

## PHYSIQUE (IBAP & IBAEM)

### Seuils de classement des notes finales

#### Niveau Supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-16	17-28	29-39	40-49	50-59	60-70	71-100

#### Niveau Moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-15	16-26	27-37	38-48	49-56	57-68	69-100

### Évaluation interne

#### Seuils de classement des notes par composante

#### Niveau Supérieur

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

#### Niveau Moyen

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

### Gamme et caractère approprié du travail présenté

La plupart des écoles fournissent aux élèves de physique du BI un programme pratique bien équilibré et présentant un challenge. Il semble qu'un travail expérimental ait été effectué dans la plupart des domaines du programme, y compris dans les options, et dans des domaines en dehors du programme du BI. De nombreux projets du groupe 4 sont intéressants et les élèves semblent apprécier leur travail. L'utilisation de feuilles de travail où l'on remplit des espaces vides semblait très minime. De nombreuses expériences courantes tirées de manuels furent exécutées et, dans la plupart des cas, elles étaient appropriées pour l'évaluation suivant les critères de collecte, de traitement et de présentation des données et de conclusion et d'évaluation, mais elles n'étaient pas appropriées pour l'évaluation de l'organisation (a) ou de l'organisation (b). Il est important que certains enseignants l'apprécient. Quelques écoles attribuent trop de temps à une investigation particulière. Par exemple, il est difficile à un modérateur de croire qu'il faille 4,5 heures pour vérifier la loi de Hooke. Les enseignants doivent se rappeler que l'attribution de temps se rapporte au temps de classe uniquement.

## Résultats des candidats pour chaque critère d'évaluation

Bien que la majorité des enseignants comprenne clairement les cinq critères, les deux critères qui causèrent le plus de problèmes furent l'organisation (a) et la conclusion et l'évaluation. Les enseignants ont besoin de se rappeler que, pour l'organisation (a), les élèves doivent spéculer sur le rapport ou la fonction dans une investigation. La mesure de la gravité ou la confirmation de la conservation de la quantité de mouvement ne sont pas des incitations ouvertes qui permettent aux élèves d'aborder chaque aspect. Les conclusions ont besoin de se rapporter à l'hypothèse initiale et d'analyser les données d'une façon qui confirme ou nie la question initiale. Les détails de ces trois aspects doivent être donnés aux élèves lorsqu'ils écrivent leurs conclusions et leurs évaluations. La plupart des élèves ont du mal à exprimer les limitations ou les faiblesses dans leur procédure. Ils ont besoin de penser à l'étendue et à la portée de l'investigation ainsi qu'aux suppositions faites.

La performance de la plupart des élèves est bonne en ce qui concerne l'évaluation de la collecte des données. Les erreurs et les incertitudes sont généralement indiquées dans des tableaux de données et de brefs commentaires sont faits sur les estimations de ces erreurs et de ces incertitudes. Les élèves font attention aux chiffres significatifs.

Le traitement et la présentation des données sont souvent bien faits mais ils contiennent quelques faiblesses. Trop souvent, un élève fait un calcul, par exemple lorsqu'il détermine l'indice de réfraction en mesurant des angles appropriés. Puis, il répète ce calcul un certain nombre de fois pour divers angles et calcule la moyenne des nombreuses valeurs de l'indice de réfraction. Une bien meilleure méthode consisterait à tracer un graphique des angles appropriés et à utiliser le gradient pour déterminer l'indice de réfraction. Cela éliminerait tout changement systématique des données, donnerait une image visuelle de la dispersion des données et donc de la qualité des données et permettrait les calculs des gradients minimum et maximum. Il y a encore quelques élèves qui relient les points sur un graphique alors qu'une droite d'ajustement aurait été appropriée. Il y a aussi des graphiques où les données suggèrent une courbe et où, malgré tout, l'étudiant force une droite d'ajustement. Il faut encourager les élèves à étendre leurs compétences de création de graphiques. Enfin, un certain nombre d'élèves du niveau supérieur utilisent le gradient minimum et maximum d'un graphique pour trouver l'incertitude dans le gradient de la droite d'ajustement. Cela est encourageant.

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

- Il convient que la nature ouverte des investigations de l'organisation (a) soit appréciée aussi bien par l'enseignant qui définit l'incitation à l'investigation que par l'élève.
- Les projets du groupe 4 sont souvent le résultat d'un effort d'équipe et ces projets ne sont donc normalement pas appropriés pour l'évaluation selon n'importe lequel des cinq premiers critères. On peut les évaluer suivant les critères non modérés des Compétences de manipulation et ou des Compétences personnelles (a).
- Le BI encourage l'utilisation de la technologie de l'information et de la communication. Une majorité d'élèves produisent des documents d'investigation par traitement de texte et de nombreux élèves utilisent des programmes de création de graphiques. C'est une bonne chose. Quelques établissements utilisent l'enregistrement chronologique des données pour certaines investigations et quelques établissements utilisent des tableurs pour traiter les données.
- Les enseignants et les élèves ont besoin d'être conscients de la différence entre ce qu'on attend des élèves au niveau moyen et au niveau supérieur (en se basant sur le programme) en ce qui concerne le traitement des erreurs et des incertitudes.
- Un enseignement plus poussé est nécessaire dans le domaine des compétences de création de graphiques, y compris dans le traitement des erreurs et des incertitudes dans les graphiques.

- On encourage l'utilisation continue du Centre pédagogique en ligne du BI. Il est évident que de nombreux enseignants utilisent beaucoup les ressources offertes par ce centre, particulièrement en ce qui concerne les investigations d'organisation.

### **Autres commentaires**

Dans l'ensemble, la majorité des enseignants et des élèves paraît bien comprendre l'évaluation interne du programme de physique et les critères d'évaluation interne sont appliqués de manière satisfaisante. La grande majorité des formulaires 4/PSOW et des nouveaux formulaires de feuille de couverture 4/IA ont été remplis correctement.

## **Épreuve un**

### **Niveau supérieur**

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-10	11-13	14-17	18-19	20-23	24-26	27-39

### **Niveau moyen**

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-7	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-29

### **Remarques générales**

Les épreuves de physique IB à choix multiple sont conçues de manière à comporter, dans l'ensemble, des questions vérifiant la connaissance de faits, de concepts et de terminologie et l'application de ces connaissances. Les objectifs d'évaluation sont spécifiés dans le Guide. Il convient de noter que les questions à choix multiples permettent de vérifier les définitions et les lois sans rappel complet, mais qu'elles ont besoin d'une compréhension des concepts sous-jacents.

Bien que les questions puissent impliquer de simples calculs, les calculs peuvent être évalués de manière plus appropriée dans les questions des épreuves 2 et 3. Les calculatrices ne sont donc pas nécessaires ni autorisées pour l'épreuve 1.

Une partie des questions sont identiques pour les épreuves du NM et du NS, les questions supplémentaires des épreuves du NS couvrant une partie complémentaire du programme.

Seul un petit pourcentage du nombre total d'enseignants ou du nombre de centres passant l'examen renvoyèrent des formulaires G2. Par conséquent, il est difficile d'évaluer les opinions générales étant donné que ceux qui renvoient des formulaires G2 sont peut-être uniquement ceux qui ont beaucoup à dire sur les épreuves. Les réponses indiquèrent que les épreuves de mai 2006 furent bien reçues dans l'ensemble. La majorité des enseignants qui firent des commentaires sur les épreuves estimaient qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié. Cependant, une minorité non négligeable pensait que les deux épreuves étaient plus difficiles. On peut tenir compte de ces changements de niveau de difficulté lors de la définition des seuils de classement des notes. À quelques exceptions près, les enseignants pensaient que les épreuves couvraient bien le programme ou le faisaient de manière satisfaisante. Lorsque l'on fait des commentaires sur la couverture du programme, il faut tenir compte du fait que celle-ci doit être jugée conjointement avec l'épreuve 2. La plupart des enseignants pensaient également que la présentation des épreuves était bonne ou satisfaisante.

## Analyse statistique

La performance globale des candidats et leur performance sur des 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 les nombres de candidats ayant choisi l'option désignée ou n'ayant 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 ayant donné la bonne réponse (la réponse clé). 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. En général, un indice de discrimination plus élevé indique qu'une plus grande proportion des candidats plus capables ont identifié correctement la bonne réponse par rapport aux candidats plus faibles. Cependant, il est possible que cela ne soit pas le cas lorsque l'indice de difficulté est soit élevé, soit faible.

## Analyse des questions de l'épreuve 1 du NS

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	189	813	638	1180*	23	41,50	0,43
2	321	83	2016*	421	2	70,91	0,10
3	138	2462*		238	5	86,59	0,07
4	1493*	374	643	326	7	52,51	0,29
5	250	2258*	127	205	3	79,42	0,37
6	1341*	838	341	309	14	47,16	0,26
7	192	612	1673*	351	15	58,84	0,38
8							
9	801	1421*	530	84	7	49,98	0,55
10	493	85	1417*	834	14	49,84	0,21
11	161	676	1345*	647	14	47,30	0,43
12	69	456	1449	853*	16	30,00	0,16
13	178	76	2416*	167	6	84,98	0,22
14	1088	386	684*	671	14	24,05	0,30
15	55	636	1883*	265	4	66,23	0,35
16	16	308	594	1917*	8	67,42	0,39
17	95	1320*	797	630	1	46,42	0,54
18	269	1764*	355	430	25	62,04	0,38
19	297	114	1112*	1318	2	39,11	0,31
20	875	277	1474*	210	7	51,84	0,15
21	263	721	118	1731*	10	60,88	0,50
22	1996*	518	188	137	4	70,20	0,31
23	176	426	835	1382*	24	48,61	0,39
24	309	232	1797*	495	10	63,20	0,45
25	177	279	2335*	48	4	82,13	0,30
26	1791*	165	115	758	14	62,99	0,21
27	119	1365	617	732*	10	25,74	0,14
28	291	376	1931*	242	3	67,92	0,16
29	1172*	476	505	661	29	41,22	0,13
30	361	693	523	1247*	19	43,86	0,51
31	238	770*	1084	705	46	27,08	0,19

32	403	242	1668*	514	16	58,67	0,41
33	756	301	479	1267*	40	44,56	0,56
34	601	1237*	88	902	15	43,51	0,16
35	1202	184	187	1247*	23	43,86	0,52
36	371	1622*	630	196	24	57,05	0,34
37	203	301*	177	2128	34	10,58	0,04-
38	290	640	444	1438*	31	50,58	0,44
39	1338*	341	916	203	45	47,06	0,35
40	701	498	501	1101*	42	38,72	0,32

Nombre de candidats : 2843

### Analyse des questions de l'épreuve 1 du NM

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	233	996	473	715*	32	29,19	0,38
2	36	39	2352*	21	1	96,03	0,06
3	140	2074*		232	3	84,68	0,08
4	2034*	49	247	117	2	83,05	0,26
5	361	1653*	352	80	3	67,49	0,39
6	1075*	655	476	232	11	43,89	0,25
7							
8	85	619	1512*	229	4	61,73	0,35
9	767	928*	598	152	4	37,89	0,44
10	404	1304	344	390*	7	15,92	0,17
11	1046	820*	202	364	17	33,48	0,17
12	38	54	1600*	747	10	65,33	0,31
13	204	763	833*	636	13	34,01	0,29
14	209	716*	1057	464	3	29,23	0,49
15	706	1520*	176	41	6	62,06	0,23
16	290	1179*	440	514	26	48,14	0,40
17	175	1788*	220	256	10	73,00	0,36
18	255	732	150	1305*	7	53,28	0,50
19	273	314	163	1690*	9	69,00	0,44
20	782	458*	599	591	19	18,70	0,18
21	1144*	302	808	184	11	46,71	0,37
22	160	1245	483	550*	11	22,45	0,09
23	241	264	1594*	342	8	65,08	0,24
24	1059	269*	648	459	14	10,98	0,02-
25	277	1324*	413	422	13	54,06	0,43
26	963*	377	426	656	27	39,32	0,15
27	491	717	489	714*	38	29,15	0,37
28	2073*	154	173	33	16	84,64	0,29
29	1241	249	220	707*	32	28,86	0,41
30	292	1242*	665	210	40	51,71	0,33

Nombre de candidats : 2449

## Commentaires sur cette analyse

*Difficulté.* Aussi bien pour le NS que pour le NM, l'indice de difficulté varie entre environ 10 % (questions relativement 'difficiles') et environ 85 % pour le NS et 96 % pour le NM (question relativement 'faciles'). La majorité des questions avaient un indice de difficulté situé entre 30 % et 70 %. Les épreuves fournissaient ainsi de nombreuses occasions à tous les candidats d'obtenir des points, tout en donnant une répartition adéquate des notes.

*Discrimination.* Toutes les questions avaient une valeur positive pour l'indice de discrimination. Idéalement, l'indice devrait être plus élevé qu'environ 0,2. Cela fut obtenu pour la majorité des questions. Cependant, il est possible qu'un faible indice de discrimination ne provienne pas d'une question médiocre. Il pourrait indiquer une méconnaissance courante parmi les candidats ou une question avec un indice de difficulté élevé.

*Réponse 'blanche'.* Dans les deux épreuves, le nombre de réponses blanches a tendance à augmenter vers la fin du test. Cela peut indiquer que les candidats n'eurent pas assez de temps pour terminer leurs réponses, malgré le manque de commentaires des enseignants à cet égard. Pourtant, cela ne fournit pas d'explication pour les réponses 'blanches' au début des épreuves. Il convient de rappeler aux candidats qu'il n'existe pas de pénalité pour une réponse incorrecte. Par conséquent, si on ne connaît pas la réponse correcte, il faudrait essayer de deviner la réponse.

## 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 de commentaires lorsqu'on examine une question spécifique. On ne fera donc de commentaires que sur des questions sélectionnées, c'est à dire des questions qui illustrent un aspect particulier ou pour lesquelles on peut identifier un problème.

### Questions communes au NM et au NS

#### NM et NS Q3

Les candidats devraient apprécier qu'une droite d'ajustement peut être droite ou courbe à moins qu'on ne leur spécifie que cette droite est une ligne droite ou une ligne courbe. Dans cette question, l'option B est clairement la droite d'ajustement pour les points de données. Cependant, la droite dans l'option C passerait juste à travers les régions d'incertitude pour tous les points. Par conséquent, les options B et C furent acceptées toutes les deux.

#### NM Q7 et NS Q8

Il aurait été préférable d'avoir énoncé dans la prémisse : 'la fusée accélère vers l'avant' plutôt que 'la fusée se déplace vers l'avant'. Avec la présente formulation de la question, l'option A pourrait être correcte si des endroits de départ et de fin appropriés sont choisis. Cette question n'a donc pas été incluse.

#### NM et NS Q9

Cette question avait un indice de discrimination élevé avec un indice de difficulté moyen ou en dessous de la moyenne. Cette question semblait un bon test de la compréhension du sujet.

#### NM Q14 et NS Q17

Les résultats indiqueraient que, en ce qui concerne les candidats plus faibles, il convient de souligner que le degré Celsius et le degré Kelvin ont la même grandeur.

### **NM Q22 et NS Q27**

Cette question s'avéra difficile pour les candidats. La majorité d'entre eux pensèrent que l'option B serait la bonne réponse. Il est évident qu'ils ne considèrent que les grandeurs des charges et qu'ils ignorent la nature inverse du carré des distances.

### **NM Q30 et NS Q36**

Un petit nombre d'enseignants commentèrent que les diagrammes étaient médiocres. Les statistiques aussi bien pour le NM que pour le NS indiquent que ceux qui comprirent le phénomène eurent peu ou pas de difficulté à comprendre les options.

## **Questions du NS**

### **Q10**

L'indice de difficulté pour cette question était d'environ 50 % et l'indice de discrimination était acceptable. Il aurait été préférable d'indiquer catégoriquement que c'était le travail effectué contre les forces données. Cependant, les distracteurs éliminent toute autre possibilité et sont manifestement incorrects.

### **Q12**

Cette question demande la vitesse de la pierre lorsqu'elle entre en contact avec la mer. De nombreux candidats donnèrent la réponse correspondant à la vitesse verticale.

### **Q14**

Les candidats devraient réaliser que, lorsqu'un corps se déplace verticalement vers le haut et que la résistance de l'air est significative, l'accélération aura alors une grandeur supérieure à  $g$ . Il n'y a donc qu'une seule option correcte possible.

### **Q32**

Il est impossible de déterminer la polarité d'une crête individuelle. Ce que l'on sait, c'est que les deux crêtes auront des polarités opposées.

### **Q33**

La formulation de la prémisse est correcte. Cette question porte sur un courant efficace constant. Cela signifie que le courant efficace est constant et, par implication, que le courant de crête est aussi constant. La prémisse n'indique pas que le courant alternatif est constant.

### **Q34**

Lorsque l'on demande aux candidats de tracer de tels diagrammes, la qualité est généralement bien en dessous de ce qu'on attend d'eux. Dans cette question, les candidats pouvaient être testés quant à leur compréhension, sans impliquer de compétences de dessin. Les options A et C sont manifestement incorrectes parce que la majorité de la déviation se produit soit avant, soit après avoir atteint le noyau. L'option D est incorrecte parce qu'elle implique un changement de direction presque instantané, c'est-à-dire que la force de répulsion agit sur une plage de distance très limitée.

### **Q37**

Cet indice de discrimination négatif indique une méconnaissance très courante. À savoir qu'à une intensité constante, le courant photoélectrique est constant. L'intensité est une mesure de l'énergie lumineuse par unité de surface. Si la fréquence est augmentée, l'énergie des photons augmente alors. Pour une énergie constante par unité de surface, le flux de photons doit diminuer, entraînant un changement du courant photoélectrique.

### Q38

Dans l'option D, il aurait peut-être été préférable d'indiquer 'un noyau donné'. Cependant, cette question avait un indice de discrimination très élevé qui indiquerait que les candidats ne furent pas désavantagés.

## Questions du NM

### Q10

La prémisse de cette question fait référence à une boule en acier mais toutes les options font référence à une sphère. Cependant, cela ne semble pas avoir présenté de difficulté pour les candidats. Le faible indice de difficulté était dû au fait que les candidats ne réalisèrent pas que le système comprenait la boule/sphère et la plaque. On peut bien illustrer ce phénomène en utilisant un berceau de Newton - le jouet de bureau !

### Q11

La popularité de l'option A suggère que les candidats plus faibles ne considèrent que la charge appliquée sur le fil. La prémisse indique clairement que la force retourne à zéro.

### Q20

D'après les commentaires reçus, il semblerait que cette question portait à confusion. La prémisse ne mentionne pas la vitesse d'une onde stationnaire. En fait, cela serait incorrect. Une onde stationnaire est le résultat d'une interférence lorsque deux ondes progressives se déplacent dans des directions opposées dans la même région d'espace. La vitesse est la vitesse de l'une ou l'autre de ces deux ondes progressives qui produisent l'onde stationnaire.

### Q24

Cette question avait un indice de difficulté très faible et un indice de discrimination négatif. Cela est dû à une méconnaissance courante de la part des candidats. La résistance n'est pas définie comme le gradient d'un graphique  $V/I$ . Cependant, la résistance est définie comme le rapport entre la différence de potentiel de part et d'autre du composant et le courant dans le composant. Par conséquent, lorsqu'on utilise un graphique, le courant  $I$  pour une valeur spécifique de différence de potentiel  $V$  doit être déterminé, et le rapport  $V/I$  donne alors la résistance à cette valeur particulière de  $V$  et de  $I$ .

### Q29

La majorité des candidats donnèrent la réponse pour le nombre qui restait, plutôt que pour le nombre qui s'était désintégré. C'est intentionnellement qu'on utilise le moins possible de texte en caractères gras dans les questions de physique de façon à ce que, lorsqu'on en utilise, les candidats réalisent que ce texte est particulièrement important.

## Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

Les candidats devraient tenter de répondre à chaque question. Lorsqu'ils sont incapables de fournir la réponse correcte, il devraient toujours choisir l'option qui leur paraît la plus vraisemblable. Il convient de souligner qu'une réponse incorrecte n'entraîne aucune déduction de points.

Il faut lire attentivement la prémisse de la question. Il semblerait que certains candidats ne lisent pas la prémisse tout entière mais plutôt qu'ils passent aux options après avoir établi la signification générale de la question. Les questions à choix multiple sont maintenues aussi brèves que possible. Par conséquent, leur formulation toute entière est significative et importante.

Après avoir décidé la réponse correcte, les candidats doivent vérifier si toutes les autres options ne sont pas faisables.



## Épreuve deux

### Seuils de classement des notes des composantes

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-12	13-24	25-34	35-45	46-56	57-67	68-95

#### Niveau moyen

<b>Note finale:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-4	5-9	10-14	15-20	21-25	26-31	32-50

Les commentaires sur les formulaires G2 reçus furent très utiles lors de l'examen des difficultés perçues sur l'épreuve de cette année. Le petit nombre de formulaires reçus pour les deux épreuves signifie qu'il faut veiller à ne pas tirer de conclusions fermes. Cependant, pour les deux niveaux, la majorité des enseignants pensaient que cette épreuve avait un niveau similaire à celles des années précédentes. Plus de 85 % des répondants pensaient que les épreuves avaient un niveau de difficulté approprié. La grande majorité pensait que la couverture du programme, la clarté de la formulation et la présentation des deux épreuves était soit bonne, soit satisfaisante.

### Remarques générales

Il y eut quelques copies d'examen excellentes aux deux niveaux. Cependant, de nombreux candidats, particulièrement au NM, trouvèrent difficile de bien répondre aux questions de ces épreuves bien que beaucoup de points étaient accessibles aux candidats éprouvant des difficultés en ce qui concerne les aspects plus conceptuels du cours. Comme cela fut identifié l'année dernière, les candidats perdent souvent des points soit parce que leurs définitions manquent de précision, soit parce qu'elles sont exprimées dans un langage non scientifique. Un nombre important de candidats perdirent des points relativement faciles à obtenir à cause de droites d'ajustement inacceptables dans les questions d'analyse de données (A1). Il convient de souligner aux candidats qu'une droite d'ajustement n'est pas nécessairement une ligne droite.

Les candidats manquaient souvent de compétences de manipulation algébriques et ils étaient aussi incapables de donner des explications scientifiques cohérentes pour des phénomènes particuliers.

### Parties du programme et de l'examen qui se sont avérées difficiles pour les candidats

L'équipe d'examineurs identifia également les aspects suivants du programme qui présentèrent des difficultés pour de nombreux candidats :

- Le travail avec des puissances de dix continue de poser des problèmes, de même que la manipulation symbolique.
- La conversion entre des incertitudes absolues et des pourcentages d'incertitude.
- L'énergie potentielle gravitationnelle et l'énergie gravitationnelle
- La distinction entre les fronts d'onde et la direction de propagation d'une onde
- Le traçage de lignes de force de champ magnétique raisonnables
- La déduction de l'équation d'un gaz parfait

- Les diagrammes de vecteurs
- La résolution de problèmes de circuit
- L'esquisse de champs magnétiques acceptables
- Le travail avec la deuxième loi de Newton sous n'importe quelle autre forme que  $F = m a$
- L'explication de la formation des ondes stationnaires
- L'induction électromagnétique

### **Parties du programme et de l'examen pour lesquelles les candidats semblaient être bien préparés**

En général, les candidats semblaient bien préparés dans les domaines suivants :

- La résolution de problèmes impliquant une puissance
- La résolution de problèmes impliquant des moteurs thermiques
- La substitution mathématique dans une équation donnée
- Les différences entre les ondes progressives et les ondes stationnaires
- La compréhension des termes 'isotope', 'demi-vie' et 'désintégration bêta'
- La compréhension de ce qu'on entend par transformation isobare

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

Il y avait beaucoup de questions communes entre le NM et le NS. Les commentaires ci-dessous sont disposés en suivant l'ordre des questions dans le NS. Les renvois à l'épreuve du NM apparaissent entre [crochets].

#### **Section A**

##### **A1 [NS et NM] - Question d'analyse de données**

De nombreux candidats tracèrent une ligne droite d'"ajustement". (Voir plus haut).

##### **(b) [NS uniquement]**

Un grand nombre de candidats répondirent bien à cette question. Cependant, une erreur courante fut de suggérer un tracé de  $\lg(F/k)$  en fonction de  $n\lg x$ .

##### **(c) [(b) NM]**

Les candidats répondirent généralement bien à cette question mais certains omirent d'exprimer une conclusion basée sur un calcul de la contrainte de rupture du fil.

##### **(d) [NS uniquement]**

De nombreux candidats omirent de doubler le pourcentage d'erreur.

##### **(e) [NM (c)]**

Il est regrettable que le réviseur n'ait pas détecté l'erreur d'unité donnée dans la question ( $2,4 \times 10^{-2}$  cm plutôt que  $2,4 \times 10^{-2}$  m). En fait, de nombreux candidats lurent cette unité comme étant des mètres et ceux qui ne le firent pas et utilisèrent correctement l'aire sous le graphique obtinrent une réponse très proche de celle donnée dans (i). Les candidats qui utilisèrent correctement la force moyenne n'eurent, bien sûr, aucun problème. Malheureusement, un

nombre important de candidats ne connaissaient ni l'une ni l'autre méthode de résolution. Une erreur courante fut de multiplier la force de rupture par l'allongement de rupture. La partie (ii) fut souvent bien exécutée.

**A2 [NS uniquement] – Potentiel gravitationnel**

- (a) Peu de candidats parvinrent à obtenir les trois points maximum pour la définition, beaucoup de candidats omettant 'par unité de masse' ou la référence à un point/une petite masse.
- (b) Les candidats plus faibles utilisèrent l'expression dans le recueil de données pour le potentiel gravitationnel et une combinaison de  $r$ ,  $R$  et  $R_0$  comme signifiant la même chose.
- (c) La détermination de l'intensité du champ gravitationnel fut souvent bien exécutée.
- (d) Un grand nombre de candidats utilisèrent  $V$  au lieu de  $\Delta V$ . Beaucoup de candidats ne purent commencer à répondre à cette question ou bien ils tentèrent d'utiliser  $mgh$ .

**A3 [NM question B3 – 1ère partie] - Gaz parfait**

Cette question était essentiellement une question d'enseignement.

De nombreux candidats répondirent bien à cette question mais les candidats plus faibles eurent des difficultés avec la partie (b) [NM(c)] et (c) [NM(d)] et beaucoup d'entre eux n'essayèrent pas de répondre à la partie (c).

- (e) [NM uniquement] La plupart des candidats furent capables de calculer une valeur correcte pour la masse du gaz.

**Section B**

**B1 [NM question B1 2ième partie] – Puissance mécanique (NM et NS) et moteurs thermiques (NS)**

Cette question fut un choix très populaire au NM et assez populaire au NS.

- (a) et (b) La majorité des candidats répondirent bien à ces questions.
- (c) Il était regrettable que le terme "force de frottement" ait été utilisé dans la prémisse alors que le terme plus correct "force résistive" avait été utilisé ailleurs dans cette question. Cependant, cela ne désavantagea pas les candidats. Le calcul du temps et du travail effectué furent bien effectués par la plupart des candidats. Cependant, en calculant la puissance, beaucoup de candidats ne considèrent que la force de gravitation.

Partie (iv) [NM uniquement] Beaucoup de candidats répondirent bien à cette question.

- (d) et (e) [NS uniquement] Les candidats plus faibles eurent des difficultés avec le calcul de l'accélération et ils ne savaient souvent pas par où commencer. Les candidats plus forts obtinrent souvent de bonnes notes et la plupart des candidats effectuèrent bien le calcul de la vitesse en bas de la pente. Cependant, peu de candidats reconnurent que, si la voiture se déplaçait à une vitesse constante, la force de frottement était alors égale à la composante de poids en bas de la pente.
- (f) Peu de candidats remarquèrent que le verbe d'action était "expliquez" et ne mentionnèrent pas quel changement devait être considéré, c'est-à-dire une compression ou une expansion. Cependant, la plupart des candidats savaient que le changement était isobare.
- (g) Les flèches furent souvent tracées correctement et la plupart des candidats établirent le rapport correct entre l'aire et la différence de transferts d'énergie. Cependant, beaucoup de réponses à la partie (iii) furent souvent incorrectes ou incomplètes. Un nombre important de candidats pensèrent qu'un moteur Carnot avait un rendement de 100 %.

(h) Ce calcul fut souvent bien exécuté.

**B2 [NS (a), (d) (e) (f) et (g), NM B1 1<sup>ère</sup> partie] Ondes**

**[NS (b), (c), NM A2]**

(a) **[NS et NM]** La plupart des candidats réussirent à indiquer une différence correcte entre les ondes stationnaires et les ondes progressives, mais les candidats plus faibles eurent du mal à en trouver une deuxième.

Les candidats plus faibles ne purent décider quel angle utiliser et ils ne réalisèrent pas que la réponse aurait pu être obtenue en mesurant les longueurs d'onde.

(b) **[NS et NM(A2 a)]** Les réponses à cette question ne furent généralement pas bonnes, de nombreux candidats donnant pour raison que 'les ondes étaient déviées'.

(c) **[NS et NM (A2 b)]** Les candidats plus faibles ne purent décider quel angle utiliser et ils ne réalisèrent pas que la réponse aurait pu être obtenue en mesurant les longueurs d'onde.

(d) **[NM (b)]** Les réponses à cette question furent généralement médiocres. Les candidats ne remarquèrent pas que le verbe d'action était "expliquez". Beaucoup de réponses furent anecdotiques et firent rarement appel à des principes physiques.

(e) **[NM (c)]** Très peu de candidats répondirent en fait à la question et ils supposèrent que l'expérience avait mesuré la vitesse  $v$  et ils indiquèrent donc un graphique en termes de  $v$  et  $T$ , ne se référant pas à la fréquence  $f$ .

(f) **[NS uniquement]** Les diagrammes furent souvent vagues et imprécis et la position de la source fut rarement montrée par rapport aux fronts d'onde. Cependant, les explications de la différence de fréquence entendue par les deux observateurs furent généralement correctes.

(g) **[NS uniquement]** Les explications du terme *fréquence de battement* furent souvent incomplètes. Dans ce calcul, de nombreux candidats utilisèrent une version approximative de l'équation Doppler correcte mais ils ne réalisèrent manifestement pas ce qu'ils avaient fait. De plus, très peu d'entre eux apprécièrent que l'onde incidente était aussi décalée par l'effet Doppler.

**B3 [NM B3 2<sup>ième</sup> partie] Courant électrique [NM et NS] et l'effet des courants électriques**

(a/b) À part le positionnement incorrect du point P sur le potentiomètre, la seule autre partie de la sous-question à laquelle les candidats répondirent mal consistait à décrire et à expliquer la forme de la caractéristique du conducteur Y. Beaucoup de candidats dirent simplement qu'elle était non ohmique ou que cela pouvait être une lampe à incandescence. 'Non ohmique' n'explique pas la forme. Une lampe à incandescence à 240 V ne produirait pas cette forme dans cette gamme de tension et elle ne fournit donc pas d'explication adéquate.

(c) **[NS uniquement]** En général, les réponses à cette question furent bonnes.

(c) **[NS uniquement]** Les réponses à cette question furent généralement bonnes.

(d) **[NM A3 (c)]** (i) Cette question ne produisit pas de bons résultats. Peu de candidats considérèrent la nature vectorielle des deux champs.

(ii) Un certain nombre de candidats plus faibles omirent de placer des flèches sur les vecteurs ou bien ils donnèrent une direction incorrecte. Beaucoup tracèrent  $B_w$  comme l'hypoténuse.

(iii) Beaucoup de candidats répondirent bien à cette question mais certains omirent de convertir les centimètres en mètres.

(e) et (f) **[NS uniquement]** Les réponses furent très décevantes. L'électromagnétisme est manifestement une partie du programme que les candidats trouvent difficiles.

**B4 [NM B2] *Énergie nucléaire et décroissance radioactive***

- (a) [NM (c) (ii)] Ce calcul fut généralement bien effectué.
- (b) [NM (f)] Les énoncés de la loi de la conservation de la quantité de mouvement furent souvent incomplets. Les références aux forces externes, à la quantité de mouvement restant constante et à un système fermé furent rares.
- (c) [NM (g)] Les réponses furent généralement bonnes.
- (d) [NM (h)] Il y eut beaucoup de confusion entre la conservation de l'énergie et la conservation de la quantité de mouvement dans les réponses à cette question. Cependant, les meilleurs candidats obtinrent souvent beaucoup de points.
- (e) [NS **uniquement**] Le calcul de la longueur d'onde de Louis de Broglie fut bien effectué par les meilleurs candidats mais les candidats plus faibles n'essayèrent souvent pas de le faire.
- (f) [NS **uniquement**] Un nombre important de candidats répondirent bien à cette question.
- (g) [NS **uniquement**] Peu de candidats réalisèrent que, pour déterminer la demi-vie du baryum, ils devaient utiliser la portion du graphique où il restait peu de césium dans l'échantillon.

**Questions supplémentaires du NM : -**

**A3 (a) et (b) *Champs magnétiques***

- (a) Il y eut beaucoup de lignes de forces tracées de façon négligente avec des lignes de force du champ magnétique se croisant.
- (b) Beaucoup de candidats omirent le mot "bar".

**B2 (a), (b) et (c)(i) *Énergie nucléaire***

- (a) Beaucoup de candidats pensèrent que l'énergie de liaison était l'énergie qui maintenait le noyau ensemble.
- (b) Aucun problème pour cette question.
- (c) La masse d'un noyau C-12 était une méconnaissance courante.

**Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs**

Un thème courant, cette année, comme pour les années précédentes, était le manque de précision dans les réponses écrites et les définitions associées. Par exemple, on devrait donner aux candidats des définitions précises et sans ambiguïté des grandeurs physiques et des énoncés des lois physiques. Un nombre important de candidats (particulièrement au niveau moyen) semblaient n'être pas assez préparés pour cet examen. Pour ces candidats, l'expérience n'a pas pu être enrichissante ni encourageante.

Il est important que les candidats soient habitués à utiliser les verbes d'action. Par exemple, lorsque le verbe d'action est "expliquez", le nombre de points et le nombre de lignes disponibles pour la réponse devraient alerter les candidats qu'on attend d'eux plus qu'un rappel de faits pour qu'ils obtiennent un nombre élevé de points.

Comme cela a été suggéré par le passé, l'équipe d'examineurs recommande d'utiliser des épreuves antérieures (et les systèmes de notation associés) comme une bonne préparation à l'examen. Non seulement, cela familiarisera les candidats au format de l'examen, mais cela permettra aussi à beaucoup d'entre eux de se faire une bonne idée du niveau de détail requis et des compétences qui sont évaluées.

## Épreuve trois

### Seuils de classement des notes des composantes

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-7	8-14	15-20	21-26	27-32	33-38	39-60

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-5	6-10	11-14	15-18	19-21	22-25	26-40

### Remarques générales

La majorité des candidats semblèrent trouver cette épreuve accessible et il y eut de nombreux exemples d'une bonne compréhension des sujets. En général, les candidats semblèrent utiliser de manière appropriée le temps qui leur était imparti et ils ne semblèrent pas avoir été désavantagés par un manque de temps.

On peut résumer les commentaires des enseignants sur les formulaires G2 pour le NM et le NS de la manière suivante :

#### Niveau moyen

- 70 % trouvèrent que l'épreuve était d'un niveau similaire à l'année dernière, 24 % la trouvèrent plus facile et 6 % la trouvèrent plus difficile. Dans l'ensemble, 94 % trouvèrent que l'épreuve était d'un niveau approprié et 4 % la trouvèrent trop difficile.
- Environ 51 % trouvèrent la couverture du programme satisfaisante, 3 % la trouvèrent médiocre et 46 % la trouvèrent bonne.
- Environ 50 % trouvèrent la clarté de la formulation satisfaisante et 50 % la trouvèrent bonne.
- Environ 36 % trouvèrent la présentation satisfaisante et 64 % la trouvèrent bonne.
- Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires furent A (Mécanique) et H (Optique).

#### Niveau supérieur

- Environ 67 % trouvèrent que l'épreuve était d'un niveau similaire à l'année dernière, 21 % la trouvèrent plus facile et 12 % la trouvèrent un peu plus difficile. Dans l'ensemble, 94 % trouvèrent que l'épreuve était d'un niveau de difficulté approprié et 4 % la trouvèrent trop difficile.
- Environ 35 % trouvèrent la couverture du programme satisfaisante et 62 % la trouvèrent bonne.
- Environ 40 % trouvèrent la clarté de la formulation satisfaisante et 57 % la trouvèrent bonne.
- Environ 27 % trouvèrent la présentation satisfaisante, 73 % la trouvèrent bonne.
- Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires furent H (Optique), F (Astrophysique) et G (Relativité).

## Parties du programme et de l'examen qui se sont avérées difficiles pour les candidats

Les aspects identifiés comme étant difficiles par l'équipe d'examineurs étaient les suivants :

- Résolution des forces dans des situations bidimensionnelles
- Explication des concepts de physique d'une façon qui fasse preuve de compréhension (par exemple présentation d'arguments basés sur la loi exponentielle pour l'atténuation de l'intensité transmise dans les rayons X, en expliquant pourquoi le temps mesuré par une horloge donnée est le temps propre, transformations de Galilée)
- Le concept de la contrainte et ses propriétés de rapport d'échelle
- L'utilisation des repas barytés
- L'application du principe des moments à une situation biomécanique
- Similarités et différences entre les rayons cathodiques, les rayons de lumière et les ondes
- Le modèle de l'atome de Schrödinger
- Le concept du paradoxe d'Olbers
- L'ordre de grandeur de la fréquence de la lumière visible
- Les anneaux de Newton et l'interférence
- L'expression de réponses suffisamment approfondies et détaillées à des questions auxquelles plus d'un point est attribué. Cela était particulièrement vrai pour les questions impliquant les verbes d'action "expliquez", "discutez" et "décrivez".

## Parties du programme et de l'examen pour lesquelles les candidats semblaient être bien préparés

Les simples calculs mathématiques furent souvent bien exécutés par la majorité des candidats. De nombreux candidats semblaient être bien préparés et capables de produire des réponses excellentes faisant preuve d'une bonne compréhension des concepts, particulièrement dans les options d'astrophysique et d'optique.

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

### NM uniquement

#### Option A – Mécanique

##### Question 1 Trajectoire d'une balle de golf

La majorité des candidats semblèrent capables de tenter raisonnablement bien d'analyser cette application simple bien qu'un nombre important d'entre eux confondirent le mouvement horizontal et le mouvement vertical. Certains utilisèrent l'addition de vecteurs pour calculer le vecteur vitesse initiale, puis ils utilisèrent cette valeur dans les équations pour une accélération linéaire constante. Un nombre important de candidats tentèrent correctement de substituer les composantes verticales du mouvement dans les équations d'accélération constante, mais ils ne se rappelèrent pas que la direction de l'accélération était opposée à la composante verticale initiale du vecteur vitesse. Même s'ils firent des erreurs dans la première partie, beaucoup furent capables de calculer correctement la portée de la balle de golf.

**Question 2 Vaisseau spatial**

Seul un petit nombre de candidats exprimèrent clairement que la vitesse du vaisseau spatial changeait à cause de la force de gravitation due à la Terre. Beaucoup impliquèrent que c'était le changement de l'attraction gravitationnelle qui entraînait un changement de vitesse. Généralement, les candidats parvinrent à calculer correctement l'accélération moyenne bien qu'un nombre important d'entre eux ne parvinrent pas à identifier la direction correcte. Les réponses à la partie (a)(iii) de cette question furent médiocres car très peu de candidats furent capables de mettre en équation l'accélération moyenne avec l'intensité du champ gravitationnel moyen. Généralement, les candidats tentèrent de faire des substitutions dans  $F = \frac{GM_1M_2}{r^2}$ . L'esquisse finale de la variation, en fonction de la distance de la surface de la Terre, de l'énergie potentielle gravitationnelle du vaisseau spatial fut souvent mal exécutée. Beaucoup supposèrent à tort que le champ gravitationnel était constant et/ou que l'énergie potentielle gravitationnelle était nulle à la surface de la Terre.

**Question 3 Équilibre d'une poutre**

Bien que cette question soit simple, elle s'avéra ardue pour de nombreux candidats et cela implique que peu d'entre eux eurent suffisamment l'occasion d'avoir à résoudre des problèmes similaires au cours de leurs études. Seuls quelques candidats réalisèrent que la force agissant sur la poutre à la charnière aurait à la fois des composantes horizontales et verticales. Il était clair qu'un nombre important de candidats avaient essayé de deviner la réponse. Peu de ceux qui avaient saisi correctement l'idée générale représentèrent la direction avec une certaine précision. Très peu de candidats réalisèrent que la direction de la force serait vers le point médian du fil de support.

**Option B – Physique quantique et physique nucléaire****Question 1 L'effet photoélectrique**

La première partie demandait aux candidats d'expliquer les caractéristiques d'un graphique montrant la variation du courant maximum en fonction de l'intensité de la lumière monochromatique. Généralement, les candidats ne firent que décrire le graphique et n'obtinrent donc aucun point. Dans la deuxième partie, beaucoup de candidats semblaient savoir, en général, que l'augmentation de la fréquence de la lumière augmentait l'énergie des électrons, mais il fut très rare de voir de bons graphiques montrant la variation du courant en fonction de la différence de potentiel.

**Question 2 Spectres atomiques**

Dans l'ensemble, le calcul de la longueur d'onde d'un photon émis par suite de la transition de deux niveaux d'énergie atomique donnés fut soit bien fait, soit pas fait du tout. Certains candidats confondirent ou oublièrent les unités de leur réponse.

**Question 3 Radioactivité**

Cette question demandait aux candidats de calculer la constante de désintégration et la demi-vie à partir d'une activité initiale, étant donné le nombre initial d'atomes. De nombreux candidats ne comprirent manifestement pas la signification du terme 'activité' et ils furent incapables de commencer les calculs, mais ceux qui le firent obtinrent souvent beaucoup de points. Certains perdirent des points parce qu'ils utilisèrent des unités incorrectes. De nombreux candidats ne semblaient pas comprendre ce qu'on attendait d'eux dans la question finale.

**Question 4 Diffusion des particules alpha**

Fait surprenant, peu de candidats furent capables d'obtenir des points pour cette question. Lors de l'esquisse de parcours des particules  $\alpha$  se déplaçant vers les noyaux d'or, les candidats ne tinrent souvent pas compte des directions initiales données dans le diagramme. Les parcours furent souvent



esquissés sans aucune précision. Seules de vagues explications furent données sur la façon dont la connaissance de l'énergie cinétique initiale des particules  $\alpha$  permettait d'estimer une limite supérieure pour le diamètre d'un noyau.

### **Option C - Complément sur l'énergie**

#### **Question 1 Transformations thermodynamiques**

Dans l'ensemble, soit les candidats répondirent raisonnablement bien à cette question, soit ils semblèrent deviner toutes les réponses. Ceux dont les réponses furent devinées tendèrent à faire des substitutions dans des formules peu appropriées.

#### **Question 2 Énergie éolienne**

Le calcul initial s'avéra trop difficile pour de nombreux candidats et peu de candidats furent capables de suggérer une raison pour laquelle il était impossible d'extraire toute l'énergie de l'air. Généralement, les candidats expliquèrent pourquoi de l'énergie serait nécessairement perdue pendant le processus de conversion, plutôt que de répondre à la question telle qu'elle était posée. Beaucoup de candidats furent seulement capables de suggérer que les éoliennes n'étaient pas placées à proximité l'une de l'autre afin d'éviter que les pales n'entrent en collision. Les candidats furent souvent capables de suggérer des avantages et des désavantages raisonnables d'une éolienne comparativement à une centrale nucléaire, mais ils furent souvent incapables d'exprimer ces idées clairement et perdirent ainsi souvent des points.

### **NM et NS combinés**

#### **Option D - Physique biomédicale**

#### **Question 1 Contrainte dans les os**

On s'attendait à avoir de bonnes réponses à cette question mais il fut surprenant de constater que seul un petit nombre de candidats furent capables de progresser réellement dans la résolution de ce problème. Peu d'entre eux établirent un rapport entre le poids maximum et la contrainte dans l'os et beaucoup supposèrent que le poids supporté était uniquement le poids de l'os lui-même.

#### **Question 2 Intensité sonore**

La plupart des candidats ne définirent pas le niveau d'intensité sonore avec une précision mathématique. Ceux qui le firent oublièrent souvent d'identifier les variables données dans l'équation. Dans la partie (b), la plupart des candidats furent incapables de calculer le niveau d'intensité sonore à la membrane du tympan. Certains furent capables de calculer la puissance par unité de surface à la membrane du tympan mais ensuite, ils ne complétèrent pas le calcul. Peu identifièrent les problèmes éventuels qui pourraient être causés par l'intensité élevée.

#### **Question 3 Absorption des rayons X**

Dans l'ensemble, les parties mathématiques de cette question donnèrent lieu à de meilleures réponses que les parties descriptives ; cependant, même de bons candidats perdirent souvent des points à cause d'unités manquantes ou incorrectes. Les réponses descriptives manquaient souvent de précision et se rapportaient rarement au coefficient d'atténuation, même si cela était demandé spécifiquement dans la question.

**MC-NS****Question 4 Biomécanique**

Encore une fois, les réponses à cette question descriptive furent généralement superficielles, très peu de candidats, par exemple, mentionnant le principe des moments en essayant d'expliquer pourquoi l'avantage mécanique de l'avant-bras était inférieur à un.

**Question 5 Effets du rayonnement ionisant sur le corps**

Cette question commençait en demandant aux candidats d'exprimer trois facteurs qui affectaient la dose absorbée et il est clair que certains candidats ne comprirent pas ce terme. Les réponses à la question suivante sur les précautions possibles exprimaient souvent des idées correctes mais ne donnaient pas suffisamment d'informations. Souvent, les candidats furent capables d'exprimer deux précautions, mais, malheureusement, beaucoup omirent l'explication demandée par la question.

**Option E – L'histoire et le développement de la physique****Question 1 Le mouvement orbital**

Beaucoup de candidats savaient que le modèle de Copernic du système solaire impliquait des orbites circulaires des planètes autour du Soleil alors que le modèle de Kepler impliquait des orbites elliptiques. Ils eurent souvent des difficultés à trouver une deuxième différence. Beaucoup pensèrent qu'un modèle était géocentrique et les candidats mentionnèrent souvent des épicycles.

**Question 2 Vue d'Aristote sur le mouvement**

Beaucoup de candidats furent capables de nommer et de faire la distinction entre le mouvement forcé et le mouvement naturel, mais ensuite, ils ne parvinrent pas à établir la relation entre le parcours spécifique montré dans la question et ces idées autrement que superficiellement.

**Question 3 Expérience de Joule**

Cette question demandait une brève description de la procédure expérimentale et des mesures prises dans l'expérience de Joule afin de déterminer l'équivalence mécanique de l'énergie thermique. Certains candidats n'étaient pas sûrs de la façon dont cette expérience était exécutée, mais beaucoup perdirent des points pour ne pas avoir mentionné tous les détails pertinents.

**Question 4 Rayons cathodiques**

Beaucoup de candidats répondirent raisonnablement bien à cette question descriptive concernant une des expériences de Crooke mais un grand nombre d'entre eux ne mentionnèrent pas les observations réelles. Dans la dernière partie, on demandait aux candidats de faire des commentaires sur la suggestion que les rayons cathodiques étaient une forme de lumière. Beaucoup de candidats furent capables d'expliquer pourquoi cette observation était incorrecte mais peu d'entre eux inclurent une discussion de la raison pour laquelle certains physiciens avaient fait initialement cette suggestion.

**MC-NS****Question 5 La formule de Rydberg et les modèles atomiques**

Il fut surprenant de constater qu'un grand nombre de candidats furent incapables de représenter la transition entre les niveaux d'énergie nommés sur le diagramme de niveaux d'énergie d'électrons donné dans cette question. Beaucoup réussirent raisonnablement bien à effectuer le calcul qui suivait pour la constante de Rydberg. Cependant, il fut courant de constater que  $n$  et  $m$  furent confondus, donnant pour résultat un nombre négatif. Dans l'ensemble, les candidats furent capables d'énumérer quelques limitations du modèle de Bohr et quelques suppositions du modèle de Schrödinger mais ils perdirent souvent des points à cause du manque de clarté ou de l'ambiguïté de leurs réponses.

**Option F – Astrophysique****Question 1 Étoiles**

Cette question demandait essentiellement un rappel de faits mais les candidats perdirent souvent des points et il fut surprenant de constater qu'un grand nombre de candidats n'avaient pas appris ces informations. Généralement, les candidats savaient qu'il devait y avoir une 'force' quelconque pour empêcher l'effondrement gravitationnel mais les descriptions manquaient souvent de clarté. Beaucoup de candidats impliquèrent qu'on pouvait voir les étoiles binaires visuelles comme des étoiles séparées sans l'aide d'un télescope ou de jumelles. Il est possible que certains candidats aient été au courant des faits mais ils n'obtinrent pas de points à cause de la brièveté ou de l'ambiguïté de leurs réponses.

**Question 2 L'étoile Antares**

Beaucoup de candidats furent capables de faire tous les calculs dans cette question sans aucune difficulté. Cependant, ils perdirent souvent des points à cause de l'absence d'unités ou de chiffres significatifs incorrects. La question finale, demandant aux candidats de déduire le rapport entre le rayon d'Antares et le rayon du Soleil, s'avéra trop difficile pour un nombre important.

**Question 3 Paradoxe d'Olbers**

Beaucoup donnèrent une brève description dans leur réponse à cette question et perdirent des points pour ne pas avoir inclus tous les détails pertinents. Très peu de candidats tentèrent d'inclure des arguments quantitatifs. Dans la deuxième partie, les candidats présentèrent souvent de bonnes suggestions pour réfuter les arguments d'Olbers mais ces idées ne leur permirent pas d'obtenir de points si elles n'étaient pas liées au modèle du big-bang de l'univers, comme le demandait la question.

**MC-NS****Question 4 Évolution des étoiles**

Les réponses à cette question furent raisonnablement bonnes. Généralement, les candidats perdirent des points pour les deux dernières parties. Fait surprenant, peu de candidats furent capables d'exprimer que, après la fusion de l'hydrogène, la fusion de l'hélium commencerait dans l'étoile considérée. Beaucoup pensèrent incorrectement que le produit de fusion final de l'étoile serait du fer, bien que la masse initiale fût uniquement quatre fois la masse du Soleil.

**Question 5 Loi de Hubble**

Les candidats perdirent souvent des points à cause d'un manque de précision dans leur réponse pour définir le symbole  $v$  dans la loi de Hubble. Certains candidats mentionnèrent la vitesse des objets, des planètes ou de l'univers par opposition aux galaxies. Beaucoup impliquèrent que la Terre devait être au centre de l'univers, étant donné que  $v$  était définie en termes de la vitesse des objets s'écartant de la Terre. Peu furent capables de faire preuve d'une compréhension de la façon d'utiliser la constante de Hubble (qui était donnée en  $\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ ) pour calculer une valeur pour l'âge de l'univers en secondes ou en années.

**Option G - Relativité****Question 1 Temps propre**

Les réponses de nombreux candidats à cette question sur le temps propre suggéraient qu'ils avaient une certaine compréhension de ce concept mais leurs idées n'étaient pas exprimées avec suffisamment de clarté pour leur permettre d'obtenir le maximum de points. La plupart des candidats furent capables de calculer correctement le facteur  $\gamma$  mais certains multiplièrent incorrectement le temps donné par ce facteur.

### **Question 2 Simultanéité**

La plupart des candidats purent exprimer correctement que les deux évènements identifiés ne seraient pas observés comme étant simultanés par l'observateur à l'extérieur du train, mais, les candidats omissent généralement de mentionner la constance de la vitesse de la lumière pour expliquer pourquoi il en serait ainsi.

### **Question 3 Vecteurs vitesses relatives**

De nombreux candidats ne purent donner que des descriptions imprécises des transformations de Galilée mais ils furent souvent capables de calculer correctement la vitesse relative en utilisant à la fois l'équation de transformation de Galilée et l'équation de transformation relativiste. Ils perdirent souvent des points pour le traitement impropre de chiffres significatifs. Presque tous les candidats savaient qu'une vitesse relative qui était plus grande que la vitesse de la lumière était une impossibilité.

### **Question 4 Masse-énergie**

Encore une fois, peu de candidats furent capables de donner des descriptions sans ambiguïté de la différence entre l'énergie de masse au repos et l'énergie totale d'une particule. Peu de candidats réussirent à bien exécuter le calcul et beaucoup sentirent le besoin de substituer, incorrectement, une valeur numérique pour la vitesse de la lumière.

### **MC-NS**

### **Question 5 Espace-temps, lentille gravitationnelle et trous noirs**

Beaucoup de candidats semblaient avoir une compréhension raisonnable du concept d'espace-temps mais ils avaient souvent des difficultés à s'exprimer. Les réponses aux questions complémentaires sur la lentille gravitationnelle manquaient souvent de précision et les diagrammes montraient généralement des parcours impossibles et/ou très peu réalistes pour les rayons de lumière.

### **Option H Optique**

#### **Question 1 La nature de la lumière**

Il fut surprenant de constater que les réponses à cette question furent généralement très médiocres, peu de candidats étant capables de mentionner la propagation électromagnétique de l'énergie ou de rappeler l'ordre de grandeur de la fréquence de la lumière visible.

#### **Question 2 Réfraction**

Un nombre important de schémas très confus furent présentés. Ceux qui étaient raisonnablement bien tracés faisaient souvent preuve d'une bonne compréhension de la réfraction mais une identification incorrecte de la position de l'image entraîna une perte de points. Beaucoup furent capables d'exprimer que l'image était virtuelle mais ils n'obtinrent pas de points car la question demandait aux candidats d'expliquer leurs réponses. Les calculs mathématiques finals furent souvent bien exécutés.

#### **Question 3 Grossissement**

Beaucoup furent capables d'obtenir des points pour leurs diagrammes géométriques mais ils perdirent ensuite des points à cause d'un manque de précision. Il fut satisfaisant de constater qu'un grand nombre de candidats furent capables de procéder avec succès au calcul mathématique du grossissement de l'image finale produit par un microscope. Certains perdirent des points dans les étapes finales parce qu'ils furent incapables de combiner correctement le grossissement produit par l'oculaire au grossissement produit par la lentille de l'objectif.

## MC-NS

### Question 4 Une lame en coin

Les bonnes réponses à cette question furent très rares. Peu de candidats furent même capables d'identifier correctement les surfaces impliquées dans la production des franges claires. Les candidats eurent du mal à expliquer clairement et de manière détaillée comment et pourquoi les ondes impliquées résultaient en une frange claire.

### Question 5 Le critère de Rayleigh

Certains candidats comprenaient clairement le critère de Raleigh et furent capables de produire de bonnes esquisses des distributions d'intensité. La majorité des réponses manquaient de précision et il était clair que certains candidats avaient essayé de deviner la réponse. Le calcul s'est avéré trop difficile pour la majorité des candidats. Ceux qui parvinrent à progresser dans ce calcul divisèrent souvent par deux la séparation entre les phares sans diviser aussi l'angle par deux.

## Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

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

- Il faudrait donner plus d'occasions aux candidats de s'exercer pendant le cours à résoudre des problèmes semblables à ceux de l'examen.
- Il faut fournir aux candidats la liste de verbes d'actions spécifiée dans le programme et les aider à les utiliser. Il est clair que de nombreux candidats ne reconnaissent pas la différence entre, par exemple, exprimer une réponse et expliquer une réponse.
- Lorsqu'un diagramme est utilisé pour aider à répondre à une question, les candidats devraient être encouragés à s'efforcer de tracer ce diagramme avec précision. Cela est particulièrement vrai pour les diagrammes géométriques car un grand nombre de candidats n'utilisèrent même pas de crayon pointu ni/ou de règle.
- Il faut consacrer suffisamment de temps à couvrir les sujets choisis en profondeur.