillées	Domaines du socle
Pratiquer des démarches scientifiques	4
Identifier des questions de nature scientifique.	
Proposer une ou des hypothèses pour répondre à une question scientifique. Concevoir une expérience pour la ou les tester.	
Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte.	
Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions et les communiquer en argumentant.	
Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences.	
Concevoir, créer, réaliser	4,5
Concevoir et réaliser un dispositif de mesure ou d'observation.	
S'approprier des outils et des méthodes	2
Effectuer des recherches bibliographiques.	
Utiliser des outils numériques pour mutualiser des informations sur un sujet scientifique.	
Planifier une tâche expérimentale, organiser son espace de travail, garder des traces des étapes suivies et des résultats obtenus.	
Pratiquer des langages	1
Lire et comprendre des documents scientifiques.	
Utiliser la langue française en cultivant précision, richesse de vocabulaire et syntaxe pour rendre compte des observations, expériences, hypothèses et conclusions.	
S'exprimer à l'oral lors d'un débat scientifique.	
Passer d'une forme de langage scientifique à une autre.	
Mobiliser des outils numériques	2
Utiliser des outils d'acquisition et de traitement de données, de simulations et de modèles numériques.	
Produire des documents scientifiques grâce à des outils numériques, en utilisant l'argumentation et le vocabulaire spécifique à la physique et à la chimie.	
Adopter un comportement éthique et responsable	3, 5
Expliquer les fondements des règles de sécurité en chimie, électricité et acoustique. Réinvestir ces connaissances ainsi que celles sur les ressources et sur l'énergie, pour agir de façon responsable.	
S'impliquer dans un projet ayant une dimension citoyenne.	
Se situer dans l'espace et dans le temps	5
Expliquer, par l'histoire des sciences et des techniques, comment les sciences évoluent et influencent la société.	
Identifier les différentes échelles de structuration de l'Univers.	

Des signaux pour observer et communiquer

Attendus de fin de cycle

Caractériser différents types de signaux (lumineux, sonores, radio...).
Utiliser les propriétés de ces signaux.

Connaissances et compétences associées

Signaux lumineux

Distinguer une source primaire (objet lumineux) d'un objet diffusant.
Exploiter expérimentalement la propagation rectiligne de la lumière dans le vide et le modèle du rayon lumineux.
Utiliser l'unité « année-lumière » comme unité de distance.

Lumière : sources, propagation, vitesse de propagation, année-lumière.

Modèle du rayon lumineux.

Signaux sonores

Décrire les conditions de propagation d'un son.
Relier la distance parcourue par un son à la durée de propagation.

Vitesse de propagation.

Notion de fréquence : sons audibles, infrasons et ultrasons.

Signal et information

Comprendre que l'utilisation du son et de la lumière permet d'émettre, de transporter un signal donc une information.

Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève

L'exploitation de la propagation rectiligne de la lumière dans le vide et le modèle du rayon lumineux peut conduire à travailler sur les ombres, la réflexion et des mesures de distance.

Les activités proposées permettent de sensibiliser les élèves aux risques d'emploi des sources lumineuses (laser par exemple).

Les élèves découvrent différents types de rayonnements (lumière visible, ondes radio, rayons X...)

Les exemples abordés privilégient les phénomènes naturels et les dispositifs concrets : tonnerre, sonar...

Les activités proposées permettent de sensibiliser les élèves aux risques auditifs.

Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4)

Extrait du BO n°48 du 24 décembre 2015

« Repères de progressivité

À la fin du cycle 3, les élèves savent identifier un signal lumineux ou sonore et lui associer une information simple binaire. Au cycle 4, il s'agit d'enrichir les notions en introduisant les signaux et les informations analogiques permettant d'en caractériser une plus grande variété. Chaque situation mettant en œuvre une mesure sera l'occasion d'enrichir l'association signal-information en montrant comment l'exploitation d'un signal permet d'en extraire de l'information. C'est aussi l'occasion d'utiliser la relation entre distance, vitesse et durée (en introduction ou en réinvestissement si elle a été vue dans la partie « Mouvement et interactions »). La maîtrise de la notion de fréquence est un objectif de fin de cycle.

Cet enrichissement peut être conçu en articulation avec la partie « Analyser le fonctionnement et la structure d'un objet » du programme de technologie qui introduit les notions de nature d'un signal et d'une information. »

**ANNEXE N°6 : Extrait du programme de l'enseignement de sciences physiques et chimiques
des séries STI2D et STL, spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire — classe
terminale**

BO spécial n°8 du 13 octobre 2011

Initier l'élève à la **démarche scientifique**, c'est lui permettre de développer des compétences nécessaires pour prendre des décisions raisonnables et éclairées dans les nombreuses situations nouvelles qu'il rencontrera tout au long de sa vie et, ainsi, le conduire à devenir un adulte libre, autonome et responsable.

Ces compétences nécessitent la maîtrise de capacités qui dépassent largement le cadre de l'activité scientifique :

- faire preuve d'initiative, de ténacité et d'esprit critique ;
- confronter ses représentations avec la réalité ;
- observer en faisant preuve de curiosité ;
- mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile fournie par une situation, une expérience ou un document ;
- raisonner, démontrer, argumenter, exercer son esprit d'analyse.

La pratique scientifique nécessite l'utilisation d'un langage spécifique. L'élève doit donc pouvoir :

- s'exprimer avec un langage scientifique rigoureux ;
- choisir des unités adaptées aux grandeurs physiques étudiées ;
- utiliser l'analyse dimensionnelle ;
- évaluer les ordres de grandeur d'un résultat.

Ces compétences sont indissociables des compétences mathématiques nécessaires. De plus, en devant présenter la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à pratiquer une activité de communication susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières, orales et écrites, en langue française, mais aussi en anglais, langue de communication internationale dans le domaine scientifique.

**ANNEXE N°7 : Extrait du programme de l'enseignement de sciences physiques et chimiques
en laboratoire de la série sciences et technologies de laboratoire — classe terminale**

BO spécial n°8 du 13 octobre 2011

La partie « **Les ondes qui nous environnent** » fait référence à une première approche des notions et des concepts qui seront développés dans les deux thèmes décrits ci-dessus. Elle vise à poser le lexique, à montrer expérimentalement que des ondes sont générées par des oscillations, que les ondes peuvent être détectées et qu'elles possèdent des propriétés spécifiques qui seront utilisées par la suite pour observer, mesurer et agir. Il s'agit donc d'un balayage initial du champ concerné par le programme, sans développement excessif et sans approfondissement.

Les ondes qui nous environnent

Notions et contenus	Capacités exigibles
Propagation libre, guidée. Réflexion, réfraction, transmission, atténuation.	- Distinguer propagation libre et propagation guidée. - Expliciter les phénomènes se produisant lorsqu'une onde change de milieu de propagation ; caractériser simplement ces phénomènes.
Communiquer avec des ondes	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Ondes guidées, non guidées, transmission. Guide d'onde, câble. Absorption, diffusion, atténuation des ondes. Spectre d'une onde.	- Illustrer expérimentalement différentes transmissions guidées d'ondes dans plusieurs domaines de longueur d'onde. - Analyser l'effet de la résistance de charge sur la réflexion d'une onde à l'extrémité d'une ligne sans perte. - Représenter le schéma de principe d'un système de transmission par ondes. - Visualiser et exploiter le spectre d'une onde modulée par un signal informatif. - Associer l'absorption d'une onde électromagnétique à la nature de la matière exposée. - Distinguer la diminution de la puissance surfacique d'une onde divergente et son absorption par un milieu.

**ANNEXE N°8 : Extrait du programme de l'enseignement spécifique de physique-chimie —
Classe de terminale de la série scientifique
BO spécial n°8 du 13 octobre 2011**

Ondes et particules

Notions et contenus	Compétences exigibles
Rayonnements dans l'Univers Absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre.	Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.
Les ondes dans la matière Houle, ondes sismiques, ondes sonores. Magnitude d'un séisme sur l'échelle de Richter. Niveau d'intensité sonore.	Extraire et exploiter des informations sur les manifestations des ondes mécaniques dans la matière. Connaître et exploiter la relation liant le niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore.
Détecteurs d'ondes (mécaniques et électromagnétiques) et de particules (photons, particules élémentaires ou non).	Extraire et exploiter des informations sur : - des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ; - un dispositif de détection. <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</i>

Caractéristiques et propriétés des ondes

Notions et contenus	Compétences exigibles
Caractéristiques des ondes Ondes progressives. Grandeurs physiques associées. Retard.	Définir une onde progressive à une dimension. Connaître et exploiter la relation entre retard, distance et vitesse de propagation (célérité). <i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier qualitativement et quantitativement un phénomène de propagation d'une onde.</i>
Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales.	Définir, pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence et la longueur d'onde. Connaître et exploiter la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale.</i>
Ondes sonores et ultrasonores. Analyse spectrale. Hauteur et timbre.	<i>Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.</i>

Nom de famille :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Prénom(s) :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Numéro
Inscription :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Né(e) le :

		/			/															
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : Section/S spécialité/Série :

Epreuve : Matière : Session :

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroté chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

Document réponse



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

Copie d'élève à corriger et à annoter.

Partie 2:

2-1 $n_c \sin i_1 = n_g \sin i_2$
pour $i_1 = 90^\circ$, on a $\sin \alpha_{\text{lim}} = \frac{1,485}{1,495} = 83,37^\circ$

2-2 C'est la réflexion totale

2-3 Voir document réponse

2-4 $d = 575 \text{ nm}$

2-5 $A_L = 0,095 \Rightarrow A = 0,095 \times 50 = 4,75$

2-6 $\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = ?$ $\log \frac{P_e}{P_s} = \frac{A}{10}$
 $\frac{P_e}{P_s} = 10^{-\frac{A}{10}} = 0,335$

2-7 $0,335 > 1\%$ \Rightarrow le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.

2-8 La fibre optique peut être choisie en Plexiglas pour les réseaux domestiques car son prix est très faible pour les particuliers. Pour tous les autres réseaux, la fibre en silice est meilleure car elle atténue beaucoup moins sur des longues distances.

Document réponse

