

IIIb. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	N° d'inscription :

Ce sujet comporte **cinq** feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.
L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.
L'utilisation de la calculatrice est autorisée.

CONTEXTE DU SUJET

En feuilletant une revue scientifique, une élève découvre diverses images illustrant les phénomènes d'interférences lumineuses. Très curieuse, elle désire en savoir davantage sur ce phénomène.

Le but de cette épreuve est d'apporter une explication satisfaisante quant à la présence d'irisations sur certaines figures d'interférences.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Figures d'interférences**

En 1801, Thomas Young, dans le but de comprendre le comportement de la lumière, fait interférer deux faisceaux de lumière issus d'une même source, en les faisant passer par deux petites fentes percées dans un support opaque. Selon la source utilisée, la figure d'interférences n'est pas la même.

Image n°1: Figure d'interférences en lumière monochromatique

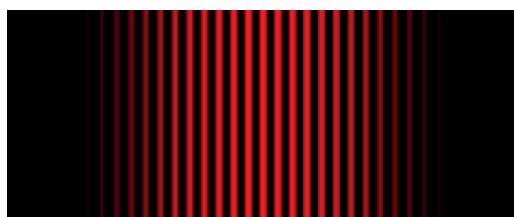
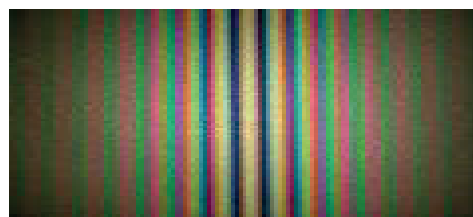


Image n°2 : Figure d'interférences en lumière polychromatique



Document 2 : interfrange et longueur d'onde

Un dispositif de fentes d'Young, éclairé en lumière monochromatique de longueur d'onde λ , permet d'observer une figure d'interférences dont l'interfrange i , distance séparant deux franges brillantes consécutives sur l'écran, est proportionnelle à λ .

Document 3 : images numériques

Un capteur photographique numérique est constitué d'une mosaïque d'éléments sensibles à la lumière associés à des filtres colorés qui tiennent compte de la sensibilité de l'œil humain. Les valeurs approximatives des longueurs d'onde correspondant aux maxima de transmission de chaque filtre sont précisées dans le tableau suivant :

Filtre bleu	Filtre vert	Filtre rouge
$\lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$	$\lambda_{\max} = 550 \text{ nm}$	$\lambda_{\max} = 630 \text{ nm}$

Une « image numérique couleur » est un tableau de nombres dans lequel chaque pixel de l'image est codé par trois nombres correspondant l'un à un niveau de rouge, l'autre de vert et le dernier de bleu.

Matériel mis à disposition du candidat :

- une série de fentes d'Young d'écartements différents ;
- une source de lumière blanche ;
- un laser (de longueur d'onde voisine de 650 nm) sur support réglable en hauteur ;
- un écran blanc ;
- un écran translucide ;
- un appareil photographique ou une webcam, disposé(e) sur support réglable en hauteur ;
- un ordinateur muni d'un logiciel de capture d'image et du logiciel de traitement d'image *SalsaJ* ;
- un tableur-grapheur ;
- une notice d'utilisation du logiciel de capture d'image ;
- une notice d'utilisation simplifiée du logiciel *SalsaJ* ;
- une notice d'utilisation simplifiée du tableur-grapheur ;
- un fichier « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » dans le répertoire

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Interférences en lumière monochromatique** (20 minutes conseillées)

- 1.1. À partir du matériel mis à disposition, proposer le schéma légendé d'un montage permettant d'obtenir une figure d'interférences comparable à l'image n°1 du document n°1 et de capturer l'image numérique de cette figure.

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour valider le montage ou en cas de difficulté	

- 1.2. Après validation par l'évaluateur, faire le montage et les réglages de façon à obtenir une figure d'interférences de bonne qualité.

Capturer l'image numérique et l'enregistrer dans le répertoire

- 1.3. En suivant le protocole ci-dessous, déterminer la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels.

PROTOCOLE	
- Ouvrir le fichier de l'image capturée avec le logiciel <i>SalsaJ</i>. - Cliquer sur l'icône « Sélection rectiligne » et tracer une ligne de coupe perpendiculaire aux franges d'interférences. - Cliquer sur l'icône « Coupe » afin d'afficher les variations de l'intensité lumineuse sur cette ligne. - Déterminer, le plus précisément possible, la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels.	

$i_{\text{rouge}} = \dots\dots\dots$

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'image et la détermination de l'interfrange ou en cas de difficulté	

2. Interférences en lumière polychromatique (20 minutes conseillées)

Le montage permettant d'obtenir une figure d'interférences en lumière blanche est beaucoup plus délicat à réaliser. Une image similaire à l'image n°2, « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » a été trouvée sur internet.

2.1. En suivant le protocole ci-dessous, effectuer le traitement de l'image numérisée se trouvant dans le répertoire

PROTOCOLE

Ouvrir le fichier de l'image n°2, nommé « *interferences_lumiere_blanche.jpg* » avec le logiciel *Sa/saJ*.

Dans le menu « Image », cliquer sur « Couleurs » puis sur « Séparation R/V/B » : on visualise séparément les trois composantes : R (rouge ou red), V (vert ou green) et B (bleu ou blue) de la photographie numérique. Déterminer, **pour la composante verte**, le plus précisément possible, la valeur de l'interfrange i mesurée en pixels.

Pour les deux autres composantes, les mesures ont été réalisées et rassemblées dans le tableau ci-dessous. Les valeurs y sont indiquées en pixels.

Compléter le tableau.

i_{bleu}	i_{vert}	i_{rouge}
323 pixels		425 pixels

APPEL n° 3

Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté



2.2. Pourquoi la valeur de l'interfrange i_{rouge} fournie dans le tableau ci-dessus n'est-elle pas la même que celle obtenue à la question 1.3 ?

.....

.....

.....

.....

3. Confrontation avec la loi proposée (20 minutes conseillées)

3.1. À l'aide d'une étude graphique, montrer que les valeurs du tableau sont en accord avec le modèle proposé dans le document 2. Préciser les grandeurs choisies en abscisse et en ordonnée. Décrire le graphe obtenu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2. En interprétant la figure d'interférences en lumière blanche comme la superposition de plusieurs figures d'interférence en lumière monochromatique, expliquer la présence d'irisations sur l'image n°2 du document 1. Justifier la réponse (on pourra faire un dessin avec les couleurs bleu, vert et rouge).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.

1. Interférences en lumière monochromatique (20 minutes conseillées)

Les compétences **ANALYSER** et **RÉALISER** sont mobilisées et évaluées dans cette partie.

Attention, il est impératif de remarquer que les compétences ANALYSER (partie 2 et 3) et RÉALISER (partie 2) sont affectées d'un fort coefficient et qu'elles sont évaluées à d'autres moments de l'épreuve. L'examineur attend que les différentes tâches associées de ces parties soient réalisées avant d'associer un niveau à ces compétences.

Avant l'appel n°1, l'examineur devra suivre attentivement, en continu, la progression du candidat pour l'orienter éventuellement, mais se gardera d'intervenir trop tôt, afin de laisser le candidat mûrir sa réflexion.

Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence **ANALYSER** est le suivant :

- concevoir un dispositif expérimental.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur observe en continu le travail expérimental du candidat et vérifie, au cours de l'appel n°1 que :

- les différents objets sont alignés et dans l'ordre ;
- le schéma est correctement légendé.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle. Enfin, si le candidat ne parvient toujours pas à progresser dans sa tâche, l'examineur peut lui apporter une solution totale.

Exemples de solutions partielles pour la compétence ANALYSER**Solution partielle 1**

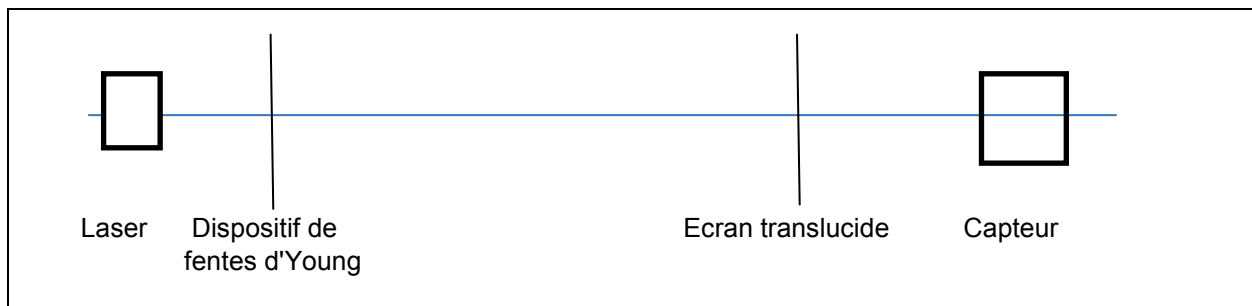
Le laser est utilisé comme source de lumière.

Solution partielle 2

Les fentes d'Young doivent être disposées sur le trajet de la lumière.

Solution partielle 3

Le capteur doit être placé derrière l'écran translucide.

Exemples de solution totale pour la compétence ANALYSER

Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence **RÉALISER** est le suivant :

- utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur observe en continu le travail expérimental du candidat et vérifie, au cours de l'**appel n°2** que :

- les différents objets ont été placés de façon à obtenir une qualité d'image satisfaisante ;
- l'image capturée a été convenablement enregistrée sur l'ordinateur ;
- le protocole donné a été suivi afin de déterminer la valeur de l'interfrange à l'aide du logiciel SalsaJ.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle.

Exemples de solutions partielles pour la compétence RÉALISER

Solution partielle 1

L'examineur indique au candidat d'utiliser le dispositif d'Young avec le plus petit écartement.

Solution partielle 2

L'examineur indique au candidat de prendre la plus grande distance fente-écran

Solution partielle 3

L'examineur ouvre le fichier image à l'aide du logiciel SalsaJ.

Solution partielle 4

L'examineur trace la ligne de coupe (ligne suivant laquelle sera réalisée l'acquisition des valeurs associées aux pixels).

Solution partielle 5

L'examineur indique au candidat comment obtenir une image nette.

Exemple de solution totale pour la compétence RÉALISER

Solution totale

L'examineur fournit au candidat une valeur de l'interfrange $i_{\text{rouge}} = 523$ pixels (par exemple).

2. Interférences en lumière polychromatique (20 minutes conseillées)

Les compétences **RÉALISER** et **ANALYSER** sont mobilisées et évaluées dans cette partie.

Attention, il est impératif de remarquer que les compétences RÉALISER (partie 2) et ANALYSER (partie 1 et 3) sont affectées d'un fort coefficient et qu'elles sont évaluées à d'autres moments de l'épreuve.

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence **RÉALISER** sont les suivants :

- utiliser le matériel (dont l'outil informatique) de manière adaptée ;
- effectuer des mesures avec précision.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur vérifie au cours de l'**appel n°3** :

- que le candidat a utilisé le logiciel de traitement d'image afin de séparer les composantes RVB ;
- que le candidat a mesuré la valeur de l'interfrange en suivant le protocole donné ;
- la valeur de i_{vert} .

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle.

Exemples de solutions partielles pour la compétence RÉALISER**Solution partielle 1**

L'examineur ouvre l'image des interférences en lumière blanche.

Solution partielle 2

L'examineur extrait les trois composantes RVB.

Solution partielle 3

L'examineur trace la ligne de coupe (ligne suivant laquelle sera réalisée l'acquisition des valeurs associées aux pixels) sur la composante verte.

Solution totale à apporter au candidat pour la compétence RÉALISER**Solution totale**

La valeur de l'interfrange mesurée en pixels en utilisant la composante verte de l'image est $i_{verte} = 372$ pixels.

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence **ANALYSER** sont les suivants :

- formuler une hypothèse.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur vérifie :

- que le candidat a formulé une hypothèse plausible concernant les conditions expérimentales.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle.

Exemples de solutions partielles pour la compétence ANALYSER**Solution partielle 1**

De quels paramètres peut dépendre la valeur de l'interfrange ?

Solution partielle 2

Les conditions expérimentales dans lesquelles a été réalisée l'image n°2 sont-elles identiques à celles de l'expérience réalisée pour obtenir l'image n°1 de la partie 1 ?

Exemples de solution totale pour la compétence ANALYSER à destination de l'examineur

La solution totale correspondant à la compétence ANALYSER est donnée à l'évaluateur à titre d'information et ne doit pas être fournie au candidat.

Solution totale concernant la deuxième question de la partie 2

La valeur de l'interfrange dépend, outre de la longueur d'onde du laser, de la distance D entre les fentes et la caméra et de la distance a entre les 2 fentes d'Young. Or, on ne connaît rien des conditions expérimentales dans lesquelles l'image n°2 a été prise. Il est peu probable que les conditions dans lesquelles l'image n°1 a été réalisée dans la partie 1 soient identiques...

3. Confrontation avec la loi proposée (20 minutes conseillées)

La compétence **VALIDER** et **ANALYSER** sont mobilisées et évaluées dans cette partie.

Attention, il est impératif de remarquer que la compétence ANALYSER (partie 1 et 2) est affectée d'un fort coefficient et qu'elle est évaluée à d'autres moments de l'épreuve.

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence **VALIDER** sont les suivants :

- exploiter des mesures ;
- valider ou infirmer une loi.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur observe en continu le travail expérimental du candidat.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle.

Exemple de solution partielle pour la compétence VALIDER**Solution partielle 1**

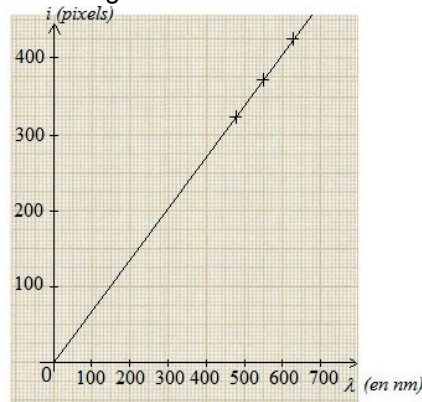
Relire le document 2

Solution partielle 2

Tracer le graphe représentant l'évolution de la valeur de l'interfrange i en fonction de celle de la longueur d'onde λ .

Exemple de solution totale pour la compétence VALIDER**Solution totale**

Le graphique montre une droite passant par l'origine ; il y a bien proportionnalité entre la valeur de l'interfrange mesurée et la valeur de la longueur d'onde.



Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence **ANALYSER** est le suivant :

- formuler une hypothèse.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur observe en continu le travail expérimental du candidat.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à rectifier de lui-même. Ensuite, l'examineur peut intervenir pour apporter au candidat une solution partielle.

Exemples de solutions partielles pour la compétence ANALYSER à destination de l'examineur

La solution totale correspondant à la compétence **ANALYSER** est donnée à l'évaluateur à titre d'information et ne doit pas être fournie au candidat.

Solution partielle 1

L'examineur attire l'attention du candidat sur la présence du terme "polychromatique" et donne sa signification.

Solution partielle 2

L'examineur indique au candidat que chaque radiation contribue à une figure d'interférences avec une valeur d'interfrange différente.

Solution totale à ne pas donner au candidat pour la compétence ANALYSER**Solution totale**

En lumière blanche, les figures d'interférences de chaque radiation sont décalées les unes par rapport aux autres car les valeurs des interfranges sont différentes.

Les figures d'interférences des différentes radiations se superposent : les couleurs s'ajoutent par le biais d'une synthèse additive (*ce terme n'est pas exigible*).