

SPECTROGRAPHE À CAPTEUR CCD

Nom des étudiants :

Date :

<i>Date de retour</i>	<input type="checkbox"/> 1 jour de retard	-2pts
	<input type="checkbox"/> 2 jours de retard	Note /2
	<input type="checkbox"/> + de 2 jours de retard	Note=0/20
<i>Rangement</i>	<input type="checkbox"/> Rangement non conforme = -2 pts	
<i>Fichiers extraits du site</i>	<input type="checkbox"/> Fichiers non copiés sur le bureau avant utilisation = -2 pts	

Compétences évaluées		Compétences détaillées		Correc teur	N° Question	Non évalué	0	1	2	3
Mener une analyse fonctionnelle du système, identifier ses éléments et vérifier ses performances										
C1.5	Simuler et valider les solutions techniques	Identifier les fonctions du système	CS	3.1						✔
		Simuler le fonctionnement	JH	3.2						✔
C3.2	Valider un système	Relever le comportement du système	CS	5.3						✔
		Comparer les résultats obtenus par simulation et en	JH	5.1						✔
		Argumenter les écarts constatés	JH	5.4						✔
Mettre en œuvre, régler et contrôler le fonctionnement du système										
C2.3	Régler le système	Identifier le matériel de contrôle	CS	4.4						✔
		Mettre en œuvre les appareils de mesurage	CS	4.2						✔
		Relever les résultats obtenus			x					✔
C3.1	Mettre en œuvre un système optique	Régler les sous-ensembles ou composants	JH	4.3						✔
		Assembler les composants nécessaire au système	JH	4.1						✔
		Mettre en œuvre une ou plusieurs opérations techniques permettant le bon fonctionnement du système	JH	5.2						✔
		Vérifier le fonctionnement				x				✔
<i>Taux pondéré de compétences et indicateurs évalués :</i>										100.00%
Note brute obtenue par calcul automatique (attention si le taux est <50%, le calcul n'est pas proposé) :										#DIV/0! /20
Note sur 20										/20

Appréciation globale

GRILLE DE NOTATION A REMPLIR PAR LES ENSEIGNANTS

cadre 1 : Barème de correction.

TOUS LES FICHIERS A UTILISER DANS CE TP DOIVENT ETRE EXTRAITS DU FICHIER ZIP DU SITE [SUR VOTRE BUREAU](#) AVANT D'ETRE UTILISES !! -2 POINTS AU TP SI CELA N'EST PAS FAIT.

1. Éléments à votre disposition

1.1 Matériel

1.2 Documentation

1.3 Logiciels

2. Présentation du contexte

Spectroscopie à fentes

Barette CCD

Électronique associée au capteur ILX503

Problématique du TP

La société PIERRON spécialisée dans le matériel pour l'enseignement cherche à développer un spectromètre. Elle cherche à en évaluer les performances tant au niveau du domaine des longueurs d'ondes observables que de la résolution du système.

3. Analyse du système :

Connexion :

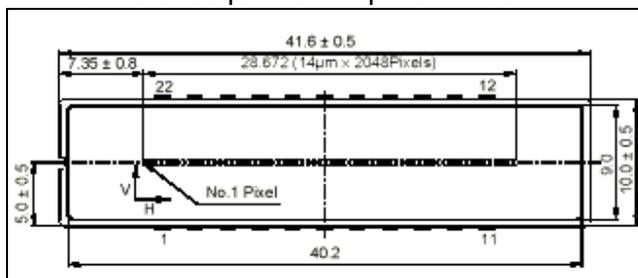
Connecter le boîtier électronique au port imprimante du micro-ordinateur.

Les différentes fonctions du logiciel seront décrites lors des acquisitions.

3.1. Principales caractéristiques

Rechercher dans le dossier technique les principales caractéristiques du capteur et de son électronique associée. (voir aussi cadre 2) :

- Nombre de pixels (utiles + aveugles)?
- À quoi sert le temps d'intégration dans un capteur CCD ?
- Quelle valeur théorique minimum peut prendre le temps d'intégration (on suppose que l'on connaît la fréquence f_0 de lecture des pixels et le nombre de pixels N) en fonction de f_0 et N ?
- Dans notre cas, la fréquence maximale de travail est de 5MHz. En déduire le temps d'intégration minimum.
- Distance centre à centre en μm entre les pixels ?
- Longueur (notée d) de la partie active du capteur CCD ?



cadre 2 : Capteur CCD.

Réponse :

3.2. Principes fondamentaux : Spectrographe

Le prisme d'angle A est utilisé au voisinage de la déviation minimum ($i \approx i'$).
La déviation est alors donnée par :

$$D_{\text{mini}} = 2 \sin^{-1} \left(n \sin \frac{A}{2} \right) - A \quad (1)$$

D_{mini} est donné dans la documentation courbe *Excel* ci-dessous en fonction de la longueur d'onde λ . Dans la relation (1), λ n'apparaît pas explicitement, expliquer pourquoi la déviation D dépend pourtant de λ en vous aidant de la deuxième courbe ci-dessous ?

Réponse :

D'après les documents (la première courbe et des caractéristiques ci-dessous) la déviation est-elle une fonction affine de λ ? Est-elle une fonction affine de $1/\lambda^2$?

Réponse :

Pour simplifier, la loi de Cauchy qui donne l'indice n d'un verre en fonction de λ est généralement admise : $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$.

Si on admet une loi semblable pour la déviation minimum : $D_{\text{mini}} = c + \frac{d}{\lambda^2}$, donner la valeur et l'unité des constantes c et d du graphe ci-dessous.

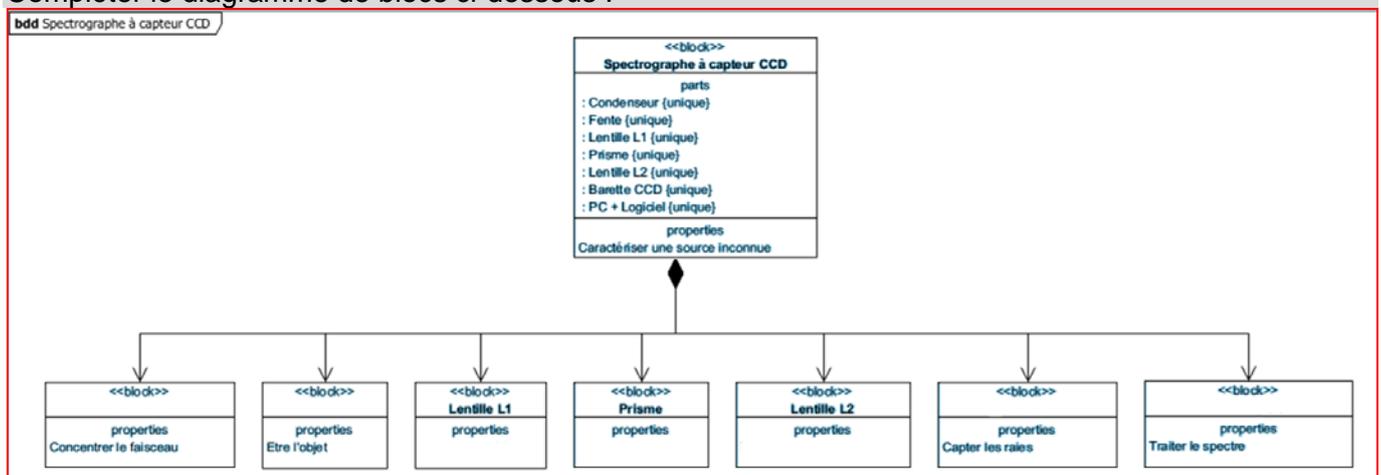
On s'intéresse aux radiations du domaine visible, du violet 405 nm au rouge 644 nm. Quelle sera en sortie de prisme l'écart angulaire α entre ces deux radiations extrêmes (1^{ière} courbe) ?

On choisit la focale de la seconde lentille $f_2 = 300$ mm. Peut-on observer le spectre visible du violet au rouge sur toute la longueur active d du capteur ?

Réponse :

3.3. Analyse fonctionnelle

Compléter le diagramme de blocs ci-dessous :



4. Mise en œuvre du système

4.1. Montage optique

Montrer le montage à un professeur.

4.2. Mise en œuvre du CCD

- Pour retrouver les différentes longueurs d'onde du cadmium et du mercure une fois l'étalonnage réalisé, déplacer la souris dans la fenêtre CCD, la longueur d'onde correspondant à la position de la souris s'affiche alors dans l'indicateur **Long. D'onde en nm**.
- **Sauvegarder l'enregistrement sous vos initiales.**

Réponse :

Voir

Faire appel à un professeur en cas de difficultés.

- Rassembler vos résultats dans le Tableau 1 :
- Noter la valeur des coefficients a et b de la régression.
- Sauvegarder à nouveau sous vos initiales.

Réponse :

Voir tableau 1

λ (nm)	436 Hg	468 Cd	480 Cd (F')	509 Cd	546 Hg	578 Hg	644 Cd(C')
Couleur	violet indigo	bleu	bleu clair	vert bleu	vert	jaune	rouge
N° pixel							

Tableau 1 : Raies du cadmium (468; 480; 509; 644 nm) et du mercure (436; 546 et le doublet jaune 577+579).

4.3. Étalonnage du spectrographe

Faire sous *Excel* le graphe du N° du pixel en fonction de $1/\lambda^2$ à partir du Tableau 1 Rechercher une régression linéaire permettant d'établir l'équation $N = f(1/\lambda^2)$. Comparer les coefficients de la DMC aux valeurs a et b précédentes.

Réponse :

Voir

4.4. Électronique

Description du signal CCDROG

Que représente ce signal ? (que se passe-t-il lorsque celui-ci est au niveau haut, puis au niveau bas ?)

Réponse :

4.5. Calcul informatique des coefficients DMC

Charger le logiciel *LabView*
 Créer un nouveau Vi vide
 Créer deux tableaux d'entiers un pour Lambda et un pour Npixel
 Compléter ces tableaux avec les valeurs données ci-contre.
 Réaliser le programme face diagramme qui permet l'affichage simultané de la courbe précédente et de sa droite de régression linéaire (le graphe est de type XY).
 L'affichage des coefficients a et b de la droite de régression sera fait sur la face avant.
 Imprimer la face diagramme

Lambda(nm)	N° pixel
435	1731
468	1345
480	1224
509	974
546	700
578	523
644	232

Faire valider par un professeur le fonctionnement de votre programme.

Réponse :

Voir

5. Analyse des performances du système

5.1. Pouvoir dispersif du prisme

A partir de la première courbe (page 4 : Dmini en fonction de λ) calculer l'écart angulaire α' entre les deux raies suivantes : les raies F' (480 nm) et C' (644 nm) du cadmium.

Comparer le résultat α' à celui (noté $\delta_{F'} - \delta_{C'}$) trouvé dans les livres (Tableau ci-contre). De quel type de verre est constitué le prisme ?

En tenant compte de la focale de 300 mm calculer la distance théorique entre ces deux raies.

A partir du tableau 1, établir en pixels puis en mm (1pix = 14 μm) l'écart expérimental entre les raies F' et C'. Comparer à la distance théorique. Comment peut-on expliquer la différence ?

Matériaux	Crown	Flint léger	Flint lourd	Silice fondue	Verre IR
Domaine spectral (μm)	0,3-2,7	0,3-2,8	0,36-2,8	0,18-3	0,3-4
n_e (0,5461 μm)	1,519	1,624	1,734	1,460	1,544
$n_{F'} - n_{C'}$	0,008	0,017	0,026	0,007	0,017
$\delta_{F'} - \delta_{C'}$	0° 40'	1° 40'	3°	0° 35'	1° 10'

Réponse :

5.2. Spectre du sodium

On suppose la largeur e de la fente source $\approx 0,1$ mm. Calculer la largeur de son image $e' = e \frac{f_2}{f_1}$.

Combien de pixels du capteur seront excités par une radiation supposée parfaitement monochromatique ? (On ne tient pas compte ici des aberrations et de la diffraction.)

Réponse :

Faire une sortie imprimante. Porter sur le graphe la valeur trouvée (longueur d'onde de la raie D) et comparer à la valeur attendue.

Expliquer pourquoi on ne voit pas les autres longueurs d'ondes du sodium.
Expliquer pourquoi on ne distingue pas les deux raies qui constituent le doublet du sodium.

Réponse :

5.3. Étude de la CCD

Connaissant le nombre des pixels (utiles et inutiles), retrouver, en observant le chronogramme du signal CCD ROG, la fréquence horloge des pixels.

Réponse :

5.4. Conclusion

Pour satisfaire aux exigences de la société PIERRON, précisez :

Le domaine des longueurs d'ondes observables ?

Sachant que la résolution théorique est de 0.16 nm/pixels, donner la résolution globale du système ?

Réponse :