

BACCALAURÉAT SÉRIE S

Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE
Évaluation des Compétences Expérimentales

Ce sujet fait partie de la banque nationale de sujets dans laquelle les sujets d'une session sont tirés au sort.

Ce sujet est soumis à la clause de STRICTE ET TOTALE CONFIDENTIALITÉ.

Il ne peut faire l'objet d'AUCUNE DIFFUSION, y compris après la tenue de la session du baccalauréat.

SECONDE PARTIE
ÉNONCÉ ET ÉVALUATION

Sommaire

IIIb. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT	2
1. Choix expérimentaux pour une meilleure précision de mesure (10 minutes conseillées)	4
2. Mise en place du dispositif expérimental et mesure de l'interfrange (10 minutes conseillées)	4
3. Détermination de la longueur d'onde et de son incertitude (30 minutes conseillées)	5
4. Retour sur le texte d'introduction (10 minutes conseillées)	7
IV. REPÈRES POUR L'ÉVALUATION	8
1. Choix expérimentaux pour une meilleure précision de mesure	9
2. Mise en place du dispositif et mesures expérimentales (parties 2, 3.1 et 3.2)	9
3. Détermination de la longueur d'onde et de son incertitude (parties 3.3 à 3.5)	11
4. Retour sur le texte d'introduction	12
V. GRILLE D'ÉVALUATION	14

IIIb. 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 de la calculatrice est autorisée.

CONTEXTE DU SUJET

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

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 constitue 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], consulté le 15 juin 2013. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/experience-de-young/>

* 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 établi par le physicien Young.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DU CANDIDAT

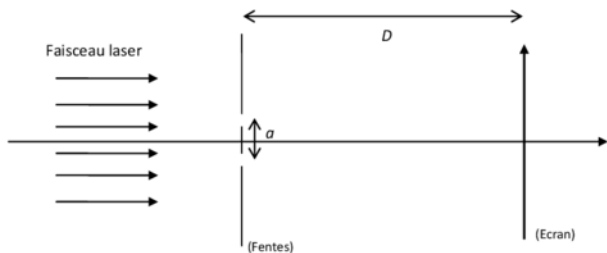
Document 1 : Précautions de sécurité



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 : Il ne faut 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 parallèles et très fines, séparées d'un écartement a .

Sur un écran parallèle aux 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).

La distance D doit être grande (1 à 3 m).

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 quels sont le(s) paramètre(s) de l'expérience qui devrai(en)t avoir une influence sur 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 les valeurs numériques des paramètres choisis 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)

2.1. Mettre en place le dispositif expérimental décrit, en plaçant les fentes d'Young fournies dans le dispositif, avec un laser produisant une lumière monochromatique rouge de longueur d'onde λ . Observer la figure d'interférences.

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

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

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

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

Comme précédemment, analyser 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**



3.4. Entrer dans le logiciel GUM_MC chaque valeur expérimentale ainsi que chacune des incertitudes associées.

3.5. 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 « Ecriture finale : 1 chiffre sur l'incertitude », pour un « intervalle de confiance à 95% ». Reporter ci-dessous ce résultat :

IV. REPÈRES POUR L'ÉVALUATION

Niveau	ANA, REA, VAL, APP	ANA, REA, VAL, APP	COM
	Coefficient 1	Coefficient 2 ou 3	Coefficient 1
A	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet ou avec une ou deux interventions de l'examinateur, concernant des difficultés identifiées et explicitées par le candidat et auxquelles il apporte une réponse quasiment de lui-même.	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet ou avec une ou deux interventions de l'examinateur, concernant des difficultés identifiées et explicitées par le candidat et auxquelles il apporte une réponse quasiment de lui-même, ou bien grâce à une ou deux questions ouvertes de l'examinateur concernant des difficultés non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci, après y avoir réfléchi.	Le candidat a réalisé une communication cohérente, complète et avec un vocabulaire scientifique adapté.
B	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet grâce à une ou deux questions ouvertes de l'examinateur concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci, après y avoir réfléchi.	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet grâce à plus de deux questions ouvertes de l'examinateur concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci, après y avoir réfléchi ou bien avec l'apport d'une seule solution partielle .	Le candidat a réalisé une communication cohérente, incomplète, mais il l'a exprimée pour l'essentiel avec un vocabulaire scientifique adapté.
C	Dans le cas où il n'y a qu'une seule tâche demandée , le candidat reste bloqué dans son avancement, malgré les questions ouvertes posées par l'examinateur. Des solutions partielles sont apportées au candidat, lui permettant finalement d'achever seul le travail demandé. Ou bien, plusieurs tâches distinctes sont demandées pour évaluer la compétence et au moins une tâche est menée à bien par le candidat , les autres solutions totales étant données.		Le candidat a réalisé une communication manquant de cohérence, incomplète ou bien avec un vocabulaire scientifique non adapté.
D	Dans le cas où il n'y a qu'une seule tâche demandée , le candidat a été incapable de la réaliser malgré les solutions partielles apportées par l'examinateur. Ou bien, le candidat a été incapable de réaliser au moins une des tâches demandées malgré l'apport d'une ou de plusieurs solutions totales quand plusieurs tâches sont demandées pour évaluer la compétence . Cette situation conduit l'examinateur à fournir une solution complète correspondant à l'ensemble de la tâche (ou des tâches): par exemple un protocole à réaliser ou des valeurs à exploiter pour permettre l'évaluation des autres compétences du sujet. La ou les solutions totales ne sont pas fournies lorsque la compétence est évaluée en fin d'épreuve .		Le candidat a réalisé une communication incohérente ou bien la communication est absente.

Le candidat est en situation d'évaluation, l'examinateur ne doit pas fournir d'explicitation des erreurs ni de la démarche à conduire. Ses interventions sont précises, elles servent de relance pour faire réagir le candidat ou bien pour lui permettre d'avancer pour être évalué sur d'autres compétences.
Les erreurs détectées par l'évaluateur en continu ou lors d'un appel sont forcément suivies d'un questionnement ou d'un apport de solution si ces erreurs conduisent le candidat à une impasse.

1. Choix expérimentaux pour une meilleure précision de mesure

La compétence **ANALYSER** est évaluée dans cette partie, au cours de l'**appel n°1**.

Il est attendu de la part du candidat qu'il analyse la situation en utilisant notamment les documents 2 et 3 et éventuellement en examinant le matériel proposé. La relation donnant l'interfrange en fonction des paramètres de l'expérience permet de voir que a et D ont une influence sur ce dernier. La longueur d'onde est fixée, puisqu'on ne dispose que d'une seule source laser.

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

- Identifier les paramètres pertinents.

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

- le candidat a proposé une distance fentes-écran D suffisamment grande et réaliste par rapport aux dimensions de la table, pour que l'interfrange soit grand et donc plus facile à mesurer.
- le candidat a proposé une valeur de a suffisamment petite pour que l'interfrange soit grand et donc plus facile à mesurer.

Si nécessaire, l'examineur intervient d'abord de façon ponctuelle et sous forme de questions pour guider le candidat ou l'amener à se 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

L'examineur indique au candidat qu'on cherche à avoir l'interfrange le plus grand pour qu'il soit plus facile à mesurer.

Solution partielle 2

L'examineur indique au candidat qu'il doit fixer le paramètre D suffisamment grand pour avoir un interfrange grand.

Solution partielle 3

L'examineur indique au candidat qu'il doit choisir le plus petit écartement entre fentes a pour avoir un interfrange le plus grand possible.

Exemple de solution totale pour la compétence ANALYSER

Solution totale

L'examineur fournit les paramètres ainsi que leurs valeurs.

Exemple :

$$D = 2,0 \text{ m}$$

$$a = 0,2 \text{ mm}$$

2. Mise en place du dispositif et mesures expérimentales (parties 2, 3.1 à 3.3)

La compétence **RÉALISER** est mobilisée et évaluée dans cette partie et à plusieurs reprises au cours de l'épreuve :

- lors de la mise en place du dispositif expérimental et de la mesure de l'interfrange (partie 2, observation en continu) ;
- lors de la détermination des incertitudes associées aux déterminations de a , D et i (partie 3, questions 3.1 à 3.3, **appel n°2**) ;

- lors de la détermination de la longueur d'onde et de son incertitude avec le logiciel GUM_MC (partie 3, questions 3.4 à 3.5, appel n°3).

L'examinateur attend que les différentes tâches de ces parties aient été effectuées avant d'associer un niveau à la compétence **RÉALISER**. Attention, il est impératif de remarquer que la compétence **RÉALISER** est affectée d'un fort coefficient.

Dans cette partie, l'examinateur observe **en continu** le candidat pendant la réalisation du montage, dans le respect des consignes de sécurité puis vérifie, au cours de l'**appel n°2** :

- que la mesure de l'interfrange effectuée par le candidat est satisfaisante. Il est souhaitable mais non exigible que le candidat ait mesuré plusieurs interfranges pour en déduire la valeur de i avec une meilleure précision.
- que le candidat a proposé des estimations pour les incertitudes des grandeurs d'entrée (a , D et i).

Toute réponse cohérente pour les évaluations des incertitudes est acceptable : on rappelle que le candidat évalue globalement la demi-étendue d'un intervalle. Il peut tout aussi bien répondre qu'il lit la longueur de 10 interfranges à $+ ou - 1$ mm que dire qu'il lit cette longueur à $+ ou - 2$ mm. Cela reste cohérent dans les deux cas, si le candidat exprime clairement qu'il identifie bien les deux sources d'erreurs (lecture sur la règle graduée au mm et pointé de la distance à mesurer et qu'il les prend en compte globalement).

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

- maîtriser certains gestes techniques (utiliser le matériel, les appareils de mesure, les outils informatiques) ;
- mesurer l'interfrange i avec précision ;
- estimer l'incertitude d'une mesure unique ou d'une série de mesures.

Exemples de solutions partielles pour la compétence **RÉALISER**

Solution partielle 1

L'examinateur indique au candidat qu'il serait plus précis de mesurer plusieurs interfranges.

Solution partielle 2

L'examinateur fournit la valeur de l'interfrange.
Exemple de valeur de i pour $D = 2,0$ m et $a = 0,2$ mm : $i = 0,63$ cm

Solution partielle 3

L'examinateur indique au candidat comment calculer la valeur de l'incertitude sur a , l'incertitude relative fournie par le constructeur étant de 10 %.

Exemple : $u_a = 0,02$ mm = 0,00002 m

Solution partielle 4

L'examinateur aide le candidat à estimer de lui-même l'incertitude sur D , distance fentes-écran, faite au mètre ruban.

Exemple : $u_D = 1$ cm

Solution partielle 5

L'examinateur aide le candidat à estimer de lui-même l'incertitude sur la mesure de l'interfrange i , faite à la règle.

Exemple de valeur :

pour $N = 10$ interfranges, $u_i = 0,2$ mm

Exemple de solution totale pour la compétence **RÉALISER**

Solution totale

L'examinateur fournit la valeur de i et des incertitudes associées.

3. Détermination de la longueur d'onde et de son incertitude (parties 3.4 à 3.5)

La compétence **RÉALISER** est mobilisée et évaluée en cette partie. A la fin de cette partie, l'examineur peut associer un niveau à la compétence REALISER en prenant en compte l'évaluation de cette compétence dans la partie précédente.

Attention, il est impératif de remarquer que la compétence **RÉALISER** est affectée d'un fort coefficient.

Lors de l'appel n°3, la compétence **RÉALISER** est en partie évaluée selon les critères énumérés ci-dessus.

L'examineur vérifie que l'utilisation de GUM_MC a permis au candidat :

- de déterminer la valeur de la longueur d'onde du laser, en tenant compte de la précision à 1 chiffre sur l'incertitude fournie par le logiciel.
- d'obtenir l'intervalle de confiance à 95%.

Exemple de solution partielle pour la compétence RÉALISER

Solution partielle

L'examineur indique au candidat des valeurs à entrer dans le logiciel GUM_MC

Bienvenue		Expression de la grandeur de sortie		Grandeurs d'entrée		Résultats par propagation		Commentaires	
Mesurande	Estimateur	Symbole erreur	Type estimation	Incertitude	Descriptif				
A	0.0002								
		u_a	B	0.00002	Incertitude sur a				
D	2								
		u_D	B	0.01	Incertitude sur D				
I	0.0063								
		u_i	B	0.0002	Incertitude sur i				

Exemple de solution totale à destination de l'examineur pour la compétence REALISER

Solution totale

L'examineur fournit l'écriture du résultat de la valeur de la longueur d'onde, afin que le candidat puisse faire la partie 4.

Exemple de valeur $\lambda = (63 \pm 8) \times 10^{-9} \text{ m}$ à 95%

Intervalle de confiance, calcul approché:

Taux de confiance	Facteur d'élargissement k	Incertitude élargie U	Intervalle [y-U ; y+U]	Ecriture finale (1 chiffre sur incertitude)	Ecriture finale (2 chiffres sur incertitude)
75%	1.15	439E-10 m	[0.000005861 ; 0.000006739]	(63 ± 5)E-9m	(630 ± 44)E-9m
95%	1.96	749E-10 m	[0.000005551 ; 0.000007049]	(63 ± 8)E-9m	(630 ± 75)E-9m
99%	2.58	984E-10 m	[0.000005316 ; 0.000007284]	(63 ± 1)E-8m	(630 ± 99)E-9m

4. Retour sur le texte d'introduction

La compétence **VALIDER** est évaluée dans cette partie, ainsi qu'à la question 3.6.

Attention, il est impératif de remarquer que la compétence **VALIDER** est affectée d'un fort coefficient.

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

- identifier la source d'erreur qui apporte la plus grande contribution à l'incertitude ;
- valider ou infirmer une information.

Pour évaluer cette compétence, l'examineur vérifie d'abord **en continu** que les réponses données par le candidat sont cohérentes. Il attend de la part de celui-ci qu'il ait également répondu convenablement aux questions posées dans la partie 4 du sujet, où aucun appel n'est fait.

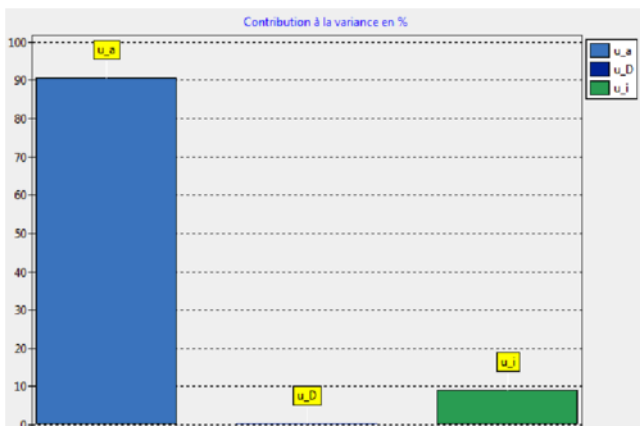
Exemples de solutions totales pour la compétence VALIDER à destination de l'examineur

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

Solution totale (question 3.6)

Le candidat doit repérer la source d'erreur qui apporte la plus grande contribution à l'incertitude.

Exemple : l'incertitude sur a contribue à 90% à l'incertitude sur λ .



Solution totale partie 4

L'élève doit tout d'abord rapprocher numériquement l'estimation de Young de la détermination expérimentale. L'estimation fournie par Young en mètre est la suivante :

$$\lambda = \frac{2,54 \times 10^{-2}}{36000} = 7,1 \times 10^{-7} \text{ m} = 71 \times 10^{-8} \text{ m}.$$

L'estimation trouvée avec GUM_MC par exemple : $\lambda = (63 \pm 8) \times 10^{-8} \text{ m}$ à 95%.

Ces deux valeurs ne sont pas incompatibles, il est possible que la lumière rouge utilisée par Young soit la même que celle du laser.

Cette conclusion peut suffire, car la question est très ouverte. Il ne faudra pas pénaliser un élève qui situe la valeur de λ obtenue par Young dans l'intervalle de la mesure de λ faite au laboratoire, même si cela n'a pas beaucoup de sens puisque la lumière dont parle Young n'est certainement pas monochromatique.

On acceptera toute analyse critique pertinente, comme par exemple :

- Quand Young écrit 1/36000, il s'agit très certainement d'un ordre de grandeur et non pas d'un nombre connu avec 5 chiffres, qui pourrait s'écrire $1/(3,6 \times 10^4)$, il serait donc plus proche de la vérité de conclure que $\lambda = 7,1 \times 10^2 \text{ nm}$ est la valeur dont disposait Young.

- Probablement Young ne disposait-il pas de fentes calibrées avec une meilleure précision qu'à l'heure actuelle (le candidat notamment exploite la source d'erreur trouvée à la question 3.6).

- Probablement la lumière rouge utilisée par Young n'était-elle pas monochromatique comme celle du laser, les deux mesures ne concernent pas forcément la même radiation même si la lumière est rouge.

V. GRILLE D'ÉVALUATION

compétences	Coef- ficient	niveaux validés				niveaux validés				niveaux validés				niveaux validés							
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
ANALyser	1																				
REALiser	3																				
VALider	2																				
NOTE sur 20 :																					
Remarques																					

Annexe de la fiche V

Compétences évaluées Coefficient

ANALyser 1

RÉALiser 3

VALider 2

Compétences	Coefficient																
ANA	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
RÉA	3	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D
VAL	2	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Note		20	18	16	15	18	16	14	13	14	13	10	9	12	11	8	7

Compétences	Coefficient																
ANA	1	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
RÉA	3	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D
VAL	2	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Note		19	18	15	14	17	16	13	12	13	12	10	8	11	10	8	6

Compétences	Coefficient																
ANA	1	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
RÉA	3	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D
VAL	2	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Note		18	16	14	13	16	15	12	11	12	11	8	7	10	9	6	5

Compétences	Coefficient																
ANA	1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
RÉA	3	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C	C	C	D	D	D	D
VAL	2	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Note		17	16	13	12	15	14	11	10	11	10	8	6	10	8	6	5

**BACCALAURÉAT SÉRIE S
PHYSIQUE-CHIMIE
ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES
FEUILLE INDIVIDUELLE DE NOTATION DU CANDIDAT**

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

ÉVALUATION					
Compétences	Coefficient	Niveaux validés			
		A	B	C	D
s'APProprier					
ANALyser	1				
RÉALiser	3				
VALider	2				
COMmuniquer					
Note :		/20			
Commentaires sur l'observation pendant la séance :					
Nom de l'évaluateur :			Date et signature de l'évaluateur :		
NOTE FINALE DE L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE, CALCULÉE PAR LE SERVICE DES EXAMENS : $N = 0,8 \times N_1 + 0,2 \times N_2$ N ₁ : note de l'écrit, sur 20 (au demi-point près) N ₂ : note obtenue lors de l'épreuve d'évaluation des compétences expérimentales, sur 20 (au demi-point près) N : note finale de l'épreuve de physique-chimie (arrondi au point supérieur)					