

PHYSIQUE

Seuils de classement des notes par matière

Niveau Supérieur

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-16	17-28	29-40	41-51	52-60	61-71	72-100

Niveau Moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0-15	16-27	28-37	38-48	49-58	59-69	70-100

Épreuve 1 du niveau moyen

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-7	8-10	11-13	14-15	16-18	19-20	21-29

Épreuve 1 du niveau supérieur

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-10	11-15	16-20	21-23	24-26	27-29	30-39

Les épreuves de physique IB à choix multiple sont conçues de manière à comporter, dans l'ensemble, des questions testant les idées conceptuelles des candidats plutôt que leur capacité à effectuer des calculs. Les questions des épreuves 2 et 3 sont plus appropriées pour évaluer les calculs. Les calculatrices ne sont donc pas nécessaires ni autorisées pour l'épreuve 1. Une proportion des questions est commune aux épreuves du niveau moyen et du niveau supérieur et les questions supplémentaires dans le niveau supérieur fournissent une couverture plus étendue du programme.

Les épreuves de mai 2003 ont été dans l'ensemble bien reçues. Environ 90 % (au NM) et 88 % (au NS) des enseignants qui ont fait des commentaires sur les épreuves ont estimé qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié. Un petit nombre d'entre eux pensent que les deux épreuves étaient un peu plus difficiles. À quelques exceptions près, les enseignants pensent que les épreuves ont bien couvert le programme ou l'ont fait de manière satisfaisante (96 % au NM et 97 % au NS). Cependant, il convient de juger la couverture du programme conjointement avec les épreuves 2 et 3. Tous les enseignants pensent également que la présentation des épreuves était soit bonne, soit satisfaisante. Néanmoins, certains ont signalé qu'un petit nombre de questions étaient ambiguës ou contenaient des erreurs. D'autres commentaires seront faits sur ces questions dans la suite de ce rapport.

Analyse statistique

La performance globale des candidats et leur performance pour les questions individuelles sont illustrées dans l'analyse statistique des réponses. Ces informations sont données dans les tableaux ci-dessous.

Les colonnes A à D et la colonne Blanc indiquent le nombre de candidats qui ont choisi l'option désignée ou qui n'ont pas répondu à la question. La bonne réponse (l'option correcte) est indiquée par un astérisque (*). L'*indice de difficulté* (indice de facilité serait peut-être une appellation plus juste) est le pourcentage de candidats qui ont donné la réponse correcte (la bonne réponse). Un indice élevé indique donc une question facile. L'*indice de discrimination* est indicatif de la mesure dans laquelle la question a permis de faire une discrimination entre les candidats ayant des capacités différentes. Un indice de discrimination plus élevé indique qu'une plus grande proportion des candidats plus forts ont identifié correctement la bonne réponse par rapport aux candidats plus faibles.

Analyse des questions de l'épreuve 1 du niveau moyen

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	171	2575*	313	1930	3	51,57	0,48
2	407	668	3534*	364	20	70,77	0,49
3	3090*	838	529	524	12	61,88	0,40
4	2473*	378	2038	89	15	49,52	0,56
5	824	847	290	3019*	13	60,46	0,46
6	629	2083*	1777	485	19	41,71	0,41
7	32	3725*	614	617	5	74,60	0,32
8	1422*	2323	381	846	21	28,47	0,34
9	2783*	837	257	1103	13	55,73	0,44
10	2344*	1303	1003	331	12	46,94	0,21
11	978	1237	1183	1570*	25	31,44	0,49
12	1306	112	2949*	596	30	59,06	0,41
13	2937*		892	1152	11	58,82	0,29
14	525	3278*	229	951	10	65,65	0,39
15	744*	175	764	3300	10	14,90	0,24
16	658	992*	1134	2170	39	19,86	0,04
17	400	331	105	4150*	7	83,11	0,32
18	67	3126*	1000	792	8	62,60	0,41
19	141	922	2787*	1132	11	55,81	0,35
20	1036*	1583	1792	531	51	20,74	0,15
21	476	3981*	182	336	18	79,73	0,33
22	213	622	4076*	73	9	81,63	0,18
23	3441*	960	149	433	10	68,91	0,39
24	592	3395*	548	371	87	67,99	0,32
25	3075	746*	486	640	46	14,94	0,03
26	534	221	384	3838*	16	76,86	0,42
27	2014*	1087	948	880	64	40,33	0,35
28	406	513	2667*	1377	30	53,41	0,43
29	1007	1015	1645	1240	86		
30	1290	2206*	435	982	80	44,18	0,57

*Dans la question 13 ci-dessus, les réponses A et B ont toutes deux été notées comme correctes. La question 29 a été supprimée de l'épreuve.

Analyse des questions de l'épreuve 1 du niveau supérieur

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	472	2151*	782	51	9	62,07	0,55
2	2487*	425	350	199	4	71,77	0,38
3	1804*	950	541	158	12	52,06	0,36
4	2625*	331	105	99	5	75,75	0,40
5	809	516	532	1602*	6	46,23	0,43
6	272	1784*	224	1182	3	51,48	0,07
7	357	320	2773*		15	80,02	0,27
8	2094*	529	572	263	7	60,43	0,32
9	2498*	479	316	168	4	72,09	0,18
10	390	481	2068*	526		59,68	0,40
11	147	2616*	116	582	4	75,49	0,29
12	697*	73	333	258	4	20,11	0,31
13	2163*	909	282	103	8	62,42	0,48
14	309	1673*	333	1146	4	48,28	0,32
15	94	644	2370*	355	2	68,39	0,24
16	406	649*	633	1752	25	18,73	0,02
17	131	100	37	3197*		92,26	0,15
18	857	401	1000	1192*	15	34,40	0,36
19	35	2577*	489	357	7	74,37	0,39
20	988*	1812	583	81	1	28,51	0,31
21	270	44	3093*	5	5	89,26	0,20
22	584	218	2616*	45	2	75,49	0,37
23	373	2004*	585	490	13	57,83	0,50
24	2551	815*	82	14	3	23,52	0,06
25	2651*	562	59	193		76,50	0,28
26	324	2557*	321	208	55	73,79	0,34
27	196	491	1980*	788	10	57,14	0,36
28	808	468	980	1180*	29	34,05	0,26
29	55	1032*	2284	88	6	29,78	0,16
30	2186*	818	234	215	12	63,08	0,36
31	357	899	2055*	137	17	59,30	0,33
32	469	685	987	1300*	24	37,51	0,16
33	118	2240*	347	744	16	64,64	0,48
34	1607	596	329	918*	15	26,49	0,31
35	2063*	459	442	485	16	59,53	0,45
36	2220*	293	715	222	15	64,06	0,44
37	365	2425*		663	12	69,98	0,25
38	72	156	495	2722*	20	78,55	0,27
39	562	674	1251	948	30		
40	1103	1188*	677	462	35	34,28	0,33

*Dans la question 7 ci-dessus, les réponses C et D ont toutes deux été notées comme correctes et dans la question 37, les réponses B et C ont été notées comme correctes. La question 39 a été supprimée de l'épreuve.

Commentaires sur cette analyse

Difficulté. Aussi bien pour le niveau supérieur que pour le niveau moyen, l'indice de difficulté varie entre moins de 20 % (questions relativement "difficiles") et plus de 80 % (questions relativement "faciles").

Discrimination. Toutes les questions ont une valeur positive pour l'indice de discrimination. Idéalement, cet indice devrait être supérieur à environ 0,2. C'est le cas pour la majorité des questions. Cependant, il est possible qu'un faible indice de discrimination ne provienne pas d'une question médiocre. Il peut indiquer une méconnaissance courante parmi les candidats.

Réponse "blanche". Dans les deux épreuves, le nombre de réponses blanches augmente pour les quelques dernières questions. Cela indique peut-être que les candidats n'ont pas eu assez de temps pour terminer leurs réponses. Cependant, cela n'explique pas les réponses "blanches" au début des épreuves. Il convient de rappeler aux candidats que les réponses incorrectes ne leur font pas perdre de points. Par conséquent, s'ils ne connaissent pas la réponse, ils n'ont rien à perdre en essayant de la deviner.

Commentaires sur des questions sélectionnées

Les réponses des candidats aux questions individuelles sont fournies dans les tableaux statistiques ci-dessus ainsi que les valeurs des indices. Pour la plupart des questions, ces tableaux à eux seuls fournissent suffisamment d'informations rétroactives lorsqu'on examine une question spécifique. On ne fera donc des commentaires que sur des questions sélectionnées, c'est à dire des questions qui illustrent un aspect particulier ou pour lesquelles il est possible d'identifier un problème. Nous remercions les écoles et les enseignants qui ont fait des commentaires sur des questions particulières.

Commentaires sur des questions sélectionnées de l'épreuve 1 du niveau moyen

Question 3

Les candidats devraient bien connaître les variations de pente (gradients) des graphiques. Dans ce cas, une pente négative indique une accélération négative et une pente positive une accélération positive. Une pente nulle indique une accélération nulle.

Question 8

La question définit bien K comme l'énergie cinétique même si le recueil de données utilise

$E_K = \frac{p^2}{2m}$. L'expression $\frac{E_{K_1}}{E_{K_2}}$ a été considérée comme trop maladroite.

Question 9

La définition de l'eV fait partie du programme.

Question 11

Un satellite décrivant une orbite à une distance $2r$ du centre de la Terre aurait une vitesse de $\frac{v}{\sqrt{2}}$ et non pas $\frac{v}{2}$, où v est la vitesse d'un satellite décrivant une orbite à une distance r . Il s'agit là d'une erreur regrettable. La question demandait la *force centripète*, qui aurait dû

amener les candidats à la formule $\frac{mv^2}{r}$. Dans ce cas, le rapport des forces (S_1 sur S_2) était

$$\frac{\frac{mv^2}{r}}{\frac{m(v/2)^2}{2r}} = 8. \text{ Ceci aurait pu être déconcertant pour les candidats connaissant la gravitation}$$

(hors programme) et qui auraient pu utiliser la force centripète = force gravitationnelle (poids)

$$= \frac{GMm}{r^2} \text{ et donc déduire que le rapport des forces } (S_1 \text{ sur } S_2) \text{ était } \frac{\frac{GMm}{r^2}}{\frac{GMm}{4r^2}} = 4. \text{ Les}$$

statistiques de cette question montrent que la plupart des candidats ont répondu en se contentant de deviner. Néanmoins, elles montrent tout de même une bonne discrimination entre les candidats forts et les candidats plus faibles.

Question 13

La question ne précisait pas la direction du transfert de l'énergie thermique. Un jour chaud et ensoleillé, une pièce équipée de grandes fenêtres en verre serait principalement chauffée par radiation mais pendant la nuit, elle perdrait de la chaleur essentiellement par conduction. Par conséquent, pour cette question les deux réponses A et B ont été notées comme correctes.

Question 14

Le terme "Celsius" n'est pas une unité SI pour la température mais ce fait n'a pas désavantagé les candidats car il n'apparaît que dans l'option A, pour des raisons de diversion.

Question 15

Dans la version anglaise de l'épreuve, le mot "rate" devait être interprété comme un synonyme du mot "frequency". Ceci n'a pas posé de problème aux candidats.

Question 16

Dans la version anglaise de l'épreuve, l'expression "perpendicular to the direction of travel of the waves" prêtait à confusion. Cette question a un indice de discrimination très faible ce qui indique que les bons candidats n'ont pas bien répondu à la question et ceux qui ont réussi se sont probablement contentés de deviner.

Question 23

La définition de la résistance est $R = \frac{V}{I}$, où les valeurs de la tension et de l'intensité sont mesurées au point donné. La résistance ne correspond pas au gradient de la courbe V-I.

Question 25

Cette question était sensée tester la compréhension du fait que la force magnétique est due à la composante du champ magnétique perpendiculaire au courant.

Question 29

Cette question a été retirée de l'épreuve. Le guide pédagogique fait référence à un graphique montrant l'énergie moyenne de liaison par nucléon en fonction du nombre atomique, mais tous les manuels utilisent des graphiques avec le nombre de masse sur l'axe horizontal. Il est conseillé aux enseignants d'utiliser la version standard de ce graphique, à savoir l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse.

Commentaires sur des questions sélectionnées de l'épreuve 1 du niveau supérieur

Question 5

Un satellite décrivant une orbite à une distance $2r$ du centre de la Terre aurait une vitesse de $\frac{v}{\sqrt{2}}$ et non pas $\frac{v}{2}$, où v est la vitesse d'un satellite décrivant une orbite à une distance r . Il s'agit là d'une erreur regrettable. La question demandait la *force centripète*, qui aurait dû amener les candidats à la formule $\frac{mv^2}{r}$. Dans ce cas, le rapport des forces (S_1 sur S_2) était

$$\frac{\frac{mv^2}{r}}{\frac{m(v/2)^2}{2r}} = 8.$$

Cependant, ceci a dû être déconcertant pour les candidats de niveau supérieur connaissant la gravitation et qui auraient pu utiliser la force centripète = force gravitationnelle (poids) = $\frac{GMm}{r^2}$ et donc déduire que le rapport des forces (S_1 sur S_2) était

$$\frac{\frac{GMm}{r^2}}{\frac{GMm}{4r^2}} = 4.$$

Question 7

Pour cette question, les deux réponses C et D ont été acceptées comme correctes. La réponse évidente est C car la force exercée sur le vaisseau spatial n'est pas constante, ce qui donne une vitesse qui ne varie pas uniformément avec le temps. Néanmoins, on pourrait objecter que si le point P était très proche du vaisseau spatial quand les moteurs ont été coupés, la variation de g avec la distance serait négligeable, ce qui donnerait une force constante sur le vaisseau et donc la réponse D.

Question 9

Cette question repose sur les matières couvertes par le programme. Consultez la rubrique 2.1.9 du guide pédagogique.

Question 10

Le commentaire ci-dessous concerne uniquement les candidats français. L'expression "telle qu'elle est vue par Lucie" était absente de l'épreuve française. Les candidats n'ont pas été désavantagés par cette omission car les deux réponses C et D ont été notées comme correctes.

Question 12

Dans la version anglaise de l'épreuve, le mot "rate" devait être interprété comme un synonyme du mot "frequency". Ceci n'a pas posé de problème aux candidats.

Question 14

Les indications Q_c et Q_h ont été interverties dans l'option B (version anglaise uniquement). Au vue des statistiques de cette question, ceci n'a pas désavantagé les candidats.

Question 16

Dans la version anglaise de l'épreuve, l'expression "perpendicular to the direction of travel of the waves" prêtait à confusion. Cette question a un indice de discrimination très faible ce qui indique que les bons candidats n'ont pas bien répondu à la question et ceux qui ont réussi se sont probablement contentés de deviner.

Question 20

Le symbole c est généralement utilisé pour indiquer la vitesse des ondes et ne doit pas être nécessairement limité à la représentation de la vitesse de la lumière.

Question 24

Il s'agissait d'une question difficile et la majorité des candidats ont répondu à tort par l'option A. Les deux forces exercées sur la sphère alors qu'elle tombe sont constantes et l'application de l'addition vectorielle donne une force *constante* (en magnitude et en direction) à un angle de la verticale.

Question 25

La définition de la résistance est $R = \frac{V}{I}$ où les valeurs de la tension et de l'intensité sont mesurées au point donné. La résistance ne correspond pas au gradient de la courbe V-I.

Question 28

Il s'agissait d'une question difficile et compliquée mais qui a fourni une assez bonne discrimination. Les candidats auraient dû être capables de déduire qu'en Y l'électron a un rayon plus petit et donc une vitesse moindre, ce qui indique une perte d'énergie dans la feuille de métal.

Question 29

L'angle illustré dans le diagramme ne correspond pas à l'angle de la définition. Les candidats ont dû réfléchir à la définition du flux magnétique et l'appliquer en conséquence.

Question 30

Cette question repose sur les matières couvertes par le programme et ne demande pas de connaître les mouvements harmoniques simples. Comme la fréquence diminue de moitié, la période double et donc la vitesse de diminution du flux est également réduite de moitié. La bonne réponse est donc A. C'était une bonne question avec un indice de discrimination élevé.

Question 33

L'indication sur l'axe vertical était maladroit mais n'a déconcerté personne. (Cette indication aurait dû être E_{\max}).

Question 37

Comme la question ne spécifiait pas que les ions avaient la même charge, les deux réponses B et C ont été acceptées comme correctes.

Question 39

Cette question a été retirée de l'épreuve. Le guide pédagogique fait référence à un graphique montrant l'énergie moyenne de liaison par nucléon en fonction du nombre atomique mais tous les manuels utilisent des graphiques avec le nombre de masse sur l'axe horizontal. Il est conseillé aux enseignants d'utiliser la version standard de ce graphique, à savoir l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse.

Question 40

Les lois de conservation, comme le nombre baryonique et leptonique, font partie du programme.

Commentaires des examinateurs

En général, les questions conceptuelles du type utilisé dans ces questionnaires à choix multiple exigent une bonne compréhension des concepts et des principes de base, souvent plus que les problèmes quantitatifs reposant sur des formules. Elles nécessitent une bonne évaluation des situations et la capacité d'appliquer un raisonnement qualitatif pour comprendre comment les divers facteurs affectent un système. Ces compétences, qui constituent une partie importante d'un "raisonnement scientifique" ont parfois tendance à être négligées dans l'enseignement et les manuels. Il n'est donc pas surprenant que la nature conceptuelle de ces questions ait présenté des difficultés pour certains candidats. Cependant, il est encourageant de constater que de nombreux candidats ont obtenu de bonnes notes et ont fait preuve d'une bonne préparation à l'examen.

Épreuve 2 du niveau moyen

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-5	6-11	12-16	17-21	22-27	28-32	33-50

Commentaires généraux

À en juger d'après le très petit nombre de critiques sur les formulaires de commentaires des enseignants, cet examen semble avoir été bien reçu par les écoles. Il faut noter que moins de 50 % des écoles ont rempli ces formulaires.

On peut résumer les commentaires faits par les écoles de la manière suivante :

- Environ 67 % ont trouvé cette épreuve d'un niveau similaire à celle de l'année dernière, 5 % l'ont trouvé un peu plus facile, 23 % un peu plus difficile et 5 % beaucoup plus difficile.
- Environ 85 % ont trouvé le niveau de difficulté approprié et environ 15 % l'ont trouvé trop difficile.
- Environ 56 % ont trouvé la couverture du programme satisfaisante, 32 % l'ont trouvée bonne et 12 % l'ont trouvée médiocre.
- Environ 60 % ont trouvé la clarté de la formulation des questions satisfaisante, 35 % l'ont trouvée bonne et 5 % l'ont trouvée médiocre.
- Environ 50 % ont trouvé la présentation satisfaisante et 50 % l'ont trouvée bonne.

Cet examen semblerait avoir présenté un degré de difficulté adéquat pour les candidats plus forts, tout en étant d'une accessibilité appropriée pour les candidats plus faibles.

En général, les candidats semblent avoir géré leur temps de manière appropriée et rien ne montre qu'ils ont été désavantagés par un manque de temps. Cependant, comme les années précédentes, certains candidats n'ont pas tenu compte de l'espace laissé pour la réponse dans une sous-question particulière, ni des points pouvant être attribués, et ils ont donc donné des réponses beaucoup trop longues. De plus, beaucoup ont perdu du temps et de la place en paraphrasant la question au lieu d'y répondre.

L'impression générale est que moins de candidats ont commis des erreurs de chiffres significatifs et/ou d'erreurs d'unités leur faisant perdre des points.

La majorité des candidats ont indiqué les étapes suivies dans leurs calculs et ils ont donc pu bénéficier de points pour "erreur reportée". Cependant, certains candidats n'indiquent toujours pas leur raisonnement et ils perdent ainsi des points partiels lorsque la réponse qu'ils donnent est incorrecte. Il s'agit là d'un problème important pour une minorité des candidats.

Dans la section B, la question B1 a été de loin la plus populaire. Cependant, cela ne signifie pas que les notes obtenues par les candidats ont été en moyenne plus élevées. La popularité ne se traduit pas par des notes globales élevées.

Parties du programme qui se sont avérées difficiles pour les candidats

Souvent, en lisant les copies d'examen, on a l'impression que les candidats utilisent sans réfléchir les équations indiquées dans le recueil de données.

L'interprétation des données graphiques et les explications des phénomènes physiques dépassent certains candidats.

Dans cet examen, les sujets suivants se sont avérés difficiles pour de nombreux candidats :

- l'interprétation des données expérimentales,
- le travail effectué et la force centripète,
- l'interprétation des diagrammes d'ondes et des graphiques $v-t$,
- les trajectoires des particules chargées dans les champs de force,
- la conservation de la quantité de mouvement associée à la désintégration radioactive.

Parties du programme et de l'examen auxquelles les candidats semblaient bien préparés

En général, de nombreux candidats semblaient bien préparés aux sujets suivants :

- le tracé des courbes,
- les calculs sur les gaz parfaits,
- les propriétés fondamentales des ondes,
- les équations nucléaires.

Points forts et points faibles des candidats dans le traitement des questions individuelles

Section A

Question 1 Analyse des données

Un grand nombre de candidats ont considéré que la mesure de la balance était constante lorsque l'eau avait été en ébullition de façon constante. Cependant, de nombreux candidats ont fait référence à une température constante ou à un taux uniforme de production des bulles. Très peu de candidats ont compris la raison pour laquelle les mesures avaient été prises pendant deux intervalles au lieu d'un. Un bon nombre d'entre eux ont fait vaguement référence au fait d'être "plus précis", sans expliquer pourquoi. Il est encourageant de constater que, lors de la détermination du gradient, très peu de candidats ont utilisé deux points rapprochés sur la droite. Très peu de candidats ont été capables de déterminer la chaleur latente spécifique. La plupart des réponses n'ont pas fait intervenir de facteur pour tenir compte du temps nécessaire au recueil de l'eau.

Il y a eu de bonnes réponses mais beaucoup ont fait référence aux "erreurs de compteur" ou aux "pertes d'énergie dans la résistance variable".

Question 2 Mouvement d'un satellite

Beaucoup de candidats ont dessiné des flèches correctes mais un nombre surprenant de faibles candidats n'ont pas obtenu le maximum de points.

La plupart des candidats ont bien exprimé le concept selon lequel un vecteur vitesse variable implique une accélération.

La formulation de la question (c) en anglais a porté à confusion. Les candidats auraient dû réaliser qu'en physique, "work" correspond à une quantité bien définie.

Question 3 Gaz parfaits

De nombreux candidats ont donné des réponses partielles pour expliquer ce qu'est un gaz parfait. Il était acceptable de répondre à la question en termes de propriétés macroscopiques ou de propriétés microscopiques, mais pas avec un mélange des deux.

Un nombre important de candidats ont essayé d'effectuer le calcul en utilisant les unités atmosphères et litres, avec $R = 0,082$ litre atmos K^{-1} . De nombreuses erreurs ont été commises lors de la conversion dans ce système d'unités. Il faut souligner que bien que le BI

ne puisse pas imposer le système d'unités utilisé, les candidats sont censés être capables de travailler dans le système d'unités SI.

Section B

Question 1 Ondes et propriétés des ondes

Un grand nombre de candidats n'ont pas été capables de définir un front d'onde, ni même d'expliquer ce que l'on entend par un rayon. Il est possible que cet aspect soit considéré comme acquis lors de l'enseignement des ondes. À quelques exceptions près, les fronts d'onde dessinés étaient acceptables. Cependant, les explications ont rarement dépassé un vague commentaire sur les fronts d'onde déformés. Pour arriver à une conclusion, les candidats étaient censés examiner les angles à la limite ou à la séparation des fronts d'onde.

Le travail à effectuer dans (c) était une interprétation d'un graphique $v-t$ et ce n'était pas, comme l'ont pensé certains enseignants, une question sur les mouvements harmoniques simples.

Un nombre surprenant de candidats n'ont pas réussi à déterminer la fréquence. La principale difficulté consistait à interpréter les unités sur l'axe des x (millisecondes). Ceci s'est également traduit dans les réponses sur l'aire située en dessous de la courbe. De plus, les candidats auraient dû réaliser que l'aire est plus grande que l'aire du triangle délimité par la boucle. La signification physique de la quantité calculée (l'amplitude) a seulement été appréciée par les candidats plus forts.

Les candidats ont eu du mal à faire une claire distinction entre les deux types d'onde. Le calcul dans (e)(ii) n'a présenté que très peu de problèmes, sous réserve que la longueur d'onde avait été identifiée.

Question 2 Forces sur des particules chargées

Il est toujours décevant de voir des candidats perdre des points à cause de dessins peu soignés. Les candidats étaient censés montrer les aspects importants comme les lignes de champ parallèles équidistantes et perpendiculaires aux plaques. Une trajectoire parabolique pour la particule chargée n'était pas demandée mais il était raisonnable de s'attendre à voir une courbe régulière entre les plaques et une trajectoire droite hors du champ.

Comme d'habitude dans ce type de calcul, certains candidats ne savaient pas par où commencer. Les candidats doivent toujours garder à l'esprit que, quand on leur demande de déduire un résultat, les notes sont attribuées pour le travail et non pas pour le résultat.

Dans les dessins des lignes de champ magnétique, les diagrammes étaient souvent si médiocres qu'ils n'ont pas justifié de points. Les lignes de champ ne doivent pas se toucher ni se croiser !

On constate une division marquée des candidats. Certains ne savaient pas trop comment aborder les calculs mais il est évident que d'autres étaient rompus à l'utilisation des composantes et ont ensuite bien réussi.

La dernière partie de la question s'est avérée un bon discriminateur. Les examinateurs ont accepté les deux réponses spirale et hélice comme correctes.

Question 3 Réactions nucléaires

Très peu de candidats ont compris que les variations de température et de pression n'affectent pas la vitesse de désintégration.

La plupart des candidats ont pu compléter l'équation.

Le calcul était souvent incorrect, car peu de candidats ont commencé par calculer le défaut de masse. Il s'en suit qu'ils ont ensuite obtenu une équation complexe et difficile à résoudre et n'ont pas pu utiliser une notation indexée.

Ce simple problème de quantité de mouvement a paru compliqué pour un nombre important de candidats car il était présenté dans le contexte de la désintégration radioactive. Il semble que les candidats apprennent leur physique de façon "compartmentée". Seuls quelques uns ont réussi à obtenir le rapport dans (ii) et encore moins sont parvenus à compléter la déduction de la partie (iii) liée aux énergies cinétiques.

D'une manière générale, le concept de la fusion a été bien compris. Cependant, les candidats n'ont pas bien compris les conditions requises pour qu'elle se produise, à savoir vaincre la force de répulsion entre les protons.

Recommandations et encadrement que les enseignants devraient fournir aux futurs candidats

Les recommandations faites par l'équipe de correction des copies d'examen comprennent les idées suivantes :

- Les candidats ont besoin de s'exercer davantage à interpréter les données, surtout si ces données sont présentées sous forme graphique.
- Ils ont besoin de s'exercer davantage à faire des calculs algébriques. On peut encourager les candidats à tenter tout d'abord ces calculs en utilisant des valeurs numériques et à voir ensuite comment il est possible de généraliser.
- Ils doivent montrer les étapes intermédiaires des calculs et des déductions au lieu d'essayer de "reporter" les données dans les mémoires des calculatrices.
- Il faut insister davantage sur la nécessité de donner des réponses précises et détaillées. On peut toujours se faire une idée du niveau de détail requis pour la réponse à une question d'après le nombre de points attribués pour cette question.

En général, les candidats doivent :

- disposer de définitions précises et non ambiguës des grandeurs physiques,
- être toujours encouragés à lire attentivement toutes les questions dans la Section B avant de faire leur choix,
- s'exercer à répondre à des questions d'examen quand l'étude d'un sujet particulier est terminée, en commençant dès le début du cours. Les candidats doivent s'exercer à répondre à des questions pertinentes (ou à des parties de questions) tirées d'examens passés afin de renforcer leur compréhension du sujet.
- utiliser une règle pour tracer des lignes droites dans les diagrammes ou les graphiques linéaires,
- utiliser un crayon pour les diagrammes et les croquis.

Épreuve 2 du niveau supérieur

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-10	11-21	22-32	33-42	43-52	53-62	63-95

Commentaires généraux

À en juger par le très petit nombre de critiques sur les formulaires de commentaires des enseignants, cette épreuve semble avoir été bien reçue par la majorité des écoles et des collèges.

Moins de 50 % des écoles ont rempli ces formulaires. Ces commentaires peuvent être résumés de la manière suivante :

- Environ 53 % ont trouvé cette épreuve d'un niveau similaire à celle de l'année dernière, 6 % l'ont trouvé un peu plus facile, 35 % un peu plus difficile et 6 % beaucoup plus difficile.
- Environ 85 % ont trouvé le niveau de difficulté approprié et environ 15 % l'ont trouvé trop difficile.
- Environ 47 % ont trouvé la couverture du programme satisfaisante, 33 % l'ont trouvée bonne et 20 % l'ont trouvée médiocre.
- Environ 60 % ont trouvé la clarté de la formulation des questions satisfaisante, 35 % l'ont trouvée bonne et 5 % l'ont trouvée médiocre.
- Environ 45 % ont trouvé la présentation satisfaisante et 55 % l'ont trouvée bonne.

Cet examen semblerait avoir présenté un degré de difficulté adéquat pour les candidats plus forts, tout en étant d'une accessibilité appropriée pour les candidats plus faibles.

En général, les candidats semblent avoir géré leur temps de manière appropriée et rien ne montre qu'ils ont été désavantagés par un manque de temps. Cependant, comme les années précédentes, certains candidats n'ont pas tenu compte de l'espace disponible pour la réponse à une sous-question particulière ni des points pouvant être attribués et ils ont par conséquent donné des réponses beaucoup trop longues. De plus, beaucoup ont perdu du temps et de la place en paraphrasant la question au lieu d'y répondre.

L'impression générale est que moins de candidats ont commis des erreurs de chiffres significatifs et/ou des erreurs d'unités leur faisant perdre des points.

La majorité des candidats ont indiqué les étapes suivies dans leurs calculs et ils ont donc pu bénéficier de points pour "erreur reportée". Cependant, certains candidats n'indiquent toujours pas leur raisonnement et ils perdent ainsi des points partiels lorsque la réponse qu'ils donnent est incorrecte.

Dans la section B, la question B1 a été la plus populaire et la question B4 la moins populaire. La popularité ne semble pas s'être traduite par de meilleures notes.

Parties du programme qui se sont avérées difficiles pour les candidats

La manipulation des données (par opposition à la substitution de chiffres dans des équations) a posé des problèmes à de nombreux candidats.

Souvent, en lisant les copies d'examen, on a l'impression que les candidats utilisent sans réfléchir les équations indiquées dans le recueil de données.

L'interprétation des données graphiques et les explications des phénomènes physiques dépassent certains candidats.

Dans cet examen, les sujets suivants se sont avérés difficiles pour de nombreux candidats :

- l'interprétation des données expérimentales,
- l'induction électromagnétique,
- l'interprétation des diagrammes d'ondes et des graphiques $v-t$,
- l'interférence des ondes,
- les explications reposant sur la théorie cinétique,
- la constante de désintégration,
- la déduction de la direction de la force résultante dans les champs de force.

Parties du programme et de l'examen auxquelles les candidats semblaient bien préparés

En général, de nombreux candidats semblaient bien préparés aux sujets suivants :

- le tracé des courbes,
- les équations des gaz parfaits,
- les propriétés fondamentales des ondes,
- la désintégration radioactive.

Points forts et points faibles des candidats dans le traitement des questions individuelles

Section A

Question 1 Analyse des données

Un grand nombre de candidats ont considéré que la mesure de la balance était constante lorsque l'eau avait été en ébullition de façon constante. Cependant, de nombreux candidats ont fait référence à une température constante ou à un taux uniforme de production des bulles. Très peu de candidats ont compris la raison pour laquelle les mesures avaient été prises pendant deux intervalles au lieu d'un. Un bon nombre d'entre eux ont fait vaguement référence au fait d'être "plus précis", sans expliquer pourquoi. Il est encourageant de constater que, lors de la détermination du gradient, très peu de candidats ont utilisé deux points rapprochés sur la ligne.

Très peu de candidats ont été capables de déterminer la chaleur latente spécifique. La plupart des réponses n'ont pas fait intervenir de facteur pour tenir compte du temps nécessaire au recueil de l'eau.

Il y a eu de bonnes réponses mais de nombreuses ont fait référence aux "erreurs de compteur" ou aux "pertes d'énergie dans la résistance variable".

Question 2 Gaz parfaits

De nombreux candidats ont donné des réponses partielles pour expliquer ce qu'est un gaz parfait. Il était acceptable de répondre à la question en termes de propriétés macroscopiques ou de propriétés microscopiques, mais pas avec un mélange des deux.

Un nombre important de candidats ont essayé d'effectuer le calcul en utilisant les unités atmosphères et litres, avec $R = 0,082$ litre atmos K^{-1} . De nombreuses erreurs ont été commises lors de la conversion dans ce système d'unités. Il faut souligner que bien que le BI ne puisse pas imposer le système d'unités utilisé, les candidats sont censés être capables de travailler dans le système d'unités SI.

Pour trouver le volume moyen, les candidats ont commis de simples erreurs arithmétiques qui ont mené à des réponses ridicules. Il faudrait encourager les candidats à porter un regard critique sur les résultats de leurs calculs pour vérifier s'ils sont réalistes. Une solution reposant sur une sphère, au lieu d'un cube était une alternative acceptable pour l'estimation des séparations atomiques.

Question 3 Photons

La plupart des candidats ont été capables de répondre à la première partie de la question. Cependant, de nombreux candidats ont perdu des points car ils ont donné trop peu d'explications pour montrer comment ils sont arrivés aux réponses données.

Les candidats plus faibles ont été incapables de déterminer la variation de la quantité de mouvement. Un nombre étonnamment élevé de candidats n'ont pas réalisé qu'il leur suffisait de multiplier le nombre de photons par seconde par la quantité de mouvement de chaque photon.

Les candidats plus forts ont réalisé le lien entre la variation de la quantité de mouvement par seconde sur une unité de surface et la pression. Les réponses à la question sur la variation de la pression ont été très décevantes. Très peu de candidats ont réalisé que la pression augmenterait et encore moins ont pu donner une explication valide. La plupart ont estimé que la pression serait réduite car les photons ne seraient plus arrêtés par la surface.

Question 4 Induction électromagnétique

La majorité des candidats ont correctement identifié les points M et Z mais les candidats plus faibles ont souvent indiqué M et Z avec un déphasage de π rad entre eux.

Il faut noter que la polarité de l'aimant ne joue aucun rôle pour expliquer la nature alternative de la f.e.m. Ce qui est important c'est le "sens de coupure" des lignes de flux. Certains candidats ont seulement traité la magnitude de la f.e.m. induite et n'ont donc obtenu aucun point. D'autres n'ont pas fait le rapprochement entre le "sens de coupure" et la loi de Lenz.

La question s'est avérée un bon discriminateur entre les candidats.

Section B

Question 1 Ondes et propriétés des ondes

À quelques exceptions près, les fronts d'onde dessinés étaient acceptables. Cependant, les explications ont rarement dépassé un vague commentaire sur les fronts d'onde déformés. Pour arriver à une conclusion, les candidats étaient censés examiner les angles à la limite ou à la séparation des fronts d'onde.

Le travail à effectuer dans (b) était une interprétation d'un graphique $v-t$ et ce n'était pas, comme l'ont pensé certains enseignants, une question sur les mouvements harmoniques simples.

Un nombre surprenant de candidats n'ont pas réussi à déterminer la fréquence. La principale difficulté consistait à interpréter les unités sur l'axe des x (millisecondes). Ceci s'est également traduit dans les réponses sur l'aire située en dessous de la courbe. De plus, les candidats auraient dû réaliser que l'aire est plus grande que l'aire du triangle délimité par la boucle. La signification physique de la quantité calculée (l'amplitude) a seulement été appréciée par les candidats plus forts.

Les indications liées au principe de la superposition ont été décevantes. Un nombre étonnamment faible de candidats ont réalisé que ce sont les elongations, et non pas les amplitudes, qui sont ajoutées et de nombreux candidats n'ont pas précisé que les ondes doivent se rencontrer en un point. Les réponses au problème des deux sources se sont bien souvent limitées à des énoncés. Les candidats étaient censés tenir compte des différences de trajet, ce qui aurait mené aux conclusions reposant sur le fait que l'interférence est constructive ou destructive. Beaucoup n'ont pas apprécié qu'une interférence destructive n'engendre pas toujours une amplitude nulle.

L'absence de franges en lumière monochromatique a généralement été expliquée par le fait que les franges seraient étroites. La cohérence n'a que très rarement été mentionnée.

La partie de la question portant sur l'effet Doppler a été répondue de façon satisfaisante ou médiocre. Il semble qu'une proportion importante des candidats n'avait pas étudié ce phénomène.

Question 2 Travail, énergie et puissance

Très peu de candidats ont donné la définition complète. Beaucoup n'ont pas mentionné la direction. Il faut dissuader les candidats de donner une définition en écrivant une équation algébrique sans autre explication.

Les dérivations étaient souvent inappropriées car les explications données étaient insuffisantes. Les candidats auraient dû réaliser qu'ils étaient censés expliquer clairement la physique des situations et non pas se focaliser sur des manipulations algébriques.

La majorité des candidats ont répondu avec une discussion médiocre sur les variations d'énergie car ils n'avaient pas bien lu la question. Ils ont supposé que la situation pouvait être expliquée comme une augmentation de l'énergie cinétique au dépens de l'énergie potentielle gravitationnelle et que la résistance de l'air ne jouait aucun rôle dans l'explication.

Dans la plupart des cas, l'énergie interne a été expliquée de façon satisfaisante. Néanmoins, très peu ont pu expliquer l'élévation de la température. Une grande majorité des candidats ont estimé que la réduction en volume, menant à une augmentation du taux de collision, était responsable d'une élévation de la température. Beaucoup ont même attribué l'élévation de la température au frottement dû à la collision des atomes contre les parois ! Très peu ont réalisé que les collisions avec le piston en déplacement donneraient lieu à une élévation de la vitesse moyenne des atomes.

À part pour les candidats qui n'ont pas utilisé le système d'unités SI, les calculs reposant sur le diagramme d'indicateur n'ont présenté que très peu de problèmes. Cependant, quand ils ont tenté de trouver le rendement, de nombreux candidats ont essayé d'utiliser les températures au lieu des entrées/sorties énergétiques.

Question 3 Réactions nucléaires

Très peu de candidats ont compris que les variations de température et de pression n'affectent pas la vitesse de désintégration.

Environ 50 % des candidats ont pu lier la constante de désintégration à la probabilité de désintégration.

Cependant, de nombreux candidats n'étaient pas sûrs de ce qui se désintégrerait et en combien de temps.

En général, les calculs étaient corrects mais certains candidats n'ont pas commencé par calculer le défaut de masse. Il s'en suit qu'ils ont obtenu une équation complexe et difficile à résoudre et n'ont pas pu utiliser une notation indexée.

Ce simple problème de quantité de mouvement a été expliqué de façon satisfaisante par les candidats plus forts. Les candidats plus faibles semblent apprendre la physique de façon "compartimentée" et n'ont donc pas pu donner une explication, malgré le fait que l'énoncé précisait qu'il fallait tenir compte de la quantité de mouvement. La plupart ont réussi à obtenir un rapport dans (ii) même si leurs explications précédentes étaient déplorables.

Les calculs reposant sur la désintégration radioactive se sont avérés accessibles à la plupart des candidats, bien qu'un nombre important n'ait pas compris comment déterminer l'activité moyenne de l'échantillon.

D'une manière générale, le concept de la fusion a été bien compris. Cependant, les candidats plus faibles n'ont pas bien compris les conditions requises pour qu'elle se produise, à savoir vaincre la force de répulsion entre les protons.

Question 4 Forces sur des particules chargées

Les réponses ont été très décevantes. La grande majorité s'est contentée de nommer le champ. Quand les candidats étaient censés *déduire*, il fallait donner une explication.

Seuls les candidats plus faibles ont eu des difficultés à déduire la vitesse de l'électron.

Curieusement, la flèche a souvent été dessinée à une position différente de P. La plupart des candidats ont réussi à terminer leurs calculs correctement.

Il est encourageant de constater que de nombreuses réponses ont fait référence aux effets de la gravitation comme négligeables et que les candidats plus forts ont comparé la force gravitationnelle à la force électrique ou à la force magnétique.

Il est évident que pour les candidats plus faibles le reste de cette question revenait à deviner. Dans les réponses où le sens du champ magnétique a été indiqué correctement, les candidats ont souvent omis de mentionner la règle qu'ils avaient utilisée pour trouver ce sens.

Il y a eu un petit nombre de bonnes réponses au problème où la vitesse, la masse et/ou la charge étaient changées. D'autres candidats n'ont pas pris en compte les magnitudes et le sens des forces sur les particules.

Recommandations et encadrement que les enseignants devraient fournir aux futurs candidats

Les recommandations faites par l'équipe de correction des copies d'examen comprennent les idées suivantes :

- Les candidats ont besoin de s'exercer davantage à interpréter les données, surtout si ces données sont présentées sous forme graphique.
- Ils ont besoin de s'exercer davantage à faire des calculs algébriques. Il faudrait encourager les candidats à tenter tout d'abord ces calculs en utilisant des valeurs numériques et à voir ensuite comment il est possible de généraliser.
- Ils doivent montrer les étapes intermédiaires des calculs et des déductions, au lieu d'essayer de "reporter" les données dans les mémoires des calculatrices.
- Quand ils sont censés faire une déduction, ils doivent impérativement donner une explication pour montrer comment ils sont arrivés à la réponse.
- Il faut insister davantage sur la nécessité de donner des réponses précises et détaillées.
- On peut toujours se faire une idée du niveau de détail requis pour la réponse à une question d'après le nombre de points attribués pour cette question.

En général, les candidats doivent :

- disposer de définitions précises et non ambiguës des grandeurs physiques,
- être toujours encouragés à lire toutes les questions dans la Section B avant de faire un choix,
- s'exercer à répondre à des questions d'examen en commençant dès le début du cours ; quand l'étude d'un sujet particulier est terminée, s'exercer à répondre à des questions pertinentes (ou à des parties de questions) tirées d'examens passés afin de renforcer leur compréhension du sujet,
- être encouragés à toujours indiquer leur raisonnement dans leurs réponses aux questions numériques,
- utiliser une règle pour tracer des lignes droites dans les diagrammes ou sur les graphiques linéaires,
- utiliser un crayon pour les diagrammes et les croquis.

Épreuve 3 du niveau moyen

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-4	5-9	10-13	14-18	19-22	23-27	28-40

Commentaires généraux

Les formulaires de commentaires G2 soumis après l'examen contenaient à la fois des éloges et des critiques positives. Lors des délibérations de l'attribution des notes, les commentaires critiques ont été considérés avec soin pour faire des jugements sur le niveau de difficulté global et sur l'effet que certaines questions particulières ont pu avoir sur les candidats. Le processus de définition des seuils de classement tient compte des commentaires faits par les enseignants et on incite vivement ceux-ci à

soumettre leurs commentaires (s'ils en ont à faire) sur le formulaire G2. Ces commentaires peuvent être résumés de la manière suivante :

- Environ 60 % ont trouvé cette épreuve d'un niveau similaire à celle de l'année dernière, 20 % l'ont trouvé un peu plus facile et 20 % un peu plus difficile. Cependant, dans l'ensemble, 90 % ont trouvé que l'épreuve était d'un niveau approprié et 10 % l'ont trouvé trop difficile.
- Environ 64 % ont trouvé la couverture du programme satisfaisante et 36 % l'ont trouvé bonne.
- Environ 56 % ont trouvé la clarté de la formulation des questions satisfaisante et 44 % l'ont trouvé bonne.
- Environ 48 % ont trouvé la présentation satisfaisante et 52 % l'ont trouvé bonne.

Bien que l'épreuve de cette année ait contenu quelques questions difficiles, la majorité des candidats semblent l'avoir trouvé accessible et beaucoup ont fait preuve d'une excellente compréhension des sujets.

Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires ont été l'option A (Mécanique) et l'option H (Optique). Les options les moins populaires ont été l'option D (Physique médicale) et l'option E (Physique historique). Cependant, les options F et G sont de plus en plus populaires.

En général, les candidats semblent avoir géré leur temps de manière appropriée et rien ne montre qu'ils ont été désavantagés par un manque de temps. Cependant, comme les années précédentes, certains candidats n'ont pas tenu compte de l'espace disponible pour les réponses à des sous questions particulières ni des points pouvant être attribués. Par conséquent, ils ont donné des réponses trop longues ou utilisé inutilement des feuilles supplémentaires. Quelques candidats ont répondu à plus de deux options et il est clair que certains candidats ont répondu à des options qu'ils n'avaient pas révisées.

Il faut encourager les candidats à s'assurer qu'ils ont tourné la page et qu'ils ont répondu à toutes les parties des questions d'une option particulière.

Les erreurs de chiffres significatifs et les erreurs d'unités continuent à diminuer. C'est là une tendance appréciée dans la recherche de la précision.

La majorité des candidats ont indiqué les étapes suivies dans leurs calculs et ont donc obtenu des points pour "erreur reportée" ainsi que des points pour des réponses partiellement correctes. Cependant, un nombre inquiétant de candidats ont simplement écrit une réponse à des calculs numériques (comportant souvent plusieurs opérations de calcul) sans indiquer leur raisonnement. Bien qu'une telle réponse obtienne toujours le maximum de points si elle est correcte, elle n'en rapporte aucun si elle est erronée. De même, quand l'énoncé demande aux candidats de déduire qu'une valeur donnée est correcte, il est clair qu'aucun point ne peut être attribué en l'absence de raisonnement.

Parties du programme qui se sont avérées difficiles pour les candidats

La manipulation des données (par opposition à la substitution de chiffres dans des équations) a causé de nombreux problèmes aux candidats, en particulier pour le traitement des rapports (notamment en D1 et F1).

Souvent, en lisant les copies d'examen, on a l'impression que les candidats utilisent sans réfléchir les équations indiquées dans le recueil de données.

L'interprétation des données graphiques et les explications des phénomènes physiques dépassent certains candidats.

Dans cet examen, les sujets suivants se sont avérés difficiles pour de nombreux candidats :

- l'application du principe des moments,
- les diagrammes des forces,
- le potentiel gravitationnel,
- l'énergie provenant de la fission nucléaire,
- les rapports d'échelle,
- les théories historiques de l'électricité,
- la simultanéité,
- la mécanique relativiste,
- le concept de foyer,
- les diagrammes de tracé des rayons.

Parties du programme et de l'examen auxquelles les candidats semblaient bien préparés

Comme par le passé, les réponses reposant sur des définitions et des calculs familiers ont souvent été bien effectuées. Cependant, certains candidats ont fait preuve d'une bonne compréhension des questions des options choisies et il est évident qu'ils avaient été bien préparés pour l'examen. En particulier, les options B (Physique atomique et nucléaire), F (Astrophysique) et G (Relativité restreinte et relativité générale) ont donné aux meilleurs candidats l'occasion de montrer leur compréhension des principes impliqués.

Points forts et points faibles des candidats dans le traitement des questions individuelles

Option A - Mécanique

Question 1 Forces s'exerçant sur un pont

- (a) Bien qu'il ne fallait pas tenir compte du poids du pont (ce qui est plutôt irréaliste), la plupart des candidats ont réussi à équilibrer les forces.
- (b) De nombreux candidats n'ont pas bien effectué l'application du principe des moments pour calculer les forces aux supports ; il semble qu'ils ne connaissaient pas le principe.

Question 2 Bloc sur un plan

De nombreux candidats ne comprennent pas ce que l'on entend par "diagramme des forces". Les diagrammes ont souvent été mal dessinés (par exemple, pas de règle utilisée ou lignes courbes de longueurs aléatoires). Les candidats ont souvent redessiné le diagramme donné avec le bloc, la pente, les flèches et ainsi de suite, ce qui n'était pas demandé. De plus, ils ont parfois décomposé inutilement la force verticale (poids) en deux composantes sur le diagramme. De nombreux élèves ne comprennent toujours pas le terme "poids" comme la description d'un vecteur de la force et le confondent souvent avec la "gravité". Les candidats doivent garder à l'esprit la magnitude relative de chaque force : au minimum, la longueur du vecteur poids vertical doit dépasser la longueur des vecteurs force de la réaction normale et du frottement.

De nombreux candidats savaient qu'ils devaient appliquer la deuxième loi de Newton pour calculer l'accélération mais ont été incapables de calculer la force de frottement et donc la force résultante sur le bloc. Un bon diagramme des forces dans la partie (a) a généralement été suivi par de bonnes réponses dans la partie (b).

Dans l'épreuve française, le poids du bloc a été traduit par "masse". À la réunion d'attribution des notes, toutes les copies françaises ont été passées en revue et seulement trois candidats avaient multiplié le poids par 10. L'un des trois a obtenu deux points supplémentaires.

Question 3 Gravitation

La lecture du graphique n'a généralement pas posé de problème, bien que de nombreux candidats aient oublié d'ajouter le rayon de la Terre pour le satellite à une altitude de $3,6 \times 10^7$ m au-dessus de la surface de la Terre. Cependant, beaucoup ont recouru à des calculs reposant sur la loi de Newton pour calculer l'énergie, car il semble qu'ils n'aient pas compris l'objectif du graphique de la partie (a).

Peu de candidats ont donné deux raisons claires et distinctes pour expliquer pourquoi il fallait seulement calculer l'énergie minimum. Les réponses sont souvent restées vagues et ont fait référence à l'inefficacité des propulseurs. Peu ont mentionné que, pour que le satellite passe sur orbite, il faut d'abord lui donner une vitesse horizontale quand il a atteint son altitude orbitale.

Option B - Compléments de physique quantique et nucléaire

Question 1 Effet photoélectrique

Certains candidats n'ont pas réalisé que la valeur de h représentait la pente du graphique. D'autres ont pris le rapport d'une paire de points au lieu de la pente pour déterminer h . Plusieurs candidats ont utilisé une valeur du recueil de données pour h dans (ii) pour calculer l'énergie minimum hf , malgré le fait que la question précisait "Utilisez le graphique pour déterminer..."

Les explications quant à l'existence d'une fréquence seuil étaient souvent imprécises et confuses. Une erreur courante a été de confondre l'effet photoélectrique avec l'ionisation.

Question 2 Rayons X

De nombreux candidats ont juste essayé de deviner la légende du spectre mais ils ont souvent effectué correctement le calcul de la fréquence maximum.

Question 3 Désintégration radioactive et forces fondamentales.

${}_{25}^{54}\text{Mn}$ se désintègre en ${}_{24}^{54}\text{Cr}$ et non pas en ${}_{24}^{54}\text{Ar}$ comme indiqué dans la question. Cependant, ceci n'affectait pas la validité de la question et la plupart des candidats ont répondu correctement. Les examinateurs ont toléré les termes neutrino et antineutrino.

Les candidats n'ont pas réussi à bien nommer les particules d'échange et l'interaction.

Option C – Compléments sur l'énergie

Question 1 Energie nucléaire

En général, les deux premières parties de la question ont été bien répondues mais de nombreux candidats n'ont pas compris le rôle du modérateur et pensent que son rôle est d'empêcher une réaction en chaîne incontrôlée, tout comme les barres de contrôle. Ils semblent ignorer le fait que les neutrons ont plus de chance de produire une fission avec la quantité limitée d' ^{235}U s'ils se déplacent lentement.

Question 2 Moteur thermique

Les candidats ne font pas toujours la différence entre les verbes d'action "indiquer" et "expliquer". La plupart ont correctement indiqué les réponses aux parties (a) (i) et (ii) sans toutefois expliquer pourquoi. Cependant, beaucoup ont reconnu la valeur du travail total effectué comme l'aire délimitée par le graphique et ont aussi été capables de calculer le rendement du moteur.

Option D – Physique biomédicale

Cette option n'a pas été souvent choisie, mais elle a quand même été plus populaire que l'année dernière ce qui s'explique par le fait qu'elle est maintenant bien plus courte. Comme l'année dernière, la question sur le rapport d'échelle s'est avérée difficile.

Question 1 Rapport d'échelle

Cette question a présenté d'énormes difficultés en dépit du fait qu'il y a presque toujours une question sur le facteur d'échelle dans l'option D. La plupart des candidats semblent avoir deviné les réponses au lieu de les calculer.

Question 2 Imagerie ultrasonique

Peu de candidats connaissaient la bonne plage de fréquences pour les ultrasons ou pourquoi on utilise du gel. Les candidats qui ont correctement annoté le diagramme ont été capables de calculer correctement la profondeur de l'organe en dessous de la peau, ainsi que sa longueur. Cependant, un nombre significatif de candidats ont oublié de tenir compte du facteur 2. Bien que la plupart des candidats aient bien indiqué les avantages et les inconvénients liés à l'utilisation des rayons X ou des ultrasons, peu connaissaient les échogrammes bidimensionnels.

Option E – Histoire et développement de la physique

Cette question n'a pas été souvent choisie. Trop de réponses ont été plus anecdotiques que détaillées, au lieu de reposer sur des principes de physique. L'équipe d'examineurs estime que cette option est souvent choisie par des candidats qui de toute évidence n'ont pas étudié le programme couvert par l'option.

Question 1 Mouvement de Mars

Quelques candidats ont donné des réponses complètes mais beaucoup ont confondu les modèles ou proposé des réponses incomplètes. Cependant, la plupart connaissaient le mouvement rétrograde.

Question 2 Electrification par contact

Il est clair que les diagrammes auraient pu être moins ambigus. En conséquence, toutes les combinaisons appropriées de G et E ont été acceptées, mais beaucoup de candidats ont reconnu que les événements représentaient l'attraction et la répulsion. Cependant, très peu ont compris pourquoi Franklin appelait les deux types de charge *positive* et *negative* ; beaucoup ont juste répété le mantra : *Des charges opposées s'attirent, des charges identiques se repoussent*.

Très peu de candidats ont essayé d'expliquer de façon satisfaisante l'attraction et la répulsion en termes de la théorie de Franklin et en termes de la théorie atomique. Les candidats ont donné des réponses souvent confuses en confondant les deux modèles et il est clair que dans de nombreux cas ils n'avaient pas bien compris la question.

Question 3 Rayons cathodiques

En général, les candidats ont très mal répondu à cette question. Il est admis que les noms Goldstein et Perrin ne sont pas explicitement cités dans le programme mais l'importance de leur travail devrait être connue. En ce sens, les noms ne sont pas essentiels pour répondre à la question mais la situent dans le contexte historique approprié. L'impression générale est que quelques candidats avaient de modestes connaissances sur les premiers travaux effectués dans le cadre de la découverte de l'électron.

Option F - Astrophysique

Cette question a été souvent choisie et il y a eu beaucoup de bonnes réponses.

Question 1 Diagramme H-R et distance stellaire

De nombreux candidats ont donné d'autres légendes correctes pour les axes du diagramme H-R et ont également été capables d'identifier la nature correcte des quatre étoiles.

Il est admis que les informations données permettent seulement de déduire que l'étoile B est plus grande que l'étoile A, et non pas plus massive. Cependant, rien n'indique que ceci a perturbé les candidats et le barème de notation a été modifié pour que les candidats qui sont arrivés à "plus grande" aient obtenu un maximum de points. Cependant, de nombreux candidats ont correctement déduit la surface plus grande de B grâce à sa luminosité et sa température et ont ensuite continué en disant que par conséquent, la masse était plus grande. Il va de soi que ces candidats ont également obtenu le maximum de points.

Comme indiqué plus haut, les candidats qui n'ont pas pensé à établir un rapport ont eu d'énormes difficultés à montrer que l'étoile B se trouvait à une distance d'environ 700 pc de la Terre et ont souvent recouru à des calculs arithmétiques très créatifs. La réponse "trop loin" n'a pas été acceptée pour expliquer pourquoi la distance de l'étoile B par rapport à la Terre ne pouvait pas être déterminée en utilisant la méthode de la parallaxe.

Question 2 Evolution de l'univers

Cette question a souvent été bien répondue, avec de nombreuses réponses parfaitement correctes. Cependant, une erreur courante a été d'utiliser les symboles $>$, $=$ et $<$ sans les lier explicitement à ρ_0 et ρ .

Option G – Relativité restreinte et relativité générale**Question 1 Expérience de pensée**

Bien que de nombreux candidats aient défini correctement la longueur propre, la définition du temps propre a davantage porté à confusion. Certaines définitions étaient peu claires, vagues, approximatives, incomplètes ou erronées. Une définition erronée type (définition confuse) était "le temps tel qu'il est mesuré dans un système de référence inertiel".

La plupart des candidats ont suggéré que les événements ne sembleraient pas simultanés pour Carmen, en indiquant que l'événement A se produirait en premier. Cependant, dans l'explication qui suivait, les candidats ont rarement précisé que c ne dépendait pas du mouvement de la source ou de l'observateur, un fait essentiel dans l'argumentation. De nombreux candidats ont aussi essayé de passer d'un système de référence à l'autre, ce qui a sérieusement affaibli leur argumentation. Quelquefois, la situation a été simplifiée à l'extrême et les subtilités des concepts en jeu n'ont pas été appréciées. Certains candidats ont mal utilisé le principe de causalité pour écarter la possibilité de la non simultanéité.

En utilisant l'équation pour la contraction de la longueur, de nombreux candidats ont calculé la vitesse correctement mais certains n'ont pas identifié la bonne longueur. Néanmoins, la plupart des candidats ont compris qu'aucun observateur ne pouvait être considéré comme avoir le "point de vue correct".

Question 2 Electrons relativistes

En général la courbe a été bien dessinée, devenant asymptotique à la "ligne c ", mais de nombreux candidats ont décrit le comportement de la courbe elle-même au lieu d'utiliser les principes de la mécanique relativiste comme indiqué dans la question. Quelques candidats ont brièvement suggéré le fait que la masse de l'électron augmente avec la vitesse, sans autre explication.

Le calcul de la masse de l'électron et de son énergie totale a parfois été bien effectué mais bien souvent il n'a même pas été commencé. Il est clair que certains candidats connaissaient bien ces types de calcul et que d'autres pas du tout.

Option H - Optique

Cette option est toujours populaire mais de nombreux candidats obtiennent des notes décevantes car ils sont incapables de dessiner des diagrammes de tracé des rayons.

Question 1 Réfraction

De nombreux candidats ont donné une définition descriptive de l'indice de réfraction ("la mesure dans laquelle la lumière est déviée"), en ignorant le fait que les définitions de quantités physiques sont fonctionnelles. Les symboles sur les diagrammes ou dans les équations étaient souvent mal ou pas du tout définis et le fait que le premier milieu doit être de l'air ou du vide a souvent été ignoré. De nombreux candidats ont bien dessiné le rayon de lumière bleue mais l'explication était souvent absente, erronée ou incomplète.

Question 2 Lentille divergente

Très peu de candidats ont pu donner une définition correcte du foyer. Beaucoup l'ont défini comme étant égal à deux fois le rayon de courbure de la lentille, d'autres comme le "point où toute la lumière converge".

Bien que la question indiquait en gras les mots **concave (divergente)** pour spécifier la lentille, environ 50 % de la totalité des candidats l'ont traitée comme convexe. Des points ont été accordés et un report d'erreur a été attribué pour les dessins correspondant à une convergence mais il est clair que ce diagramme n'a pas été soigneusement étudié (par exemple, certains n'ont pas remarqué que deux rayons provenaient du haut de l'objet et deux rayons venaient du bas). Comme indiqué l'année dernière, si les candidats veulent obtenir de bonnes notes avec cette option, ils doivent être capables de dessiner des diagrammes de rayons rationnels.

Le calcul du grossissement a causé peu de problèmes mais la description des effets éventuels si une partie de la lentille était couverte a donné lieu à de nombreuses spéculations intéressantes.

Recommandations et encadrement que les enseignants devraient fournir aux futurs candidats

Les recommandations faites par l'équipe d'examineurs comprenaient les idées suivantes :

- Avant de choisir une option et de commencer à répondre, les candidats devraient lire complètement le questionnaire d'examen et évaluer non seulement la variété des questions mais aussi le nombre de parties dans chaque question ainsi que leur difficulté.
- Les candidats devraient lire attentivement chaque question et adapter leurs réponses en conséquence.
- Les candidats ont besoin de s'exercer davantage à interpréter les données – particulièrement si ces données sont présentées sous forme graphique ou tabulaire.
- Les candidats doivent faire plus d'exercices pour s'entraîner à manipuler et interpréter les rapports sous forme numérique et symbolique.
- Il est important de ne pas attendre la fin des cours pour étudier les options. Leur étude pourrait alors être trop rapide ou incomplète. Il faut prévoir suffisamment de temps pour l'étude des options et incorporer soigneusement celle-ci dans l'ensemble du programme. Les candidats ne devraient pas essayer de choisir une option qu'ils n'ont pas étudiée.
- Si les candidats étudient seuls une option, les enseignants doivent veiller à suivre attentivement leurs progrès et à leur fournir un soutien adéquat. Les élèves d'une même école qui ont répondu aux questions dans les deux mêmes options ont généralement obtenu de meilleurs résultats que ceux qui ont répondu à plusieurs questions d'options différentes.

Épreuve 3 du niveau supérieur

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-7	8-14	15-22	23-29	30-35	36-42	43-60

Les formulaires de commentaires G2 soumis après l'examen contenaient à la fois des éloges et des critiques positives. Lors des délibérations d'attribution des notes, les commentaires critiques ont été considérés avec soin pour faire des jugements sur le niveau de difficulté global et sur l'effet que certaines questions particulières ont pu avoir sur les candidats. Le processus de définition des seuils de classement tient compte des commentaires faits par les enseignants et on incite vivement ceux-ci à soumettre leurs commentaires (s'ils en ont à faire) sur le formulaire G2. Ces commentaires peuvent être résumés de la manière suivante :

- Environ 60 % ont trouvé cette épreuve d'un niveau similaire à celle de l'année dernière et 40 % l'ont trouvé un peu plus difficile. Cependant, dans l'ensemble, 92 % ont trouvé que l'épreuve était d'un niveau approprié et 8 % l'ont trouvé trop difficile.
- Environ 53 % ont trouvé la couverture du programme satisfaisante et 47 % l'ont trouvé bonne.
- Environ 53 % ont trouvé la clarté de la formulation des questions satisfaisante et 47 % l'ont trouvé bonne.
- Environ 47 % ont trouvé la présentation satisfaisante, 48 % l'ont trouvé bonne et 5 % l'ont trouvé médiocre.

Bien que l'épreuve de cette année ait contenu quelques questions difficiles, la majorité des candidats semblent l'avoir trouvé accessible et beaucoup ont fait preuve d'une excellente compréhension des sujets.

Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires ont été l'option F (Astrophysique) et l'option H (Optique). Les options les moins populaires ont été l'option D (Physique médicale) et l'option E (Physique historique). Cependant, l'option G est de plus en plus populaire.

En général, les candidats semblent avoir géré leur temps de manière appropriée et rien ne montre qu'ils ont été désavantagés par un manque de temps. Cependant, comme les années précédentes, certains candidats n'ont pas tenu compte de l'espace disponible pour les réponses à des sous questions particulières ni des points pouvant être attribués. Par conséquent, ils ont donné des réponses trop longues ou utilisé inutilement des feuilles supplémentaires. Quelques candidats ont répondu à plus de deux options et il est clair que certains candidats ont répondu à des options qu'ils n'avaient pas révisées.

Il faut encourager les candidats à s'assurer qu'ils ont tourné la page et qu'ils ont répondu à toutes les parties des questions d'une option particulière.

Les erreurs de chiffres significatifs et les erreurs d'unités continuent à diminuer. C'est là une tendance appréciée dans la recherche de la précision.

La majorité des candidats ont indiqué les étapes suivies dans leurs calculs et ont donc obtenu des points pour "erreur reportée" ainsi que des points pour des réponses partiellement correctes. Cependant, un nombre inquiétant de candidats ont simplement écrit une réponse à des calculs numériques (comportant souvent plusieurs opérations de calcul) sans indiquer leur raisonnement. Bien qu'une telle réponse obtienne toujours le maximum de points si elle est correcte, elle n'en rapporte aucun si elle est erronée. De même, quand l'énoncé demande aux candidats de déduire qu'une valeur donnée est correcte, il est clair qu'aucun point ne peut être attribué en l'absence de raisonnement.

Parties du programme qui se sont avérées difficiles pour les candidats

La manipulation de données (par opposition à la substitution de chiffres dans des équations) a causé de nombreux problèmes aux candidats, en particulier pour le traitement des rapports (notamment en D1 et F1).

Souvent, en lisant les copies d'examen, on a l'impression que les candidats utilisent sans réfléchir les équations indiquées dans le recueil de données.

L'interprétation des données graphiques et les explications des phénomènes physiques dépassent certains candidats.

Dans cet examen, les sujets suivants se sont avérés difficiles pour de nombreux candidats :

- les rapports d'échelle,
- les théories historiques de l'électricité,
- la théorie de Bohr,
- la simultanéité,
- la mécanique relativiste,
- le concept de foyer,
- les diagrammes de tracé des rayons,
- la diffraction par une fente et la résolution optique.

Parties du programme et de l'examen auxquelles les candidats semblaient bien préparés

Comme par le passé, les réponses reposant sur des définitions et des calculs familiers ont souvent été bien effectuées. Cependant, certains candidats ont fait preuve d'une bonne compréhension des questions des options choisies et il est évident qu'ils avaient été bien préparés pour l'examen. En particulier, les options F (Astrophysique) et G (Relativité restreinte et relativité générale) ont donné aux meilleurs candidats l'occasion de montrer leur compréhension des principes impliqués.

Points forts et points faibles des candidats dans le traitement des questions individuelles

Dans les options D, E, F, G et H, un grand nombre des commentaires faits pour les candidats du niveau supérieur sont également applicables aux candidats du niveau moyen.

Option D – Physique biomédicale

Cette option n'a pas été souvent choisie, mais elle a quand même été plus populaire que l'année dernière ce qui s'explique par le fait qu'elle est maintenant bien plus courte. Comme l'année dernière, la question sur le rapport d'échelle s'est avérée difficile.

Question 1 Rapport d'échelle

Cette question a présenté d'énormes difficultés en dépit du fait qu'il y a presque toujours une question sur le facteur d'échelle dans l'option D. La plupart des candidats semblent avoir deviné les réponses au lieu de les calculer.

Question 2 Imagerie ultrasonique

Peu de candidats connaissaient la bonne plage de fréquences pour les ultrasons ou pourquoi on utilise du gel. Les candidats qui ont correctement annoté le diagramme ont été capables de calculer correctement la profondeur de l'organe en dessous de la peau, ainsi que sa longueur. Cependant, un nombre significatif de candidats ont oublié de tenir compte du facteur 2. Bien que la plupart des candidats aient bien indiqué les avantages et les inconvénients liés à l'utilisation des rayons X ou des ultrasons, peu connaissaient les échogrammes bidimensionnels.

Question 3 Apport énergétique de la nourriture

La plupart des candidats n'ont eu aucun problème à répondre à cette question.

Question 4 Rayonnement utilisé en médecine

En général, les candidats ont mal répondu à cette question. Très peu de candidats ont pu donner des définitions correctes de l'exposition et de la dose absorbée ou faire le rapport avec le rayonnement α et γ . Il est également clair que les candidats ne connaissaient pas bien la différence entre la demie-vie biologique et la demie-vie physique.

Option E – Histoire et développement de la physique

Cette question n'a pas été souvent choisie. Trop de réponses ont été plus anecdotiques que détaillées, au lieu de reposer sur des principes de physique. L'équipe d'examineurs estime que cette option est souvent choisie par des candidats qui de toute évidence n'ont pas étudié le programme couvert par l'option.

Question 1 Mouvement de Mars

Quelques candidats ont donné des réponses complètes mais beaucoup ont confondu les modèles ou proposé des réponses incomplètes. Cependant, la plupart connaissaient le mouvement rétrograde.

Question 2 Electrification par contact

Il est clair que les diagrammes auraient pu être moins ambigus. En conséquence, toutes les combinaisons appropriées de G et E ont été acceptées, mais beaucoup de candidats ont reconnu que les événements représentaient l'attraction et la répulsion. Cependant, très peu ont compris pourquoi Franklin appelait les deux types de charge *positive* et *negative* ; beaucoup ont juste répété le mantra : *Des charges opposées s'attirent, des charges identiques se repoussent.*

Très peu de candidats ont essayé d'expliquer de façon satisfaisante l'attraction et la répulsion en termes de la théorie de Franklin et en termes de la théorie atomique. Les candidats ont donné des réponses souvent confuses en confondant les deux modèles et il est clair que dans de nombreux cas ils n'avaient pas bien compris la question.

Question 3 Rayons cathodiques

En général, les candidats ont très mal répondu à cette question. Il est admis que les noms Goldstein et Perrin ne sont pas explicitement cités dans le programme mais l'importance de leur travail devrait être connue. En ce sens, les noms ne sont pas essentiels pour répondre à la question mais la situent dans le contexte historique approprié. L'impression générale est que quelques candidats avaient de modestes connaissances sur les premiers travaux effectués dans le cadre de la découverte de l'électron.

Question 4 L'atome d'hydrogène

En général, les candidats ont mal répondu à cette question. Peu de candidats semblent savoir qu'un électron sur une orbite de Bohr ne rayonne pas d'énergie. Dans l'équation de Rydberg, de nombreux candidats ont interprété m comme la masse de l'électron et sont donc complètement passés à côté de cette partie de la question. La plupart des candidats avaient une idée de ce qu'est un nuage d'électrons et connaissaient l'interprétation probabiliste de la fonction d'onde de Schrodinger.

Option F - Astrophysique

Cette question a été souvent choisie et il y a eu beaucoup de bonnes réponses.

Question 1 Diagramme H-R et distance stellaire

De nombreux candidats ont donné d'autres légendes correctes pour les axes du diagramme H-R et ont également été capables d'identifier la nature correcte des quatre étoiles.

Il est admis que les informations données permettent seulement de déduire que l'étoile B est plus grande que l'étoile A, et non pas plus massive. Cependant, rien n'indique que ceci a perturbé les candidats et le barème de notation a été modifié pour que les candidats qui sont arrivés à "plus grande" aient obtenu un maximum de points. Cependant, de nombreux candidats ont correctement déduit la surface plus grande de B grâce à sa luminosité et sa température et ont ensuite continué en disant que par conséquent, la masse était plus grande. Il va de soi que ces candidats ont également obtenu le maximum de points.

Comme indiqué plus haut, les candidats qui n'ont pas pensé à établir un rapport ont eu d'énormes difficultés à montrer que l'étoile B se trouvait à une distance d'environ 700 pc de la Terre et ont souvent recouru à des calculs arithmétiques très créatifs. La réponse "trop loin" n'a pas été acceptée pour expliquer pourquoi la distance de l'étoile B par rapport à la Terre ne pouvait pas être déterminée en utilisant la méthode de la parallaxe.

Question F2 Evolution de l'univers

Cette question a souvent été bien répondue, avec de nombreuses réponses parfaitement correctes. Cependant, une erreur courante a été d'utiliser les symboles $>$, $=$ et $<$ sans les lier explicitement à ρ_0 et ρ .

Question F3 Naines blanches et étoiles à neutrons

Cette question a été généralement bien répondue bien que certains candidats aient passé trop de temps à essayer d'expliquer la différence entre une naine blanche et une étoile à neutrons.

Question F4 Décalage vers le rouge, Hubble et âge de l'univers

Un nombre significatif de candidats n'ont pas dessiné de ligne droite passant par l'origine et beaucoup ont eu des problèmes pour effectuer le calcul sur l'âge de l'univers, en particulier avec les unités.

Option G - Relativité**Question 1 Expérience de pensée**

Bien que de nombreux candidats aient défini correctement la longueur propre, la définition du temps propre a davantage porté à confusion. Certaines définitions étaient peu claires, vagues, approximatives, incomplètes ou erronées. Une définition erronée type (définition confuse) était "le temps tel qu'il est mesuré dans un système de référence inertiel".

La plupart des candidats ont suggéré que les événements ne sembleraient pas simultanés pour Carmen, en indiquant que l'événement A se produirait en premier. Cependant, dans l'explication qui suivait, les candidats ont rarement précisé que c ne dépendait pas du mouvement de la source ou de l'observateur, un fait essentiel dans l'argumentation. De nombreux candidats ont aussi essayé de passer d'un système de référence à l'autre, ce qui a

sérieusement affaibli leur argumentation. Quelquefois, la situation a été simplifiée à l'extrême et les subtilités des concepts en jeu n'ont pas été appréciées. Certains candidats ont mal utilisé le principe de causalité pour écarter la possibilité de la non simultanéité.

En utilisant l'équation pour la contraction de la longueur, de nombreux candidats ont calculé la vitesse correctement mais certains n'ont pas identifié la bonne longueur. Néanmoins, la plupart des candidats ont compris qu'aucun observateur ne pouvait être considéré comme avoir le "point de vue correct".

Question 2 Electrons relativistes

En général la courbe a été bien dessinée, devenant asymptotique à la "ligne c", mais de nombreux candidats ont décrit le comportement de la courbe elle-même au lieu d'utiliser les principes de la mécanique relativiste comme indiqué dans la question. Quelques candidats ont brièvement suggéré le fait que la masse de l'électron augmente avec la vitesse, sans autre explication. Le calcul de la masse de l'électron et de son énergie totale a parfois été bien effectué mais bien souvent il n'a même pas été commencé. Il est clair que certains candidats connaissaient bien ces types de calcul et que d'autres pas du tout.

Question 3 Espace-temps, gravité et trous noirs

Il est admis que les diagrammes d'espace-temps ne font pas partie du programme mais qu'ils représentent quand même un concept utile. Dans cette question, le diagramme était censé aider les candidats à répondre. Cependant, il aurait sûrement été préférable de laisser les candidats choisir leur propre méthode pour répondre à la question. Il va sans dire que les candidats qui ont répondu par une description verbale ont reçu le maximum de points, qu'ils aient dessiné le diagramme ou pas.

Les réponses en termes de déformation de l'espace-temps étaient généralement sensées et il faut noter que les candidats qui ont répondu avec une description non relativiste d'un trou noir ont obtenu des points.

Option H - Optique

Cette option est toujours populaire mais de nombreux candidats obtiennent des notes décevantes car ils sont incapables de dessiner des diagrammes de tracé des rayons.

Question 1 Réfraction

De nombreux candidats ont donné une définition descriptive de l'indice de réfraction ("la mesure dans laquelle la lumière est déviée"), en ignorant le fait que les définitions de quantités physiques sont fonctionnelles. Les symboles sur les diagrammes ou dans les équations étaient souvent mal ou pas du tout définis et le fait que le premier milieu doit être de l'air ou du vide a souvent été ignoré. De nombreux candidats ont bien dessiné le rayon de lumière bleue mais l'explication était souvent absente, erronée ou incomplète.

Question 2 Lentille divergente

Très peu de candidats ont pu donner une définition correcte du foyer. Beaucoup l'ont défini comme étant égal à deux fois le rayon de courbure de la lentille, d'autres comme le "point où toute la lumière converge".

Bien que la question indiquait en gras les mots **concave (divergente)** pour spécifier la lentille, environ 50 % de la totalité des candidats l'ont traitée comme convexe. Des points ont été accordés et un report d'erreur a été attribué pour les dessins correspondant à une convergence mais il est clair que ce diagramme n'a pas été soigneusement étudié (par exemple, certains

n'ont pas remarqué que deux rayons provenaient du haut de l'objet et deux rayons venaient du bas). Comme indiqué l'année dernière, si les candidats veulent obtenir de bonnes notes avec cette option, ils doivent être capables de dessiner des diagrammes de rayons rationnels.

Le calcul du grossissement a causé peu de problèmes mais la description des effets éventuels si une partie de la lentille était couverte a donné lieu à de nombreuses spéculations intéressantes.

Question 3 Diffraction par une fente

Il faut noter que l'expression "diffraction de Fraunhofer" est utilisée dans le guide pédagogique et que l'expression a été utilisée ici pour attirer l'attention des candidats sur le fait que la question portait sur les fronts d'onde plans. Rien dans les réponses des candidats n'indique que l'utilisation de cette expression les a désavantagés ; les mauvaises réponses sont manifestement dues au manque de connaissance et de compréhension du sujet. De nombreux candidats ont omis de mentionner que c'est l'interférence des ondes provenant de divers points distincts sur le front d'onde incident qui est à l'origine du phénomène de diffraction. Néanmoins, les graphiques sur la distribution de l'intensité ont été dans l'ensemble bien dessinés mais l'indication du critère de Rayleigh et son application ont causé beaucoup de problèmes.

Recommandations et encadrement que les enseignants devraient fournir aux futurs candidats

Les recommandations faites par l'équipe d'examineurs comprenaient les idées suivantes :

- Avant de choisir une option et de commencer à répondre, les candidats devraient lire complètement le questionnaire d'examen et évaluer non seulement la variété des questions mais aussi le nombre de parties dans chaque question ainsi que leur difficulté.
- Les candidats devraient lire attentivement chaque question et adapter leurs réponses en conséquence.
- Les candidats ont besoin de s'exercer davantage à interpréter les données – particulièrement si ces données sont présentées sous forme graphique ou tabulaire.
- Les candidats doivent faire plus d'exercices pour s'entraîner à manipuler les rapports sous forme numérique et symbolique.
- Il est important de ne pas attendre la fin des cours pour étudier les options. Leur étude pourrait alors être trop rapide ou incomplète. Il faut prévoir suffisamment de temps pour l'étude des options et incorporer soigneusement celle-ci dans l'ensemble du programme. Les candidats ne devraient pas essayer de choisir une option qu'ils n'ont pas étudiée.
- Si les candidats étudient seuls une option, les enseignants doivent veiller à suivre attentivement leurs progrès et à leur fournir un soutien adéquat. Les élèves d'une même école qui ont répondu aux questions dans les deux mêmes options ont généralement obtenu de meilleurs résultats que ceux qui ont répondu à plusieurs questions d'options différentes.

Évaluation interne

Seuils de classement des notes par composante

Note finale:	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes:	0-9	10-15	16-21	22-27	28-31	32-37	38-48

Couverture et pertinence du travail

De nombreuses écoles ont présenté un programme de travail expérimental riche et varié. Ces écoles avaient un éventail de recherches qui couvraient la totalité des programmes, y compris les options. Elles ont également donné aux élèves de nombreuses occasions d'être évalués en fonction des divers critères. En outre, elles ont organisé davantage de recherches ouvertes, spécifiquement conçues pour l'organisation des élèves. Ceci est un signe encourageant qui montre que le programme de l'OBI a une influence sur les enseignants. D'un point de vue plus critique, le sujet de la mécanique a comme d'habitude souvent été traité à l'excès et de nombreuses écoles n'ont eu que très peu ou pas de recherches liées aux options ou aux compléments, mis à part pour l'optique. La plupart des écoles sont parvenues à des résultats satisfaisants pour leurs projets de groupe 4. Enfin, de nombreuses écoles ont utilisé des thèmes de recherches qui ne reposaient pas sur le programme, comme le mouvement harmonique simple, les condensateurs et d'autres thèmes traditionnels ; ces sujets étaient bien adaptés à l'évaluation.

Quelques écoles distribuent encore des feuilles de travail aux élèves, ce qui les force à adopter une approche de type "remplir les blancs" pour le travail expérimental. Cette méthode est peut-être bien adaptée au travail de classe mais elle ne convient pas aux évaluations reposant sur les critères. L'échantillonnage de données réalisé à l'aide d'ordinateurs est également courant et les enseignants doivent examiner scrupuleusement le logiciel utilisé pour vérifier qu'il est adapté à l'évaluation du recueil de données. Consultez les FAQ (questions fréquemment posées) et le Centre pédagogique en ligne pour obtenir des compléments d'information. Ce sont les élèves qui doivent décider des données à recueillir et de la manière de les présenter. Ils travaillent souvent en équipes, ce qui est très bien, mais le travail qui en résulte ne convient pas toujours aux évaluations internes.

Performance relative à chaque critère

Pour les commentaires sur les performances relatives aux critères d'ÉI, nous devons différencier le rôle de l'enseignant de la réalisation de l'élève. Pour qu'un élève obtienne de bonnes notes selon un critère donné, il doit non seulement montrer qu'il est bon en physique mais l'enseignant doit aussi définir un contexte approprié dans lequel l'élève peut obtenir de bonnes notes.

Organisation (a)

Ceci reste l'un des points les plus difficiles à faire passer aux enseignants. Demander à un élève de confirmer la loi d'Ohm lui donne déjà une question de recherche ; l'hypothèse et les variables sont écrites dans l'équation. Cependant, cette approche est représentative de certains sujets de recherche utilisés pour évaluer l'organisation (a). Les sujets d'organisation (a) doivent être ouverts et l'élève doit définir un problème et le mener à bout. Si tous les élèves de la classe font la même chose, l'exercice n'est pas ouvert. Les enseignants doivent consulter le Centre pédagogique en ligne de l'IBCA pour obtenir des détails sur le matériel de soutien pédagogique. Il est encourageant de constater que de nombreuses écoles assignent des sujets d'organisation appropriés et il y a eu beaucoup moins de problèmes dans ce domaine que lors des années précédentes.

Organisation (b)

La pertinence de ce critère se rapproche de celle du critère d'organisation (a). Si l'organisation (b) est appropriée, les élèves ne devraient pas tous faire la même chose. Bien que le nombre d'appareils pour la classe soit limité, il est possible d'avoir différentes approches et différentes techniques, et cette variété doit être évidente dans les exercices d'organisation (b). Dans l'ensemble, l'organisation (b) a reçu de meilleures notes que l'organisation (a). Les enseignants doivent se rendre compte des aspects détaillés qui entrent en jeu dans le critère d'organisation (b).

Ici, les élèves sélectionnent les appareils et le matériel, puis ils conçoivent une méthode pour effectuer la recherche.

Si l'enseignant distribue des voltmètres, des ampèremètres et des résistances étalons, l'élève n'a aucune marge de manœuvre pour contribuer aux aspects de l'organisation (b) de la recherche. Les enseignants doivent garder à l'esprit qu'il y a un certain nombre d'exercices d'organisation (a) et (b) qui peuvent être assignés sans nécessiter de suivi. Autrement dit, les élèves peuvent effectuer l'exercice d'organisation sans exécuter l'expérience proprement dite.

Recueil de données

Ce critère permet d'obtenir des bonnes notes plus facilement, mais les élèves et les enseignants doivent quand même être vigilants. Toutes les mesures expérimentales impliquent un certain niveau d'incertitude, même s'il s'agit juste du chiffre le moins significatif. Cette incertitude doit être consignée avec toutes les données brutes, et dans la plupart des cas il y a plus d'incertitudes qu'il n'est possible de traiter. Seuls les élèves de niveau supérieur doivent traiter les incertitudes (le cas échéant), mais tous les élèves de niveau moyen et supérieur doivent les reconnaître et les enregistrer correctement avec les données brutes. Il va de soi qu'ils doivent noter les unités avec les incertitudes, ainsi qu'avec les données brutes. Le fait que le chronomètre donne des temps en secondes ne signifie pas forcément que les données doivent être consignées en secondes. Les élèves doivent concevoir et remplir eux-mêmes leurs propres tableaux de données. L'évaluation perd tout son sens quand l'enseignant leur donne ces informations. Les réviseurs de notation doivent alors baisser les notes. Dans l'ensemble, ce critère a été traité avec succès. La plupart des enseignants se rendent compte que quand les élèves utilisent des interfaces informatiques pour recueillir les données, ces données et leur présentation ne conviennent pas à l'évaluation du recueil de données.

Traitement et présentation des données

Il ne faut pas dire aux élèves de dessiner un graphique x-y ni comment traiter les données. Sinon, les réviseurs de notation se voient dans l'obligation de revoir les notes à la baisse. Les élèves doivent déterminer les quantités à traiter mathématiquement puis les quantités à représenter sur un graphique (et bien entendu ce qu'il faut faire avec le graphique). Dans certains cas, il y a très peu, voir aucun traitement à effectuer en termes de calculs mathématiques. Ainsi, si les données brutes consistent en la hauteur de chute et la hauteur de rebond d'une balle, le traitement serait interprété comme la reproduction correcte des données sur un graphique, avec par exemple un graphique du rebond en fonction des hauteurs de chute. Dans cet exemple, un élève de niveau moyen serait en mesure de dessiner des barres d'incertitude sur les hauteurs de rebond du graphique. Dans des exemples plus complexes, le traitement peut consister à prendre la fonction sinus des angles mesurés ou à calculer la quantité de mouvement en utilisant les mesures des données brutes. De nombreux élèves utilisent des programmes informatiques pour dessiner les graphiques, ce qui est très bien. Mais quand l'ordinateur génère les barres d'incertitude par défaut (et quand il n'y a pas de justification ou de calcul de l'élève dans le texte), il est évident que le réviseur de notation ne peut pas considérer le travail comme une appréciation de l'incertitude. De même, connecter

les points en les reliant n'apporte généralement rien à l'étude des relations physiques. Les élèves doivent pouvoir contrôler le programme de tracé des graphiques pour obtenir des résultats d'ÉI satisfaisants selon le critère TPD. Enfin, les chiffres significatifs sont souvent mal utilisés dans les programmes de tracé des graphiques. Cet aspect doit être traité par les élèves et ils doivent également apprécier correctement la pente des graphiques (avec les unités, le cas échéant).

Conclusion et évaluation

Il est difficile de satisfaire tous les aspects de ce critère. Les élèves sont souvent si enthousiastes qu'ils écrivent juste des commentaires appréciatifs sur le fait qu'ils ont vraiment apprécié la recherche et qu'elle s'est bien déroulée. Dans ce cas, il faut rappeler aux élèves les trois aspects du critère CÉ. Les enseignants doivent aussi garder cet aspect à l'esprit quand ils évaluent la conclusion. Une bonne organisation (a) aide à déterminer ce qu'il faut dire dans la conclusion.

Recommandations

L'enseignant doit soigneusement choisir le thème de recherche pour l'ÉI. Cette recommandation est la plus importante. De nombreux exercices de laboratoire peuvent être effectués en classe et ne pas être utilisés pour l'évaluation du BI, mais dans le cadre de l'évaluation, les exercices doivent être pertinents pour éviter de perdre des points.

Quand ils soumettent le travail des élèves et les formulaires 4/PSOW, les enseignants doivent suivre les instructions scrupuleusement et noter le travail en suivant les directives. La plupart des écoles le font mais il y en a encore qui n'ont pas lu les instructions.

Il est essentiel de fournir une copie des instructions données aux élèves pour le travail faisant l'objet d'une révision de notation. Même si ces instructions ont été données oralement, l'enseignant doit les préciser au réviseur pour qu'il connaisse le contexte dans lequel l'élève a effectué le travail.

Les élèves ont besoin de davantage de conseils sur la façon de traiter les erreurs et les incertitudes. Il faut également leur donner plus de directives pour dessiner les graphiques.

Si deux enseignants ou plus participent à l'enseignement de l'évaluation des recherches, ils doivent impérativement travailler ensemble pour effectuer une révision en interne avant d'envoyer des échantillons au réviseur.

Les enseignants doivent consulter le Centre pédagogique en ligne pour obtenir du matériel de soutien pédagogique sur l'évaluation interne. La Phase 1 contient des directives sur l'organisation des expériences, les compétences personnelles et de manipulation ainsi que sur les erreurs et les incertitudes. La Phase 2 contient des exemples d'expériences notées. Les réviseurs prendront en compte les directives précisées ici pour évaluer le travail dès la session d'examens de mai 2004.

Commentaires

La majorité des écoles font un travail admirable et couvrent le programme avec des recherches intéressantes et pertinentes. La majorité des écoles sont conscientes que tous les critères ne s'appliquent pas à toutes les expériences et que de nombreuses expériences peuvent être effectuées sans nécessiter de notes d'ÉI. Il est également encourageant de constater que de nombreuses écoles comprennent la nature ouverte de l'organisation (a) et de l'organisation (b). De nombreuses écoles utilisent un système maison de notation des ÉI pour évaluer le travail des élèves. Ceci aide l'enseignant, l'élève et le réviseur dans le cadre de la révision de la notation. Dans l'ensemble, la plupart des notes attribuées par les enseignants à leurs élèves ont été acceptables. Dans quelques cas

isolés, les enseignants ont été trop sévères et les réviseurs ont relevé les notes. Dans d'autres cas plus nombreux, les réviseurs ont dû baisser les notes. L'enseignant a parfois été trop indulgent, mais la raison majeure pour baisser les notes était que l'enseignant avait assigné un exercice inapproprié, qui ne permettait pas de remplir les critères d'ÉI.