



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BTS MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL

SCIENCES PHYSIQUES – U. 3

OPTION TECHNIQUES D'INGÉNIERIE ET EXPLOITATION DES ÉQUIPEMENTS

SESSION 2015

—
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 n°1 page 11/12
- document-réponse n°2..... page 12/12

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.

BTS MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL – OPTION TECHNIQUES D'INGÉNIERIE ET EXPLOITATION DES ÉQUIPEMENTS		Session 2015
Sciences physiques – U. 3	Code : MVTSP	Page : 1/12

1- OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Dans le cadre d'un reportage sur le théâtre, un réalisateur propose d'effectuer l'interview d'une actrice dans sa loge.

La captation s'effectue à l'aide d'une caméra HD 2/3" associée à un zoom 16 x 9 et dont les dimensions des capteurs sont 9,6 mm x 5,4 mm.

L'étude se porte sur deux plans, un plan serré sur le reflet du visage de l'actrice puis un plan large encadrant l'actrice et son reflet comme le montre l'illustration ci-dessous :

Plan serré



Plan large

La figure du **document-réponse n°1 (page 11/12)** donne la configuration simplifiée de la scène où le segment AB représente le sujet à filmer et le point C, la caméra.

1- Construire, sur le **document-réponse n°1**, les images A' et B' des points A et B à travers le miroir et en déduire l'image A'B' du segment AB.

2- Le plan serré correspond à la captation du reflet A'B' du segment AB à travers le miroir.

2-1 Déterminer l'angle de champ horizontal α_S correspondant au plan serré sachant que les distances $OC = 2,0$ m, $OM = 1,0$ m et $AB = 0,20$ m.

2-2 Dans l'hypothèse où l'image se forme au voisinage du plan focal image, montrer qu'une focale $f'_S = 144$ mm de l'objectif de la caméra est nécessaire pour obtenir le plan serré souhaité.

3- Le plan large étudié correspond à la captation du segment AB et de son reflet **tout en maintenant fixe l'axe de la caméra** (ce qui ne correspond pas à l'illustration ci-dessus).

3-1 L'image se formant toujours au voisinage du plan focal image de l'objectif, déterminer l'angle de champ horizontal α_L correspondant au plan large souhaité si la focale de l'objectif est réglée à $f'_L = 9$ mm.

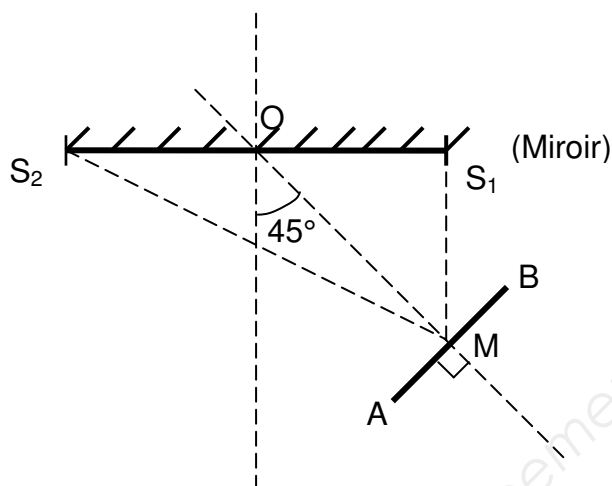
3-2 Déterminer la dimension horizontale H du cadre à la distance de 2,0 m de l'objectif de la caméra.

4- Justifier que le zoom de la caméra permet la captation des deux plans souhaités.

BTS MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL – OPTION TECHNIQUES D'INGÉNIERIE ET EXPLOITATION DES ÉQUIPEMENTS		Session 2015
Sciences physiques – U. 3	Code : MVTSP	Page : 2/12

2- PHOTOMÉTRIE

L'actrice est éclairée par deux rampes de lampes qui seront assimilées à deux sources ponctuelles S_1 et S_2 placées de part et d'autre du miroir supposé parfait comme selon la **figure ci-dessous** :



On donne $OS_1 = OS_2 = S_1M = 0,71$ m, $OM = 1,0$ m.

On rappelle que l'angle solide correspondant à tout l'espace est $\Omega = 4\pi$ sr .

- 1- Montrer que l'intensité I de chacune des deux sources lumineuses équivalentes est égale à 159 cd, si elles rayonnent chacune un flux de 1000 lm à travers un demi-espace.
- 2- Calculer la contribution E_1 à l'éclairement du point central M du segment AB par la source lumineuse S_1 .
- 3- La contribution E_2 à l'éclairement du point M du segment AB par la source lumineuse S_2 est égale à 60 lx.
Déterminer l'éclairement total E de la zone centrale du segment AB.

3 - COLORIMÉTRIE

Deux sources lumineuses S_1 et S_2 émettent chacune une radiation monochromatique et fournissent une lumière de température de couleur équivalente de 2800 K.

On rappelle que la température de couleur de 2800 K pour un corps noir correspond sensiblement au point M de coordonnées ($x_M = 0,45$; $y_M = 0,41$) dans un diagramme de chromaticité fourni par le **document-réponse n°2 (page 12/12)**.

- 1- Sachant que l'une des deux raies possède une longueur d'onde monochromatique $\lambda_1 = 500$ nm, déterminer graphiquement, à partir du diagramme de chromaticité fourni, la longueur d'onde λ_2 permettant d'obtenir par mélange le point M.
Relever la teinte et les coordonnées (x_2 ; y_2) de la lumière monochromatique λ_2 .

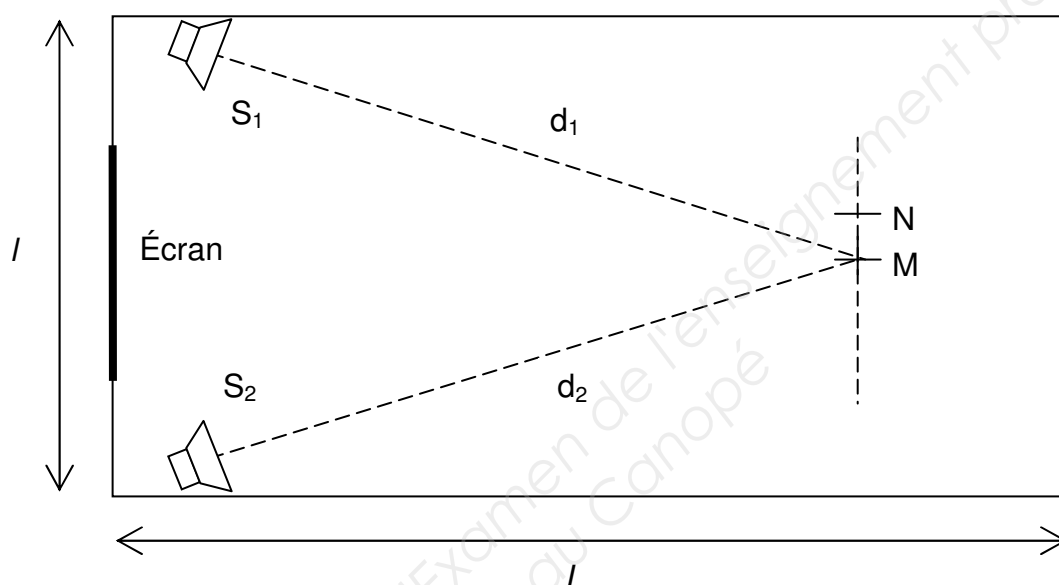
- 2- Déterminer, toujours graphiquement, le flux ϕ_2 associé à la couleur de longueur d'onde λ_2 si le flux lumineux ϕ_1 associé à la couleur de longueur d'onde λ_1 est égal à 400 lm.

En déduire le flux total ϕ généré par une des deux sources lumineuses.

4- ACOUSTIQUE

On rappelle que : $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$; $P_{\text{ref}} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$; $W_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W}$.

La diffusion du reportage sur le métier d'artiste doit s'effectuer dans une salle de conférence de forme parallélépipédique de dimensions $L = 25 \text{ m}$, $l = 10 \text{ m}$ et $h = 3 \text{ m}$ comme indiqué selon le **plan de coupe ci-dessous** :



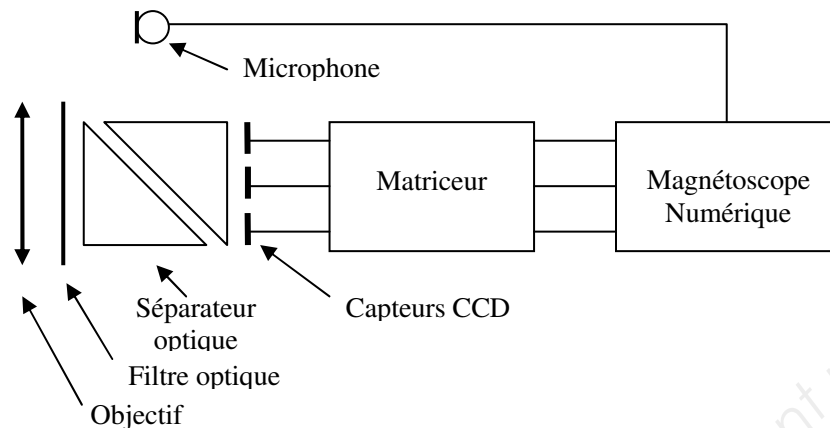
On désire que le niveau sonore au voisinage d'un point M situé à proximité de l'axe de l'écran et à une vingtaine de mètres des deux sources sonores soit de $70 \text{ dB}_{\text{SPL}}$. La sonorisation de la salle s'effectue à l'aide de deux enceintes identiques supposées omnidirectionnelles et présentant une sensibilité de $86 \text{ dB}_{\text{SPL}}$ à un mètre pour une puissance électrique appliquée d'un watt.

On considère un point M situé à égale distance des deux sources sonores ($d_1 = d_2 = 20,6 \text{ m}$).

- 1- Calculer la puissance électrique P_E à appliquer à chaque enceinte si on désire que la contribution de chacune d'elle au point M soit de $67 \text{ dB}_{\text{SPL}}$.
- 2- Calculer l'intensité acoustique I générée par une enceinte au point M, puis déterminer le niveau d'intensité acoustique en ce même point quand les deux enceintes fonctionnent simultanément.
- 3- Déterminer la valeur efficace de la pression acoustique P générée par une enceinte au point M.

5- ÉLECTRONIQUE

On se propose d'étudier la génération du signal luminance de la caméra vidéo HD 2/3" dont le **schéma synoptique** est donné **ci-dessous**.



1^{ère} PARTIE – Étude d'un capteur CCD

Le flux lumineux recueilli par l'objectif de la caméra vidéo est séparé par le séparateur optique en trois flux lumineux correspondant aux trois couleurs primaires rouge, verte et bleue.

Ces trois flux lumineux sont focalisés sur les surfaces de trois capteurs CCD (Coupled Charge Device) qui les convertissent en trois signaux électriques u_R , u_V et u_B .

Chaque capteur CCD de la caméra vidéo 2/3" Full HD est constitué d'un réseau de 1920×1080 cellules photosensibles appelées pixels. Chaque pixel regroupe plusieurs capacités MOS (Metal Oxide Semi-conducteur), éléments de base d'un capteur CCD (**figure 1, page 5/12**).

Lorsqu'un photon touche un tel élément (**figure 2, page 5/12**), il y a libération d'électrons qui se retrouvent piégés dans la capacité MOS correctement polarisée.

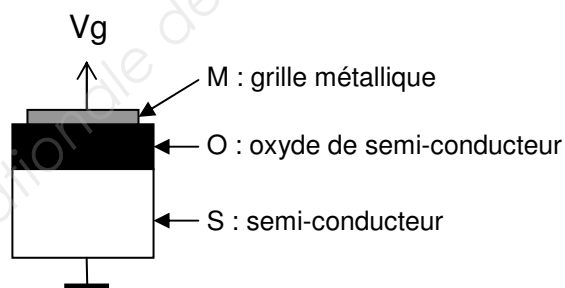


Figure 1
Capacité MOS et son symbole

Symbole

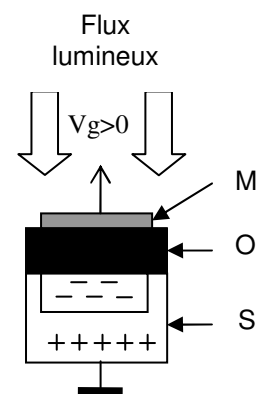
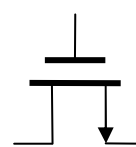


Figure 2
Éclairage d'une capacité MOS

1- Transfert de charges et conversion en tension (figure 3, page 7/12)

Pendant un temps d'intégration T_i , chaque ligne du capteur est exposée au flux lumineux qui est converti, pour chaque pixel, en charges négatives proportionnelles au flux lumineux reçu.

Lors de l'opération de lecture du CCD, la charge de chaque pixel est convertie en une tension V_1 par le condensateur de lecture de capacité C_L . Un seul condensateur suffit car il reçoit successivement la charge de chaque pixel.

Pour la lecture du pixel numéro n de charge Q_n :

- 1^{ère} étape : ouverture de l'interrupteur K_1 , puis fermeture de l'interrupteur K_2 .
Le condensateur de lecture de capacité C_L se charge sous la tension positive V_0 correspondant à la tension d'obscurité (pas d'exposition lumineuse) ;
- 2^{ème} étape : ouverture de l'interrupteur K_2 , puis fermeture de l'interrupteur K_1 .
La charge Q_n s'écoule alors vers le condensateur de lecture C_L ;
- 3^{ème} étape : ouverture de l'interrupteur K_1 , puis décalage de la charge du pixel suivant vers la sortie, K_2 reste ouvert.

1-1 À l'issue de la 1^{ère} étape, exprimer la charge Q_0 du condensateur de lecture en fonction de C_L et de V_0 .

(On rappelle que la charge Q , d'un condensateur de capacité C , soumis à une tension U , est égale à $Q = C \times U$).

1-2 Donner l'expression de la nouvelle charge Q_1 en fonction de Q_0 et de Q_n à la fin de la deuxième étape.

1-3 À la suite à la 3^{ème} étape, exprimer la charge totale Q_1 du condensateur de lecture en fonction de C_L et de V_1 .

1-4 Vérifier que la tension V_1 aux bornes du condensateur de capacité C_L s'exprime sous la forme suivante :

$$V_1 = V_0 + \frac{Q_n}{C_L}$$

1-5 Calculer la variation maximale $\Delta V_{MAX} = V_{1MAX} - V_0$ de la tension V_1 suite à la lecture du pixel n , sachant qu'au maximum, un pixel a une contenance de 50 000 électrons.

On donne $C_L = 0,012 \text{ pF}$ et la charge d'un électron $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

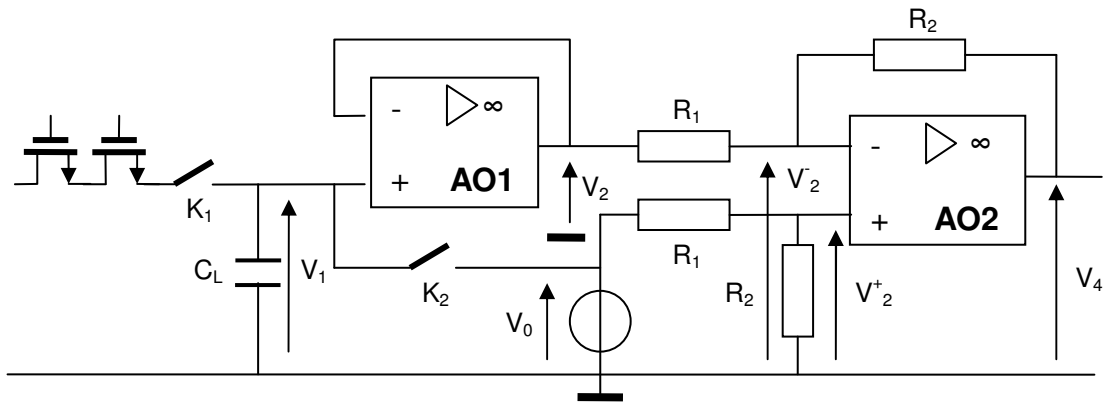


Figure 3

2- Étude de l'étage AO1

2-1 Quel est le mode de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel AO1 (**figure 3 ci-dessus**) ? Justifier votre réponse.

2-2 Exprimer la tension V_2 en fonction de la tension V_1 .
Quels sont le nom et le rôle de ce montage construit autour de l'amplificateur opérationnel AO1 ?

3- Étude de l'étage AO2

L'amplificateur opérationnel AO2 fonctionne en régime linéaire (**figure 3**).

3-1 Exprimer le potentiel V_2^- de l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel AO2 en fonction des tensions V_1 et V_4 et des résistances R_1 et R_2 .

3-2 Exprimer le potentiel V_2^+ de l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel AO2 en fonction de la tension V_0 et des résistances R_1 et R_2 .

3-3 Montrer que la tension V_4 en sortie de l'amplificateur opérationnel AO2 s'exprime de la façon suivante :

$$V_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_0 - V_1)$$

Préciser quelle fonction réalise ce montage.

3-4 À partir des résultats de la question précédente et du résultat de la **question 1-4**, montrer que la tension V_4 en sortie de l'amplificateur opérationnel AO2 peut s'exprimer de la manière suivante :

$$V_4 = - \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{Q_n}{C_L}$$

3-5 À partir de la réponse à la **question 1-5**, déterminer la plage de variation de la tension V_4 si $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

2^{ème} PARTIE – Matricage du signal luminance

L'opération de matricage du signal luminance consiste à réaliser le signal luminance à partir des signaux u_R , u_V , u_B élaborés par les capteurs CCD fixés sur le séparateur optique de la caméra précédente.

1- Étude de l'étage AO3

L'amplificateur opérationnel AO3 fonctionne en régime linéaire (**figure 4 suivante**).

1-1 Déterminer le potentiel V_3^+ de l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel AO3.

En déduire le potentiel V_3^- de l'entrée inverseuse.

1-2 Montrer que la tension u_S délivrée par le montage AO3 s'exprime de la façon suivante :

$$u_S = -\left(\frac{R_4}{R_1} \times u_R + \frac{R_4}{R_2} \times u_V + \frac{R_4}{R_3} \times u_B\right)$$

Quelle est la fonction réalisée par le montage ?

1-3 Calculer l'expression numérique de la tension u_S en fonction des tensions u_R , u_V et u_B pour $R_1 = 4700 \Omega$, $R_2 = 1400 \Omega$, $R_3 = 13850 \Omega$ et $R_4 = 1000 \Omega$.

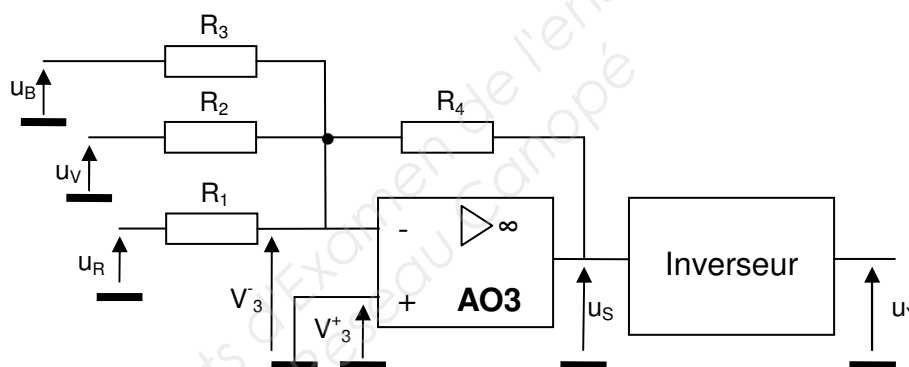


Figure 4

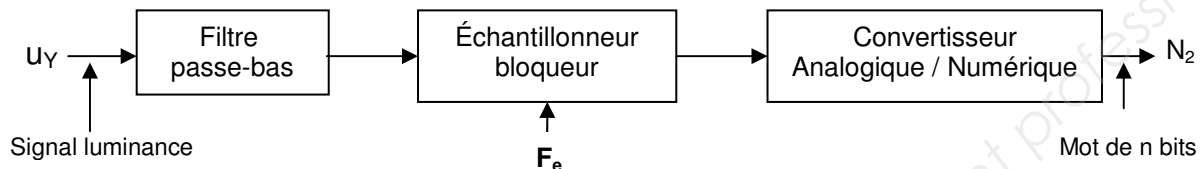
2- Étude de l'inverseur

Proposer un montage à amplificateur opérationnel permettant d'inverser le signal délivré par l'étage AO3 afin d'obtenir la composante luminance $u_Y = -u_S$.

6- NUMÉRISATION

La numérisation du signal vidéo selon la norme Rec 709 s'effectue par un échantillonnage du signal luminance u_Y à la fréquence de 74,25 MHz et un échantillonnage de chaque signal de chrominance u_{R-Y} et u_{B-Y} à la fréquence de 37,125 MHz. Ici, l'étude se limitera à la numérisation du signal luminance u_Y .

La succession des opérations nécessaires pour effectuer la numérisation du signal luminance u_Y est définie par le schéma synoptique suivant :



1- Préciser le rôle du filtre passe-bas placé à l'entrée de la chaîne de traitement du signal vidéo.

Quelle doit être la fréquence maximale de coupure f_{CMAX} du filtre passe-bas dans le cas du traitement du signal luminance u_Y ?

Dans une mire de barres 100|0|75|0, les amplitudes relatives des composants R, V et B de chaque barre, pour une ligne utile, sont données par le **document numérisation signal luminance situé en annexe (page 10/12)**.

La luminance Y ainsi que la tension associée u_Y sont définies par les équations suivantes :

$$Y = 0,213 \times R + 0,715 \times V + 0,072 \times B$$
$$u_Y = 0,70 \times Y$$

2- La luminance est quantifiée sur 8 bits.

Quel est le nombre théoriquement possible de nuances à partir du signal luminance ?

3- Calculer le rapport signal sur bruit $(S/B)_{\text{dB}}$ pour une quantification sur 8 bits du signal de luminance.

4- Les valeurs minimum et maximum du signal de luminance u_Y de la mire de barres précédente correspondant au blanc et au noir sont quantifiées respectivement aux niveaux 235 et 16 (voir tableau situé sur le **document numérisation signal luminance**).

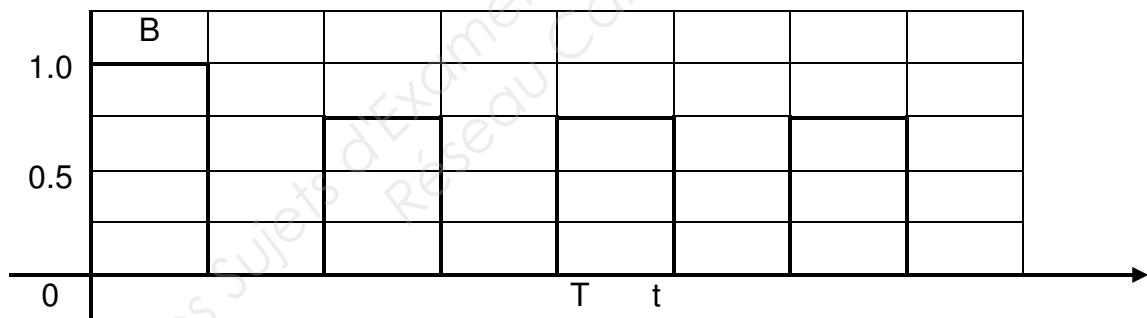
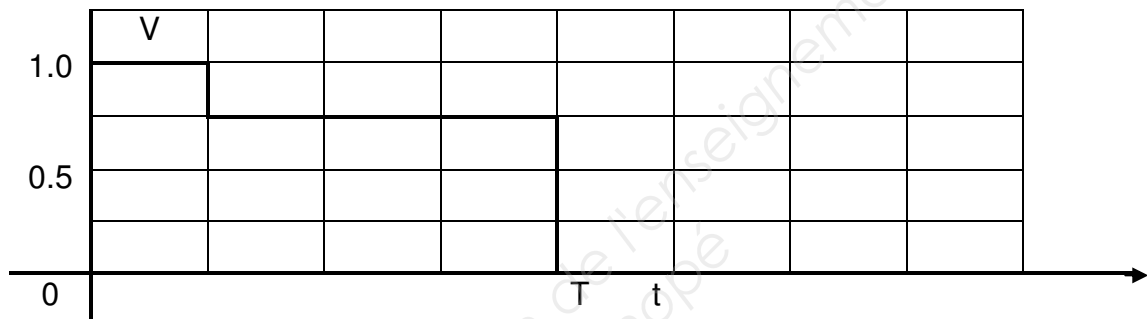
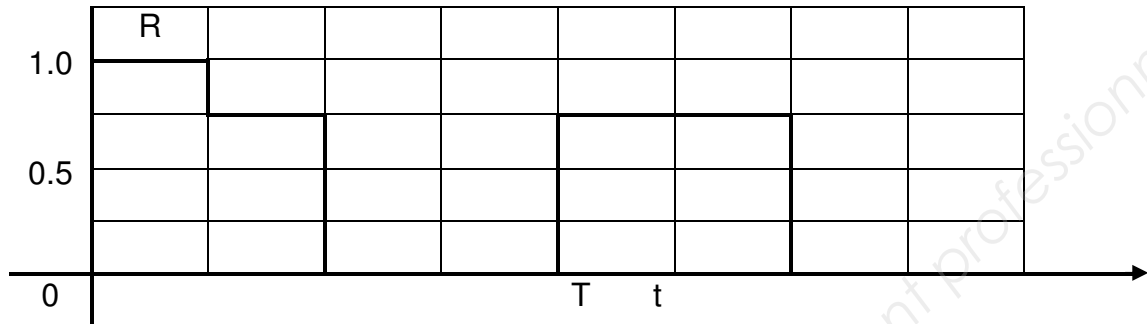
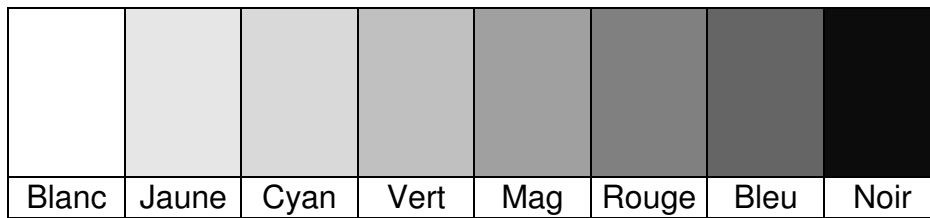
Déterminer les valeurs binaires correspondantes à ces deux niveaux.

5- Montrer que le pas de quantification r du convertisseur analogique numérique est égal à 3,2 mV.

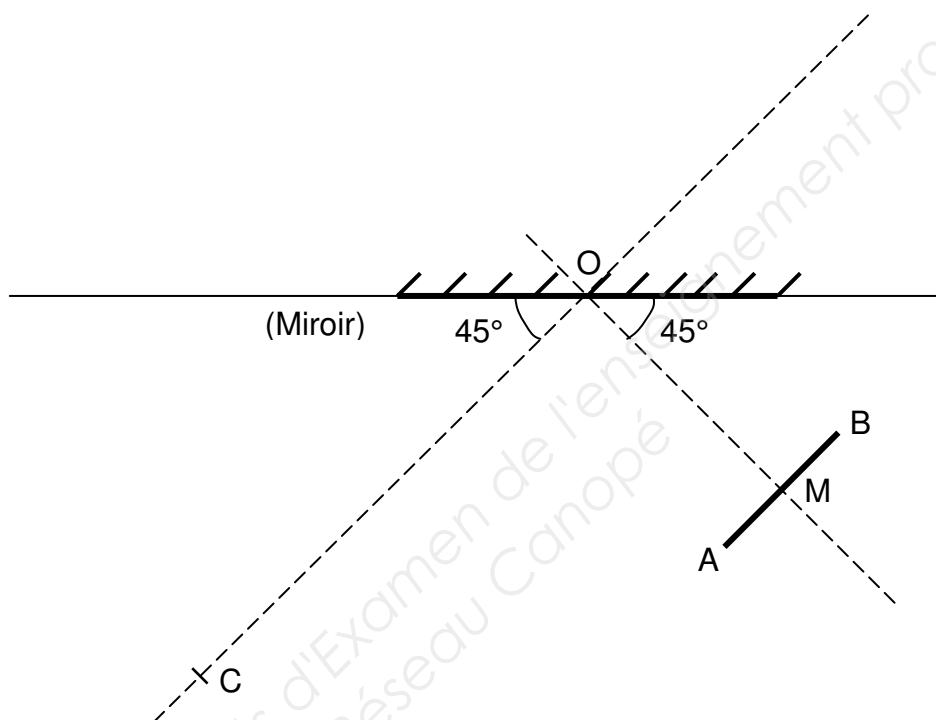
6- Déterminer, pour la barre cyan, la valeur de la tension u_Y associée à la luminance.

7- Calculer le niveau décimal de tension et la valeur binaire correspondant au signal luminance associé à la barre cyan.

DOCUMENT NUMÉRISATION SIGNAL LUMINANCE



COULEURS	u _y	NIVEAUX de u _y	VALEURS BINAIRES de u _y
BLANC	0,700	235	
JAUNE	0,487	168	10101000
CYAN			
VERT	0,375	133	10000101
MAGENTA	0,150	63	00111111
ROUGE	0,111	51	00110011
BLEU	0,038	28	00011100
NOIR	0,000	16	



Document pas à l'échelle.

