

Q1 : QCM Ultrasons / circuit RLC

Chaque question possède au moins une proposition vraie. Choisir la (ou les) proposition(s) vraie(s) en recopiant, pour chaque proposition vraie, la lettre a, b, c, d ... qui lui correspond.

Justifier chaque application numérique en indiquant l'expression littérale utilisée (concerne les questions 3, 4, 5, 8)

Données

masse volumique de l'eau

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

masse volumique d'un muscle

$$\rho_{\text{muscle}} = 1040 \text{ kg.m}^{-3}$$

célérité du son dans l'eau

$$c_{\text{eau}} = 1480 \text{ m.s}^{-1}$$

célérité du son dans un muscle

$$c_{\text{muscle}} = 1580 \text{ m.s}^{-1}$$

1. Une onde sonore :

- a. peut se propager dans un milieu matériel
- b. peut se propager dans le vide
- c. peut se propager à la fois dans un milieu matériel et dans le vide
- e. est un mode de transport possible de la matière
- f. se manifeste par des variations de pression se propageant dans le milieu
- g. est une onde électromagnétique longitudinale

2. Choisir, parmi les grandeurs suivantes caractéristiques de l'onde, celle(s) qui dépend(ent) de la nature du milieu de propagation :

- a. la fréquence
- b. la longueur d'onde
- c. la célérité

3. On rappelle que l'atténuation (A) d'un faisceau ultrasonore peut être exprimée en décibel par la relation :

$$A = 10 \log \frac{I_0}{I}$$

avec I : intensité transmise par le milieu

$\log$: logarithme décimal

I_0 : intensité incidente

Un faisceau d'intensité 1 W/cm^2 traverse 2 cm de revêtement cutané dont le coefficient d'atténuation est de 1 dB/cm .

L'intensité du faisceau de sortie est, en W/cm^2 , de :

- a. 4×10^3
- b. 316
- c. 100
- d. 36,6
- e. 7,4
- f. 1,8
- g. 0,63
- h. 0,13
- i. 0,01
- j. $2,5 \times 10^{-4}$
- k. aucune de ces valeurs

4. Les impédances acoustiques de l'eau et du muscle valent en $\text{kg.m}^2.\text{s}^{-1}$

Propositions	Eau	Muscle
a.	$1,48 \times 10^6$	$1,64 \times 10^6$
b.	1,48	1,52
c.	0,68	0,66

5. L'onde ultrasonore utilisée lors d'une échographie a une fréquence de 1 MHz. En admettant que le système permette de voir des détails de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, le plus petit détail que l'on peut observer a une taille d'environ :

- a. 1 μm b. 600 μm c. 1,5 mm d. 1,5 cm

6. Le facteur de qualité d'un circuit RLC série est donnée par la relation :

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \quad f_0 \text{ est la fréquence de résonance, } \Delta f \text{ est la largeur de la bande passante.}$$

Dans un circuit RLC série (R : résistance d'un conducteur ohmique, L : inductance d'une bobine, C : capacité d'un condensateur), la résonance est d'autant plus aiguë que :

- a. la résistance R a une faible valeur
b. la résistance R a une forte valeur
c. le facteur de qualité Q a une faible valeur
d. le facteur de qualité Q a une forte valeur

7. Un générateur basse fréquence impose une tension sinusoïdale $u(t)$, de fréquence f réglable, aux bornes d'un dipôle comprenant un conducteur ohmique de résistance R, une bobine d'inductance L et un condensateur de capacité C placés en série. La fréquence de résonance de ce circuit est f_0 .

Soit $u_R(t)$ la tension aux bornes du conducteur ohmique. À une fréquence inférieure à f_0 :

- a. $u(t)$ est en retard de phase sur $u_R(t)$
b. $u(t)$ est en phase avec $u_R(t)$
c. $u(t)$ est en avance de phase sur $u_R(t)$
d. l'impédance Z du dipôle RLC est supérieure à R
e. l'impédance Z du dipôle RLC est égale à R
f. l'impédance Z du dipôle RLC est inférieure à R

8. Un générateur basse fréquence impose une tension sinusoïdale $u(t)$, de fréquence f réglable, aux bornes d'un dipôle RLC série. La résistance de l'association RL est égale à 18Ω , $C = 100 \text{ nF}$, et L (inductance de la bobine) est inconnue. La fréquence de résonance de ce circuit est égale à 1560 Hz.

L'inductance L de la bobine est égale à :

- a. 0,1 mH b. 4,1 mH c. 0,1 H d. 4,1 H

Q2 : Amplificateur opérationnel.

On considère le montage ci-contre.

La tension u_E délivrée par le générateur basse fréquence est relevée par un oscilloscope et représentée ci-après.

(voie 1, trait plein)

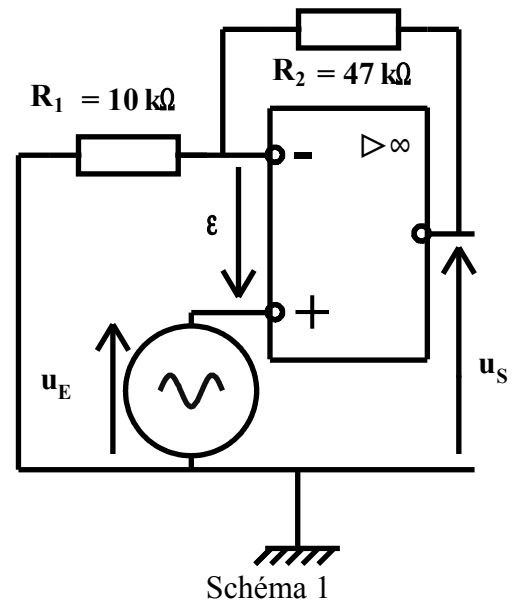
La tension u_S est relevée sur la voie 2 de l'oscilloscope.

1. Reproduire le schéma 1 en y ajoutant les connexions ayant permis de réaliser ces relevés.

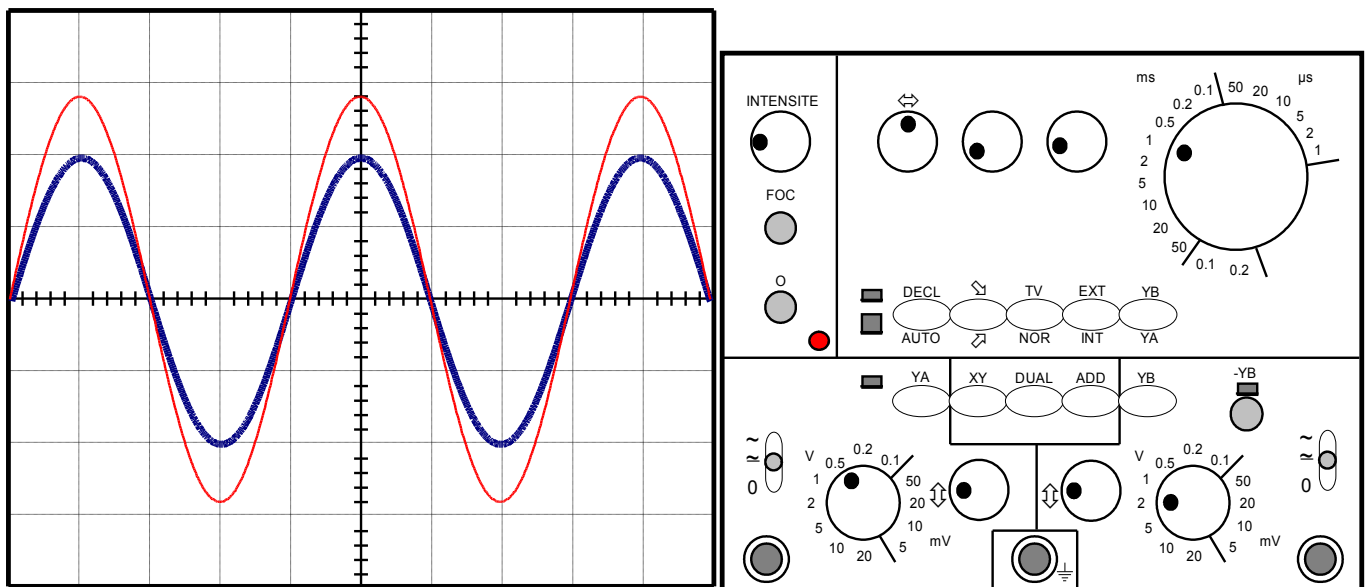
2. Donner les caractéristiques de la tension délivrée par le générateur (période, fréquence, amplitude, valeur efficace).

3. Établir l'expression de la tension u_S en fonction de u_E , R_1 et R_2 .

Définir et calculer le coefficient d'amplification du montage.



4. Mesurer l'amplitude de la tension u_S sur l'oscillogramme (voie 2, trait fin) ; conclure.



DEUXIÈME PARTIE : PROBLÈME

Filtration des rayons X en radiodiagnostic.

Données :

charge élémentaire	$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
masse de l'électron	$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0,511 \text{ MeV.c}^{-2}$
masse volumique du Plomb	$\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$
masse volumique de l'aluminium	$\rho_{\text{Al}} = 2,7 \text{ g.cm}^{-3}$
numéro atomique de l'élément tungstène	$Z(W) = 74$

A. Étude des niveaux d'énergie de l'atome de tungstène

1. Donner la répartition des électrons dans les différentes couches du nuage électronique du tungstène. En déduire sa place (ligne, colonne) dans la classification périodique à 18 colonnes.

2. En première approximation, les niveaux d'énergie d'un atome sont donnés par la relation :

$$E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ (eV)}$$

Calculer le niveau d'énergie E_1 ($n = 1$) de l'atome de tungstène.

3. En réalité la valeur de l'énergie E_1 ($n = 1$) de l'état fondamental de l'atome de tungstène est de - 69,5 keV

Expliquer pourquoi la valeur mesurée est différente de la valeur calculée.

B. Émission de rayons X par le tungstène

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de tungstène. Les électrons sont accélérés à l'aide d'une différence de potentiel U entre l'anode et la cathode de valeur 120 kV. On donne les niveaux d'énergie suivants pour l'atome de tungstène :

$$E_K = -69,5 \text{ keV}$$

$$E_L = -11,3 \text{ keV}$$

$$E_M = -2,30 \text{ keV}$$

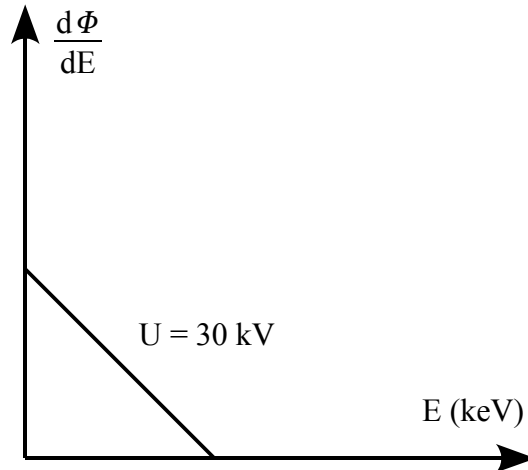
1. Calculer les énergies des photons provenant de l'émission des raies K_α et L_α . Exprimer ce résultat en keV.

2. L'énergie des photons de la raie L_α varie-t-elle si l'on abaisse la tension U à une valeur de 30 kV ? Si oui, calculer sa nouvelle valeur, sinon justifier la réponse.

3. Le spectre des photons X obtenus résulte de l'addition d'un spectre de raies et d'un spectre continu. Donner le nom du phénomène auquel est due l'existence de ce spectre continu.

4. Donner en la justifiant l'expression de l'énergie des photons X les plus énergétiques que puisse émettre le tube. Calculer le résultat en J et en keV.

5. L'évolution théorique du flux du rayonnement X en fonction de l'énergie est représentée ci-dessous pour une tension U de 30 kV.



Il a l'allure d'une droite décroissante dont l'abscisse maximale et l'ordonnée maximale sont toutes deux proportionnelles à U

Reproduire ce graphe pour $U = 30$ kV puis représenter l'allure de l'évolution du flux du rayonnement X en fonction de l'énergie pour une tension égale à 120 kV.

6. Quels sont les effets sur le spectre des photons X de la traversée de la paroi du tube ?

C. Atténuation des photons

L'énergie de liaison d'un électron situé sur la couche K d'un atome de plomb est de 88 keV.

1. Interactions des photons avec la matière

1.1. Effet photoélectrique.

1.1.1. Donner la définition de l'effet photoélectrique. Décrire brièvement ce phénomène.

1.1.2. On envoie un photon d'énergie 100 keV sur du plomb. Calculer l'énergie cinétique de l'électron émis par effet photoélectrique.

1.2. Effet Compton.

Un photon d'énergie $E = 660$ keV interagit par effet Compton avec un électron. Il projette cet électron en lui communiquant une énergie cinétique E_C de 97 keV, le reste de l'énergie étant emporté par un photon diffusé d'énergie E' faisant un angle θ avec la direction du photon incident.

1.2.1. Donner en la justifiant la relation existant entre E , E' et E_C . En déduire la valeur de E' .

1.2.2. Calculer les longueurs d'onde λ et λ' des rayonnements incident et diffusé.

1.2.3. Déduire de la relation de Compton-Debye : $\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$ la valeur de $\cos \theta$, puis de θ en degrés.

1.2.4. Le choc était-il frontal ?

1.3. Matérialisation.

1.3.1. Donner la définition de la matérialisation. Décrire brièvement ce phénomène.

1.3.2. Donner, en la justifiant, l'énergie minimale (en MeV) du photon permettant l'observation du phénomène.

1.3.3. Expliquer comment se répartit l'énergie d'un photon possédant une énergie supérieure à cette énergie minimale.

2. Variation de l'atténuation avec l'énergie des photons et la nature du milieu

La figure 3 figurant en annexe page 7 représente la variation du coefficient massique d'atténuation en fonction de l'énergie des photons incidents, pour deux milieux différents : l'aluminium et le plomb. Les échelles utilisées pour les axes sont logarithmiques, ce qui permet de regrouper sur un même graphe des valeurs très différentes sans pour autant "écraser" les plus faibles valeurs. Les domaines de prédominance des trois principales interactions dans chacun des milieux sont précisés au-dessus de ces courbes, et le tableau donne les coordonnées de quelques uns de leurs points **AUXQUELLES IL CONVIENDRA DE SE RÉFÉRER POUR EFFECTUER LES CALCULS DEMANDÉS**.

2.1. Atténuation provoquée par le plomb

2.1.1. Donner la valeur du coefficient linéique d'atténuation du plomb pour un faisceau de photons de 20 keV.

2.1.2. Même question pour un faisceau de 200 keV.

2.1.3. Un photon de 200 keV est-il plus pénétrant qu'un photon de 20 keV ? Justifier la réponse.

2.1.4. Un photon de 100 MeV est-il plus pénétrant qu'un photon de 10 MeV ? Justifier la réponse en utilisant les données figurant en annexe.

2.1.5. Définir et calculer la profondeur de déci-transmission d'un faisceau de photons de 20 keV pour le plomb et l'aluminium. De ces deux métaux, quel est celui dont le pouvoir d'atténuation est le plus important ?

2.2. Rôle d'un filtre

Sur la figure 4 ci-dessous, le spectre 1 est le spectre continu d'un faisceau issu d'un tube de Coolidge à anode de tungstène ($U = 30 \text{ kV}$) et le spectre 2 est le spectre continu du même faisceau, après la traversée d'un filtre en molybdène dont le coefficient massique d'atténuation présente l'allure de la courbe tracée en pointillé.

On donne les niveaux d'énergie du molybdène : $E_K = 20,0 \text{ keV}$ $E_L = 2,6 \text{ keV}$ $E_M = 0,4 \text{ keV}$

2.2.1. Commenter la forme de la courbe en pointillé (coefficient massique d'atténuation du molybdène) ; justifier l'existence du pic à l'aide des données du problème.

2.2.2. Interpréter le passage du spectre 1 au spectre 2 ; l'interprétation doit (bien sur) faire intervenir la courbe en pointillé.

Figure 4

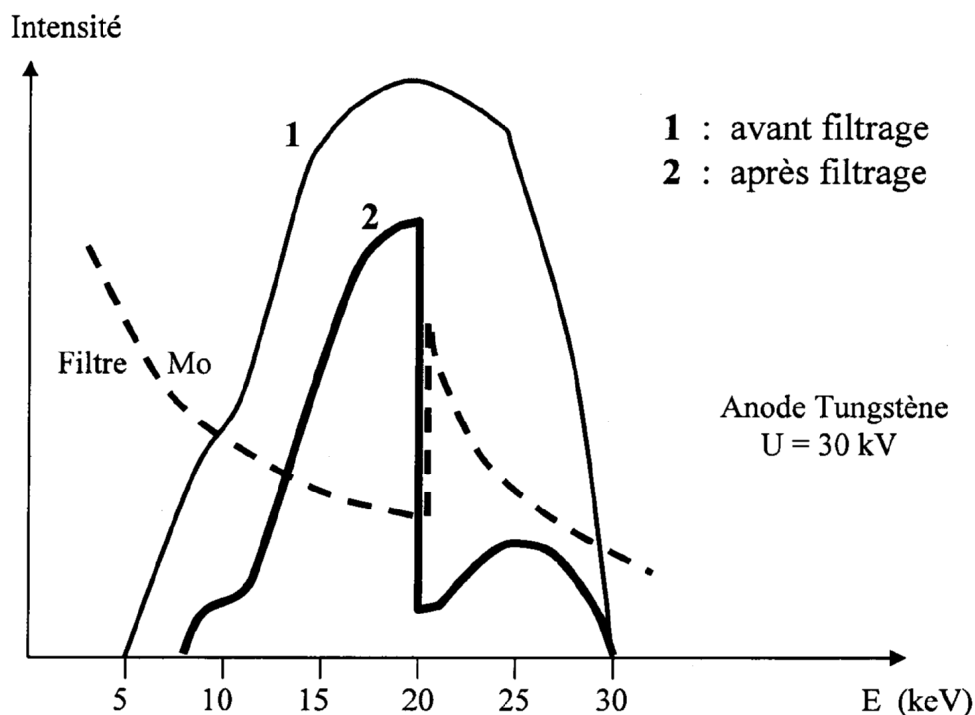
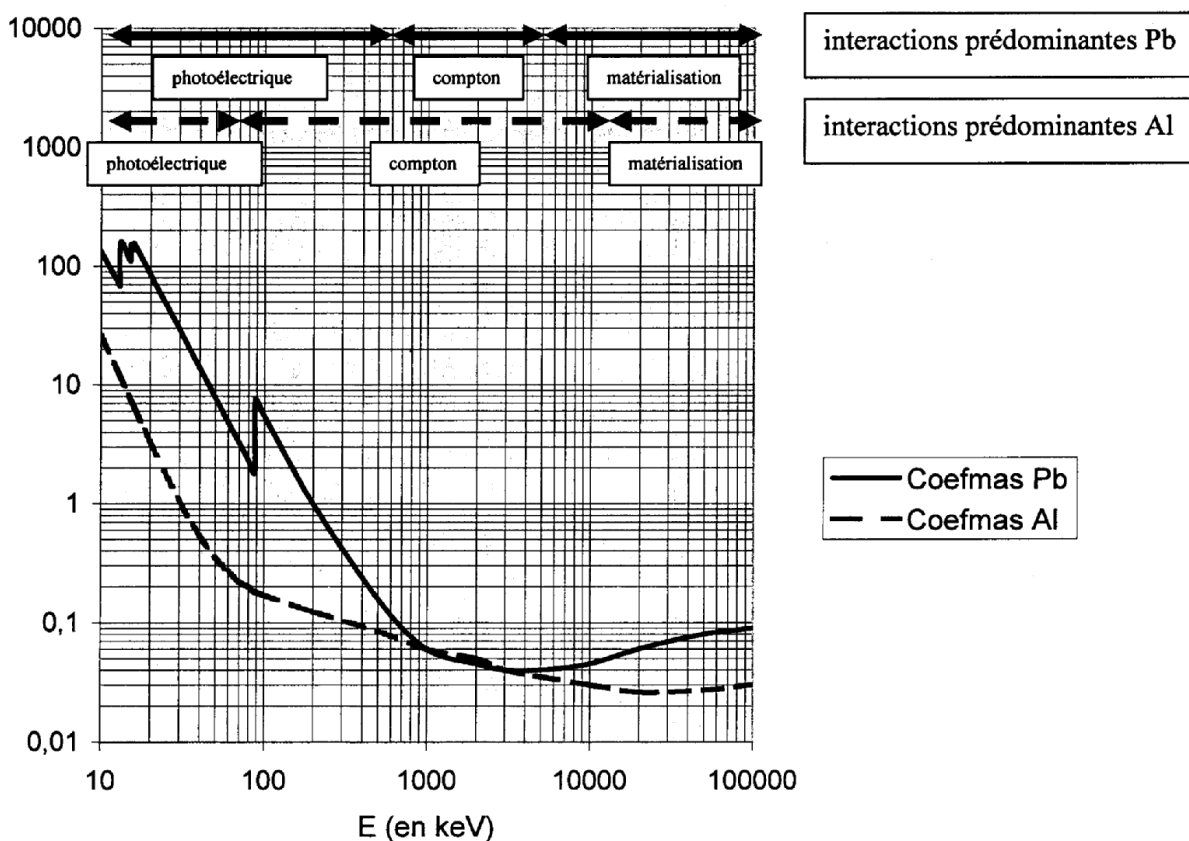


Figure 3

Coefficient massique d'atténuation dans l'aluminium et dans le plomb (en cm^2/g) en fonction de l'énergie des photons (en keV)



Coordonnées de quelques points des courbes ci-dessus.

Énergie (en keV)	Coefmas Pb (en cm^2/g)	Coefmas Al (en cm^2/g)
10	132,8	26,2
20	86	3,32
50	7,82	0,35
87,9	1,84	0,18
88,1	7,47	0,18
100	5,46	0,17
200	1,0	0,124
500	0,159	0,085
1000	0,06	0,06
5000	0,04	0,035
10 000	0,045	0,03
20 000	0,06	0,026
50 000	0,08	0,027
100 000	0,09	0,03