

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
DES MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL  
OPTION MÉTIERS DU SON**

**ÉPREUVE E3 :  
SCIENCES PHYSIQUES**

# ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

## OPTION MÉTIERS DU SON

La qualité et la clarté de la rédaction sont prises en compte dans l'attribution de la note.

Il est impératif de respecter les notations de l'énoncé.

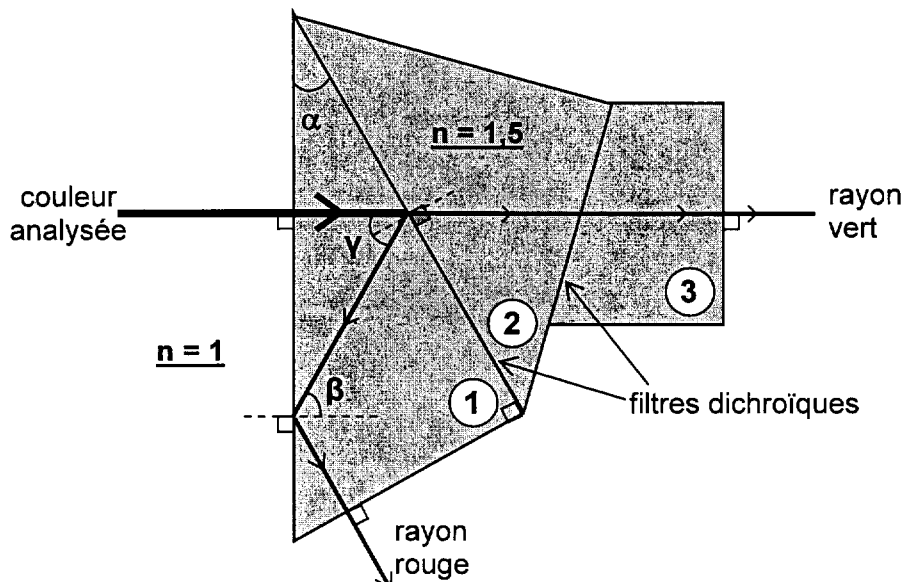
Le candidat devra en outre traiter dans l'ordre les questions au sein d'un exercice.

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes : Optique - Acoustique - Électronique.

### PARTIE 1 - OPTIQUE

#### A - ÉTUDE DU SÉPARATEUR OPTIQUE D'UNE CAMÉRA

Le séparateur optique d'une caméra analyse une couleur. Dans la suite, on limitera l'étude à la décomposition uniquement des primaires rouge et verte. Le passage des deux rayons lumineux à travers le séparateur optique est donné à la **figure 1** suivante :



**Figure 1**

Les 3 parties constituant le séparateur sont en verre d'indice  $n = 1,5$  et sont repérées 1, 2, 3.  
Avertissement : la figure n'est pas à l'échelle.

**1.1** - Quel est rôle d'un filtre dichroïque ?

On veut montrer qu'en choisissant un angle  $\alpha = 30^\circ$  (voir **figure 1**), le trajet du rayon rouge subit une réflexion totale à la surface de séparation entre le verre et l'air.

**1.2** - Déterminer la valeur de l'angle  $\gamma$  puis la valeur de l'angle  $\beta$ .

**1.3** - Calculer l'angle limite  $i_L$  de réflexion totale à la surface de séparation entre le verre et l'air.  
 Justifier la réflexion totale.

## B - ÉTUDE COLORIMÉTRIQUE D'UNE LAMPE À DÉCHARGE

Une source lumineuse  $S_1$  émet deux raies monochromatiques et fournit un flux lumineux total de 2000 lm avec une température de couleur équivalente de 3200 K.

On rappelle que la température de couleur de 3200 K pour un corps noir correspond sensiblement au point M de coordonnées  $(x_M = 0,4 ; y_M = 0,4)$  dans un diagramme de chromaticité fourni en **annexe 1**.

**1.4** - Sachant que l'une des deux raies possède une longueur d'onde monochromatique  $\lambda_1 = 500$  nm de coordonnées :  $(x_1 = 0,01 ; y_1 = 0,53)$ , déduire d'après le diagramme de chromaticité fourni, la longueur d'onde  $\lambda_2$  permettant d'obtenir par mélange le point M. Déterminer ses coordonnées  $(x_2 ; y_2)$ .

**1.5** - On considère les luminances  $L_1$  et  $L_2$  des couleurs correspondant aux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . Montrer, à l'aide d'une méthode graphique, que le rapport  $L_1/L_2$  vaut environ **1,6**.

Les flux lumineux  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$  émis étant proportionnels à  $L_1$  et  $L_2$ , on peut écrire:  $\Phi_1/\Phi_2 = L_1/L_2 = 1,6$ .

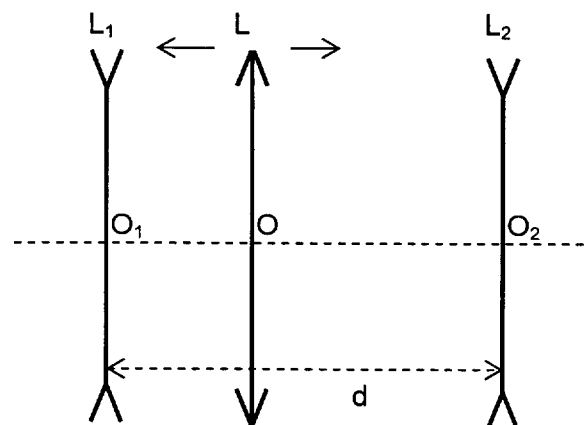
**1.6** - Sachant que le flux lumineux total  $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2)$  émis par les deux raies est de 2000 lm, calculer les valeurs des flux  $\Phi_1$  et  $\Phi_2$ .

**1.7** - Calculer la puissance électrique  $P_{1e}$  consommée par la source  $S_1$ , sachant que son efficacité lumineuse a pour valeur  $e_1 = 90$  lm.W<sup>-1</sup>.

## C - ÉTUDE D'UN ZOOM 4 x 35

On s'intéresse dans cette partie à un objectif à focale variable (zoom). Il est modélisé, sur la **figure 2** suivante, à l'aide de 3 lentilles L,  $L_1$ ,  $L_2$  de distances focales dont les valeurs algébriques respectives sont notées  $f$ ,  $f_1$  et  $f_2$ .

Le réglage du zoom se fait par déplacement de L entre  $L_1$  et  $L_2$ .



**Figure 2**

On donne  $f = 19,4$  mm ;  $f_1 = -25,4$  mm ;  $f_2 = -30$  mm ;  $d = O_1O_2 = 69,7$  mm.

Pour chacune des positions extrêmes, la lentille mobile L est accolée à  $L_1$  ou à  $L_2$ .

On rappelle que la vergence C équivalente à 2 lentilles L' et L'' de vergences C' et C'' distantes d'une longueur e peut s'exprimer par la relation suivante :

$$\boxed{C = C' + C'' - e \times C' \times C''} \quad (\text{formule de Gullstrand})$$

**1.8 - Cas N°1 : La lentille L est accolée à L<sub>1</sub>.**

Calculer la distance focale  $f_{a1}$  équivalente au système accolé (L, L<sub>1</sub>), donner la nature de cette lentille équivalente.

**Cas N°2 : La lentille L est accolée à L<sub>2</sub>.**

Calculer la distance focale  $f_{a2}$  équivalente au système accolé (L, L<sub>2</sub>), donner la nature de cette lentille équivalente.

## PARTIE 2 - ACOUSTIQUE

### A - CAPTATION ET RESTITUTION SONORE

Dans cette partie, on se propose de faire l'étude simplifiée d'une captation de son.

Une source sonore, considérée comme ponctuelle, est placée à une distance  $d_1 = 30$  cm d'un microphone. On considère que le niveau émis par cette source est  $L_1 = 70$  dB<sub>spl</sub> à 1 m.

**2.1** - Calculer le niveau de pression  $L_{d1}$  capté par la membrane du microphone.

**2.2** - En déduire la valeur de la pression acoustique  $p_1$  correspondante. On rappelle que la pression de référence est  $P_{REF} = 2.10^{-5}$  Pa.

**2.3** - Calculer la valeur de la tension de sortie  $u$  du microphone en mV, sachant que sa sensibilité est de  $10\text{mV.Pa}^{-1}$ .

**2.4** - En déduire le niveau de tension  $L_u$  en dB<sub>V</sub> correspondant à cette tension  $U$ . On rappelle que la tension de référence est  $U_{REF} = 1$  V.

Un système de sonorisation est branché à la sortie du microphone, il est composé d'un amplificateur et d'une enceinte. On s'intéresse, dans cette partie, uniquement à l'enceinte supposée ponctuelle et placée au-dessus de la scène en direction du public.

**2.5** - On cherche à obtenir un niveau d'écoute de  $L_{d2} = 80$  dB<sub>spl</sub> au dernier rang situé à la distance  $d_2 = 10$  m de l'enceinte. Calculer la valeur du niveau de pression  $L'_1$  nécessaire à 1 m de l'enceinte.

**2.6** - L'efficacité de l'enceinte est de 83 dB<sub>spl</sub> pour une puissance électrique de 1 W à une distance de 1 m.

Calculer la puissance électrique  $P$  à fournir à l'enceinte.

**B - PERCEPTION SONORE**

On considère 2 sources sonores  $A_1$  et  $A_2$ .

La source  $A_1$  émet 3 composantes pures de fréquences :  $f_{1A_1} = 250$  Hz,  $f_{2A_1} = 1000$  Hz,  $f_{3A_1} = 4000$  Hz et la source  $A_2$ , une seule, de fréquence :  $f_{A_2} = 1000$  Hz.

Le niveau acoustique de chaque composante est donné dans les tableaux 1 et 2 fournis en **annexe 2**.

Dans tout l'exercice, les niveaux acoustiques  $L$  étudiés sont mesurés à la même distance  $r$  de la source.

**2.7** - Calculer le niveau total  $L_T$  émis par la source  $A_1$  et reporter cette valeur dans le tableau 1.

On veut comparer les intensités subjectives (ou sonies) des 2 sources  $A_1$  et  $A_2$ .

**2.8** - Quel nom donne-t-on aux courbes fournies en **annexe 3** ?

**2.9** - Compléter les cases grisées des tableaux 1 et 2 en indiquant pour chaque composante spectrale, les niveaux d'isotonie :  $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ ,  $L_{n3}$ ,  $L_{n4}$ .

On rappelle que la relation, entre un niveau d'isotonie  $L_n$  exprimé en phone et une sonie  $S$  exprimée en sone, est donnée par :

$$S = 2^{(L_n - 40)/10}$$

**2.10** - Calculer les sonies  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  et  $S_4$  pour chaque composante fréquentielle et compléter les tableaux 1 et 2.

**2.11** - En déduire la sonie totale  $S_T$  de la source  $A_1$ .  
Comparer cette valeur à celle de  $S_4$ .

**2.12** - Comparer les niveaux acoustiques en dB des deux sources.  
Comparer les sonies de ces deux sources.  
Interpréter ces résultats.

**C - DIRECTIVITÉ D'UNE SOURCE SONORE**

La directivité de la source  $A_1$  varie avec la fréquence ; ainsi une mesure du facteur de directivité  $Q$  donne respectivement  $Q_{250} = 1$  pour une fréquence de 250 Hz et  $Q_{4000} = 6$  pour une fréquence de 4000 Hz.

**2.13** - Quel paramètre physique de la source peut expliquer l'augmentation du facteur de directivité avec la fréquence ?

On veut maintenant déterminer le facteur de directivité  $Q_{1000}$  à la fréquence de 1000 Hz à partir de quelques valeurs de mesure relevées sur le diagramme de directivité de la source  $A_1$ .  
Ces valeurs sont données dans le tableau 3 suivant :

TABLEAU 3	
1000 Hz	
angle $\theta$ en °	atténuation $A$ en dB
0	0
60	- 4,5
120	- 18,5
180	- 6

On rappelle que le facteur de directivité  $Q$  est donné par le rapport  $Q = I_0 / I_{moy}$  avec :

- $I_0$  : l'intensité acoustique mesurée à la distance  $r$  dans l'axe de la source pour  $\theta = 0^\circ$ ,
- $I_{moy}$  : l'intensité acoustique moyenne c'est à dire la moyenne des intensités acoustiques  $I_\theta$  de direction  $\theta$ , à la distance  $r$ , sur toutes les directions d'angle  $\theta$  autour de la source.

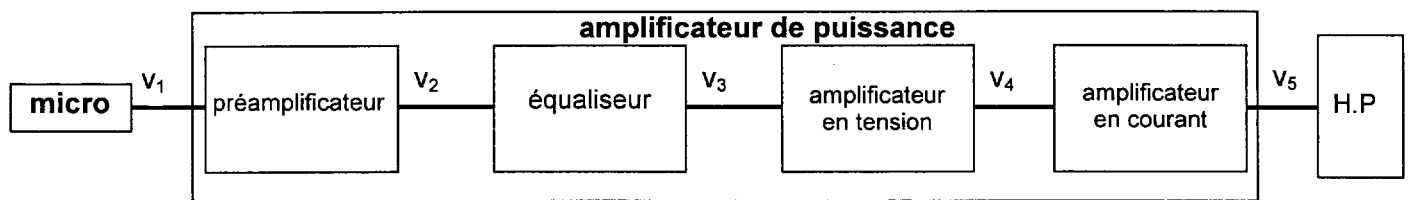
**2.14** - La mesure du niveau acoustique dans l'axe pour  $\theta = 0^\circ$  donne la valeur  $L_0 = 30 \text{ dB}_{SPL}$  à la distance  $r$ .  
Calculer l'intensité  $I_0$  correspondante.

**2.15** - Calculer la valeur  $I_{moy}$  de l'intensité moyenne à la distance  $r$  compte tenu des valeurs données dans le tableau 3.

**2.16** - En déduire que la valeur du facteur de directivité est  $Q_{1000} = 3$ .

### PARTIE 3 - ÉLECTRONIQUE

On donne sur la **figure 3** le schéma fonctionnel de la chaîne de sonorisation. L'étude portera seulement sur la partie préamplificateur et égaliseur de l'amplificateur de puissance.

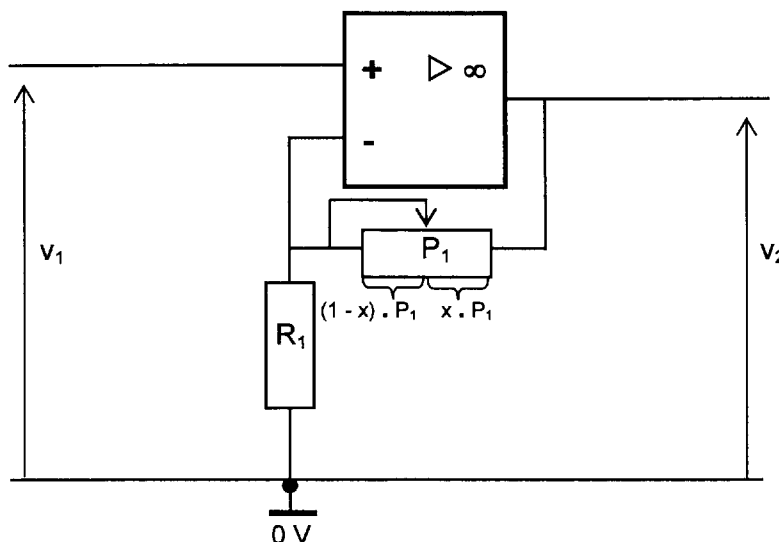


**Figure 3**

On considérera que les amplificateurs opérationnels sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire.

#### A - ÉTUDE DU PRÉAMPLIFICATEUR

Le schéma structurel de cet étage est donné sur la **figure 4**.  $P_1$  est un potentiomètre permettant le réglage de l'amplification en tension.



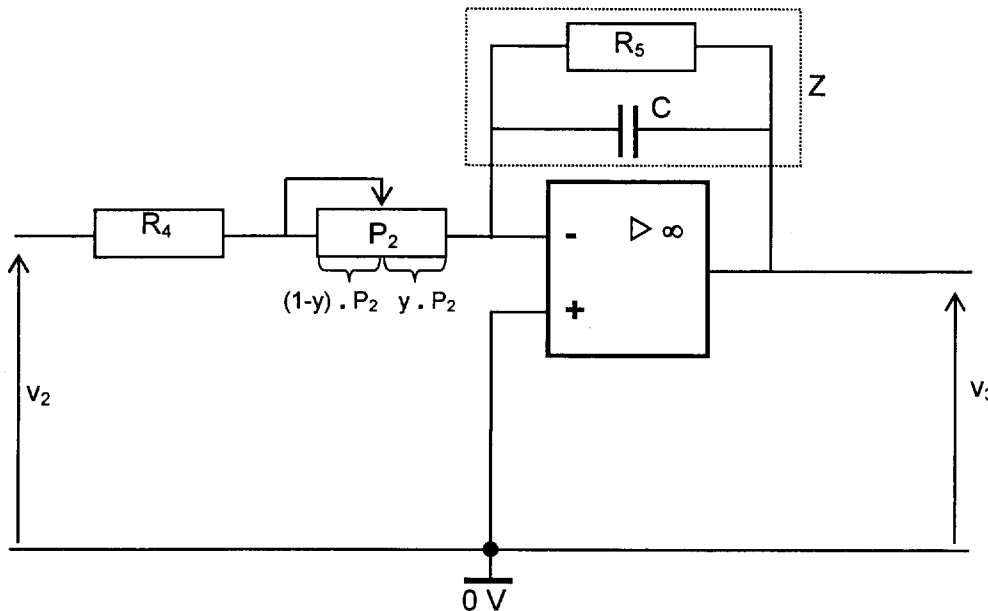
**Figure 4**

- 3.1 - On note  $x$  la variable comprise entre 0 et 1 définissant la position du curseur du potentiomètre  $P_1$ . Exprimer  $v_2$  en fonction de  $R_1$ ,  $P_1$ ,  $x$  et  $v_1$ .
- 3.2 - Exprimer la fonction de transfert  $T_1 = \frac{v_2}{v_1}$  en fonction de  $R_1$ ,  $P_1$ ,  $x$  puis la mettre sous la forme  $a.x + b$ .
- 3.3 - Calculer les valeurs numériques de  $a$  et  $b$  sachant que les valeurs des résistances sont les suivantes :  $R_1 = 3,9 \text{ k}\Omega$  et  $P_1 = 390 \text{ k}\Omega$ .

### B - ÉTUDE DU FILTRE DE CORRECTION DES BASSES FRÉQUENCES DE L'ÉQUALISEUR

Le schéma structurel de cette correction est donné sur la **figure 5**.  $P_2$  est un potentiomètre permettant le réglage de l'amplification en tension de l'équaliseur.

On note  $y$  la variable comprise entre 0 et 1 définissant la position du curseur du potentiomètre  $P_2$ .



**Figure 5**

On se place dans l'hypothèse d'une tension  $v_2$  sinusoïdale de pulsation  $\omega$  et on lui associe la grandeur complexe  $\underline{V}_2$ .

- 3.4 - On note  $\underline{Z}$  l'impédance complexe équivalente à l'association en parallèle de la résistance  $R_5$  et du condensateur  $C$ . Exprimer  $\underline{Z}$  en fonction de  $R_5$ ,  $C$  et de la pulsation  $\omega$ .
- 3.5 - Exprimer la fonction de transfert complexe  $\underline{T}_2 = \frac{V_3}{V_2}$  en fonction de  $y$ ,  $P_2$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $C$  et  $\omega$ .

- 3.6 - Mettre la fonction  $\underline{T}_2$  sous la forme normalisée suivante :  $\underline{T}_2 = - \frac{T_0}{1 + j \cdot \frac{f}{f_1}}$  avec  $T_0 = R_5 / (R_4 + y \cdot P_2)$ .

Exprimer la fréquence  $f_1$  en fonction des éléments du montage.

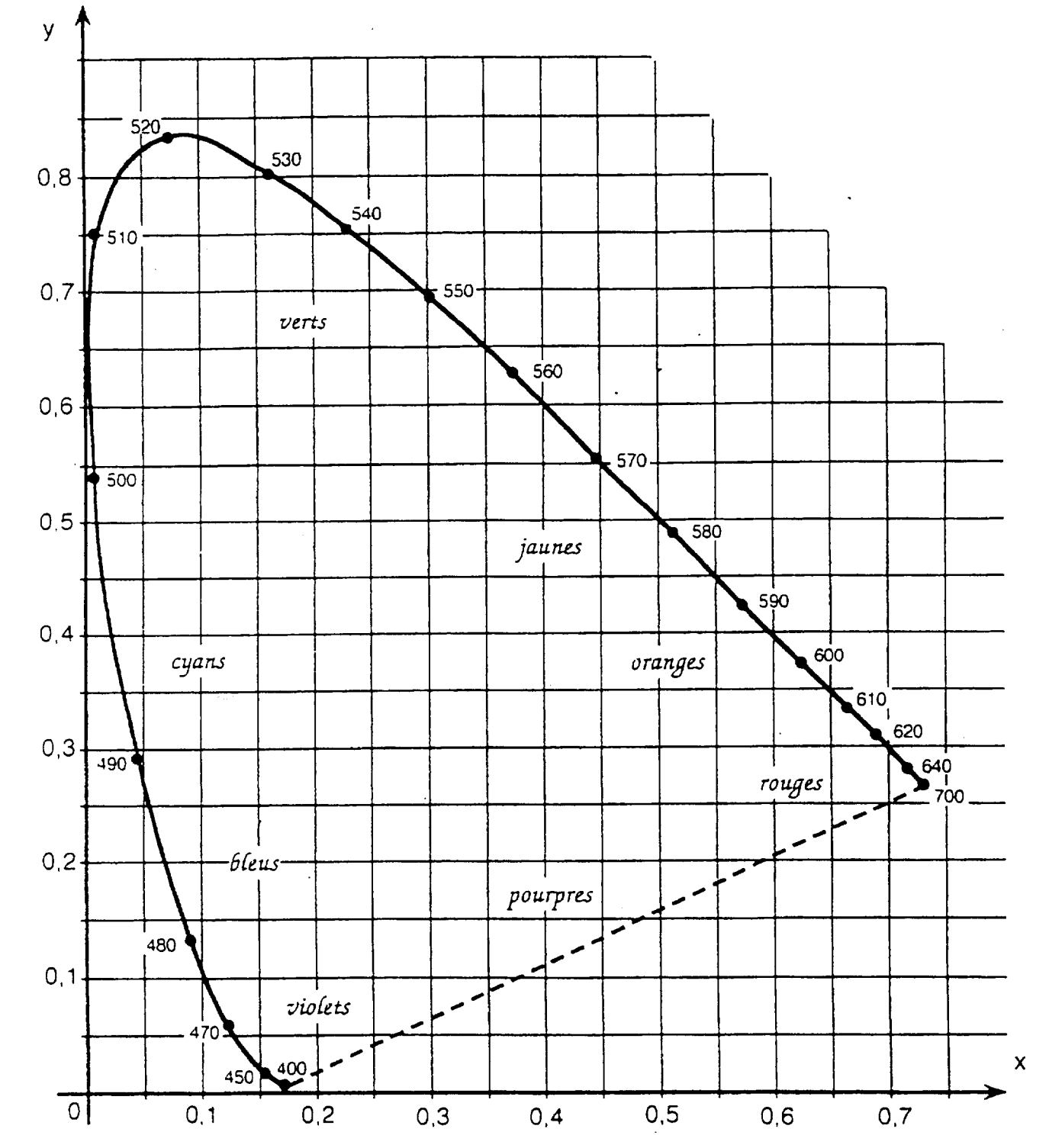
## **C - BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA CHAÎNE DE SONORISATION**

La tension d'entrée  $v_1$  est sinusoïdale de valeur efficace  $V_1$  et de fréquence  $f \ll f_1$ .

- 3.7** - Exprimer la tension efficace de sortie  $V_5$  en fonction de  $V_1$  et des modules  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  des fonctions de transfert complexes  $\underline{T}_1$ ,  $\underline{T}_2$ ,  $\underline{T}_3$ ,  $\underline{T}_4$ .
- 3.8** - Calculer la puissance électrique moyenne  $P$  fournie à la charge  $R_L$  en fonction de la valeur efficace  $V_5$  et  $R_L$ .
- 3.9** - Application numérique : on donne  $T_1 = 100$ ,  $T_2 = 1$ ,  $T_3 = 10$ ,  $T_4 = 0,6$  et  $V_1 = 33$  mV.  
Calculer la valeur numérique de la puissance moyenne  $P$ .



**ANNEXE 1**



## ANNEXE 2

<b>Tableau 1</b>					
<b>SOURCE A<sub>1</sub></b>	Fréquences	<b>f<sub>1A1</sub> = 250 Hz</b>	<b>f<sub>2A1</sub> = 1000 Hz</b>	<b>f<sub>3A1</sub> = 4000 Hz</b>	Niveau total L <sub>T</sub>
	Niveau acoustique (dB)	40 dB	30 dB	22 dB	
	Niveau d'isophonie (phones)	L <sub>n1</sub>	L <sub>n2</sub>	L <sub>n3</sub>	
	Sonie (sones)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	Sonie totale S <sub>T</sub>

<b>Tableau 2</b>			
<b>SOURCE A<sub>2</sub></b>	Fréquence	<b>f<sub>A2</sub> = 1000 Hz</b>	
	Niveau acoustique (dB)	40 dB	
	Niveau d'isophonie (phones)	L <sub>n4</sub>	
	Sonie (sones)	S <sub>4</sub>	

### ANNEXE 3

