



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BTS MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL

SCIENCES PHYSIQUES – U. 3

OPTION MÉTIERS DE L'IMAGE

SESSION 2012

—
Durée : 3 heures
Coefficient : 2
—

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

- document-réponse DR1.....page 9/11
- document-réponse DR2.....page 10/11
- document-réponse DR3.....page 11/11

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 11 pages, numérotées de 1/11 à 11/11.

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. En outre, le candidat devra traiter dans l'ordre les questions au sein d'un exercice.

A – OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Dans cette partie, on se propose d'étudier un convertisseur optique appelé complément optique qui se fixe comme un filtre à l'avant d'un objectif.

1) Distance minimum de mise au point (MAP)

On s'intéresse à la variation de la distance minimum de mise au point de l'objectif appelée MAP due au complément optique.

L'objectif est assimilé à une lentille mince convergente L. Ses caractéristiques précisent que la mise au point peut être réalisée depuis l'infini jusqu'à une MAP de valeur algébrique $p = \overline{OA}$ correspondant à une distance de $OA = 80$ cm.

Soit la distance algébrique $p' = \overline{OA'}$ entre la lentille L, de distance focale $f' = 50$ mm, de centre optique O et le support film placé en A'. Cette distance est variable pour permettre la mise au point.

1. Calculer numériquement la valeur minimum de p' soit p'_{\min} .
2. Calculer numériquement la valeur maximum de p' soit p'_{\max} .

Le complément optique est maintenant monté sur l'objectif ; on suppose que l'ensemble peut être assimilé à une lentille mince L' de distance focale $f'_0 = 70$ mm.

Le centre optique O se trouve à la distance $p'_0 = \overline{OA'_0}$ du support film placé en A'_0.

3. Calculer numériquement la valeur algébrique $p_0 = \overline{OA_0}$ de la nouvelle MAP correspondant à la distance algébrique image $\overline{OA'_0} = [(f'_0 - f') + p'_{\max}]$; on prendra p'_{\max} égal à 53,3 mm.

On définit le grossissement G du système par le rapport : $G = \frac{f'_0}{f'}$.

4. Montrer numériquement que la formule du convertisseur de focale $\frac{p_0}{p} = G^2$ est approximativement vérifiée.

2) Étude du complément optique téléobjectif (téléconvertisseur)

On s'intéresse plus précisément au grossissement produit par le complément optique.

Le complément optique est représenté sur la **figure n°2** du **document-réponse DR2 (page 10/11, à rendre avec la copie – la figure n'est pas à l'échelle)**. Il comprend, sur son axe optique, deux lentilles minces L₁ et L₂ de centres optiques respectifs O₁ et O₂. L₁ est une lentille convergente de distance focale $f'_1 = \overline{O_1F'_{12}} = -\overline{O_1F_1} = 84$ mm et L₂, une lentille divergente de distance focale $f'_2 = -\overline{O_2F'_{12}} = \overline{O_2F_2} = -60$ mm. F₁ est le foyer objet de la lentille L₁ et F'₂ est le foyer image de la lentille L₂. Le foyer image de L₁ et le foyer objet de L₂ sont confondus au point F'₁₂.

1. Tracer, sur la **figure n°2** du **document-réponse DR2**, la trajectoire des rayons lumineux **(1)** et **(2)** à travers les deux lentilles.
2. Où se forme, à travers ce système, l'image A' de l'objet A situé à l'infini ? Le système est dit afocal.
3. Dans ces conditions, calculer la distance $e = \overline{O_1O_2}$.

Soit D le diamètre du faisceau incident parallèle à l'axe optique (**voir figure n°2**), on désigne par D' le diamètre du faisceau émergent du système afocal.

4. Montrer, en raisonnant sur la **figure n°2** du **document-réponse DR2**, que le grandissement $\gamma = \frac{D'}{D}$ peut s'écrire $\gamma = \frac{-f_2'}{f_1'}$.
5. En déduire la valeur du grossissement du système donné par la relation : $G = \frac{1}{\gamma}$.

Le téléconvertisseur étudié est fixé maintenant sur un objectif représenté par une lentille mince L de distance focale $f' = \overline{OF'}$ = 50 mm et de centre optique O, comme l'indique la **figure n°3 ci-après** qui n'est **pas à l'échelle**.

On s'intéresse, cette fois, à un rayon provenant d'un objet B situé à l'infini, passant par le foyer objet F_1 de la lentille L_1 et faisant un petit angle α par rapport à l'axe optique.

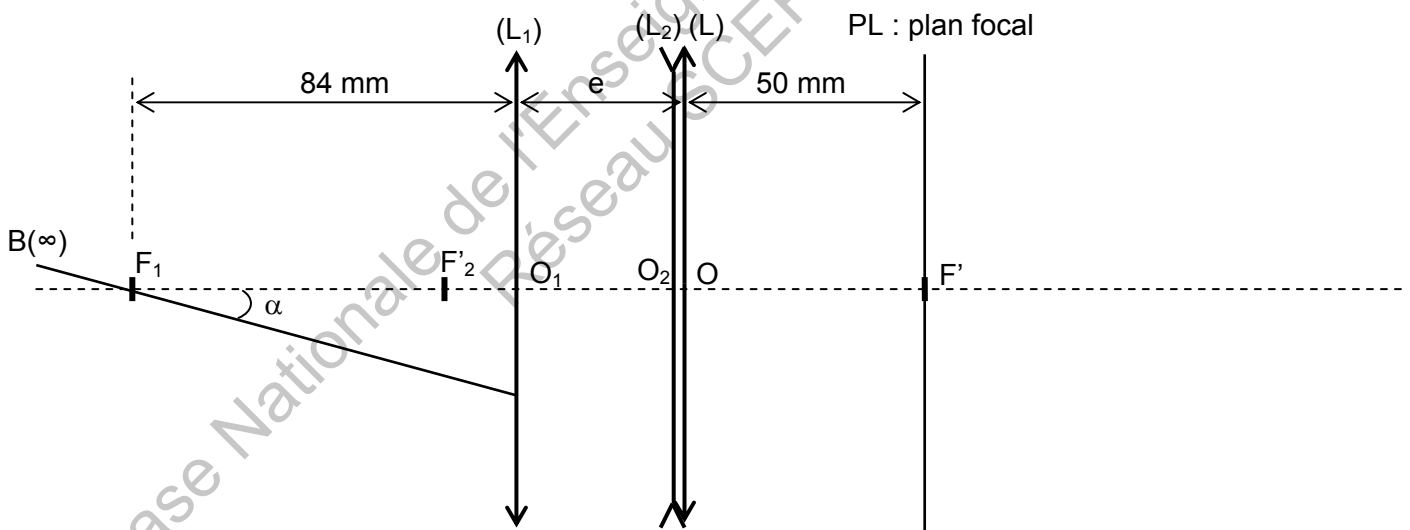


Figure n°3

Les lentilles L_2 et L étant accolées, leurs centres optiques O_2 et O sont confondus.

6. Calculer la valeur de la distance focale $f_3' = \overline{OF_3'}$ de la lentille mince L_3 équivalente à l'ensemble $(L_2 + L)$.

7. Construire, sur la **figure n°4** du **document-réponse DR2 (page 10/11, à rendre avec la copie – la figure n'est pas à l'échelle)**, la marche du rayon lumineux à travers le système formé par les lentilles L_1 et L_3 jusqu'au plan focal PL placé au foyer F' de la lentille L . On désigne par O le centre optique du système L_3 .

L'objet A situé à l'infini sur l'axe optique donne une image A' confondue avec le foyer F' .

8. Repérer sur le plan focal PL, le point image B' de l'objet B, situé à l'infini, et tracer l'image A'B'.

9. Vérifier, à partir de la **figure n°4** du **document-réponse DR2 (on pourra s'aider du point H)** que la hauteur de l'image A'B' vaut 6,1 mm. L'angle $\alpha = 5^\circ$ représente le diamètre apparent de l'objet AB situé à l'infini.

La distance focale f_0' se calcule en effectuant le rapport entre la taille de l'image A'B' et le diamètre apparent α , soit $f_0' = \frac{A'B'}{\alpha}$ (avec l'angle α petit exprimé en radians).

10. Calculer la valeur numérique de f_0' pour $\alpha = 5^\circ$.

11. Retrouver la valeur de f_0' en appliquant la relation de Gullstrand aux deux lentilles L_1 et L_3 séparées par la distance $e = 24$ mm.

12. Sachant que le grossissement est donné par la relation : $G = \frac{f_0'}{f'}$, ce résultat est-il cohérent avec la valeur de G trouvée à la **question 5.** précédente ? Justifier.

B – COLORIMÉTRIE

Une surface blanche est éclairée à l'aide de deux projecteurs à incandescence de mêmes caractéristiques et disposés symétriquement de part et d'autre de la surface. Pour créer une ambiance colorée, un filtre de couleur est placé sur chacune des sources. Les caractéristiques des filtres pour un illuminant à 3200 K sont les suivantes :

Couleur du filtre	C_1	C_2
Longueur d'onde dominante (nm)	590	470
Coefficient de pureté (%)	50	63
Coefficient de transmission (%)	50	30

1. Placer les couleurs C_1 et C_2 sur le diagramme de chromaticité du **document-réponse DR1** situé en **annexe (page 9/11)**.

Le blanc d'égale énergie se trouve aux coordonnées : $x = 1/3$; $y = 1/3$.

2. Donner les coordonnées $(x_1 ; y_1)$ de C_1 et $(x_2 ; y_2)$ de C_2 .

3. Déterminer les coordonnées $(x_M ; y_M)$ du mélange C_M , à l'aide de la méthode de votre choix que vous explicitez.

4. Quelle est la longueur d'onde dominante de ce mélange ?

C – ACOUSTIQUE

Une salle de spectacle est conçue comme un amphithéâtre. On l'assimilera, pour simplifier, à un demi parallélépipède rectangle, comme l'indique la **figure n°1** ci-dessous (la figure n'est pas à l'échelle).

Dans toute la suite de l'exercice, on prendra pour la célérité du son dans l'air : $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

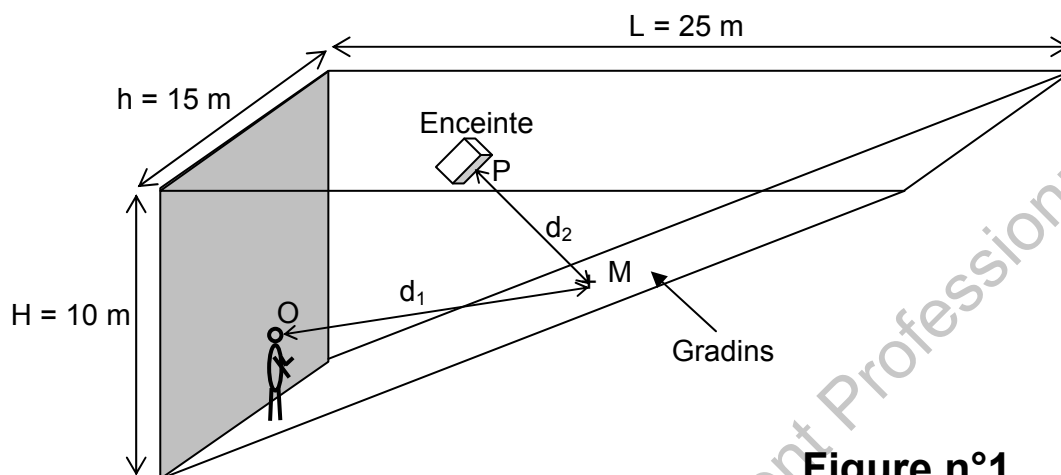


Figure n°1

Un comédien placé au point O produit un niveau acoustique $L_1 = 80 \text{ dB}_{\text{SPL}}$ à la distance 1 m. Un système de sonorisation est prévu afin de renforcer sa voix. Il comprend, en plus de l'enceinte placée en P, un micro-cravate situé à la distance $d_3 = 25 \text{ cm}$ de la bouche du comédien (non visible sur la figure n°1).

1. Calculer la valeur du niveau acoustique L_m recueilli par la capsule du micro.
2. Calculer la valeur de la pression p correspondante à ce niveau L_m .
3. Calculer la valeur de la tension électrique U délivrée par le micro, sachant que sa sensibilité est $s = 20 \text{ mV.Pa}^{-1}$.

Le haut-parleur placé en P possède une impédance de 8Ω . Il est alimenté par un amplificateur qui lui fournit une puissance électrique $P_e = 4 \text{ W}$.

4. Calculer la valeur de la tension électrique U' aux bornes de l'enceinte.
5. En déduire le gain en dB entre la tension U' et une tension $U = 16 \text{ mV}$ en sortie du micro.

On introduit dans la chaîne d'amplification de la sonorisation un module de retard.

6. Calculer la valeur Δt de ce retard, pour que le son émis par l'enceinte, au point d'écoute en M, arrive avec un retard de 20 ms par rapport au son émis par le comédien.

On donne les valeurs des distances suivantes : $d_1 = OM = 9 \text{ m}$ et $d_2 = PM = 3,5 \text{ m}$.

D – ÉLECTRICITÉ

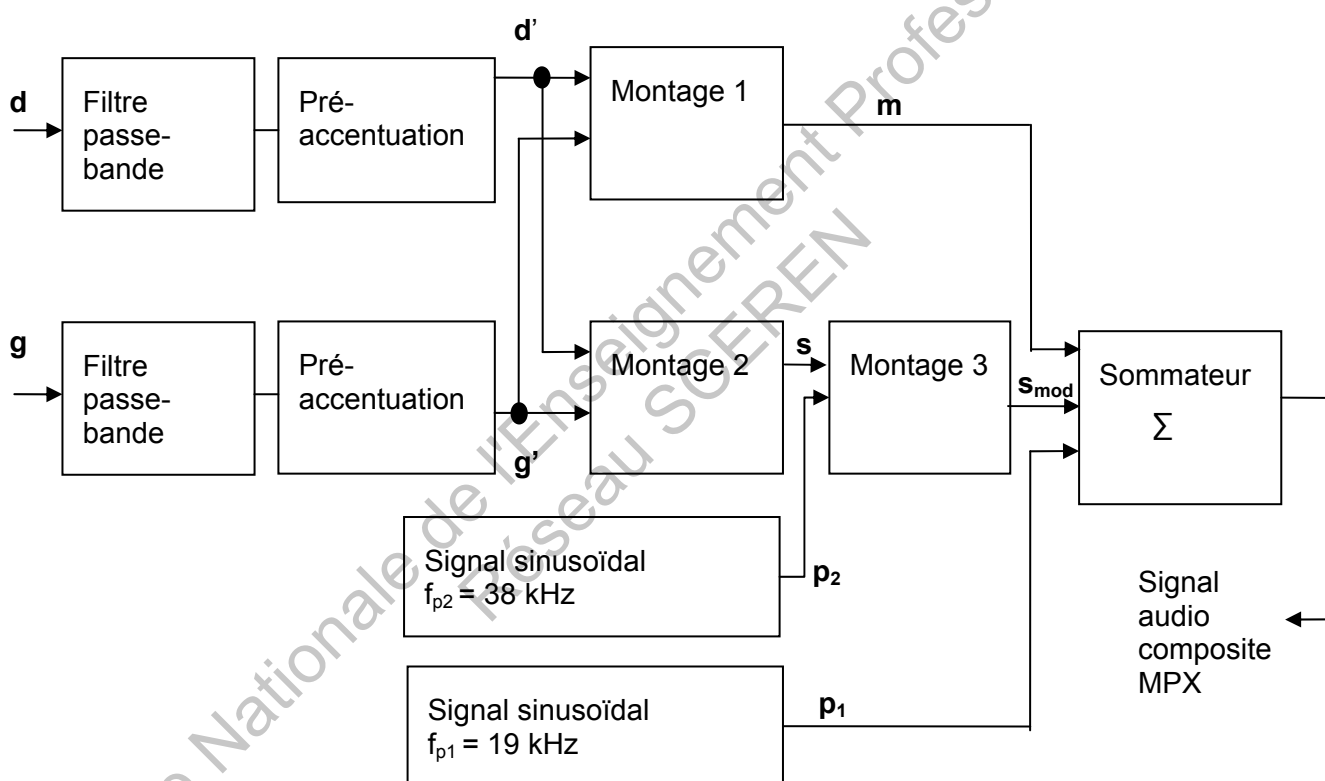
On étudie dans cette partie la radio diffusion stéréo analogique en bande FM.

On souhaite diffuser une émission de radio en stéréo, la diffusion en modulation de fréquence nécessite la création d'un nouveau signal audio composite à partir du signal audio stéréo standard : le signal MPX.

La recommandation BS 450-3 de l'UIT-R définit les spécifications du codage multiplex.

Le **document suivant** décrit le schéma fonctionnel d'un codeur MPX. Le codeur permet de passer du signal audio stéréo (g = signal voie gauche, d = signal voie droite) au signal audio MPX. Il s'agit d'un multiplexage fréquentiel. Le signal audio composite MPX se trouve en sortie du montage sommateur :

$p_1(t)$ et $p_2(t)$ sont deux sous-porteuses sinusoïdales de fréquences respectives $f_{p1} = 19$ kHz et $f_{p2} = 38$ kHz.



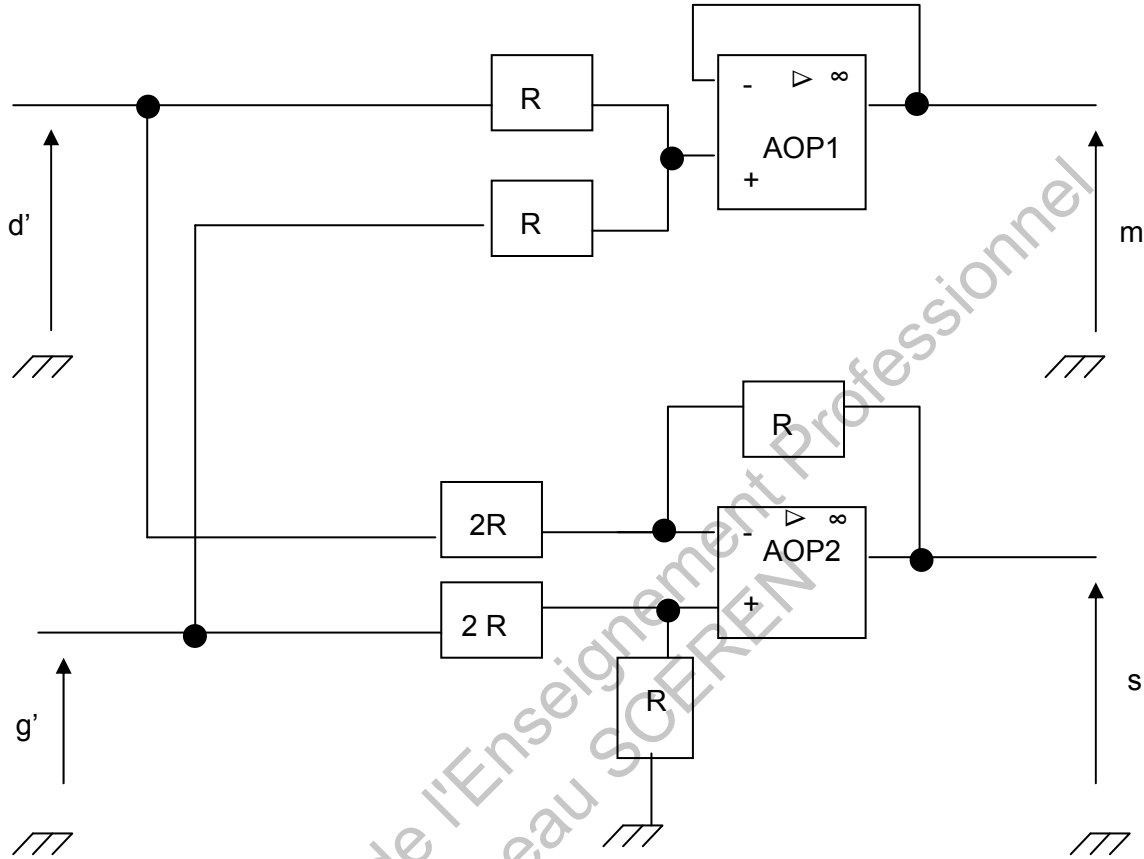
Le filtre passe-bande permet d'éliminer les composantes spectrales inférieures à 20 Hz et supérieures à 15 kHz des signaux $g(t)$ et $d(t)$, pour éviter tout recouvrement dans le spectre du signal MPX.

Le spectre des signaux $g'(t)$ et $d'(t)$ (ainsi que celui de $m(t)$ et $s(t)$) est compris entre 20 Hz et 15 kHz.

1) Étude du matricage

Les montages 1 et 2 sont effectués respectivement par les amplificateurs opérationnels AOP1 et AOP2 qui fonctionnent en régime linéaire.

Ils sont supposés idéaux et sont alimentés en $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.



On s'intéresse à la fonction réalisée par l'AOP1.

1. Justifier que l'AOP1 fonctionne en régime linéaire.
2. Quelle est alors la valeur de $u_d = v^+ - v^-$?
3. Exprimer $m(t)$ en fonction de $g'(t)$ et $d'(t)$.
4. Quelle est la fonction réalisée par cet amplificateur opérationnel ?
5. Justifier l'appellation « signal mono » donnée au signal $m(t)$.

On s'intéresse à la fonction réalisée par l'amplificateur AOP2.

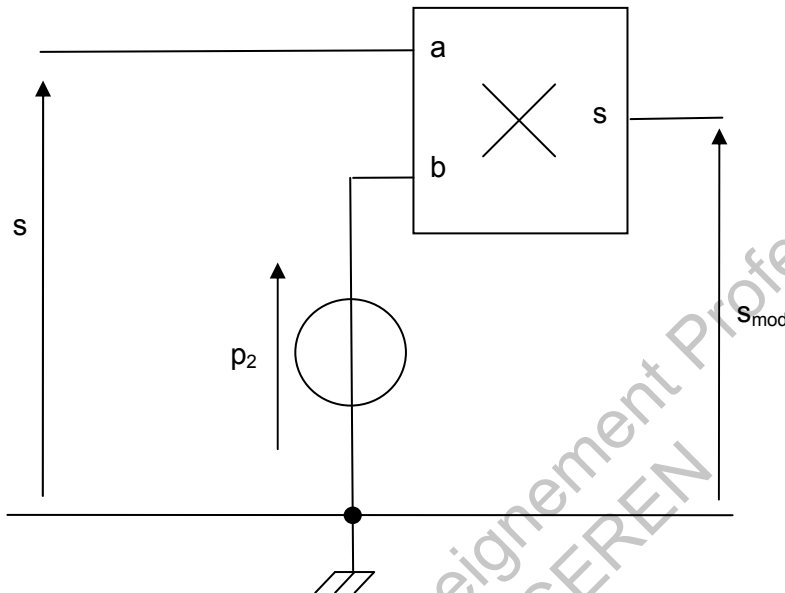
6. Montrer que $s(t) = \frac{g'(t) - d'(t)}{2}$.

7. Quelle est la fonction réalisée par cet amplificateur opérationnel ?
8. Justifier l'appellation signal stéréo donnée au signal $s(t)$.

2) Étude de la modulation par sous-porteuse

Le montage 3 du schéma fonctionnel du codeur MPX est réalisé avec un circuit multiplieur analogique, dont la tension sur sa borne de sortie s est proportionnelle au produit des deux tensions appliquées sur ses deux entrées a et b , la constante de proportionnalité étant appelée k . Le schéma de principe de ce montage est donné sur la **figure ci-dessous**.

On rappelle que $p_2(t)$ est une sous-porteuse sinusoïdale de fréquence $f_{p_2} = 38$ kHz et de valeur efficace P_2 .



1. Donner l'expression littérale de la sous-porteuse $p_2(t)$.

2. Exprimer $s_{mod}(t)$ en fonction de $p_2(t)$ et $s(t)$.

3. $s_{mod}(t)$ est une tension modulée.

De quel type de modulation s'agit-il ?

3) Synthèse

Le sommateur effectue la somme des signaux $m(t)$ et $s_{mod}(t)$ et d'un signal $p_1(t)$ appelé composante Pilot.

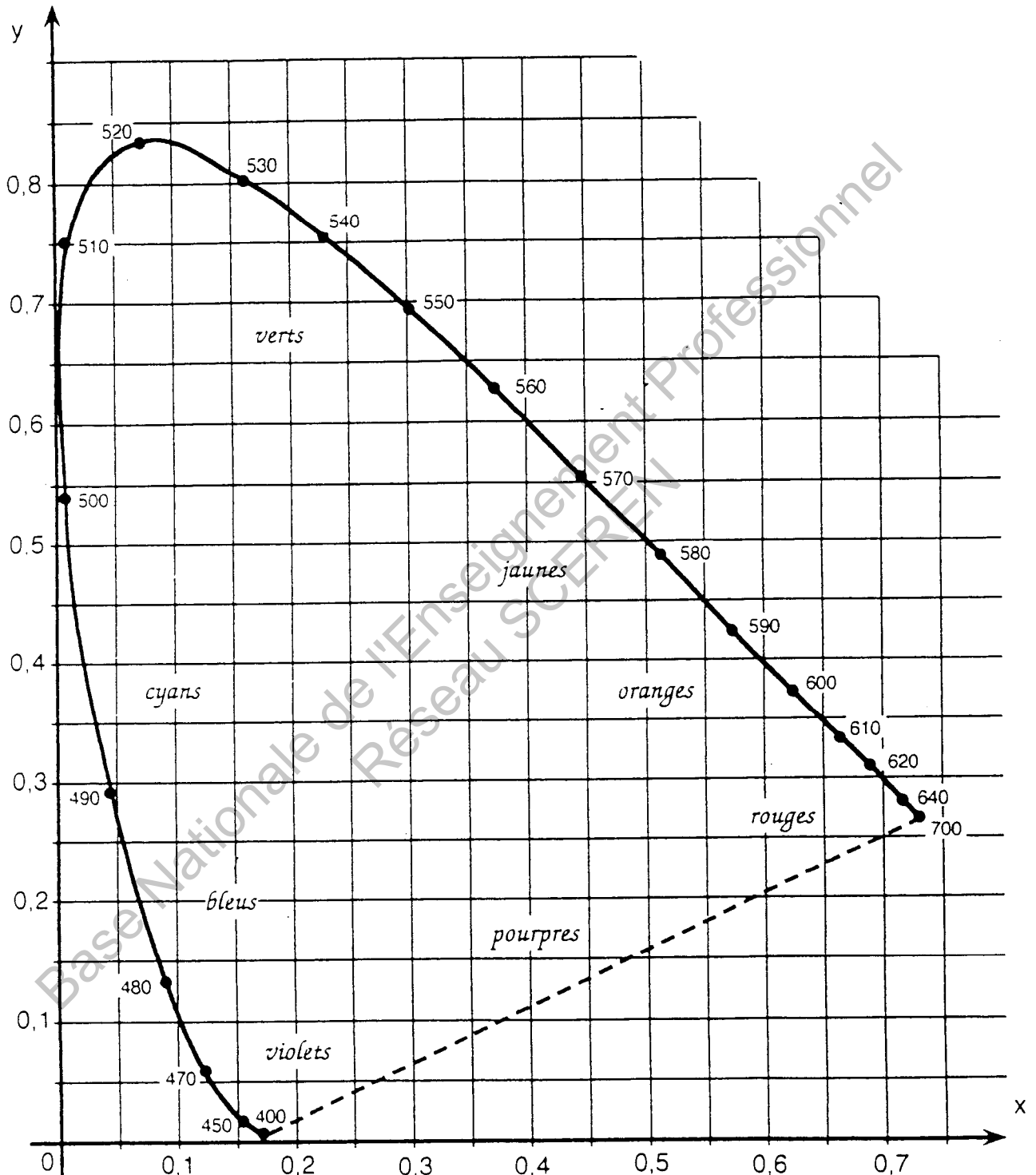
Le spectre en amplitude du signal audio composite MPX est représenté sur le **document-réponse DR3** situé en annexe (page 11/11).

1. Compléter le **document-réponse DR3** en identifiant chaque composante $s_{mod}(f)$, $m(f)$, $p_1(f)$.

2. Calculer les fréquences manquantes sur le **document-réponse DR3** en utilisant les propriétés spectrales des signaux $m(f)$ et $s(f)$.

DOCUMENT-RÉPONSE DR1

(À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE)



DOCUMENT-RÉPONSE DR2

(À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE)

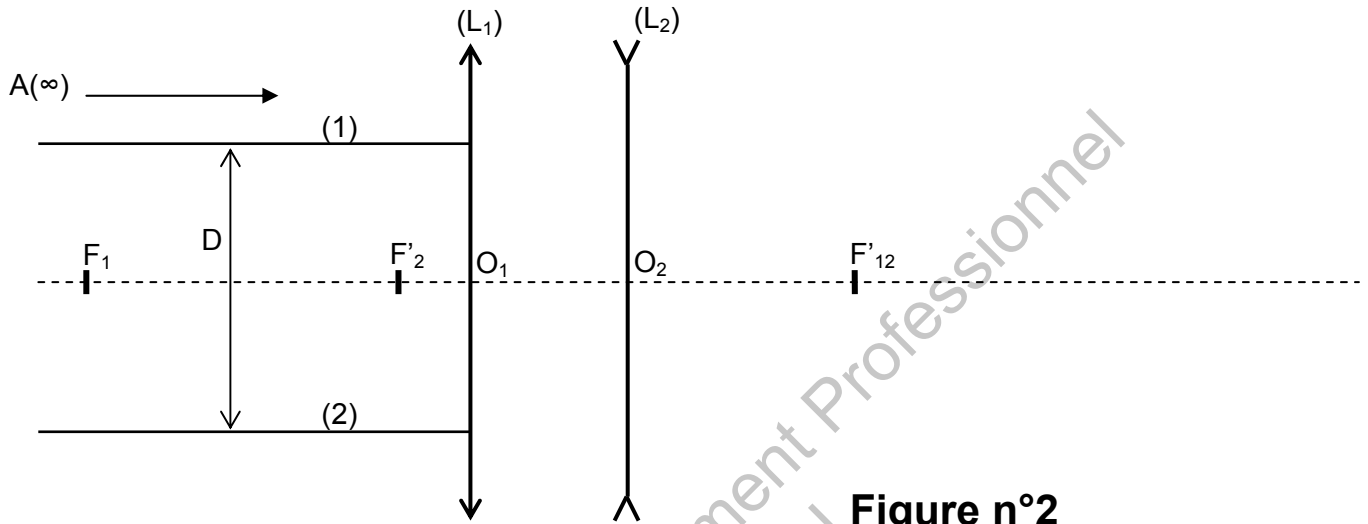


Figure n°2

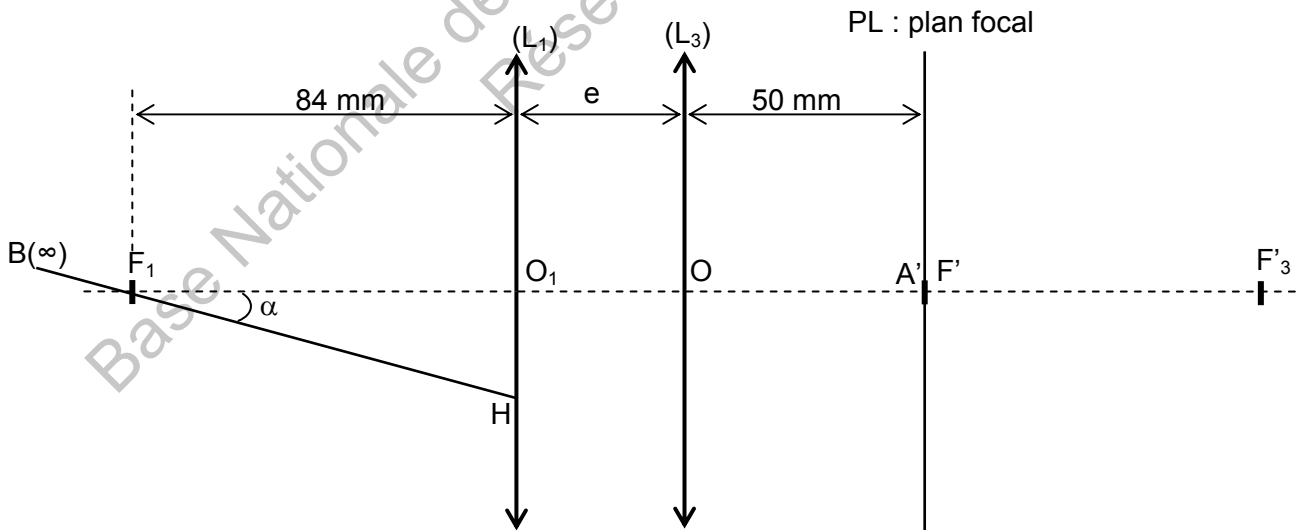


Figure n°4

DOCUMENT-RÉPONSE DR3

(À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE)

Amplitude

