

BACCALAURÉAT SÉRIE S**Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE
Évaluation des Compétences Expérimentales****Sommaire**

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS	2
II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE	3
III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT	6
1. Choix expérimentaux pour une meilleure précision de mesure (10 minutes conseillées)	8
2. Mise en place du dispositif expérimental et mesure de l'interfrange (10 minutes conseillées)	8
3. Détermination de la longueur d'onde et de son incertitude (30 minutes conseillées).....	9
4. Retour sur le texte d'introduction (10 minutes conseillées)	11

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

Tâches à réaliser par le candidat	<p>Dans ce sujet, le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mettre en œuvre un protocole et mesurer de façon optimale un interfrange ; • estimer des incertitudes sur les grandeurs mesurées ; • utiliser le logiciel GUM_MC, version élèves, pour déterminer la longueur d'onde d'une lumière laser rouge, évaluer l'incertitude sur cette mesure (intervalle de confiance à 95%) ainsi que la contribution des sources d'erreur à l'incertitude ; • critiquer un résultat en comparant avec la valeur proposée dans le texte d'introduction.
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> • analyser (ANA) : coefficient 1 ; • réaliser (REA) : coefficient 3 ; • valider (VAL) : coefficient 2.
Préparation du poste de travail	<p><u>Avant l'arrivée du candidat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tous les appareils qui doivent être connectés au secteur le sont. • Le logiciel GUM_MC version élèves est ouvert. Le fichier de référence élèves (« young-incertitudes-eleve.gum2 »), fourni avec le sujet, est chargé dans le logiciel. • Dans l'énoncé destiné au candidat (fiche IIIb), les espaces libres en pointillés doivent être complétés en indiquant les valeurs des différents écartements a entre les fentes et la précision sur cette grandeur, fournie par le constructeur.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • lecture du document puis choix des paramètres expérimentaux permettant la mesure la plus précise de l'interfrange (10 minutes) ; • mise en place de l'expérience et mesure précise de l'interfrange (10 minutes) ; • détermination de la longueur d'onde et de son incertitude en utilisant GUM_MC (30 minutes) ; • retour sur le texte d'introduction (10 minutes). <p><u>Il est prévu trois appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lors de l'appel n°1, l'examineur valide les choix des paramètres expérimentaux. • Lors de l'appel facultatif, l'examineur n'intervient qu'en cas de demande du candidat, en situation de difficulté, pour réaliser le montage ou mesurer l'interfrange. • Lors de l'appel n°2, l'examineur valide les estimations faites par le candidat des incertitudes sur les grandeurs d'entrée. • Lors de l'appel n°3, l'examineur vérifie la détermination de la valeur de la longueur d'onde et de son incertitude associée par l'utilisation du logiciel GUM_MC. <p>Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.</p>
Remarques	<p>Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.</p> <p>On utilisera un laser de couleur rouge obligatoirement.</p> <p>Les valeurs numériques fournies dans le sujet sont données à titre indicatif.</p> <p>Toute réponse cohérente pour les évaluations des incertitudes par le candidat est acceptable.</p>

II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE

La version modifiable de l'ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT jointe à la version .pdf vous permettra d'adapter le sujet à votre matériel. Cette adaptation ne devra entraîner EN AUCUN CAS de modifications dans le déroulement de l'évaluation

Paillasse candidats

- une calculette type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur avec le logiciel GUM_MC, version élèves pouvant être téléchargée à l'adresse : http://jeanmarie.biansan.free.fr/gum_mc.html
- le fichier de référence **young-incertitudes-eleve.gum2** (testé avec la **version 2.10 du logiciel datant du 19/01/2014**) est déjà chargé dans le logiciel GUM_MC
- un laser de couleur rouge (par exemple, He-Ne $\lambda = 632,8$ nm) ; la valeur de la longueur d'onde ne doit **pas** être communiquée au candidat
- une diapositive comportant une série de trois fentes d'Young d'écartements connus et **fournies aux candidats** avec la mention de **l'incertitude relative fournie par le constructeur** (exemple de valeurs typiques d'écartements a : 0,2 mm, 0,3 mm et 0,5 mm, avec une incertitude relative de 10 %)
- un support pour la diapositive
- un mètre ruban (mesure distance fentes-écran D)
- un écran blanc (avec du papier millimétré éventuellement)
- une règle en plexiglas graduée au millimètre près
- des supports élévateurs

A propos de l'évaluation des incertitudes par le candidat

Dans ce sujet, il est notamment demandé au candidat d'estimer globalement l'incertitude sur la lecture de l'étendue d'un nombre entier d'interfranges. L'estimation demandée est ici composite (règle + pointé). Le choix a été fait de laisser le candidat évaluer globalement cette incertitude, par une demi-étendue en mm, dont il décide lui-même en justifiant qualitativement la valeur retenue.

L'objectif pédagogique de cette tâche est de laisser le candidat prendre une initiative globale qui a du sens pour lui en s'assurant qualitativement que les deux contributions à l'incertitude soient bien identifiées.

Toute réponse cohérente pour les évaluations des incertitudes par le candidat est acceptable.

Simplification du vocabulaire (à l'attention des examinateurs seulement)

Dans le logiciel GUM_MC version élèves, les élèves sont invités à entrer leurs valeurs d'incertitudes sur les grandeurs d'entrée dans la colonne « incertitudes ».

Dans la fiche IIIb de ce sujet apparaît le terme général « incertitude », même si, en toute rigueur, les élèves entreront dans le logiciel des valeurs de demi-étendues (en mètres).

GUM_MC se charge de calculer les incertitudes-types et les incertitudes-élargies automatiquement. Ces termes ne sont pas utilisés dans le sujet. Aucune formule de calcul d'incertitude n'est nécessaire.

Si un autre logiciel de calcul d'incertitudes a été utilisé pendant l'année, il convient de l'utiliser à la place de GUM_MC ; la fiche III devra être adaptée en conséquence. Ces adaptations ne doivent en aucun cas entraîner de modifications de l'objectif pédagogique énoncé ci-dessus ou des compétences mobilisées.

Documents mis à disposition des candidats

- une notice d'utilisation du logiciel GUM_MC version élèves (on pourra s'inspirer des éléments d'aide fournis ci-après).

Guide d'utilisation de GUM_MC version élèves

Important : La virgule décimale est le point « . ». Par exemple : 0,2 sera entré 0.2.
Pour les puissances de 10, on utilise « e ». Exemple : 2×10^{-3} sera entré 2e-3.
Toutes les grandeurs d'entrées doivent être converties en mètres.

- Pour démarrer, dans l'onglet « **Expression de la grandeur de sortie** », vérifier que la grandeur de sortie est *lambda* et son unité est m.

Valider et passer aux grandeurs d'entrée>>>

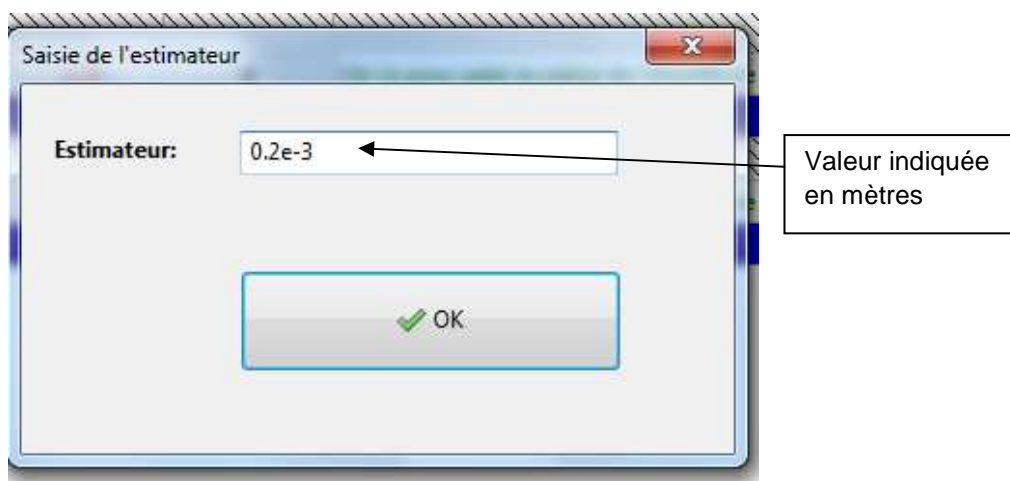
Cliquer sur le bouton

- L'onglet « **Grandeurs d'entrée** » est affiché. On doit entrer les valeurs de *a*, *D* et *i* **en mètres**, dans la colonne « Estimateur ».

Remarque : le logiciel GUM_MC représente toutes les grandeurs d'entrée en majuscules. Ainsi, l'écartement entre fentes est **symbolisé par le A majuscule**.

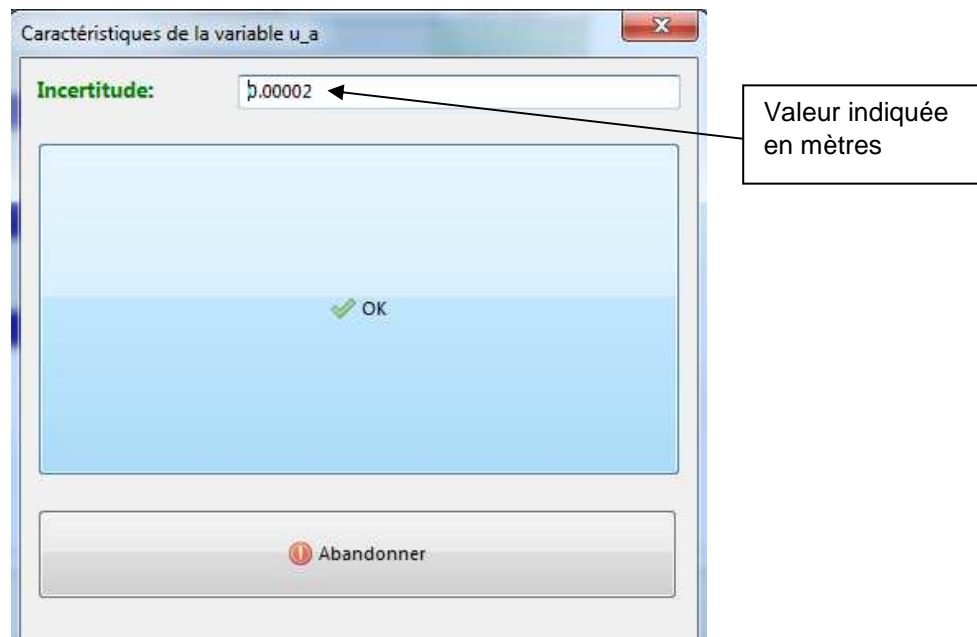
Mesurande	Estimateur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude	Descriptif
A	Clic ici pour saisir la valeur du mesurande !				
		u_a	B	Clic ici pour saisir la valeur de l'incertitude !	Incertitude sur a
D	Clic ici pour saisir la valeur du mesurande !				
		u_D	B	Clic ici pour saisir la valeur de l'incertitude !	Incertitude sur D
I	Clic ici pour saisir la valeur du mesurande !				
		u_i	B	Clic ici pour saisir la valeur de l'incertitude !	Incertitude sur i

Il suffit de cliquer sur « Clic ici pour saisir la valeur du mesurande » et le logiciel demande la valeur **en mètres**. Valider par OK.



Rappel : il est possible d'utiliser « e » pour les puissances de 10 afin de convertir en mètres.

- Pour fournir les valeurs des incertitudes estimées sur a , D et i au logiciel, cliquer sur « Clic ici pour saisir la valeur de l'incertitude » et le logiciel demande la valeur. Entrer la valeur de l'incertitude **en mètres**. Valider par OK.



- Une fois les trois incertitudes entrées, cliquer sur :



- L'onglet « **Résultats par propagation** » est affiché. Les contributions aux sources d'erreurs en % sont affichées sous forme d'histogramme.

En bas de la fenêtre, les intervalles de confiance sont fournis ainsi que l'écriture finale de la longueur d'onde **en mètres**.

III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

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

Ce sujet comporte **six** 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 d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.

CONTEXTE DU SUJET

Le médecin et physicien anglais Thomas Young (1773-1829) s'intéressa particulièrement au problème de la lumière dont il disait qu'il pouvait nous aider à en comprendre la nature. [...]

En faisant passer un faisceau lumineux à travers deux fentes taillées dans un cache placé à proximité d'un écran, il observe sur cet écran une succession de raies sombres et brillantes ; cela est le signal de l'interférence de deux ondes dont les intensités se retranchent ou s'ajoutent selon la valeur de la différence de marche. En analogie avec les phénomènes sonores, il conclut alors de ses mesures que « la largeur des ondulations qui constituent la lumière rouge doit être dans l'air de l'ordre d'un trente-six millième* de pouce** ».

*D'après Bernard PIRE, « EXPÉRIENCE DE YOUNG », Encyclopædia Universalis [en ligne],
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/experience-de-young/>*

* un trente-six millième = $\frac{1}{36000}$

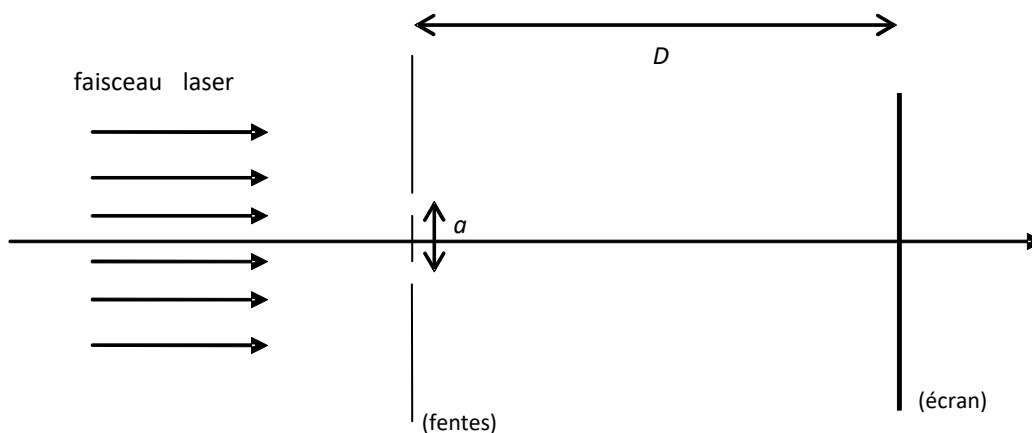
** 1 pouce = 2,54 cm

Le but de cette épreuve est d'utiliser des « fentes d'Young », en recherchant les conditions expérimentales optimales pour déterminer la longueur d'onde d'une lumière laser rouge, puis de la comparer avec le résultat obtenu par le physicien Young.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Précautions de sécurité**

On dispose d'une source laser. Elle produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance lumineuse susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible.

ATTENTION : ne jamais regarder directement le faisceau de lumière d'un laser ni placer sur son trajet des objets réfléchissants (montre, bagues, règle métallique...).

Document 2 : Dispositif expérimental des fentes d'Young

Une lumière monochromatique émise par un laser de longueur d'onde λ est envoyée sur le dispositif appelé « fentes d'Young », constitué de deux fentes verticales parallèles et très fines, séparées d'un écartement a .

Sur un écran parallèle au plan contenant les fentes et placé à la distance D de ces dernières, on observe une figure horizontale formée par des taches lumineuses.

Le schéma ci-dessus n'est pas à l'échelle.

Document 3 : Figure d'interférences et interfrange

La distance entre deux franges brillantes ou bien deux franges sombres successives est appelée interfrange, noté i .

L'expression de l'interfrange i (en m) est : $i = \lambda \cdot \frac{D}{a}$ avec λ la longueur d'onde de la radiation (en m), a l'écartement entre les fentes (en m) et D la distance entre les fentes et l'écran (en m).

Matériel mis à disposition du candidat

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur avec le logiciel GUM_MC et sa notice d'utilisation
- le fichier de référence **young-incertitudes-eleve.gum2** déjà ouvert dans le logiciel GUM_MC
- un laser de couleur rouge
- une diapositive comportant une série de trois fentes d'Young d'écartements connus
- un support pour la diapositive
- un mètre ruban
- un écran blanc
- une règle en plexiglas graduée au millimètre près
- des supports élévateurs

TRAVAIL À EFFECTUER**1. Choix expérimentaux pour une meilleure précision de mesure** (10 minutes conseillées)

On dispose d'une diapositive comportant une série de trois fentes d'Young d'écartements a différents $a_1 = \dots\dots\dots$ m ; $a_2 = \dots\dots\dots$ m ; $a_3 = \dots\dots\dots$ m, ainsi que le matériel nécessaire pour mettre en œuvre le dispositif expérimental décrit dans le document 2.

En examinant les documents et le matériel proposés, indiquer quel(s) est(sont) le(s) paramètre(s) de l'expérience qui devrai(en)t avoir une influence sur la valeur de l'interfrange i .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Choisir alors la valeur du ou des paramètres de l'expérience qu'il est possible de régler afin de déterminer la valeur de l'interfrange i , de la manière la plus précise possible, à partir d'une mesure faite sur l'écran. Indiquer ci-dessous la(les) valeur(s) numérique(s) du(des) paramètre(s) choisi(s) et ne plus en changer.

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter les réponses ou en cas de difficulté	

2. Mise en place du dispositif expérimental et mesure de l'interfrange (10 minutes conseillées)

Mettre en place le dispositif expérimental décrit, en plaçant les fentes d'Young fournies devant un laser émettant une lumière monochromatique rouge de longueur d'onde λ et respectant la(les) valeur(s) du(des) paramètre(s) choisi(s) à la question précédente.

Observer la figure d'interférences.

Faire une mesure sur l'écran, de façon la plus précise possible, pour accéder à la valeur de l'interfrange i . Indiquer ci-dessous la méthode utilisée et le résultat obtenu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL facultatif		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

3. Détermination de la longueur d'onde et de son incertitude (30 minutes conseillées)

Pour déterminer expérimentalement un encadrement de la longueur d'onde du laser, ainsi que l'intervalle de confiance correspondant, on utilisera le logiciel GUM_MC version élèves, permettant de calculer la longueur d'onde recherchée à partir des valeurs qui viennent d'être obtenues.

Au préalable, il faut évaluer les incertitudes de chaque mesure.

Pour l'écartement a entre les deux fentes d'Young, l'incertitude relative fournie par le constructeur est de 10 %. Calculer la valeur de l'incertitude sur a , en mètre, et qui sera notée u_a dans le logiciel :

.....

.....

.....

.....

.....

La mesure de D , distance fentes-écran, a été réalisée à l'aide du mètre ruban.

Identifier les sources d'erreurs et les énumérer ci-dessous.

Sans faire de calcul, estimer globalement, **en mètre**, l'incertitude sur la mesure de D , notée u_D dans le logiciel.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

La détermination de l'interfrange i a été réalisée à partir d'une mesure à la règle graduée.

Comme précédemment, identifier et énumérer les sources d'erreurs sur la mesure de longueur qui va permettre la détermination de l'interfrange. Estimer globalement, **en mètres**, cette incertitude et en déduire l'incertitude sur i , notée u_i dans le logiciel.

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour présenter les réponses ou en cas de difficulté	

Entrer dans le logiciel GUM_MC, **en mètres**, chaque valeur expérimentale ainsi que chacune des incertitudes associées.

Utiliser ensuite les fonctionnalités du logiciel pour obtenir la valeur de la longueur d'onde du laser obtenue par cette expérience : on choisira l'affichage « Écriture finale : 1 chiffre sur l'incertitude », pour un « intervalle de confiance à 95% ». Reporter ci-dessous ce résultat.

.....

.....

.....

.....



Exploiter les diagrammes disponibles dans le logiciel pour identifier la source d'erreur qui apporte la plus grande contribution à l'incertitude.

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	<p>Appeler le professeur pour présenter les conclusions ou en cas de difficulté</p>	

4. Retour sur le texte d'introduction (10 minutes conseillées)

La valeur de la longueur d'onde de la lumière laser rouge déterminée expérimentalement est-elle compatible avec celle énoncée par le physicien Young dans sa conclusion : « *la largeur des ondulations qui constituent la lumière rouge doit être dans l'air de l'ordre d'un trente-six millième de pouce* » ? Argumenter en apportant un regard critique sur les résultats obtenus.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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