

**Repère : MVTSP**

**SESSION 2006**

**Durée : 3 H**

**Page : 0/10**

**Coefficient : 2**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
DES MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL  
OPTION TECHNIQUES D'INGÉNIERIE ET EXPLOITATION  
DES ÉQUIPEMENTS**

**ÉPREUVE E3 :  
SCIENCES PHYSIQUES**

# ÉPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

## OPTION TECHNIQUES D'INGENIERIE ET EXPLOITATION DES EQUIPEMENTS

### PARTIE 1 - COLORIMETRIE ET OPTIQUE

#### Les parties A et B sont indépendants

#### A - COLORIMETRIE

On s'intéresse ici à la chaîne d'acquisition d'une image jusqu'à l'obtention des trois tensions caractéristiques des luminances rouge, verte et bleue.

Pour étudier la chaîne colorimétrique, on suppose que l'objet filmé est une surface uniformément éclairée par trois rayonnements monochromatiques (couleurs pures) de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 465 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 545 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 625 \text{ nm}$ .

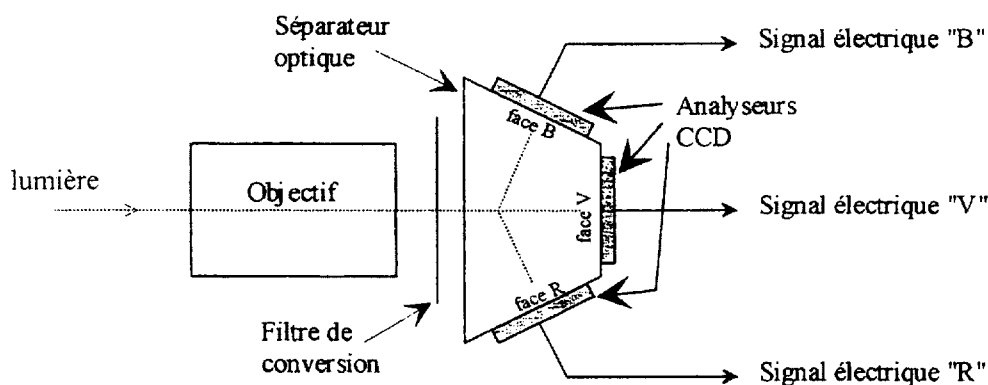
Les luminances produites par la diffusion de ces rayonnements par l'objet sont respectivement, et dans l'axe de prise de vue :  $L_1 = 5,5 \text{ Cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $L_2 = 100 \text{ Cd} \cdot \text{m}^{-2}$  et  $L_3 = 55 \text{ Cd} \cdot \text{m}^{-2}$ .

#### 1.1 - Détermination des coordonnées de l'impression colorée de l'objet perçue par l'œil

1.1.1 - Placer sur le diagramme de chromaticité du **document réponse n°1** les points  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  correspondant aux trois rayonnements éclairant l'objet. Relever leurs coordonnées.

1.1.2 - Calculer la luminance totale de l'objet filmé dans l'axe de prise de vue.

#### 1.2 - Détermination de l'amplitude des tensions électriques caractéristiques de l'objet filmé par la caméra



Considérons isolément, l'objectif de la caméra produit au plan où se forme l'image un éclaircissement  $E$  lié à la luminance  $L$  de l'objet filmé par la relation :  $E = K \cdot L$ .

Dans les conditions du test effectué (ouverture relative de diaphragme réglée à  $1/2,8$ ), on a :  $K = 0,7 \text{ sr}$  pour toutes les composantes spectrales de la lumière captée. Les caractéristiques spectrales du filtre de conversion et du séparateur optique sont données en **annexe N° 1.A**.

1.2.1 - Déterminer les éclaircissements lumineux reçus en sortie du filtre de conversion pour les trois rayonnements monochromatiques. On appellera  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  ces éclaircissements.

**1.2.2** - On cherche à déterminer les éclairements lumineux reçus par chacun des capteurs CCD. Le tableau sur le **document réponse n°2** donne les éclairements  $E_{1r}$ ,  $E_{2r}$ ,  $E_{3r}$  et  $E_{1b}$ ,  $E_{2b}$ ,  $E_{3b}$  reçus sur la face R et la face B du prisme séparateur pour les trois longueurs d'ondes composant la lumière diffusée par l'objet.

En utilisant la caractéristique spectrale du séparateur optique (document **annexe N° 1.B**), compléter le tableau du **document réponse n°2** avec les valeurs des éclairements  $E_{1v}$ ,  $E_{2v}$ ,  $E_{3v}$ , reçus par la face V.

**1.2.3** - La sensibilité des capteurs CCD étant totalement indépendante de la vision humaine, on se propose de calculer les éclairements énergétiques correspondant aux éclairements lumineux calculés précédemment.

On rappelle que  $E = k \cdot E' \cdot Fe(\lambda_1)$ .

Avec  $E'$  : éclairement énergétique.

$E$  : éclairement lumineux.

$k = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ .

$Fe(\lambda_1)$  : coefficient caractéristique de la sensibilité de l'œil humain pour une longueur d'onde monochromatique  $\lambda_1$  (**annexe N° 2.A**).

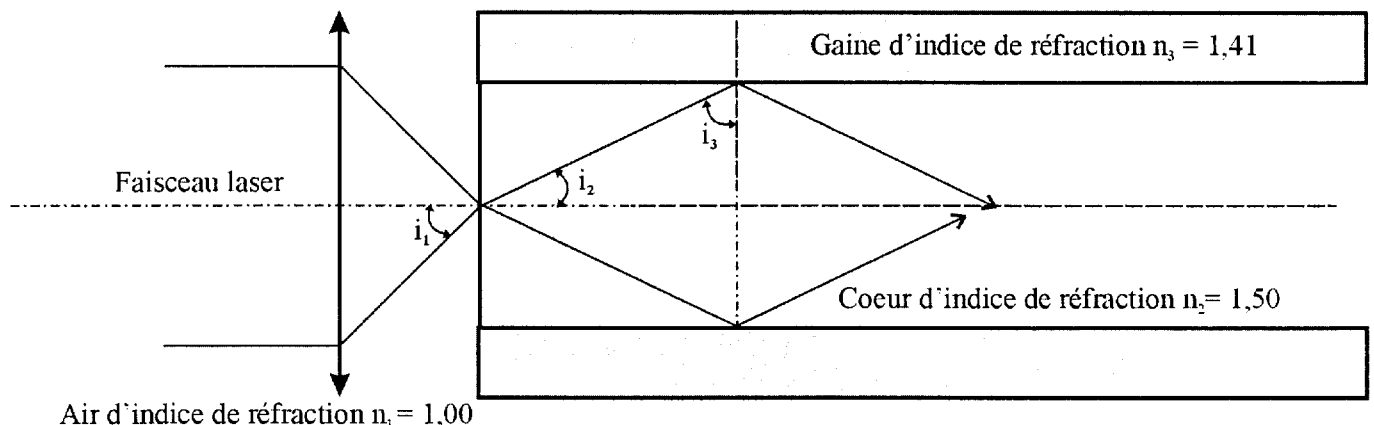
Compléter le tableau du **document réponse n°2** en calculant les éclairements énergétiques  $E'_{1b}$ ,  $E'_{2b}$ ,  $E'_{3b}$  reçus par le CCD correspondant aux éclairements lumineux  $E_{1b}$ ,  $E_{2b}$ ,  $E_{3b}$ .

**1.2.4** - Relever les sensibilités spectrales des capteurs CCD pour les trois longueurs d'onde reçues. On notera  $A(\lambda_1)$ ,  $A(\lambda_2)$  et  $A(\lambda_3)$  ces sensibilités.

## **B - TRANSMISSION PAR FIBRE OPTIQUE**

On souhaite propager un faisceau laser dans une fibre optique.

On propose le schéma ci-dessous (La figure n'est pas à l'échelle).



**1.3** - On donne  $i_1 = 30,8^\circ$ .

**1.3.1** - Calculer la distance focale image  $f'$  de la lentille convergente sachant que le diamètre du faisceau est de 1,0 mm.

**1.3.2** - Calculer l'angle de réfraction  $i_2$ .

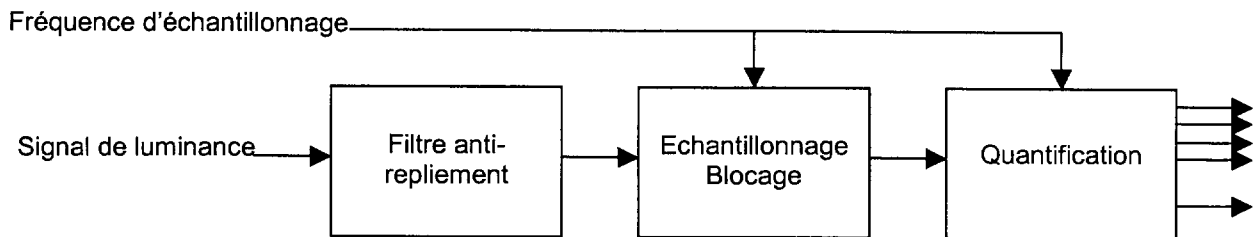
**1.3.3** - En déduire  $i_3$  et montrer qu'il correspond à l'angle limite de réfraction dans la fibre.

## PARTIE 2 - ELECTRONIQUE

**Les deux études qui suivent sont indépendantes.**

### **A - ETUDE DE LA CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE**

On donne ci-dessous le schéma synoptique de la conversion analogique numérique du signal de luminance.



#### **2.1 - Filtre anti-repliement et échantillonnage**

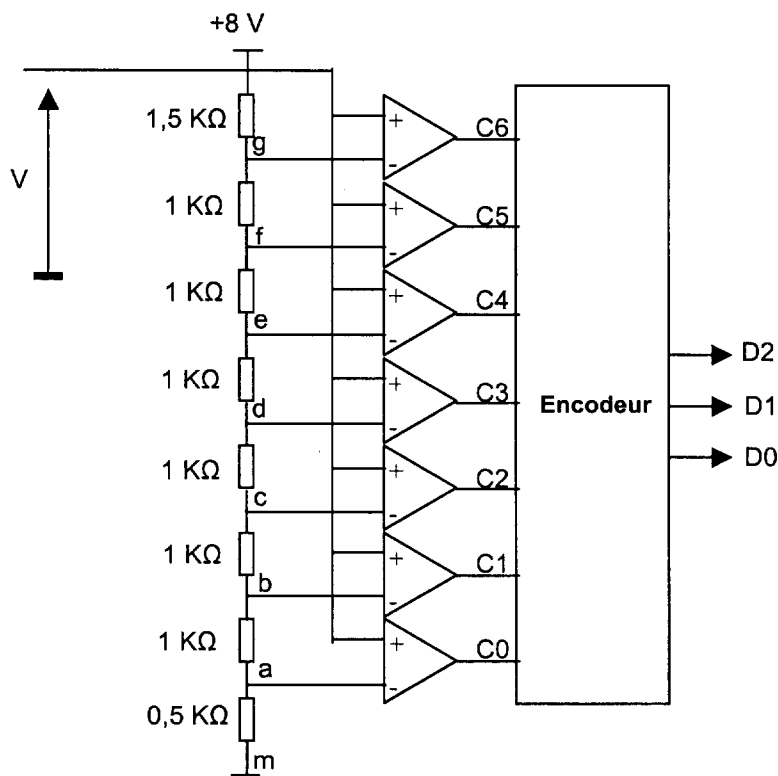
**2.1.1** - Le spectre du signal de luminance produit par la caméra est compris entre 0 Hz et 5,5 MHz. Déterminer la fréquence d'échantillonnage minimum  $F_{e\min}$  nécessaire.

**2.1.2** - La fréquence d'échantillonnage réelle  $F_e$  est de 13,5 MHz. Sur le **document réponse n°2**, on a placé le spectre du signal de luminance. Compléter ce document en y ajoutant les composantes introduites par l'échantillonnage donnant l'allure de la représentation spectrale du signal de luminance échantillonné.

**2.1.3** - Déterminer la fréquence de la première composante spectrale nuisible provoquant un repliement dans le spectre du signal échantillonné.

#### **2.2 - Principe de la quantification de type « Flash »**

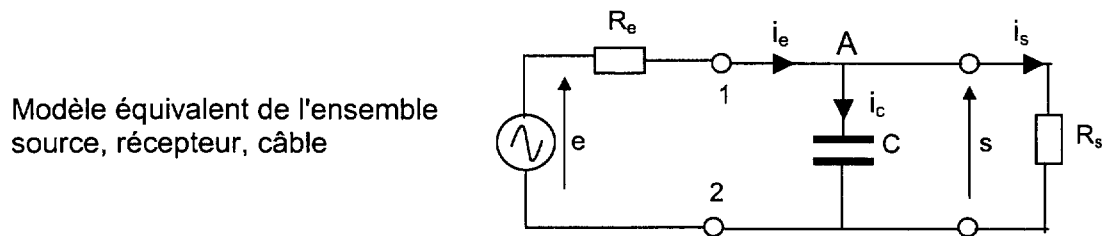
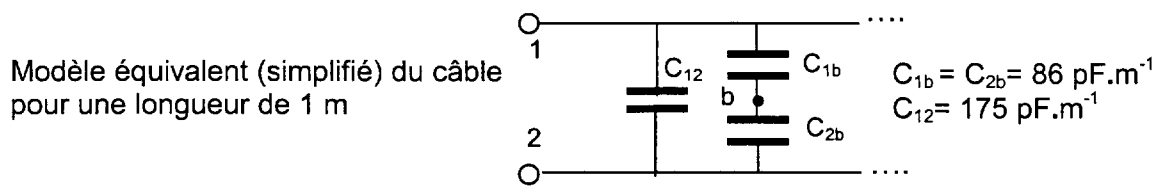
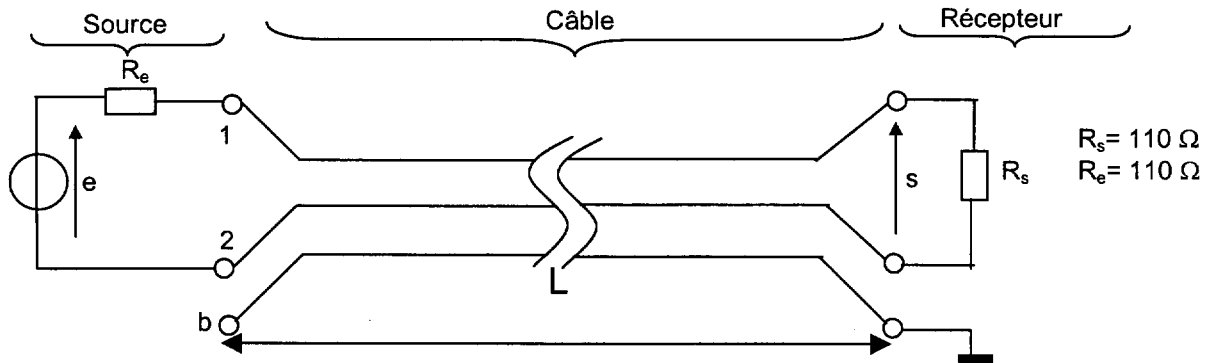
Hypothèse : Les comparateurs sont considérés comme idéaux ; les courants d'entrées sont nuls.



- 2.2.1 - Calculer les valeurs numériques des tensions continues  $V_{am}$ ,  $V_{bm}$ ,  $V_{cm}$ ,  $V_{dm}$ ,  $V_{em}$ ,  $V_{fm}$  et  $V_{gm}$ .
- 2.2.2 - En déduire le pas de quantification  $q$ .
- 2.2.3 - Tracer la caractéristique de transfert de ce convertisseur sur le document réponse n° 3.

**B - ETUDE D'UNE TRANSMISSION SUR CÂBLE SYMÉTRIQUE**

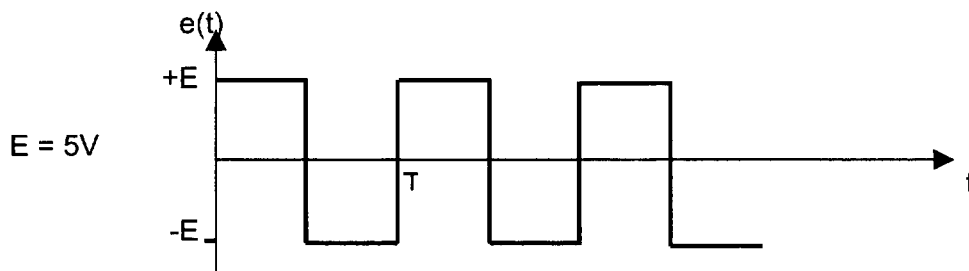
On cherche à déterminer la longueur maximum d'un câble symétrique permettant le transport du signal numérisé.



2.3.1 - Montrer que la valeur de la capacité linéique (pour un mètre de câble) vaut  $\gamma = 218 \text{ pF.m}^{-1}$ .

**Remarque** : la capacité C dépend de la longueur L du câble exprimée en mètres par la relation :  $C = L \cdot \gamma$ .

Dans la suite de l'étude, on considère la tension  $e(t)$  suivante :



**2.3.2** - Exprimer la loi des nœuds au point A.

**2.3.3** - L'équation différentielle qui lie  $s(t)$  à  $e(t)$  peut se mettre sous la forme :

$$K.e(t) = \tau \cdot \frac{ds(t)}{dt} + s(t)$$

$$\text{Avec: } K = \frac{R_s}{R_e + R_s} \text{ et } \tau = \frac{R_e \times R_s \times C}{R_e + R_s} = R_{eq} \cdot C \quad \text{avec} \quad R_{eq} = \frac{R_e \times R_s}{R_e + R_s}$$

**2.3.3.1** - Calculer les valeurs numériques de  $K$  et  $R_{eq}$ .

**2.3.3.2** - Exprimer  $\tau$  en fonction de  $L$  et  $\gamma$ .

L'expression de  $s(t)$  pour  $0 < t < T/2$  s'écrit :  $s(t) = (V_1 - K.E) \cdot e^{-t/\tau} + K.E$  sachant que  $V_1$  est  $s(0)$ , c'est-à-dire la valeur initiale de  $s(t)$ .

**2.3.4** - Déterminer l'expression de  $V_2 = s(T/2)$  en fonction de  $K$ ,  $E$ ,  $T$ ,  $\tau$  et  $V_1$ .

**2.3.5** - Sachant que le signal  $s(t)$  est de valeur moyenne nulle, on en déduit que  $V_1 = -V_2$ . Exprimer la tension crête à crête  $V_{pp}$  du signal  $s(t)$  en bout de câble, en fonction de  $K$ ,  $E$ ,  $T$ ,  $\tau$ .

**2.3.6** - On considère que  $V_{pp}$  doit être supérieure à 200 mV pour être interprétée par le récepteur comme un signal numérique.

$$\text{En posant : } A = \frac{V_{pp}}{2.K.E} \text{ et } X = e^{-\frac{T}{2\tau}} \text{ montrer que } X = \frac{1-A}{1+A}$$

**2.3.7** - En déduire que l'expression de la fréquence maximale transmissible en fonction de la longueur du câble s'écrit :

$$f_{max} \cdot L = \frac{1}{2.R_{eq} \cdot \gamma \cdot \ln\left(\frac{2.K.E + V_{pp}}{2.K.E - V_{pp}}\right)}$$

**2.3.8** - Calculer alors les valeurs numériques de la fréquence maximale du signal pouvant transiter dans un câble de 10 m puis de 200 m. Conclusion.

## **PARTIE 3 - ACOUSTIQUE**

### **CHOIX D'ENCEINTES**

Une enceinte fournit un niveau sonore de 100 dB<sub>SPL</sub> à 1 m pour 1 watt électrique reçu.

**3.1** - Calculer le niveau de pression sonore  $P_S$  à 50 m de l'enceinte.

**3.2** - On souhaite ramener le niveau de pression sonore  $P_S$  à 100 dB<sub>SPL</sub> à cette distance, calculer le gain  $G$  apporté par l'amplificateur pour répondre à cette contrainte.

**3.3** - Le haut parleur est modélisé électriquement par une résistance de 8 ohms. Quelle est la valeur efficace de la tension aux bornes du haut parleur si celui ci reçoit une puissance  $P_e$  de 316 W ?

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

Né(e) le : \_\_\_\_\_

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

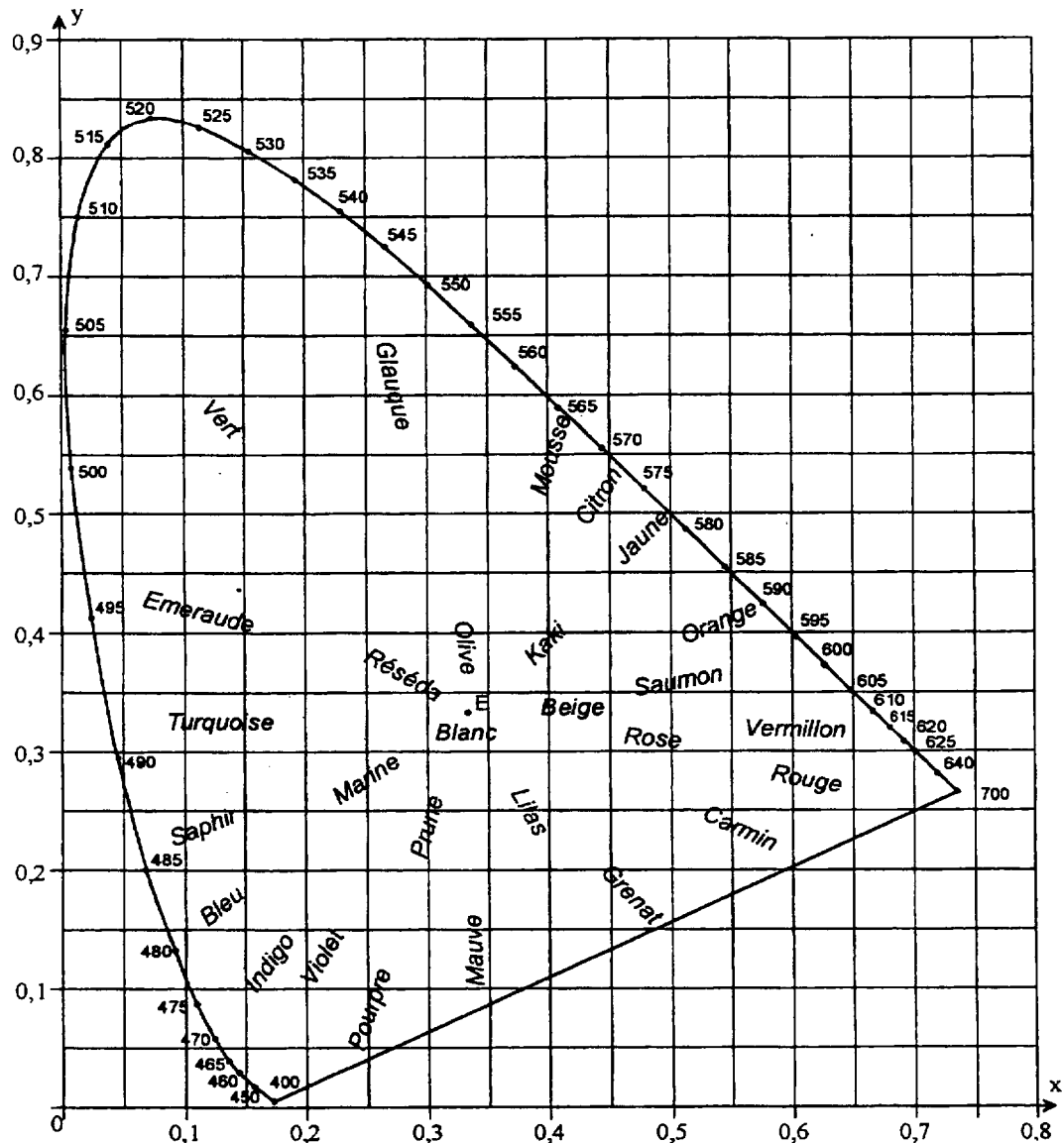
\* Uniquement s'il s'agit d'un exa

Repère : MVTSP Session 2006  
Page : 6/10

Durée : 3 H  
Coefficient : 2

## DOCUMENT RÉPONSE N° 1 (à rendre obligatoirement avec la copie)

Diagramme de chromaticité de la C.I.E. (1931)



Les couleurs pures sont repérées par leur longueur d'onde en nm, le blanc E correspond à une source rayonnant une densité spectrale constante sur tout le spectre visible.

DANS CE CADRE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_

Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

Né(e) le : \_\_\_\_\_

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

\* Uniquement s'il s'agit d'un ex

Repère : MVTSP Session 2006

Durée : 3 H

Page : 7/10

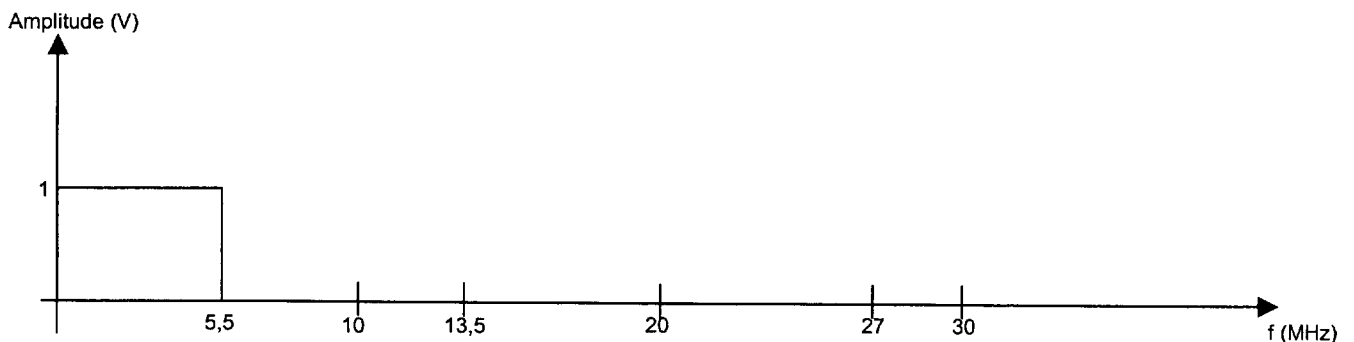
Coefficient : 2

**DOCUMENT RÉPONSE N° 2**  
(à rendre obligatoirement avec la copie)

**PARTIE 1 - QUESTIONS : 1.2.2 et 1.2.3**

	Eclairage lumineux (lux)			Eclairage énergétique ( $W \cdot m^{-2}$ )		
<b>Face R</b>	$E_{1r} = 0$	$E_{2r} = 2,30$	$E_{3r} = 8,90$	$E'_{1r} = 0$	$E'_{2r} = 3,4 \cdot 10^{-3}$	$E'_{3r} = 41 \cdot 10^{-3}$
<b>Face V</b>	$E_{1v} =$	$E_{2v} =$	$E_{3v} =$	$E'_{1v} = 4,5 \cdot 10^{-3}$	$E'_{2v} = 29 \cdot 10^{-3}$	$E'_{3v} = 0$
<b>Face B</b>	$E_{1b} = 1,45$	$E_{2b} = 0$	$E_{3b} = 0$	$E'_{1b} =$	$E'_{2b} =$	$E'_{3b} =$

**PARTIE 2 - QUESTION : 2.1.2 - Représentation spectrale du signal de luminance échantillonné**





DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_  
Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
NOM : \_\_\_\_\_  
*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*  
Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat   
Né(e) le : \_\_\_\_\_

*(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)*

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : MVTSP Session 2006

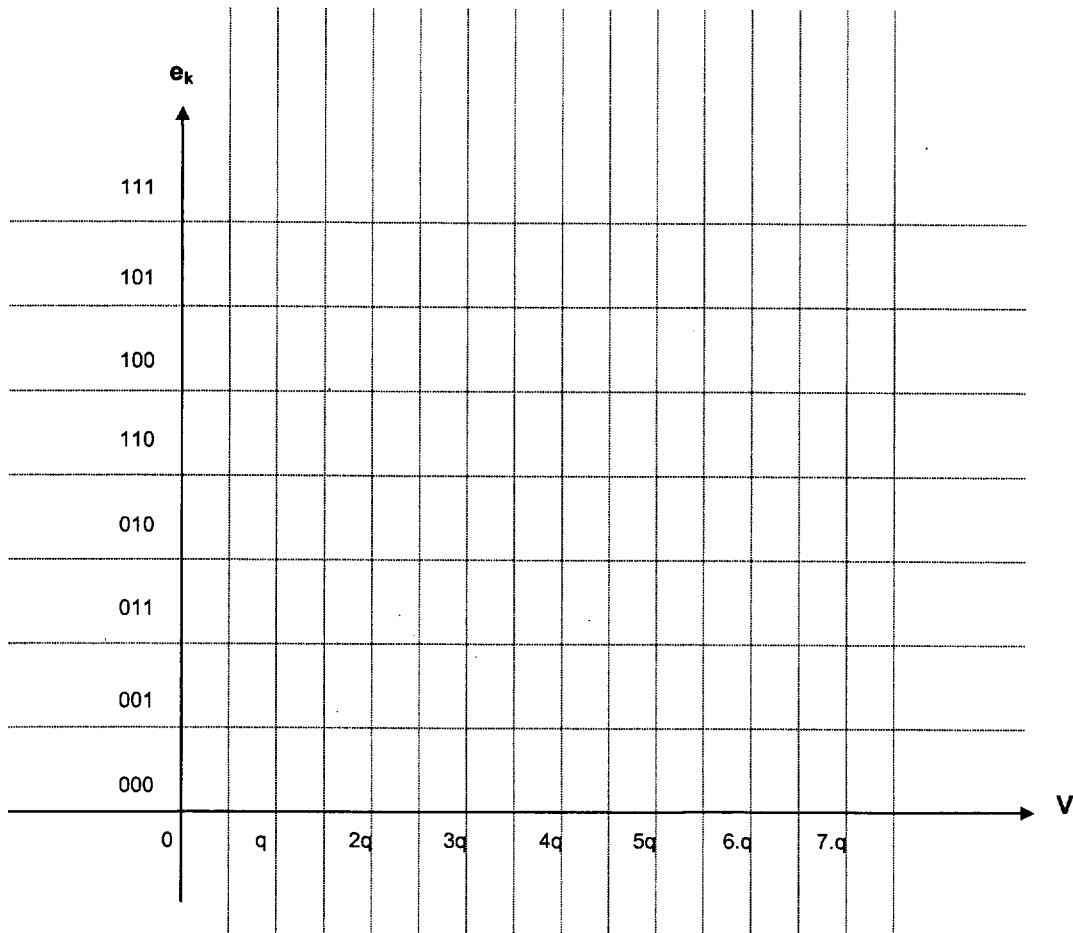
Durée : 3 H

Page : 8/10

Coefficient : 2

**DOCUMENT RÉPONSE N° 3**  
**(à rendre obligatoirement avec la copie)**

**PARTIE 2 - QUESTION : 2.2.3**

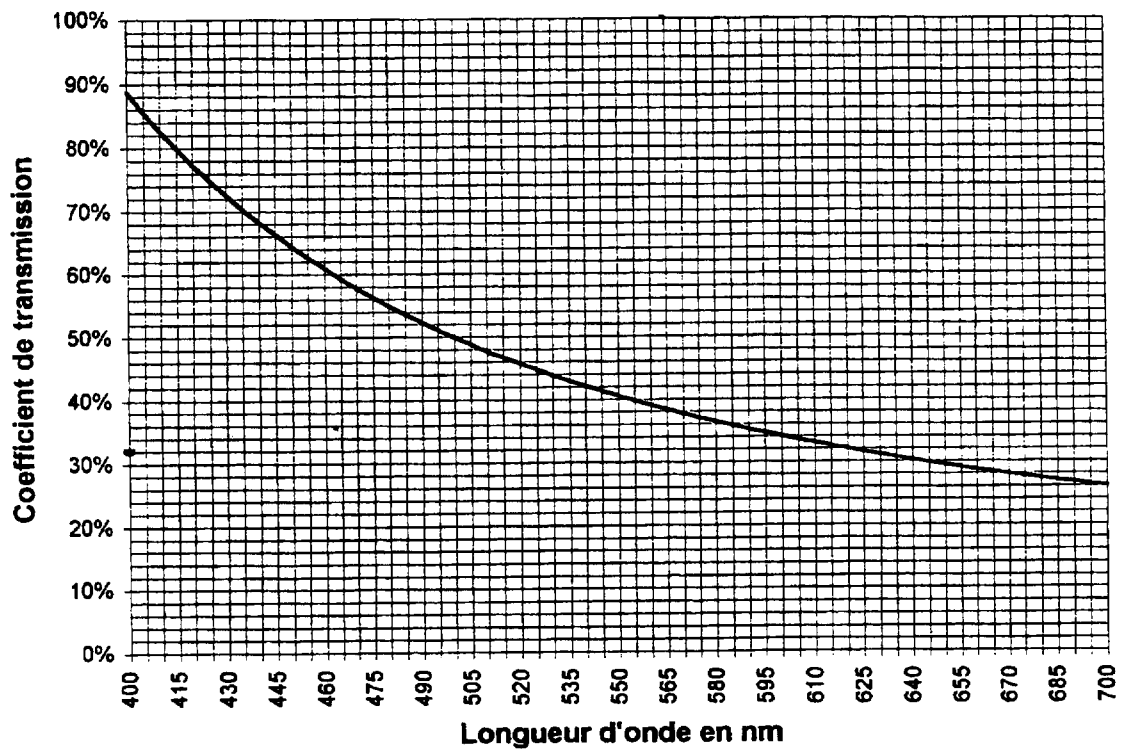


q: Pas de quantification (en Volt).

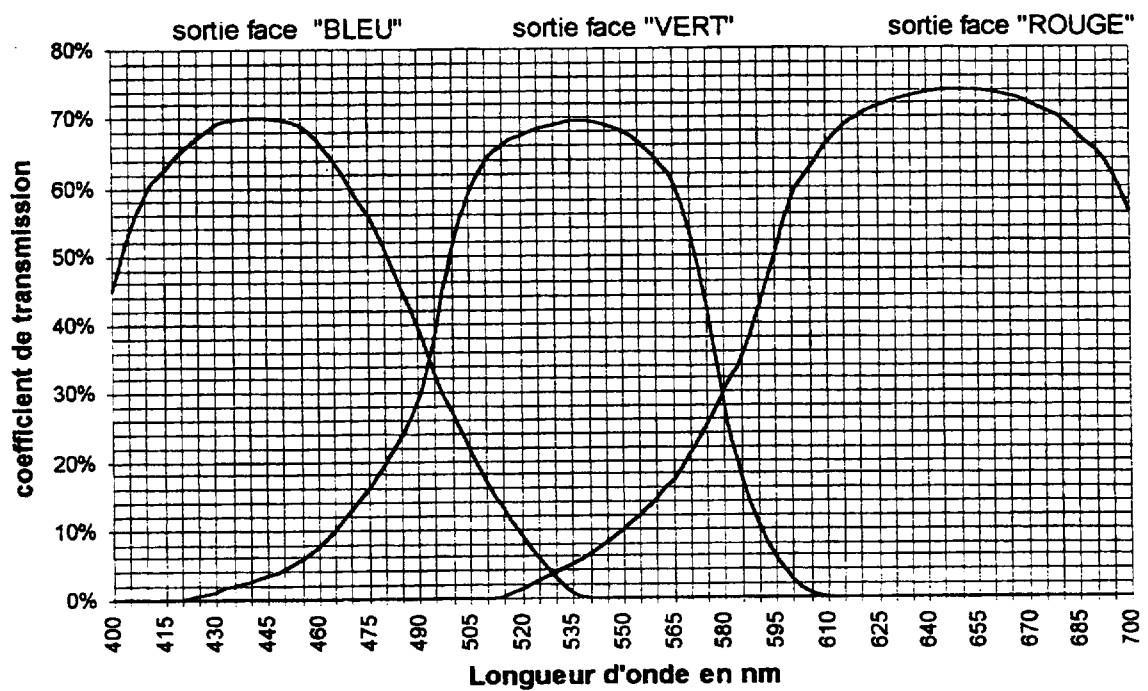
e<sub>k</sub>: Nombre binaire codé en binaire réfléchi sur 3 bits D0, D1, D2. D0 est le L.S.B et D2 le M.S.B.

# DOCUMENT ANNEXE N° 1

## A - Caractéristique spectrale du filtre de conversion

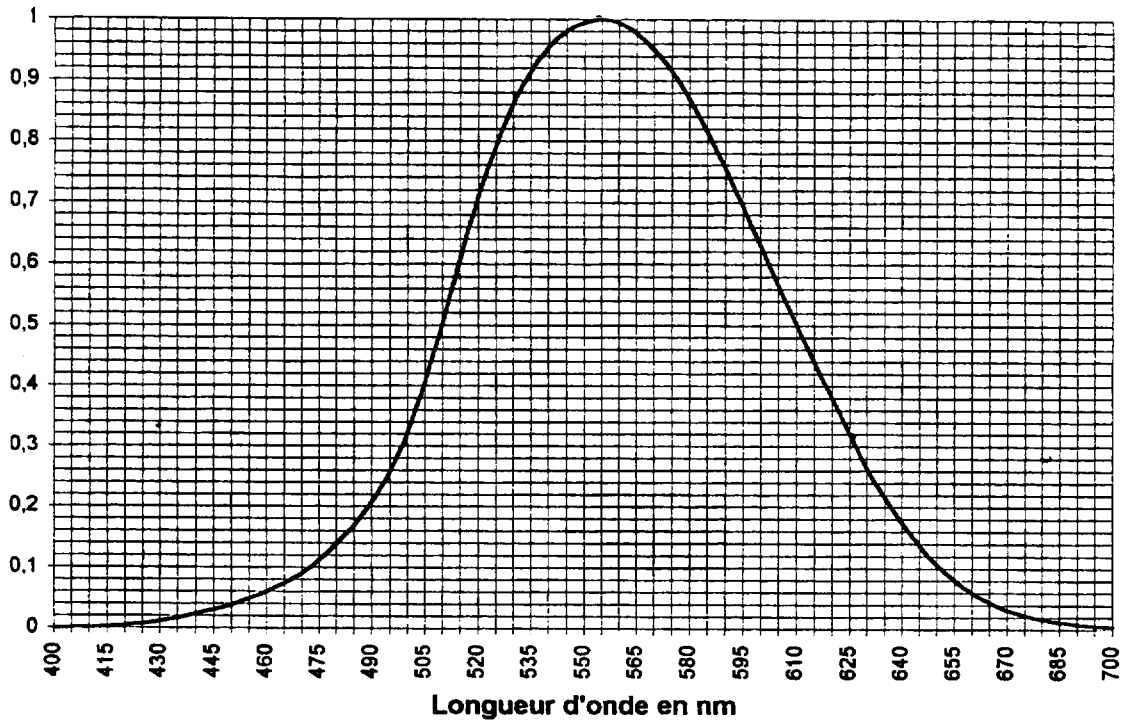


## B - Caractéristique spectrale du séparateur optique



## DOCUMENT ANNEXE N° 2

### A - Courbe de sensibilité de l'œil Fe ( $\lambda$ )



### B - Sensibilité spectrale des analyseur CCD

(Rapport de la tension de sortie sur l'énergie surfacique reçue au bout de la durée d'intégration)

