RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION	EXAMEN DU BACCALAURÉAT	Session de contrôle 2023
	Épreuve : **Sciences physiques**	Section : **Mathématiques**
	Durée : **3h**	Coefficient de l'épreuve: **4**

N° d'inscription

Le sujet comporte cinq pages numérotées de 1 / 5 à 5 / 5.
La page 5 / 5 est à compléter par le candidat et à remettre avec la copie.

CHIMIE (7 points)

Exercice 1 (3,75 points)

On étudie la transformation lente et supposée totale de la réduction des ions peroxodisulfate ($S_2O_8^{2-}$) par les ions iodure (I^-) modélisée par l'équation suivante :

$$2\,I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-} \qquad (1)$$

À une température adéquate et constante θ, on prépare à l'instant **t = 0**, dans des béchers identiques, des mélanges identiques contenant chacun un volume V_1 d'une solution aqueuse (S_1) d'iodure de potassium (**KI**) de concentration molaire C_1 et un volume $V_2 = V_1$ d'une solution aqueuse (S_2) de peroxodisulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) de concentration molaire $C_2 = \frac{1}{5}C_1$. Chaque mélange initial ainsi obtenu, noté (**M**), est de volume total : **$V = V_1 + V_2 = 200$ mL**. On désigne par n_{01} et n_{02} les quantités de matières initiales dans (**M**), respectivement des ions iodure (I^-) et des ions peroxodisulfate ($S_2O_8^{2-}$).

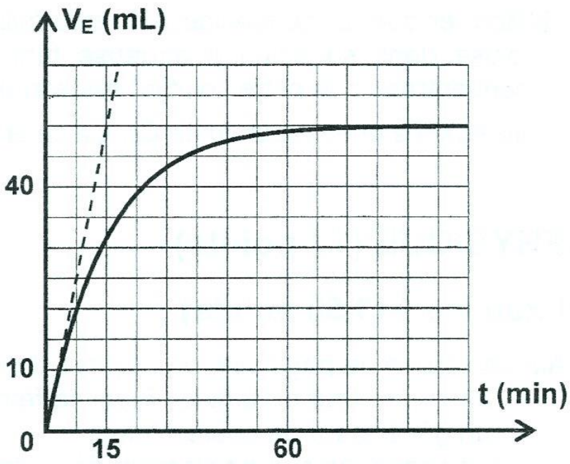

Figure 1

Pour déterminer la quantité de matière du diiode (I_2) formé au cours du temps, on prend à différents instants un des mélanges (**M**) que l'on dose à l'aide d'une solution aqueuse (**S**) de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$) de concentration molaire C_0. La réaction du dosage, supposée rapide et totale, est modélisée par l'équation suivante :

$$I_2 + 2\,S_2O_3^{2-} \rightarrow 2\,I^- + S_4O_6^{2-} \qquad (2)$$

Les résultats expérimentaux ont permis de tracer la courbe de la **figure 1** traduisant l'évolution de V_E au cours du temps ; où V_E représente le volume de la solution (**S**) versé pour atteindre le point d'équivalence du dosage de I_2 formé dans (**M**) à un instant **t**.
La courbe de la **figure 2** représente quant à elle, l'évolution de la quantité de matière des ions iodure $n(I^-)$ dans (**M**) en fonction de V_E.

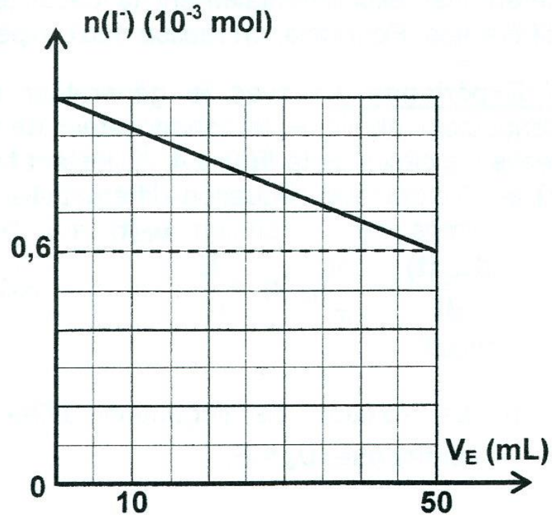

Figure 2

1) Dresser le tableau descriptif en avancement **x** relatif à la réaction **(1)**.
2) Déterminer graphiquement le volume V_{Ef} correspondant au point d'équivalence lorsque la réaction **(1)** est terminée.
3) **a-** Montrer qu'à chaque instant **t**, on a : $n(I^-) = n_{01} - C_0V_E$.
   b- Déterminer graphiquement les valeurs de n_{01} et C_0.
4) Déduire la valeur de C_1.
5) **a-** Montrer que la vitesse volumique v_v de la réaction **(1)** à un instant **t** est donnée par la relation : $v_v = \frac{C_0}{2V}\frac{dV_E}{dt}$.
   b- Déterminer la valeur de v_v à l'instant **t = 0**.

Exercice 2 (3,25 points)

Toutes les solutions sont considérées à **25 °C**, température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On négligera les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau.

On considère une solution aqueuse (S_0) d'un monoacide faible **AH** de concentration molaire C_a et de **pH** noté pH_0. On désigne par K_a et τ_{f0} respectivement la constante d'acidité du couple **AH / A⁻** et le taux d'avancement final de la réaction du monoacide **AH** avec l'eau dans (S_0).

1) Dresser le tableau descriptif en avancement volumique **y** relatif à la réaction du monoacide **AH** avec l'eau.

2) Établir la relation : $pH_0 = pK_a + \log(\frac{\tau_{f0}}{1-\tau_{f0}})$.

3) On prépare par dilution, à partir de la solution aqueuse (S_0) du monoacide **AH**, des solutions aqueuses filles. Pour (S_0) et chacune des solutions filles, on mesure le **pH** et on détermine le taux d'avancement final τ_f de la réaction du monoacide **AH** avec l'eau dans cette solution aqueuse. Les résultats expérimentaux obtenus permettent de tracer la courbe $pH = f(\log\tau_f)$ de la **figure 3**.

a- Montrer que le monoacide **AH** est faiblement ionisé dans les solutions aqueuses utilisées ($\tau_f \leq 0,05$).

b- Justifier alors, l'allure de la courbe de la **figure 3**.

c- Déterminer les valeurs de pK_a et C_a.

4) Montrer que le monoacide **AH** reste faiblement ionisé dans sa solution aqueuse tant que la concentration de cette solution reste supérieure ou égale à une valeur limite C_ℓ. Calculer C_ℓ.

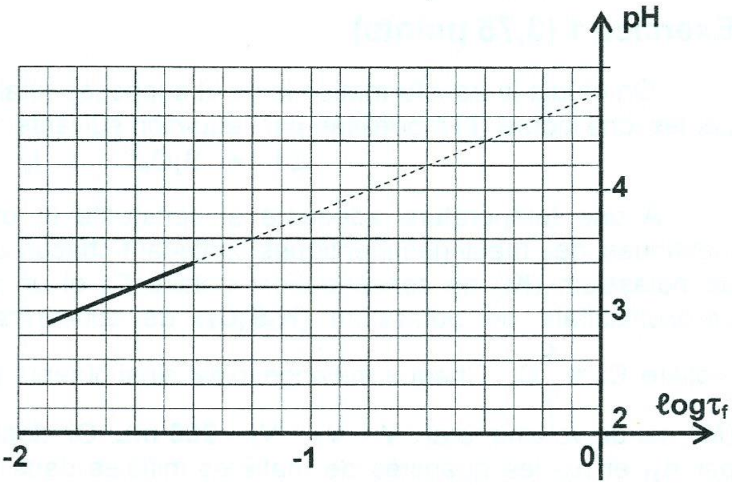

Figure 3

PHYSIQUE (13 points)

Exercice 1 (3,50 points)

Au laboratoire de physique, on dispose du matériel suivant :

- un générateur de tension idéal de fem **E** ;
- un générateur de courant idéal ;
- un condensateur initialement déchargé, de capacité **C** inconnue ;
- un conducteur ohmique de résistance **R = 500 Ω** ;
- un interrupteur **K**.

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on se propose de déterminer expérimentalement la capacité **C** inconnue de deux manières différentes. Pour cela, on réalise deux expériences.

<u>I/ Expérience 1 :</u> avec le générateur de tension idéal de fem **E**, le conducteur ohmique, le condensateur de capacité **C** et l'interrupteur **K**, on réalise le circuit de la **figure 4**. À l'instant **t = 0**, on ferme l'interrupteur **K**.

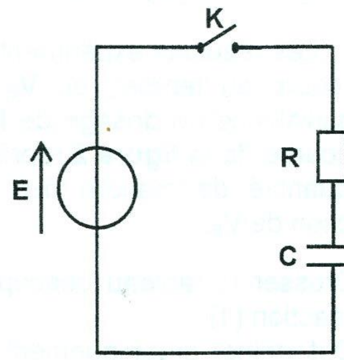

Figure 4

1) a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur s'écrit :
$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C(t) = \frac{E}{\tau}$; où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.

b- La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme : $u_C(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.
Vérifier que $U_0 = E$.

2) Un système d'acquisition informatisé permet de suivre l'évolution au cours du temps de $\ln(U_0 - u_C(t))$. On obtient la courbe de la **figure 5** ; où **ln** représente le logarithme népérien.

a- Exprimer $\ln(U_0 - u_C(t))$ en fonction de U_0, τ et **t**.

b- En exploitant la courbe de la **figure 5**, déterminer les valeurs de τ et **E**.

c- Déduire la valeur de **C**.

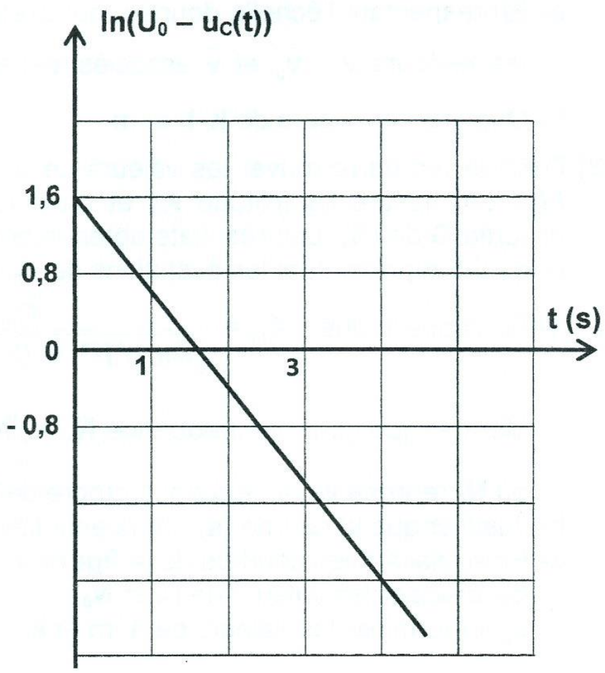

Figure 5

<u>II/ Expérience 2 :</u> le condensateur est complètement déchargé. On remplace dans le circuit de la **figure 4**, le générateur de tension idéal par un générateur de courant idéal délivrant une intensité constante **I** de courant électrique. À **t = 0**, on ferme l'interrupteur **K** et on mesure simultanément à l'aide de deux voltmètres identiques, les tensions U_R et U_C respectivement aux bornes du conducteur ohmique et aux bornes du condensateur. Ces deux tensions prennent la même valeur après une durée $\Delta t = 1$ **s** comptée à partir de l'instant de fermeture du circuit.

1) Exprimer U_C en fonction de **I**, **C** et Δt.

2) Retrouver alors la valeur de **C**.

Exercice 2 (6,50 points)

Un pendule élastique est constitué d'un solide **(S)** de masse **m**, fixé à l'une des extrémités d'un ressort **(R)** à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur **k** et dont l'autre extrémité est fixe. Le solide **(S)** est assujetti à se déplacer le long d'une tige **(T)** maintenue fixe et horizontale, tout en étant soumis à des frottements visqueux équivalents à une force $\overrightarrow{f(t)} = -h.\vec{v}$, où **h** est une constante positive et $\vec{v}$ est le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie **G** du solide **(S)**. À l'équilibre, le centre d'inertie **G** de **(S)** coïncide avec l'origine **O** d'un repère $(O, \vec{i})$, de vecteur unitaire $\vec{i}$ porté par l'axe **x'x** (**figure 6**). Un excitateur transmet au système **{(R) + (S)}** une force excitatrice $\overrightarrow{F(t)} = F_m \sin(2\pi Nt).\vec{i}$, d'amplitude F_m constante et de fréquence **N** réglable. À un instant **t** quelconque, l'élongation du centre d'inertie **G** de **(S)** s'écrit : $x(t) = X_m \sin(2\pi Nt + \varphi_x)$; où X_m est son amplitude et φ_x est sa phase initiale.

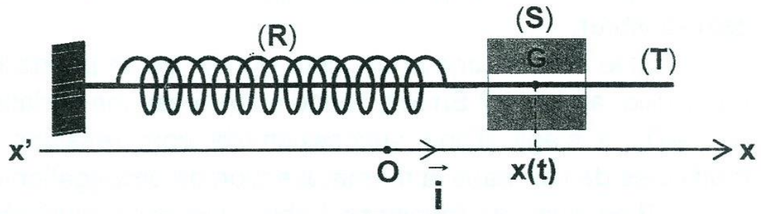

Figure 6

Un système approprié permet de suivre simultanément, l'évolution au cours du temps de **x(t)** et de **F(t)**. Pour une valeur N_1 de la fréquence **N**, on obtient les courbes (ξ_1) et (ξ_2) représentées sur la **figure 7**.

1) a- Justifier que la courbe (ξ_1) correspond à **F(t)**.

b- Déterminer graphiquement les valeurs de X_m, F_m, N_1 et φ_x.

2) L'équation différentielle qui régit l'évolution de **x(t)** au cours du temps s'écrit :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F(t)$$

La **figure 8** de la **page 5/5 (à compléter par le candidat et à remettre avec sa copie)** représente la construction de Fresnel inachevée à la fréquence N_1, relative à l'équation différentielle en **x(t)**, où le vecteur $\vec{v_1}$ est associé à **kx(t)**.

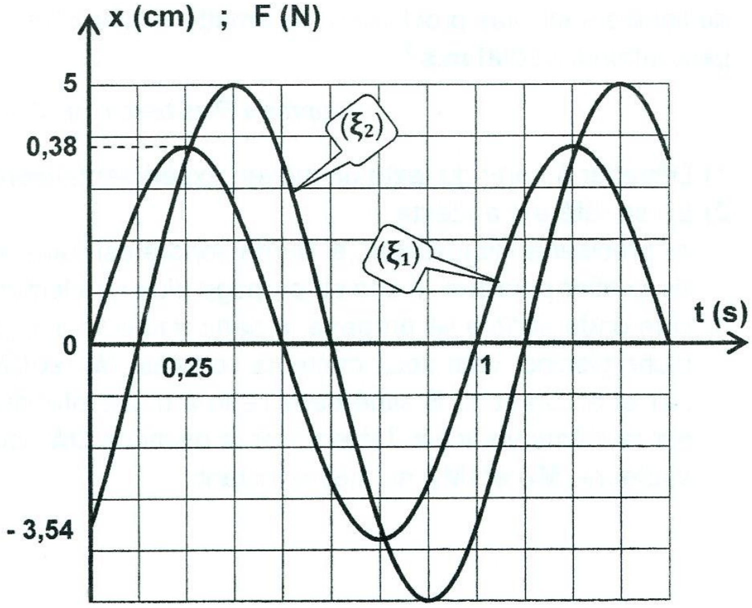

Figure 7

a- En respectant l'échelle donnée, compléter la construction de Fresnel de la **figure 8** en représentant les vecteurs $\vec{v_2}$, $\vec{v_3}$ et $\vec{v}$ associés respectivement à $h\frac{dx}{dt}$, à $m\frac{d^2x}{dt^2}$ et à **F(t)**.

b- Déduire les valeurs de **k**, **h** et **m**.

3) Dans le but de retrouver les valeurs de **h**, **m** et **k**, on fait varier la fréquence **N** de la force excitatrice **F(t)**, on mesure l'amplitude X_m et on détermine l'amplitude V_m de la vitesse instantanée du centre d'inertie **G** de (**S**). Les résultats obtenus permettent de tracer les courbes (**a**) et (**b**) de la **figure 9** de la **page 5/5** représentant les évolutions de X_m et V_m en fonction de **N**.

a- On rappelle que : $X_m = \dfrac{F_m}{\sqrt{4\pi^2h^2N^2 + (k - 4\pi^2N^2m)^2}}$.

Montrer que pour une fréquence $N_r = \sqrt{N_0^2 - \dfrac{h^2}{8\pi^2m^2}}$, l'amplitude X_m prend sa valeur la plus grande ;

où N_0 représente la fréquence propre de l'oscillateur mécanique.

b- Justifier que la courbe (**a**) représente l'évolution de X_m en fonction de **N**.

c- En exploitant les courbes de la **figure 9** :

c_1- préciser les valeurs de N_r et N_0 ;

c_2- déterminer les valeurs de **h**, **m** et **k**.

Exercice 3 (3 points) « Étude d'un document scientifique »

Le son se propage

Le son est une onde. Deux manières permettent de le remarquer : d'une part si on place la main devant la bouche lorsqu'on parle, on peut parfois ressentir l'air vibrer ; d'autre part si on cogne un diapason avec un petit marteau puis qu'on approche le manche de celui-ci d'une branche du diapason, on entend celui-ci vibrer.

Si le son est une onde, cela signifie qu'on pourra le caractériser par une fréquence. Mais qu'est-ce qui oscille, au juste ? En fait, l'onde sonore est une variation de la pression de l'air (compression et détente de l'air) : il s'agit d'une succession de compressions et de détentes provoquant les vibrations des molécules de l'air dans la même direction de propagation de l'onde.

Bien que les définitions habituelles des propriétés des ondes s'appliquent également aux ondes sonores, celles-ci sont généralement complétées par d'autres notions propres : la **hauteur** du son qui est liée à sa fréquence (un son aigu présente une haute fréquence tandis qu'un son grave est de basse fréquence), **l'intensité** du son qui est définie par l'amplitude de l'onde sonore qui lui est associée et le **timbre** d'un son qui est lié à la forme de l'onde elle-même (la forme est parfaitement sinusoïdale pour un son pur, de fréquence caractéristique, et non pour d'autres tels que le bruit…).

Le son se propage dans l'air à une célérité approximative de **340 m.s^{-1}** ; il est nettement plus rapide dans les liquides (la célérité est de l'ordre de **1480 m.s^{-1}** dans l'eau, par exemple), puisque les molécules du liquide sont plus proches et transmettent mieux les ondes ; dans les solides il est encore plus rapide et peut atteindre **5000 m.s^{-1}**.

D'après « Plus besoin de fil ni de branchement pour téléphoner… », Joëlle Pire, 2003.

1) Dégager à partir du texte un moyen expérimental permettant de remarquer que le son est une onde.

2) En se référant au texte :

a- préciser en le justifiant, si l'onde sonore est transversale ou longitudinale ;

b- justifier pourquoi le son se propage plus rapidement dans les liquides que dans l'air.

3) Une onde sonore se propage, à partir d'une source (**S**) située en un point **O** de la surface libre de l'eau d'une piscine, vers deux capteurs sonores (M_1) et (M_2) placés respectivement en un point **A** situé dans l'air et en un point **B** situé dans l'eau à une profondeur **OB = 218 cm**. Les points **O**, **A** et **B** sont situés sur la même verticale. Déterminer la distance **OA** pour que l'onde sonore issue de (**S**) atteigne les deux capteurs (M_1) et (M_2) au même instant.

Section : .... N° d'inscription : .... Série : ....

Nom et Prénom : ....

Date et lieu de naissance : ....

Signatures des surveillants

....

....

Épreuve: Sciences physiques - Section : Mathématiques
Session de contrôle (2023)
Annexe à rendre avec la copie

Échelle :

2 cm → 0,1 N

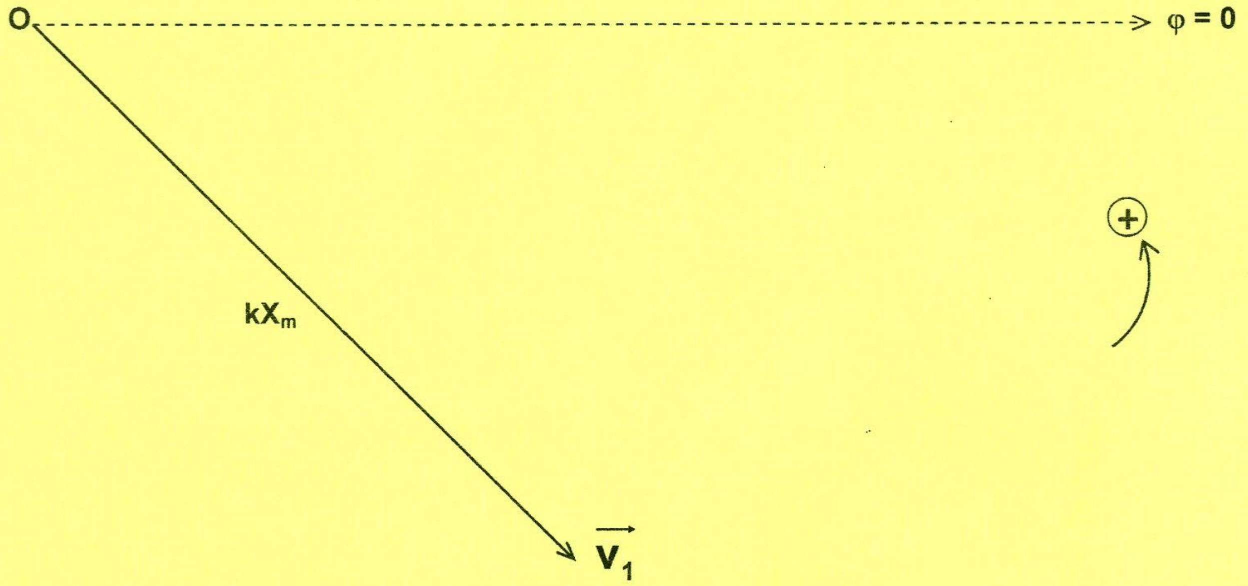

Figure 8

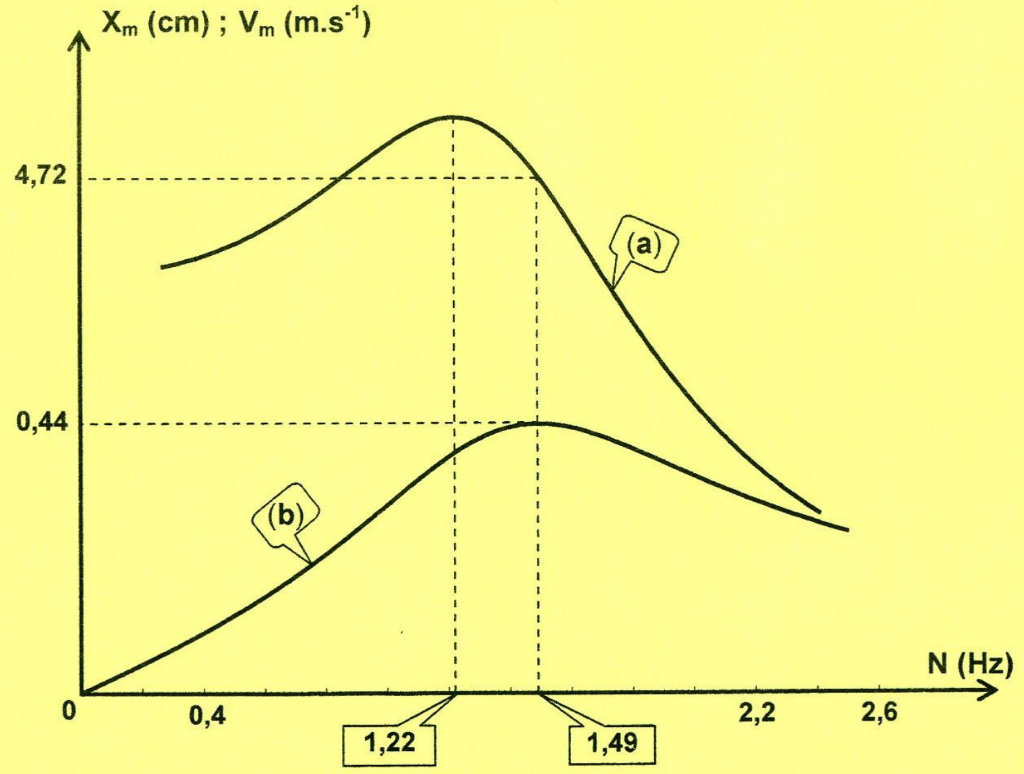

Figure 9