

B.T.S. PHOTOGRAPHIE

Session 2003

Epreuve E3

Physique–Chimie–Génie électrique

DUREE : 5 HEURES

COEFFICIENT : 3

CODE : PHPCGE

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999. La clarté du raisonnement et la qualité de la rédaction interviennent pour une part importante dans l'appréciation des copies.

AUCUN DOCUMENT AUTORISE.

CE DOSSIER SE COMPOSE DE 3 PARTIES :

Les 3 parties sont indépendantes et doivent être traitées sur des copies distinctes qui seront relevées séparément.

PARTIE A : *Physique*

Durée conseillée : 2 h

DOCUMENTS REPONSES 1 et 2 (pages 5 et 6)

PARTIE B : *Chimie*

Durée conseillée : 1 h 30 mn

Nombre de points : 20

ANNEXES DES PARTIES B : 2 PAGES (Pages 8 et 9)

PARTIE C : *Génie Electrique*

Durée conseillée : 1 h 30 mn

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 1 sur 14

Partie A : PHYSIQUE

Durée conseillée : 2 h

On désire caractériser la partie « entrée » d'une chaîne graphique numérique composée d'un moniteur et d'un scanner film à l'aide de profils ICC. L'objet de ce problème est d'aborder les notions fondamentales de la physique des couleurs nécessaires à la maîtrise de tels profils.

Les parties I, II, III, IV et V sont indépendantes.

La célérité (vitesse) de la lumière dans le vide est prise égale à $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

I. La lumière.

Ce scanner utilise comme source lumineuse une matrice de 3 types de diodes électroluminescentes monochromatiques de fréquence dans le vide : $f_1 = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $f_2 = 5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ et $f_3 = 6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

I.1. Qu'est-ce qu'une lumière monochromatique ?

Quelle(s) est(sont) la(les) grandeur(s) physique(s) qui caractérise(nt) la couleur d'une lumière monochromatique ? En déduire la couleur de chacun des types de diode.

I.2. Déterminer la vitesse, la fréquence et la longueur d'onde de la lumière émise par chaque type de diode dans l'air puis dans du verre d'indice optique $n = 1,48$.

II. Vision des couleurs.

La figure 1 du document réponse 1 représente une coupe schématique de l'œil.

II.1. Compléter les légendes de la figure 1 du document réponse 1.

Le fond de l'œil est tapissé par deux types de capteurs.

II.2. Nommer et identifier ces deux types de capteurs sur la figure 2 du document réponse 1.

Quelles sont les différences entre ces deux types de capteurs (sensibilité, répartition sur la surface du fond de l'œil, ...) ?

Les capteurs utilisés pour la vision photopique sont de 3 types, chacun ayant une sensibilité spectrale différente due aux pigments qu'ils contiennent.

II.3. Compléter, sur la figure 3 du document réponse 1, les valeurs et l'unité des longueurs d'ondes sur l'axe des abscisses.

III. Reproduction des couleurs.

Les dispositifs photographiques, argentiques et numériques, essaient de reproduire le plus fidèlement possible les couleurs de la nature à partir d'un nombre réduit de couleurs.

III.1. Énoncer la première loi de Grassmann qui permet une telle reproduction.

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 2 sur 14

III.2. Comment appelle-t-on deux rayonnements ne possédant pas le même spectre mais produisant la même sensation colorée ?

III.3. De quel type de synthèse colorée et de quelles primaires se sert un moniteur pour reproduire les couleurs ? Même question pour un film photographique.

III.4. Peut-on obtenir toutes les couleurs avec de telles synthèses ?

IV. Espaces colorimétriques.

Afin de gérer les couleurs dans une chaîne numérique, il est indispensable de faire correspondre à chaque couleur trois valeurs et ce de manière la plus précise possible. La figure 4 du document réponse 2 représente les composantes trichromatiques r**v**b de l'espace RVB de la CIE.

IV.1. Expliquer l'obtention de ces composantes en s'aidant d'un schéma du dispositif avec lequel on effectue la mesure par égalisation visuelle.

IV.2. Compléter les valeurs et l'unité des longueurs d'onde sur l'axe des abscisses de la figure 4. A quoi correspondent les longueurs d'onde où deux des trois composantes trichromatiques sont nulles (repérées par des flèches sur la figure 4) ?

IV.3. Interpréter l'existence de composantes négatives et expliquer comment celles-ci ont pu être mesurées.

En 1931, Judd propose à la CIE un nouvel espace colorimétrique, le XYZ, obtenu à partir d'une transformation linéaire du RVB de la CIE.

IV.4. Quel était, pour l'époque, l'intérêt d'un tel changement d'espace ?

Peut-on physiquement fabriquer les primaires X, Y et Z ? A quelle grandeur est proportionnelle la composante trichromatique y ?

La figure 5 du document réponse 2 représente l'espace des couleurs réelles dans le diagramme xy.

IV.5. Sur la figure 5a) indiquer le lieu des couleurs monochromatiques ainsi que le lieu des couleurs pourpres (magenta).

On admet que le lieu des couleurs monochromatiques est tracé pour des longueurs d'onde allant de 380 à 780 nm, le sommet de la courbe correspondant à 520 nm. Indiquer approximativement l'emplacement des 3 points représentant la couleur des 3 diodes électroluminescentes du scanner et hachurer la zone d'espace correspondant à la gamme de couleurs reproductibles par cette matrice de diodes.

Faire de même sur la figure 5b) où l'on a placé les 3 points représentant la couleur des 3 luminophores du moniteur. Commentez.

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 3 sur 14

V. Profil ICC.

Le profil ICC a pour but de faire correspondre au mieux la gamme des couleurs visibles par le scanner (qui dépend des diodes mais aussi du capteur) et la gamme de couleurs affichables par l'écran. Pour mesurer précisément ces deux gammes, on utilise soit un spectrocolorimètre soit un spectrophotomètre.

Un spectrocolorimètre fonctionne avec des filtres colorés alors qu'un spectrophotomètre peut fonctionner soit avec un prisme soit avec un réseau.

V.1. Décrire la différence entre ces deux appareils, expliquer les différents phénomènes physiques en jeu dans chacun des cas. Pour le spectrophotomètre, indiquer la technologie (prisme ou réseau) qui fournit le résultat le plus précis.

Le moteur de calcul des profils ICC utilise comme espace colorimétrique l'espace Lab de la CIE issu d'une transformation non linéaire de l'espace XYZ. L'intérêt d'un tel espace est d'être un espace colorimétrique quasi-uniforme où les écarts de couleurs sont facilement calculables.

La couleur C_2 a pour coordonnées $L_2 = 71$ $a_2 = -27$ $b_2 = 58$ et la couleur C_3 a pour coordonnées $L_3 = 69$ $a_3 = -25$ $b_3 = 56$.

V.2. Calculer ΔE , l'écart entre ces deux couleurs.

Le deuxième intérêt de l'espace Lab est d'être un espace perceptuel. La figure 6 du document réponse 2 représente l'espace des couleurs réelles dans le diagramme ab.

V.3. Quelle est la signification physique de la grandeur L ?

La couleur C_4 a pour coordonnées $a_4 = 40$ et $b_4 = 30$.

V.4. Placer la couleur C_4 sur la figure 6, représenter et calculer sa teinte et sa saturation. Où sont placées les couleurs de saturation nulle ? Où sont placées les couleurs qui possèdent le maximum de saturation ?

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 4 sur 14

Examen ou concours :	Série* :	<i>Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.</i>
Spécialité/option :		
Repère de l'épreuve :		
Épreuve/sous-épreuve : <i>(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)</i>		

Partie A Document réponse 1

Figure 1
Coupe schématique de l'œil

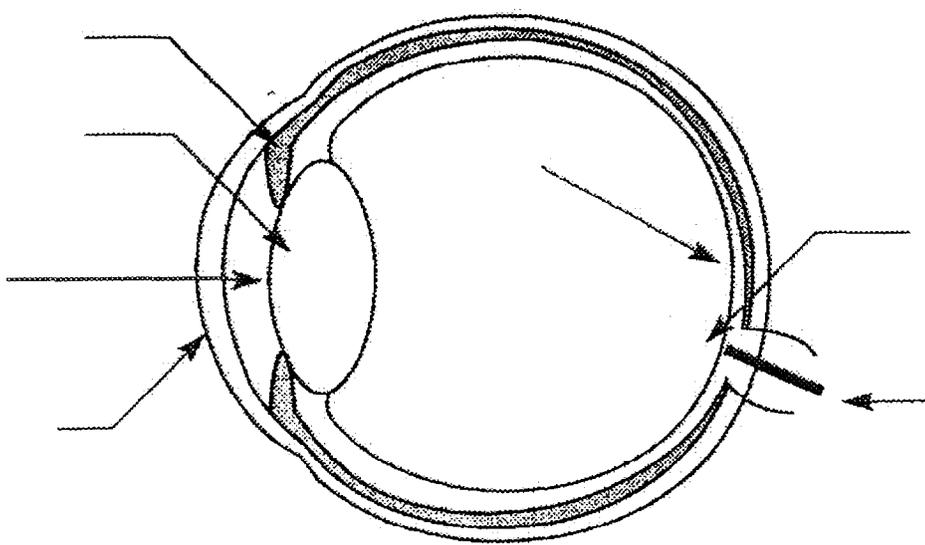


Figure 2
Les deux types de récepteurs de l'œil

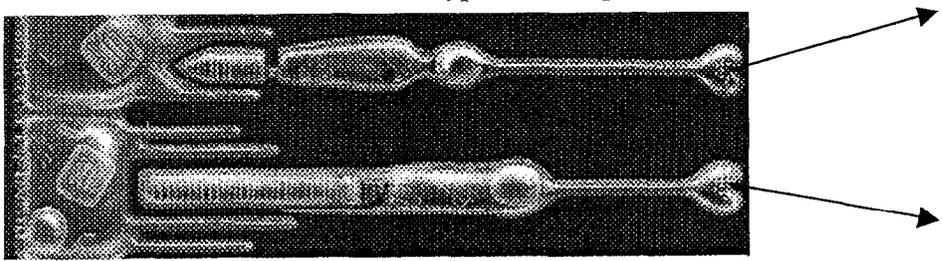
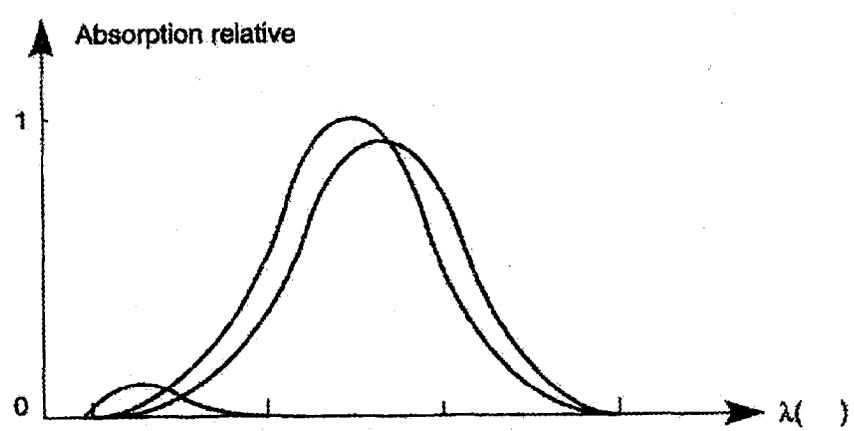


Figure 3
Courbes d'absorption relative des pigments des 3 types de cônes en fonction de la longueur d'onde de la lumière.



Examen ou concours :	Série* :	Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.
Spécialité/option :		
Repère de l'épreuve :		
Épreuve/sous-épreuve : <i>(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)</i>		

Partie A Document réponse 2

Figure 4

Composantes trichromatiques spectrales du système RVB de la C.I.E.

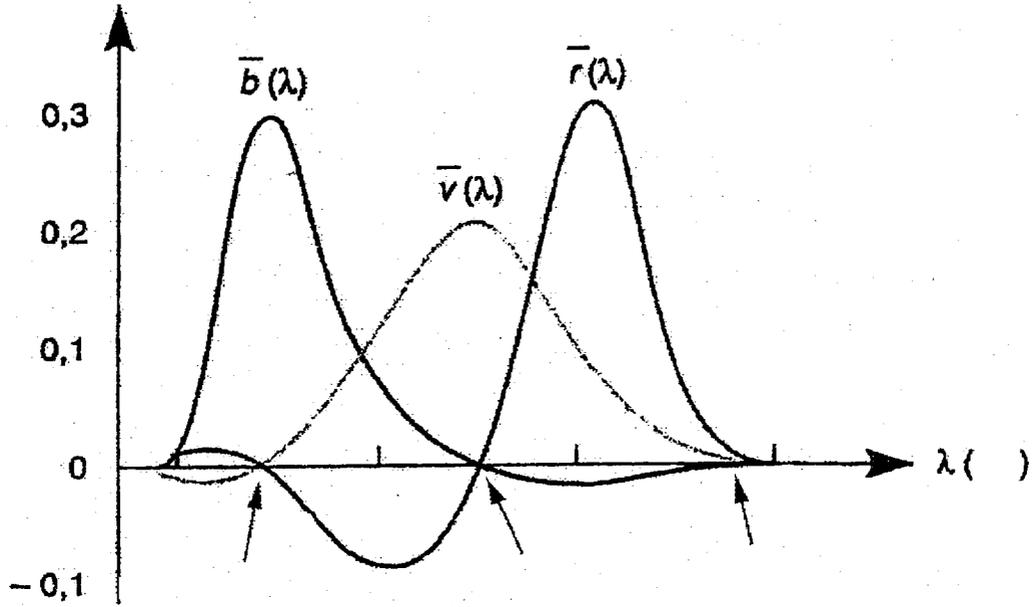


Figure 5 Diagramme xy

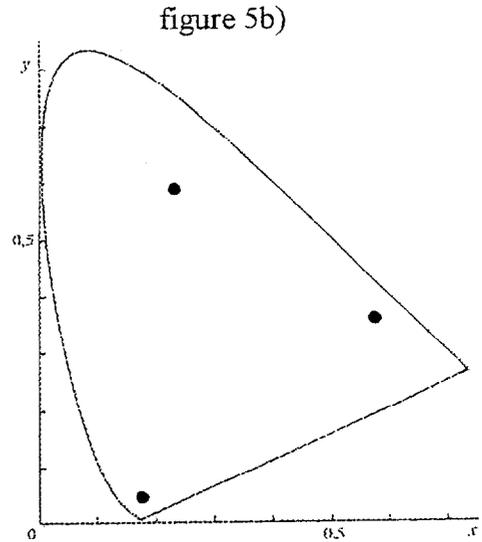
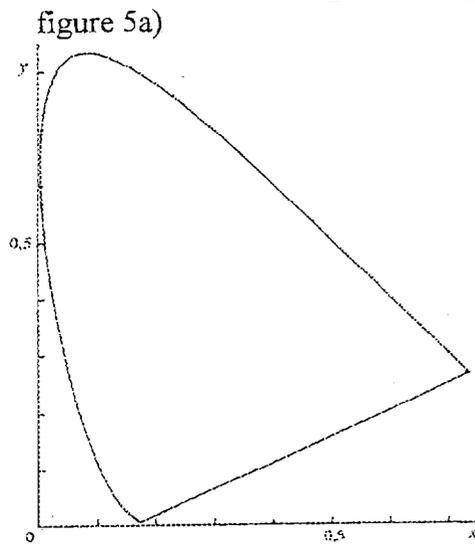
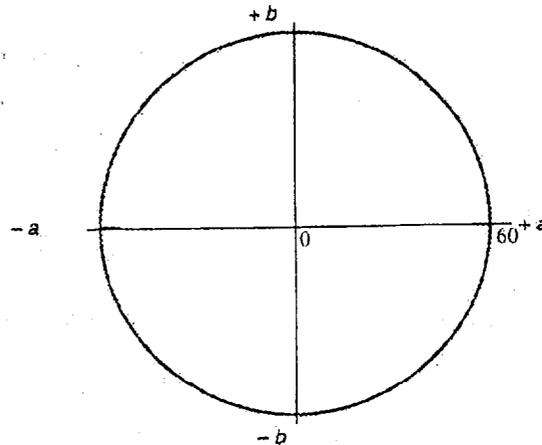


Figure 6 Diagramme ab



I. La sensibilisation spectrale (ou chromatique) d'une émulsion photographique (10 points).

A Principe : vous étudierez ce sujet en abordant les thèmes suivants :

- 1) Pourquoi doit-on sensibiliser spectralement une émulsion photographique ?
- 2) Comment sensibilise-t-on spectralement une émulsion photographique ? (éléments sensibilisateurs et principe général de la sensibilisation)
- 3) Comment cette sensibilisation chromatique est-elle mise en œuvre ? (vous expliquerez les différences de la mise en œuvre entre une émulsion de prise de vue noir et blanc et une émulsion de prise de vue couleur)

B Application : Soit les deux émulsions noir et blanc suivantes, le film Ilford SFX200 et le film Ilford FP4 Plus dont vous trouverez en annexe 1 et 2 les courbes de sensibilité spectrale.

- 1) Vous indiquerez la différence de rendu de valeurs entre ces deux films, une fois le tirage papier effectué, pour un sujet (à la prise de vue) ayant des plages colorées B, V et R.
- 2) Vous effectuez un portrait d'un personnage, ayant un teint clair avec des boutons rouges sur le visage. Quel est l'intérêt d'utiliser un film de type SFX200 par rapport à un film de type FP4 Plus ?

II. L'électrolyse (4 points).

Certains laboratoires de façonnage industriel électrolysent les trop pleins de certains de leurs bains de traitement.

- 1) De quels bains effectue-t-on l'électrolyse ? Dans quel but ?
- 2) L'électrolyse peut se faire en continu sur le bain machine ou en discontinu sur les trop-pleins. Expliquez les raisons d'un tel choix.

III. Le traitement papier couleur négatif/positif (6 points).

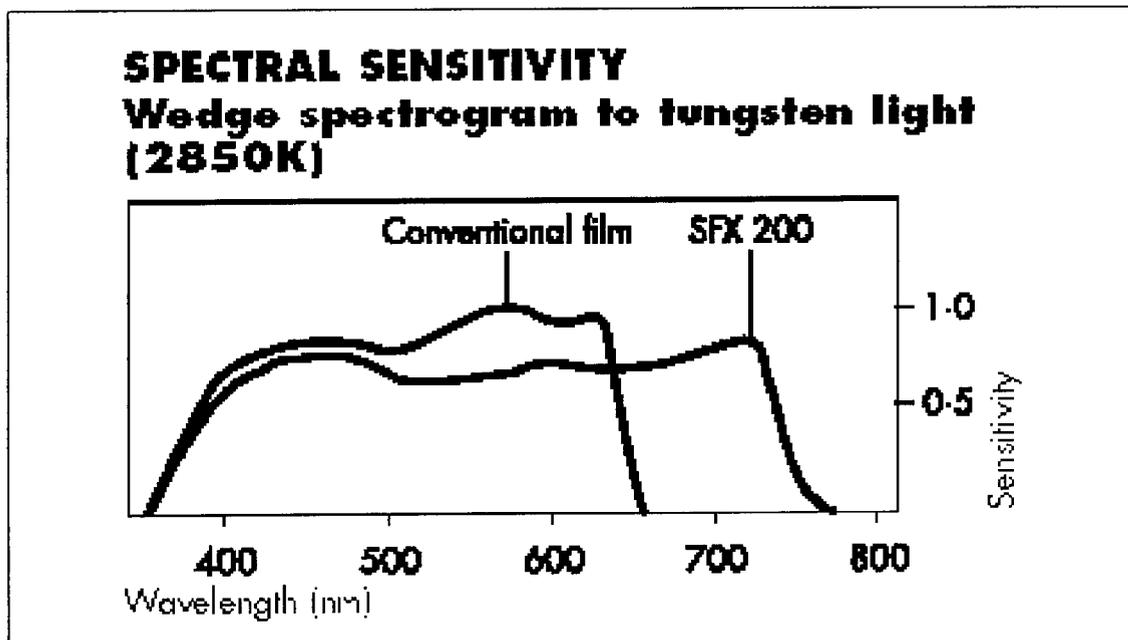
- 1) Indiquer le nom de ce traitement en version professionnelle Kodak
- 2) Détailler la séquence de traitement en expliquant le rôle de chacun des bains

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 7 sur 14

ANNEXE 1

Film Ilford SFX 200

Sensibilité spectrale :



Spectrogramme réalisé en lumière tungstène (2850 K)

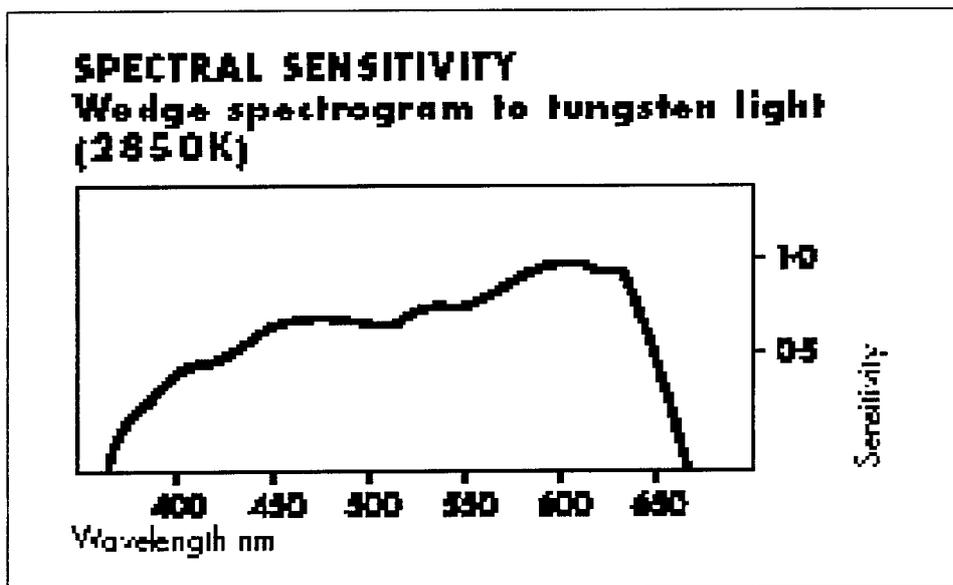
En abscisse, longueur d'onde en nm, en ordonnée, sensibilité spectrale du film.

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 8 sur 14

ANNEXE 2

Film Ilford FP4 Plus

Sensibilité spectrale :



Spectrogramme réalisé en lumière tungstène (2850 K)

En abscisse, longueur d'onde en nm, en ordonnée, sensibilité spectrale du film.

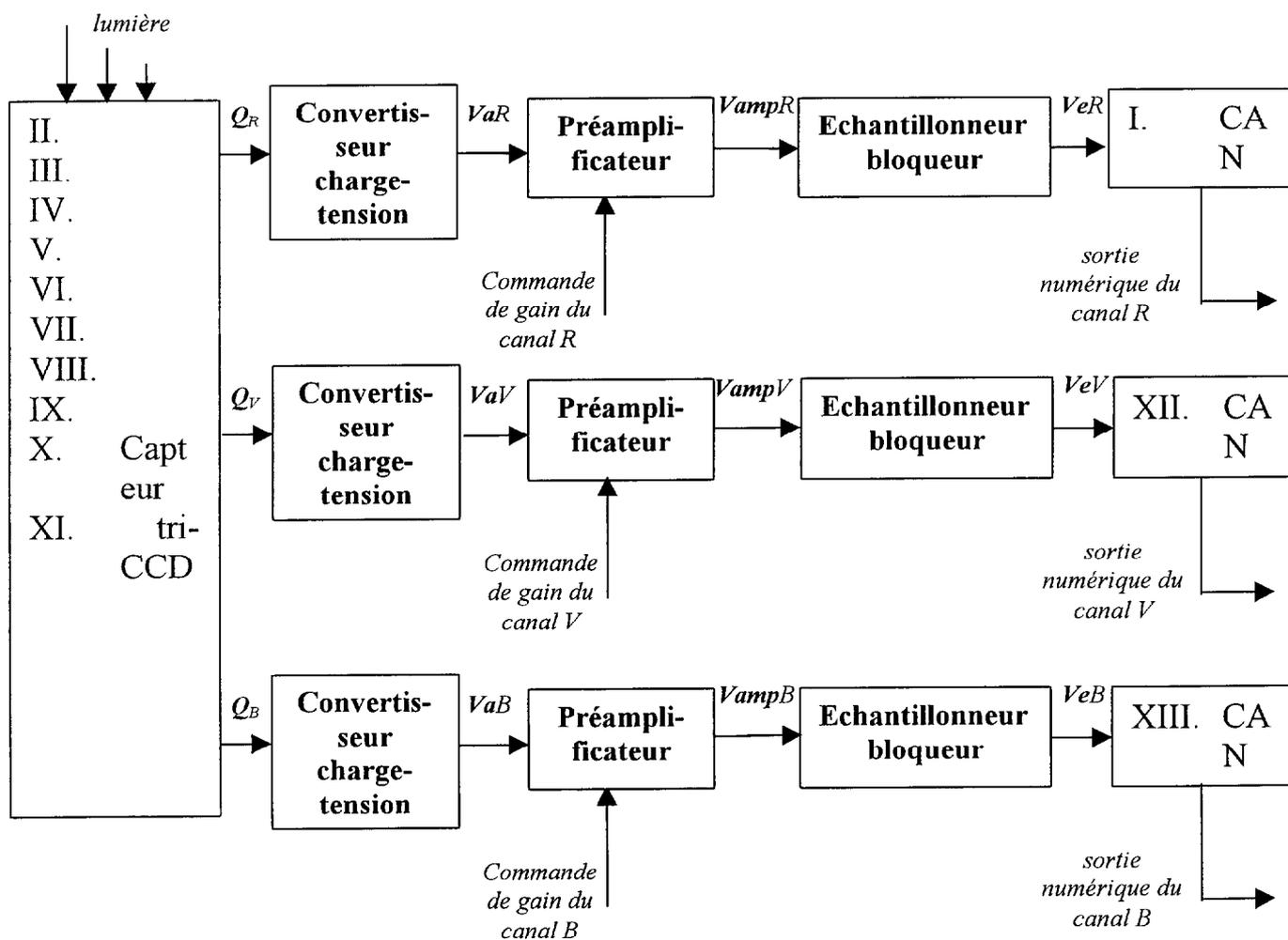
BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 9 sur 14

Etude d'un convertisseur analogique numérique (CAN)

Présentation du système étudié :

Ce problème porte sur l'étude d'une structure à convertisseur analogique-numérique placée au sein d'un scanner de films 35 mm. Le rôle de ce convertisseur est de réaliser une quantification numérique des grandeurs analogiques issues du capteur CCD.

Schéma fonctionnel de l'ensemble capteur-convertisseurs :



BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 10 sur 14

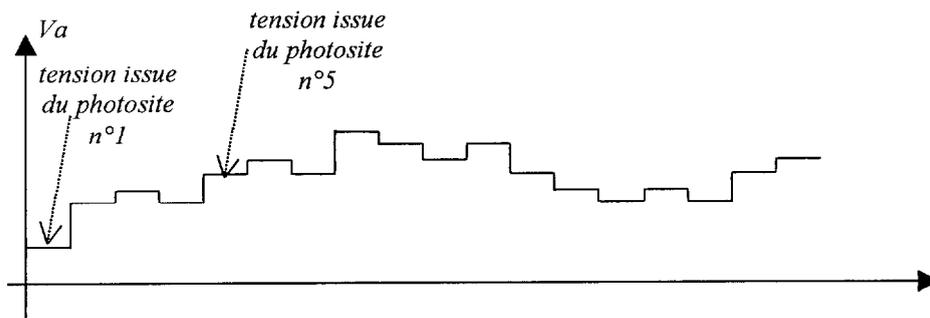
- **Capteur CCD** : il s'agit d'une barrette tri-CCD, c'est-à-dire d'un ensemble de trois barrettes de 2870 photosites chacune, filtrées respectivement en rouge, vert et bleu. La grandeur de sortie du capteur est la charge électrique Q . Elle est pour chaque photosite directement proportionnelle au nombre de photons l'ayant frappé.

On remarquera que l'on retrouve pour chacun des canaux issus du capteur –soit pour chaque barrette- une structure identique. On pourra donc, dans l'ensemble de ce problème, se limiter à l'étude d'une seule de ces trois structures.

- **Convertisseur charge-tension** : le rôle de cette structure est de fournir un signal analogique V_a proportionnel aux charges issues successivement du capteur tri-CCD.

L'évolution de V_a en fonction du temps correspond au « balayage » de la barrette du capteur, chaque photosite fournissant une amplitude de tension différente selon la quantité de lumière reçue.

Exemple d'allure du signal V_a :



- **Préamplificateur** : cette structure permet l'amplification du signal V_a en un signal V_{amp} avec un gain variable et commandable par le pilote du scanner.

- **Echantillonneur-bloqueur** : cette structure a un double rôle :

- acquérir une valeur V_e de la tension analogique à convertir (échantillonnage)
- maintenir cette valeur V_e constante pendant toute la durée de la conversion

- **CAN** : ou convertisseur Analogique- Numérique. Il permet la conversion de tensions d'entrée analogiques comprises entre 0 et 5 V en des valeurs numériques codées sur 12 bits.

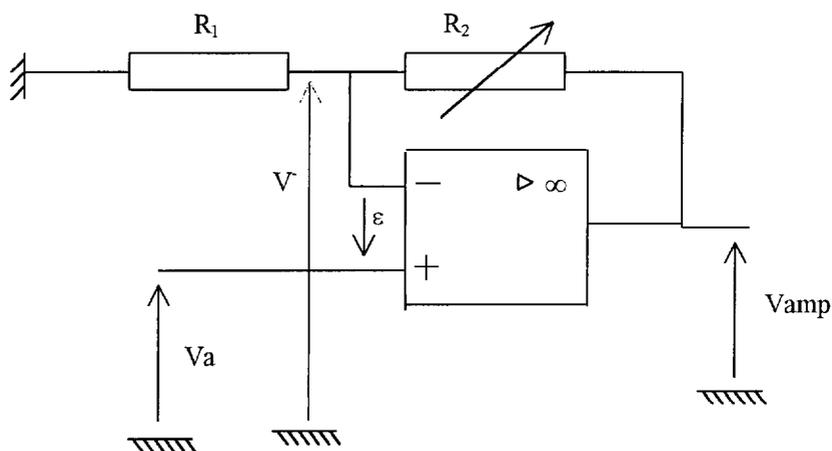
BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 11 sur 14

Travail demandé :

- 1 – Chaque convertisseur donne un signal numérique de sortie codé sur 12 bits.
Déterminez le nombre de valeurs numériques de quantification dont on dispose pour chacune des composantes chromatiques.
- 2 – La couleur finale associée à un pixel est déterminée par trois composantes de couleurs (R, V et B), soit une valeur numérique codée sur 36 bits.
Quel est le nombre de couleurs dont on dispose théoriquement ?
- 3 – Exprimez en binaire puis en hexadécimal la valeur de sortie d'un CAN dans le cas d'une tension d'entrée **V_{amp}** nulle.
- 4 - Exprimez en binaire puis en hexadécimal la valeur maximale de sortie du CAN.
- 5 – Une valeur d'entrée de 5V donne la valeur numérique de sortie maximale pour le CAN.
Donnez alors la résolution du convertisseur en volts (écart de tension d'entrée pour deux valeurs consécutives en sortie).
- 6 – Donnez en binaire puis en hexadécimal la valeur de sortie du CAN correspondant à une tension d'entrée **V_{amp}** de 1 V.
- 7 – Il se peut en numérisant l'ensemble d'une image que le signal **V_{amp}** n'atteigne jamais la valeur de 5 V.
Sur quel(s) paramètre(s) de ce système peut-on agir pour profiter de l'intégralité de la dynamique de conversion (c'est-à-dire de l'ensemble des valeurs disponibles au niveau de la sortie numérique du CAN) ?
Cette solution présente-t-elle des inconvénients ? Si oui précisez lesquels et dans quelles conditions ils sont les plus sensibles.
- 8 – Expliquez comment ce système traite les informations dans le cas d'une dynamique d'entrée trop grande (**V_{amp}** > 5 V) ? Quelle conséquence cela a-t-il au niveau de l'aspect de l'image numérisée ?

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 12 sur 14

Etude de l'étage pré-amplificateur :



On considère le modèle simplifié précédent où le gain variable est obtenu à l'aide d'un composant de résistance ajustable R_2 . On supposera d'autre part que l'ALI a un comportement idéal.

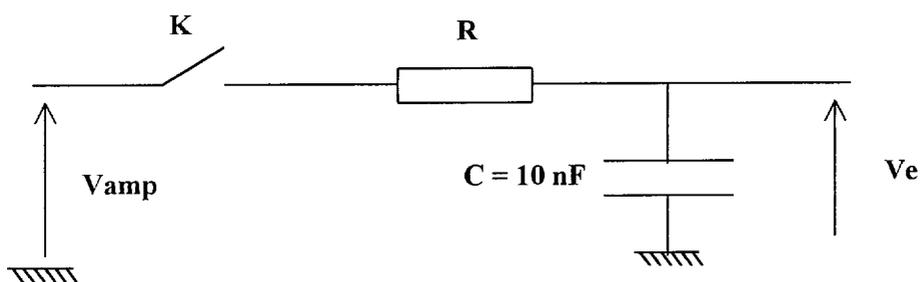
9 – Quelle relation y a-t-il entre la tension V_a et la tension V^- (différence de potentiel entre l'entrée inverseuse de l'ALI et la masse) ?

10 – Exprimez V_{amp} en fonction de V_a , R_1 et R_2 .

11 – On donne $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$.

Déterminez les valeurs extrêmes que doit prendre R_2 pour avoir un rapport d'amplification variant de 10 à 500.

Etude de l'échantillonneur-bloqueur :



La commutation par l'interrupteur K est en réalité réalisée par un élément semi-conducteur. On le modélise ici par un interrupteur mécanique.

Lorsque l'interrupteur K se ferme, le condensateur C est chargé par la tension V_{amp} . Lorsque K s'ouvre à nouveau, C maintient la tension V_e (échantillon de V_{amp}) afin de permettre la conversion.

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 13 sur 14

12 - Tracer l'allure de $V_e(t)$ à partir de l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur K.

On considérera le cas pour lequel on a les conditions initiales suivantes : $V_{amp} = 5\text{ V}$

et $V_e = 0\text{ V}$.

13 – Dans ce cas, calculez la valeur maximale de R pour permettre la stabilisation de V_e en un temps d'acquisition $t_a = 150\text{ ns}$ (on considérera qu'il faut un temps d'au moins cinq fois la constante de temps du circuit pour que V_e soit stabilisée).

14 – En considérant que le temps de conversion de l'échantillon après acquisition est de $t_c = 2\text{ }\mu\text{s}$, déterminez le temps T nécessaire à la numérisation d'une image 24×36 , sachant que sa définition finale est de 2870×4203 pixels.

BTS PHOTOGRAPHIE		SESSION 2003
CODE : PHPCGE	DUREE : 5 H	COEFFICIENT : 3
EPREUVE : PHYSIQUE- CHIMIE- GENIE ELECTRIQUE-U3		Page 14 sur 14