

## Physique, fuseau horaire 2

Seuil d'attribution des notes finales par matière

### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 16	17 - 29	30 - 41	42 - 51	52 - 62	63 - 71	72 - 100

### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 14	15 - 26	27 - 38	39 - 48	49 - 58	59 - 68	69 - 100

Évaluation interne du niveau supérieur

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 8	9 - 16	17 - 22	23 - 27	28 - 33	34 - 38	39 - 48

Évaluation interne du niveau moyen

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 8	9 - 16	17 - 22	23 - 27	28 - 33	34 - 38	39 - 48

## Commentaires généraux

La révision de la notation de l'ÉI pour la session d'examen de mai 2014 n'a pas présenté de difficultés majeures. La majorité des centres effectuèrent des recherches d'évaluation établies et fournirent une notation et des commentaires détaillés pour l'évaluation. Cela fut très utile pour les réviseurs de notation. La majorité des candidats utilisèrent un traitement de texte pour préparer leurs rapports et des programmes de création de graphiques pour dessiner leurs graphiques.

## Variété et pertinence du travail présenté

La plupart des centres ont un programme complet de travaux pratiques et les enseignants évaluent des travaux appropriés. Cependant, de plus en plus de centres n'attribuent que deux recherches pour l'évaluation, et cela limite les occasions pour les candidats d'obtenir des notes plus élevées. Les candidats utilisèrent beaucoup les TIC et effectuèrent beaucoup de travaux pratiques traditionnels. Une tendance unique à cette session d'examen est que quelques centres attribuèrent des simulations par ordinateur pour des travaux pratiques d'évaluation de trois critères. Bien que l'utilisation d'une simulation ne soit pas interdite, les candidats et les enseignants doivent veiller à ce que la simulation choisie permette d'obtenir les aspects des critères évalués.

## Réussite des candidats par rapport à chaque critère

### Conception (C)

La plupart des centres utilisent des incitations établies. Cependant, dans quelques cas, les incitations n'étaient pas appropriées parce que l'enseignant avait donné au candidat une formule pertinente et la variable indépendante. De bonnes incitations pour le critère Conception sont des incitations qui invitent les candidats à chercher une fonction entre deux variables, pas une valeur spécifique comme la gravité ou la chaleur massique d'un liquide inconnu. Il convient de rappeler aux candidats que, pour obtenir le niveau 'complètement' pour le critère Conception, ils doivent définir des variables (et clarifier des déclarations vagues comme « je vais mesurer le temps » en indiquant précisément comment ils vont le faire). Les définitions opérationnelles aident également à concevoir une méthode. Cela se rapporte à la capacité de contrôler les variables. La conception n'est pas une activité basée sur une recherche ou sur les manuels.

### Recueil et traitement des données (RTD)

Les candidats ont obtenu le plus grand nombre de points pour le critère RTD. Les réviseurs de notation attendent une brève exposition de la raison pour laquelle le candidat donne une valeur particulière d'incertitude, et cela s'applique à la fois aux données brutes et aux données traitées. On s'attend à ce que les données soient présentées sur un graphique et cela est en fait exigé pour une pleine évaluation du critère RTD.

### Conclusion et évaluation (CÉ)

Pour l'aspect 1 du critère CÉ, les candidats doivent aller au-delà des données indiquées de façon à fournir une justification basée sur une interprétation raisonnable de ces données. En adoptant cette approche, les candidats pourraient examiner les extrêmes de la gamme de données, l'origine du graphique, l'intersection avec l'axe des y, de façon à y trouver une signification physique. Les candidats pourraient même donner au rapport global une interprétation physique. Les enseignants doivent en être conscients, lorsqu'ils attribuent le niveau 'complètement' pour l'aspect 1, car les réviseurs de notation durent souvent remplacer un 'complètement' par un 'partiellement'. C'est quand les candidats ont conçu et effectué eux-mêmes les recherches qu'il est le plus facile d'évaluer le critère CÉ. Beaucoup de candidats établissent deux colonnes parallèles correspondant aux aspects 2 et 3 du critère CÉ. Cela aide les candidats à clarifier leurs idées.

## Recommandations pour enseigner aux futurs candidats

De nombreux centres ne donnent aux candidats que deux occasions d'obtenir leurs meilleures notes. Il est recommandé de donner aux candidats, après qu'ils se sont familiarisés avec les attentes de l'évaluation interne, un certain nombre d'occasions d'être évalués, peut-être trois ou quatre, et d'utiliser les deux meilleures notes obtenues pour chaque critère comme leur note pour l'évaluation interne.

Étant donné que la note pour l'évaluation interne fait partie de la note finale du BI il est important que les candidats travaillent seuls. Ils doivent recueillir leurs propres données, décider comment les traiter et rédiger le rapport tout seuls. Le travail en groupe n'est pas permis bien que les candidates puissent s'aider les uns les autres avec la manipulation physique du matériel.

Bien que beaucoup de centres apprécient correctement les erreurs et les incertitudes, cela reste un des points faibles pour quelques autres centres. Les enseignants ont besoin d'aborder le traitement approprié des incertitudes dans les travaux pratiques, particulièrement lorsqu'on exprime la pente et son incertitude pour les lignes de graphiques linéaires.

Les enseignants devraient être conscients qu'il est souvent trop difficile de trouver des améliorations pour des expériences traditionnelles bien établies pour l'évaluation du critère CÉ. Pour cette raison, les candidats ne devraient pas être évalués pour le critère CÉ lorsqu'ils effectuent une recherche traditionnelle et établie dans un établissement secondaire.

## Autres commentaires

Les enseignants doivent attribuer des tâches appropriées pour l'évaluation interne. Seuls quelques centres n'en furent pas conscients et les notes pour ces centres furent modifiées. Il convient de rappeler aux enseignants qu'une recherche pour le critère Conception n'est pas supposée être un projet de recherche, qu'aucune hypothèse n'est attendue pour ce critère et que l'enseignant ne doit pas suggérer la variable indépendante au candidat.

Les sections ci-dessous contiennent les conseils à suivre par les réviseurs de notation de l'évaluation interne de physique.

## Lorsque les réviseurs de notation révisent les notes à la baisse

### Conception

Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsque l'enseignant aura donné une question de recherche clairement définie et/ou les variables indépendantes et contrôlées. L'enseignant peut donner au candidat la variable dépendante (du moment qu'il y ait une diversité de variables indépendantes à identifier par le candidat). Il est permis de donner au candidat un objectif général de la recherche si le candidat a modifié sensiblement l'incitation ou la question de l'enseignant (par exemple en la rendant plus précise, en définissant les variables). Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsque l'enseignant aura donné au candidat une feuille de méthode que le candidat aura suivi sans aucune modification ou lorsque tous les candidats auront utilisé des méthodes identiques. Les recherches standard en laboratoire ne sont pas appropriées pour l'évaluation du critère Conception.

### Recueil et traitement des données

Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsqu'un tableau photocopie aura été fourni avec les titres et les unités déjà indiqués, à remplir par les candidats. Si le candidat n'a pas enregistré d'incertitudes dans aucune donnée quantitative, le maximum donné par le réviseur de notation est alors « partiellement » pour l'aspect 1. Si le candidat a fait preuve d'une incohérence répétée dans son utilisation des chiffres significatifs lors de l'enregistrement de données, le maximum qu'un réviseur de notation puisse attribuer est alors « partiellement » pour l'aspect 1. En physique, les données sont toujours quantitatives. Le fait de dessiner des lignes de force autour d'un aimant ne constitue pas un RTD.

Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsqu'un graphique avec des axes légendés aura été fourni (ou lorsqu'on aura dit aux candidats quelles variables porter sur le graphique) ou lorsque les candidats auront suivi des questions structurées de façon à effectuer un traitement de données. Pour l'évaluation selon l'aspect 3 de RTD, on attend des candidats qu'ils construisent des graphiques. Pour obtenir le niveau « complètement », les points de données sur le graphique devraient inclure des barres d'incertitude, et l'incertitude dans la pente de la meilleure droite doit être calculée.

### Conclusion et évaluation

Si l'enseignant fournit des questions structurées pour inciter les candidats à poursuivre la discussion, émettre une conclusion et des critiques, alors, selon le degré de précision des questions de l'enseignant et la qualité des réponses des candidats, le niveau maximum est « partiellement » pour chaque aspect pour lequel le candidat a été guidé. Le réviseur de notation juge uniquement la contribution du candidat. La différence entre le niveau « partiellement » et le niveau « complètement » pour l'aspect 1 du critère CÉ implique la justification par les candidats de leur interprétation des résultats expérimentaux. C'est là une tâche difficile qui peut impliquer une théorie physique.

## Lorsque les réviseurs de notation ne révisent pas les notes à la baisse

Dans les cas suivants, le réviseur de notation soutiendra l'évaluation de l'enseignant, car il sera conscient de ses propres attentes des candidats.

### Conception

Les réviseurs de notation ne révisent pas les notes à la baisse lorsque les variables indépendantes et contrôlées ont été clairement identifiées lors de la procédure mais ne sont pas données comme une liste séparée (on note le rapport tout entier et les candidats ne sont pas obligés de rédiger leurs rapports en suivant les titres des aspects). Les réviseurs de notation ne révisent pas les notes à la baisse lorsqu'il y a une liste de variables et qu'il est clair, d'après la procédure suivie, quelle variable est indépendante et quelle variable est contrôlée.

Les réviseurs de notation ne révisent pas les notes à la baisse lorsque des procédures similaires (mais pas identiques mot pour mot) sont données pour une tâche limitée. Le réviseur de notation fera un commentaire sur le caractère peu approprié de la tâche sur le formulaire 4/IAF. Les réviseurs de notation ne notent pas seulement la liste de matériel, ils attribuent aussi des points pour un matériel clairement identifié dans une procédure pas à pas. Il convient de se souvenir que les réviseurs de notation examinent le rapport tout entier. Les réviseurs de notation n'insistent pas sur une précision  $\pm$  des appareils à indiquer dans la liste d'appareils. Cela n'a jamais été spécifié aux enseignants et le concept de l'enregistrement des incertitudes est traité dans le critère TPD. Les réviseurs de notation ne modifient pas à la baisse la note d'un enseignant si les candidats n'ont pas mentionné dans la liste quelque chose d'aussi courant que des lunettes de sécurité ou des blouses de laboratoire. Certains enseignants considèrent essentiel de les indiquer chaque fois et certains enseignants les considèrent comme faisant tellement partie intégrante de tout travail en laboratoire que cela va sans dire. Les réviseurs de notation soutiennent dans ce cas l'évaluation de l'enseignant.

### Recueil et traitement des données

Dans un exercice complet de recueil de données avec éventuellement plusieurs tableaux de données, le candidat a été incohérent dans son utilisation de chiffres significatifs pour seulement un point de données ou a omis les unités dans le titre d'une colonne ; dans ce cas, le réviseur de notation ne révisera pas la note à la baisse pour cette petite erreur. Si le réviseur de notation estime que le candidat a montré qu'il faisait attention à ces points et qu'il a fait une erreur d'inattention, le réviseur de notation peut alors encore soutenir l'attribution de la note maximum en vertu de la règle selon laquelle « 'complètement' ne signifie pas 'parfait' ». C'est là un principe important puisque les bons candidats qui effectuent de manière complète une tâche d'une certaine envergure sont pénalisés injustement plus souvent que les candidats abordant un exercice simpliste. Il ne faut pas réviser la note à la baisse si le candidat n'a pas inclus d'observation(s) qualitative(s) et si le réviseur de notation ne peut penser à aucune observation manifestement pertinente. Le réviseur de notation ne réviser pas à la baisse si le tableau n'a pas de titre alors que ce à quoi se rapportent les données dans le tableau est évident. Souvent, les candidats font tout le travail ardu pour RTD et l'enseignant

leur fait perdre un point parce qu'ils n'ont pas donné de titre au tableau. Sauf pour les recherches de grande envergure, le sujet sur lequel porte le tableau est normalement évident.

Les attentes en ce qui concerne le traitement des erreurs et des incertitudes en physique sont décrites dans le guide pédagogique et dans le matériel de soutien pédagogique. On évalue les candidats du NM aussi bien que ceux du NS sur le même contenu du programme et sur le même niveau de performance.

On s'attend à ce que toutes les données brutes comportent des unités et des incertitudes. La valeur minimum de n'importe quelle échelle ou le chiffre de poids faible dans n'importe quelle mesure est une indication de l'incertitude minimum. Les candidats peuvent mentionner la précision revendiquée par le fabricant, mais cela n'est pas nécessaire. Lorsqu'on traite des données brutes, il faut traiter les incertitudes (voir le guide pédagogique, énoncé d'évaluation 1.2.11).

Les candidats peuvent estimer les incertitudes dans les mesures composées ( $\pm$  la moitié de la plage) et ils peuvent juger approximativement les incertitudes dans la méthode de mesure. Si les incertitudes sont suffisamment petites pour qu'on puisse les ignorer, le candidat devrait le mentionner.

Les pentes minimum et maximum devraient être dessinées sur les graphiques linéaires utilisant des barres d'incertitude (en utilisant les premier et dernier points de données) pour seulement une grandeur. Cette méthode simplifiée devient embrouillée lorsque les deux grandeurs du graphique contiennent des barres d'incertitude. Lorsque les graphiques ne sont pas linéaires, on attend une analyse d'autres incertitudes.

Si le candidat s'est manifestement efforcé de considérer ou de propager les incertitudes, les réviseurs de notation soutiennent alors le descripteur attribué par l'enseignant même s'ils pensent que le candidat aurait pu faire un effort plus poussé. Si la propagation est démontrée dans une partie des travaux pratiques en laboratoire, on peut alors attribuer le descripteur 'complètement' même si l'analyse des erreurs n'est pas exécutée dans tous les détails (à condition que le candidat ait fait preuve d'une appréciation de l'incertitude, il peut alors obtenir le descripteur 'complètement')

Les réviseurs de notation ne doivent pas pénaliser un enseignant ou un candidat si le protocole n'est pas celui qu'ils enseignent, par exemple si des incertitudes d'équilibre du plateau supérieur ont été indiquées comme  $\pm 0,01$  g alors que les enseignants peuvent estimer que, si on considère la pesée par tare, elles devraient alors être doublées. La révision de la notation n'est pas le moment approprié pour établir le protocole préféré du BI.

## Conclusion et évaluation

Les réviseurs de notation appliquent souvent le principe selon lequel le descripteur « 'complètement' ne signifie pas 'parfait' Par exemple, si le candidat a identifié les sources les plus judicieuses d'erreur systématique, le réviseur de notation peut alors soutenir un niveau attribué par l'enseignant même si le réviseur de notation peut en identifier une de plus. Les

réviseurs de notation sont un peu plus critiques dans le troisième aspect sur le fait que les modifications se rapportent réellement ou pas aux sources d'erreur mentionnées. Si le réviseur de notation estime qu'une tâche était trop simple pour satisfaire réellement l'esprit des critères, il fournira alors des commentaires sur le formulaire 4/IAF quant au caractère impropre de la tâche en donnant des justifications complètes. Le réviseur de notation fournira ces justifications en tant que commentaires mais il ne révisera pas nécessairement à la baisse la note attribuée au candidat. Oui, cela signifie que des candidats pourraient obtenir de bonnes notes pour les critères RTD pour un travail assez bref sur des données limitées mais, s'ils ont satisfait les exigences des aspects de ces critères avec ce travail d'une ampleur limitée, le réviseur de notation approuvera alors les notes attribuées par l'enseignant.

L'aspect le plus difficile du critère CÉ est la différenciation entre le descripteur 'partiellement' et le descripteur 'complètement' pour l'aspect 1 : « Présente une conclusion justifiée et basée sur une interprétation acceptable des données ». Une justification peut être une analyse mathématique des résultats, une qui comprend une appréciation des limites de la gamme de données, mais elle pourrait aussi être une analyse qui comprend quelque signification ou théorie physique, même une hypothèse (bien qu'une hypothèse ne soit pas obligatoire). Il est difficile d'obtenir le descripteur 'complètement' pour le critère CÉ (aspect 1) parce que cela nécessite des commentaires sérieux et réfléchis, quelque chose de plus approfondi que : « les données révèlent un rapport linéaire et proportionnel ».

## Épreuve un du niveau supérieur

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 23	24 - 27	28 - 30	31 - 40

## Épreuve un du niveau moyen

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 16	17 - 20	21 - 23	24 - 30

## Commentaires généraux

Une proportion des questions sont communes aux épreuves du NM et du NS, les questions supplémentaires pour le NS couvrant une partie complémentaire du programme.

Chaque année, il y a des commentaires occasionnels d'enseignants qui estiment que soit l'épreuve 1, soit l'épreuve 2 ne couvre pas le programme de manière équilibrée. Cependant, il convient de noter que ces deux épreuves ont pour objectif de fournir à elles deux une évaluation valable du programme tout entier, aussi bien en termes de contenu qu'en termes de compétences. Les compétences spécifiques qui ont besoin d'être encouragées chez les candidats pour qu'ils réussissent à répondre aux questions à choix multiples sont décrites dans la section finale de ce rapport.

Seul un petit pourcentage du nombre total d'enseignants ou du nombre total de centres préparant à l'examen renvoyèrent des formulaires G2. Pour le NM, il y eut 112 réponses sur 806 centres et pour le NS, il y eut 153 réponses sur 776 centres. Alors que nous tenons à remercier ceux qui prirent la peine de fournir des commentaires sur les formulaires G2, nous aimerions encourager tous les centres à contribuer ; les commentaires fournis par les enseignants sont examinés avec soin.

Les réponses indiquèrent que les épreuves furent généralement bien reçues, un grand nombre des formulaires G2 reçus contenant des commentaires favorables. La majorité des enseignants qui firent des commentaires sur les épreuves estimaient qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié et généralement d'un niveau similaire aux épreuves de l'année dernière, bien que 33 % trouvèrent l'épreuve du NS (mais seulement 17 % dans le cas de l'épreuve du NM) plus difficile que l'épreuve de mai 2013.

À quelques exceptions près, les enseignants pensaient que la présentation des épreuves et la clarté de la formulation des questions était soit satisfaisante, soit bonne. Il y eut quelques commentaires selon lesquels les questions étaient trop obscures pour des candidats de deuxième langue.

## 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 nombres dans 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 une cellule ombrée.

L'indice de difficulté (indice de facilité serait peut-être une appellation plus juste) est le pourcentage de candidats ayant 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. 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	560	4568	844	494	14	70,49	0,48
2	378	102	4253	1737	10	65,63	0,47
3	165	3775	2017	513	10	58,26	0,37
4	1009	379	1136	3928	28	60,62	0,29
5	1353	3158	1313	640	16	48,73	0,47
6	4160	717	1227	335	41	64,2	0,52
7	1018	3770	1059	595	38	58,18	0,5
8	2973	1403	642	1452	10	45,88	0,43
9	840	130	242	5261	7	81,19	0,32
10	941	396	140	4997	6	77,11	0,28
11	4657	703	495	616	9	71,87	0,38
12	1525	2259	1459	1205	32	22,52	0,1
13	4374	911	533	646	16	67,5	0,53
14	638	447	283	5095	17	78,63	0,42
15	1291	3418	1060	689	22	52,75	0,54
16	696	3712	1647	408	17	57,28	0,43
17	1079	1609	2988	788	16	46,11	0,36
18	2931	689	2518	285	57	45,23	0,44
19	3460	878	475	1617	50	24,95	0,11
20	221	974	2320	2960	5	35,8	0,26
21	881	1504	2422	1644	29	37,38	0,28
22	1170	156	4680	465	9	72,22	0,28
23	316	1321	681	4140	22	63,89	0,45
24	420	4648	280	1086	46	71,73	0,28
25	2024	3368	948	97	43	51,98	0,46
26	5417	188	472	397	6	83,6	0,21
27	449	5434	551	41	5	83,86	0,29
28	975	918	1593	2971	23	24,58	0,07
29	1144	2344	1255	1689	48	36,17	0,46
30	4562	258	107	1535	18	70,4	0,52
31	1632	695	656	3467	30	53,5	0,5
32	2680	958	2527	282	33	41,36	0,52
33	3383	875	1594	596	32	9,2	0,07
34	174	5974	280	40	12	92,19	0,18
35	811	985	2187	2441	56	37,67	0,33
36	1590	486	3676	701	27	56,73	0,29
37	4422	172	727	1135	24	68,24	0,44
38	188	619	711	4928	34	76,05	0,35
39	688	1704	1267	2704	117	41,73	0,53
40	783	713	4 -	337	32	71,22	0,44

			15			
--	--	--	----	--	--	--

Nombre de candidats : 6480

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

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	624	2827	1095	542	10	55,45	0,55
2	320	1359	1050	2355	14	46,19	0,59
3	532	207	2796	1560	3	54,85	0,46
4	207	2581	1931	374	5	50,63	0,33
5	951	393	1041	2707	6	53,1	0,32
6	3277	1176	371	267	7	64,28	0,38
7	2585	1629	456	407	21	50,71	0,38
8	584	109	4224	172	9	82,86	0,28
9	1096	1030	1097	1860	15	36,48	0,33
10	918	152	309	3714	5	72,85	0,47
11	1172	551	235	3135	5	61,49	0,38
12	1143	1635	170	2146	4	32,07	0,42
13	2710	950	678	747	13	53,16	0,52
14	871	482	640	3093	12	60,67	0,66
15	891	2800	694	698	15	54,92	0,37
16	153	2323	944	1671	7	45,57	0,53
17	326	1223	1364	2176	9	26,76	0,28
18	777	1244	1723	1343	11	33,8	0,29
19	1316	630	887	2252	13	44,17	0,47
20	1512	365	2709	500	12	53,14	0,42
21	312	1420	832	2513	21	49,29	0,48
22	3364	531	661	531	11	65,99	0,56
23	679	3562	775	66	16	69,87	0,44
24	446	1331	2532	767	22	49,67	0,39
25	355	4243	452	42	6	83,23	0,3
26	1148	839	1750	133	30	26,11	0,34
27	1254	343	2791	684	26	54,75	0,28
28	1193	307	2547	1008	43	49,96	0,5
29	2751	236	818	1270	23	53,96	0,51
30	1423	1909	254	1483	29	27,91	0,33

Nombre de candidats : 5098

## Commentaires sur cette analyse

### Difficulté

L'indice de difficulté varie d'environ 9 % pour le NS et de 26 % pour le NM (questions relativement 'difficiles') à environ 92 % pour le NS et à 83 % pour le NM (questions relativement 'faciles'). Les épreuves produisirent un étalement adéquat des notes tout en permettant à tous les candidats d'obtenir des points.

### Discrimination

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

### Réponse 'blanche'

Dans les deux épreuves, il y eut un certain nombre de réponses blanches dans tout le test avec une légère augmentation vers la fin. Cela peut indiquer que certains candidats n'eurent pas suffisamment de temps pour terminer leurs réponses, alors que d'autres laissèrent simplement les questions dont ils n'étaient pas sûrs de la réponse. 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 au juger. En général, les candidats devraient être capables d'élimination, augmentant ainsi la probabilité de choisir la réponse correcte. Si les candidats se concentrent sur le choix de la réponse correcte – au lieu de raisonner pour trouver la réponse correcte (comme ils pourraient le faire dans l'épreuve 2), ils auraient alors suffisamment de temps pour répondre à toutes les questions et pour vérifier celles sur lesquelles ils ont des doutes.

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

Les réponses des candidats aux questions individuelles sont fournies dans les tableaux statistiques ci-dessus, de même que les valeurs des indices. Pour la plupart des questions, ces tableaux fournissent à eux seuls suffisamment d'informations rétroactives lorsqu'on examine une question spécifique. On ne fera donc de commentaires que sur certaines questions sélectionnées, c'est-à-dire sur celles qui illustrent un aspect particulier ou sur celles qui firent l'objet de commentaires sur les formulaires G2.

### Questions communes au NM et au NS

Question 4 du NM et question 3 du NS

Il y eut quelques commentaires d'enseignants selon lesquels les candidats ne devraient pas avoir besoin de compter des carrés. Cependant, en faisant tomber une ligne verticale depuis la flèche de réaction et en continuant la droite de frottement vers l'arrière, on saurait que les réponses C et D sont incorrectes.

Question 5 du NM et question 4 du NS

Les candidats pensent souvent à tort qu'il y a des conditions pour la troisième loi de Newton. Il convient de souligner qu'elle est toujours vraie, quelles que soient les considérations d'énergie ou de quantité de mouvement ; et elle ne dépend pas de l'état de mouvement des corps en contact.

Question 11 du NM et question 10 du NS

Les candidats doivent apprendre les définitions. Il y a des conditions (comme la pression changeante) dans lesquelles la température d'un corps changeant de phase peut changer. Si c'est le cas, la chaleur latente ne s'applique pas.

Question 17 du NM et question 20 du NS

Beaucoup de candidats furent déconcertés par la réponse D et il y eut un certain nombre de commentaires d'enseignants suggérant que cette réponse devrait être acceptée. Mais la réponse D n'est pas vraie car, dans la plupart des cas, le courant variable changera la température du fil, entraînant un changement de résistance. Elle n'est vraie que dans le cas où la température est maintenue constante - et c'est là l'énoncé correct de la loi d'Ohm. C est un autre énoncé possible de la loi d'Ohm, étant donné que la résistance est calculée à partir de  $V/I$  dans n'importe quelle situation particulière.

Question 18 du NM et question 21 du NS

Comme il s'agit de lampes identiques, on peut supposer que leur luminosité dépend soit du courant les traversant, soit de la tension à ses bornes, selon ce qui est plus facile à trouver. (Il convient de noter que, s'il s'était agi de lampes non identiques, on aurait alors dû trouver la puissance,  $VI$ , pour détecter la luminosité).

L'ouverture de l'interrupteur augmentera la résistance totale du circuit, réduisant le courant à travers  $W$ . Il en résulte qu'on peut éliminer les réponses B et D. Et l'ouverture de l'interrupteur augmentera aussi la tension aux bornes de  $Y$  - d'environ  $V/3$  à  $V/2$ . Par conséquent, la bonne réponse est C.

Question 20 du NM et question 22 du NS

Voici un autre cas pour lequel les candidats doivent apprendre une définition et l'identifier avec exactitude.

Questions du NS

Question 5

Les candidats devraient comprendre le langage technique tel que 'dissipée' même s'ils travaillent dans une deuxième langue.

#### Question 6

C'est là un exemple parfait d'une question dont la réponse peut être 'vue' sans effectuer aucun calcul. Si  $\theta$  est égal à zéro, la hauteur sera zéro – la bonne réponse est donc soit A, soit C. Lorsqu'on examine les unités, la réponse C donne un temps (en secondes) et doit donc être éliminée.

#### Question 8

On demande aux candidats de donner la meilleure réponse. La réponse A est possible, mais, ce qui est encore plus important, les réponses B, C, D sont évidemment incorrectes pour toute personne qui sait ce qu'est un équipotentiel. Par conséquent, il faut choisir la réponse A.

#### Question 11

Il y a deux changements qui sont faits lorsqu'on passe de X à Y. Un simple graphique, fait tout en lisant la prémisse, devrait montrer de quelle façon la proportionnalité marche. Comme il n'y a pas de carrés dans  $pV = nRT$ , la bonne réponse doit être A.

#### Question 12

Beaucoup de candidats essayèrent de deviner la réponse à cette question et elle fut l'objet de quelques commentaires négatifs de la part des enseignants. Mais les réponses A et B sont toutes deux logiquement équivalentes et doivent donc être incorrectes. Comme une détente adiabatique n'implique aucun échange thermique avec le milieu local, elle n'affectera pas l'entropie du milieu local. Par conséquent, par élimination, la réponse C doit être correcte.

#### Question 18

Il est logique que, à mesure que D augmente, la largeur du maximum central augmente aussi. Par conséquent, on peut éliminer les réponses B et D (toutes les deux avec D sur le dénominateur). Une esquisse du graphique des franges de diffraction pour une seule fente montrera que la réponse A est correcte.

#### Question 19

Plus de la moitié des candidats répondirent mal à cette question en choisissant la réponse A. Un simple rappel de l'angle de Brewster, qui implique  $\tan$  d'un angle, devrait inciter les candidats à éliminer les réponses B et C (ce que firent la plupart d'entre eux). Cependant, pour choisir entre A et D, il faut examiner la situation telle qu'elle est décrite (plutôt que de tirer une conclusion rapide en se basant sur des diagrammes familiers).  $\theta$  est l'angle par rapport à la surface – pas l'angle d'incidence. La réponse A doit donc être incorrecte.

## Question 28

Il fallait lire attentivement cette question. Les statistiques suggèrent que beaucoup de candidats répondirent hâtivement à cette question en devinant la réponse. Cette question ne demandait pas lequel des énoncés était vrai – mais plutôt lequel d'entre eux montrait que la lumière consistait en des photons. Il est clair que I est vrai si la lumière est soit une onde, soit photonique ; D, la réponse la plus populaire, doit alors être incorrecte.

## Question 29

Cette question fournissait une bonne discrimination – mais elle exigeait beaucoup d'imagination des candidats plus faibles pour deviner la réponse.

Les candidats devraient savoir que la longueur d'onde de De Broglie augmente à mesure que la vitesse de la particule augmente, ce qui permet d'éliminer immédiatement les réponses C et D. Et, en calculant le changement de la longueur d'onde (ce qu'ils n'ont pas besoin de faire), on utilise l'équation selon laquelle l'énergie cinétique est égale à l'énergie potentielle. Cela implique le carré de la vitesse, par conséquent la réponse B doit être correcte.

## Question 32

C fut une réponse populaire mais incorrecte. Les candidats doivent savoir que le noyau a ses propres niveaux d'énergie discrète, qui sont révélés dans l'émission d'une particule  $\gamma$ .

## Question 33

Bien plus que 50 % des candidats choisirent la réponse A et semblaient ne pas savoir que, si on dit qu'un élément a une 'demi-vie très longue', il est alors très vraisemblable qu'on parle de durées de vie qui dépassent de beaucoup la longueur d'une vie humaine. Il n'est donc pas possible de revenir plus tard et d'espérer voir une diminution perceptible de l'activité de l'échantillon. Le guide pédagogique invite clairement les enseignants à considérer comment mesurer des demi-vies très longues et cela ne peut être fait que sans référence au temps. D doit donc être la bonne réponse. Il convient de noter que la prémisse ne spécifie pas que l'échantillon est pur.

## Questions du NM

## Question 9

Beaucoup de candidats devinèrent la réponse, A et C étant des options populaires. Cela suggérerait que beaucoup de candidats n'avaient pas compris la situation – il est clair qu'une mouche près du moyeu d'une roue de bicyclette va plus lentement qu'une mouche perchée sur la jante. Les réponses A et C auraient donc du être éliminées immédiatement en faisant appel au bon sens. Étant donné que le vecteur vitesse et aussi le rayon changent de la situation X à la situation Y, il est plus facile d'utiliser la formule  $a = \omega^2 r$  (où  $\omega$  est constant) pour déterminer que l'accélération en Y est plus grande. En variante, vous pouvez imaginer que Y est sur le bord extérieur d'une grande roue d'un champ de foire afin de réaliser que les forces sur vous (et donc l'accélération) seront plus grandes.

## Question 12

Les candidats plus faibles choisirent l'option D. Mais D ne répond pas à la question qui demande une explication pour l'augmentation de température.

## Question 15

L'oscillateur à quartz est mentionné explicitement dans le guide (4.3.6). Mais même une compréhension holiste du rôle et de la nature de l'amortissement permettrait d'éliminer les réponses A, B et C – compréhension que les candidats devraient avoir.

## Question 24

Beaucoup de candidats choisirent la réponse B, supposant vraisemblablement qu'un neutron n'a pas de masse.

## Question 30

C'est une méconnaissance fréquente, soutenue par les statistiques, que la couche d'ozone joue, d'une manière ou d'une autre, un rôle important dans le réchauffement climatique.

## Recommandations et conseils pour la préparation des futurs candidats

Les questions à choix multiples sont une façon excellente, motivante et très efficace de tester et d'encourager l'apprentissage à mesure qu'on enseigne un cours. On peut les utiliser comme des exercices d'apprentissage pour stimuler la discussion de même que comme des tests rapides et il ne faut jamais les considérer comme des exercices supplémentaires à faire, une épreuve à la fois, uniquement pour la session d'examen finale.

Il n'existe pas de stratégie unique plus efficace que d'autres en ce qui concerne les questions à choix multiples et il faut donc adopter une souplesse de raisonnement. Il convient d'encourager les candidats à développer des stratégies pour trouver la réponse correcte – plutôt que de raisonner comme ils le feraient dans une épreuve 2. Parmi les stratégies menant au choix des bonnes réponses pour les questions à choix multiples, on peut citer :

- L'élimination des réponses qui sont clairement incorrectes.
- La considération des unités. Il y a des signes évidents qu'on n'enseigne pas aux candidats le pouvoir et la nécessité des unités. Elles sont là pour aider les candidats plutôt que pour les déconcerter et elles mèneront souvent à l'identification de la réponse correcte.
- Si deux réponses sont logiquement équivalentes, elles doivent alors être incorrectes toutes les deux.
- L'exagération d'une variable – cela mettra souvent le candidat sur la bonne voie, particulièrement si une variable est dans le dénominateur dans une réponse et le numérateur dans une autre.

- Dessiner la situation lors de la lecture de la prémisse. Une simple esquisse aidera à comprendre la prémisse et mènera souvent le candidat à la réponse correcte. Cela est particulièrement important pour les candidats avec des compétences linguistiques limitées.
- Faire la distinction entre les fonctions cos et sin – imaginer mentalement l'angle  $90^\circ$  montrera laquelle est correcte.
- Utiliser une proportion : nouvelle grandeur = ancienne grandeur x une fraction, cette fraction dépendant des variables qui ont changé.
- Faire attention aux axes sur les graphiques et utiliser les unités pour apporter une signification à la pente et à l'aire.
- En dernier recours, faire appel à son intelligence pour deviner la réponse.

Les candidats devraient essayer de répondre à chaque question. Il convient de souligner qu'une réponse incorrecte n'entraîne pas de déduction de points.

Les graphiques, les diagrammes des forces et d'autres moyens d'illustration constituent une façon fondamentale dont les physiciens s'efforcent de modéliser et de comprendre le monde. Il convient d'encourager les candidats d'esquisser leurs réponses aux problèmes avant de se lancer dans des calculs. Il semblerait que ce n'est pas une compétence que possèdent beaucoup de candidats, comme le montrent aussi les épreuves écrites.

Il convient de lire attentivement la prémisse. Il est inévitable qu'à première vue, certaines questions puissent sembler similaires à des questions antérieures, mais les candidats ne devraient pas tirer des conclusions hâtives. Il semble que certains candidats ne lisent pas la totalité de la prémisse mais qu'ils passent plutôt aux options, après avoir déterminé la signification générale de la question. On fait en sorte que les questions à choix multiples soient les plus courtes possible. Par conséquent, la formulation toute entière est significative et importante. Les candidats devaient aussi tenir compte du fait qu'on leur demande de trouver la meilleure réponse. Parfois, il est possible qu'elle ne soit pas strictement correcte à 100 % mais les candidats de physique devraient avoir l'habitude d'identifier et d'ignorer les grandeurs qui ont un impact négligeable.

Les candidats devraient consulter le guide pédagogique de physique courant (mars 2007) pendant la préparation à l'examen, afin de clarifier les exigences à satisfaire pour réussir l'examen. Les enseignants devraient savoir que les questions sont formulées à partir des exigences du programme – et pas à partir d'épreuves antérieures !

Ce guide pédagogique invite les candidats à rappeler certains faits simples, bien que la plupart de la physique soit orientée vers des processus. Ces faits se prêtent bien aux questions à choix multiples et les enseignants ne devraient pas avoir peur d'exiger de leurs candidats qu'ils mémorisent de temps en temps des informations. Les questions à choix multiples simples sont peut-être la meilleure façon de tester les définitions (qui sont universellement exprimées de façon médiocre dans les épreuves écrites).



Les candidats peuvent s'attendre à ce que la proportion de questions couvrant un thème particulier soit la même que la proportion de temps attribuée à l'enseignement de ce thème, spécifiée dans le guide pédagogique de physique. Il convient de réserver suffisamment de temps à l'enseignement, d'une manière rigoureuse basée sur la physique, de thèmes tels que le réchauffement climatique et l'effet de serre. Les connaissances courantes que la plupart des gens ont sur ces domaines du guide pédagogique ne sont pas toujours suffisantes pour répondre aux questions sur ces thèmes, qui ne sont pas banales.

## Épreuve deux du niveau supérieur

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 11	12 - 22	23 - 32	33 - 41	42 - 51	52 - 60	61 - 95

## Épreuve deux du niveau moyen

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 3	4 - 7	8 - 12	13 - 17	18 - 22	23 - 27	28 - 50

## Commentaires généraux

Les centres envoyèrent 183 ensembles de commentaires sur les formulaires G2 pour le NS et 158 pour le NM. les commentaires sur les formulaires G2 suggéraient que certains centres trouvèrent que cette épreuve était plus difficile que celle de la session de mai 2013. La présentation et la formulation furent généralement considérées comme adéquates.

Les candidats n'avaient parfois qu'une compréhension superficielle des concepts testés. Les candidats ont des connaissances raisonnablement robustes de la théorie mais, lorsqu'ils doivent faire face à un contexte pratique, ils sont incapables d'appliquer ce qu'ils ont appris. On attendait des candidats qu'ils soient capables de convertir entre des unités et beaucoup eurent des difficultés à le faire. Les explications étaient médiocres comme dans des examens antérieurs. Il est clair que les candidats doivent prendre plus de temps pour lire les questions. Les questions sont formulées avec beaucoup de soin et ne contiennent virtuellement aucune information superficielle ; les auteurs des épreuves essaient de faire en sorte que chaque mot compte.

Les présentations de nombreux calculs consistaient en un pêle-mêle d'arithmétique avec des nombres apparaissant généralement de nulle part. Les candidats devraient savoir que leurs réponses devraient bien se lire de façon logique. Seulement dans ce cas est-il possible d'attribuer des points de compensation pour des réponses incorrectes.

Il ne semblait pas que les candidats manquèrent de temps pour cette épreuve. Il y eut quelques blancs vers la fin des épreuves.

Beaucoup de candidats manquent encore de compétences de présentation. Il est préoccupant qu'un si grand nombre d'entre eux s'expriment si mal avec des mots, des symboles mathématiques et des diagrammes. Nous savons que les candidats produisent des morceaux écrits importants pour leurs autres matières du diplôme du BI, mais ces compétences ne sont pas transférées.

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

- Connaissance et utilisation de simples unités d'énergie et conversion entre elles
- Énoncés écrits et mathématiques des lois de Newton et déductions de celles-ci
- Citation de définitions « standard », par exemple défaut de masse et flux magnétique
- Dessin et annotation d'un graphique d'énergie de liaison par nucléon
- Compréhension des rapports entre le potentiel gravitationnel, l'énergie potentielle et l'énergie cinétique pour un satellite
- Calculs étendus de systèmes mathématiques dans un contexte non familier

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

- Calculs de l'énergie thermique et explications thermodynamiques
- Compréhension de la résistance interne et calculs associés

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

#### Section A

#### 1 [NS et NM] Question sur l'analyse des données

(a) La plupart des candidats comprirent les exigences de cette question. Ils furent capables de tracer une courbe acceptablement lisse extrapolée à l'axe du temps. Il y eut moins de lignes de qualité médiocre que dans les examens antérieurs. Néanmoins, une minorité non négligeable termina la courbe à une heure de 08:30 puis ils indiquèrent cette heure comme

celle à laquelle les panneaux solaires commençaient à produire de l'énergie. Certains tracèrent une ligne droite (qui ne pouvait absolument pas toucher toutes les barres d'erreur) et extrapolèrent cette ligne à une heure d'environ 07:30. Des points étaient disponibles pour cette réponse.

(b) Les réponses à cette question furent médiocres de deux points de vue. Il était clair qu'il y avait une méconnaissance étendue du rapport entre les unités d'énergie et les unités de puissance. Beaucoup de candidats ne purent pas aller plus loin que de calculer l'énergie utilisée par la maison pendant la période de quatre heures. La plupart furent incapables de reconnaître que l'énergie fournie au réseau électrique était liée à l'aire sous le graphique.

(c) Les candidats furent généralement capables de lire la barre d'erreur comme ayant une longueur totale de 0,8 unités et purent utiliser cela pour calculer l'incertitude en P. Certains furent capables de parvenir par raisonnement à la réponse correcte mais beaucoup firent une erreur de signe dans le calcul.

(d) Un certain nombre de questions antérieures sur l'analyse de données ont demandé un énoncé simple de la proportionnalité ou non d'un graphique fourni. L'utilisation du verbe de commande « déterminez » aurait dû indiquer aux candidats que cette question demandait plus que cela. Il fallait fournir le rapport complet pour obtenir le maximum de points. Par exemple, une détermination de la pente et de l'intersection (ou la solution à partir de points de données) pour obtenir l'équation donnant le rapport entre P et t pour le graphique.

## 2 [NS et NM] Énergie

(a) Beaucoup de candidats obtinrent au moins deux points pour ce rappel simple d'une matière du programme. Dans les réponses médiocres, il n'était pas toujours clair que les énoncés d'énergie se rapportaient aux molécules, aux atomes ou aux particules dans le solide ou le liquide. Les candidats firent aussi preuve de confusion relativement à la question de savoir si le processus de fusion impliquait une augmentation ou une diminution d'énergie potentielle.

(b) Beaucoup de candidats exécutèrent bien ce calcul avec un nombre important de réponses correctes. Une erreur courante fut de ne pas lire correctement les unités de la chaleur massique du zinc, ce qui entraînait une erreur de puissance de 10. Cela entraîna la perte de points mais pas de tous les points. Les réponses obtenant zéro points ou peu de points étaient caractérisées par des nombres mal présentés et inexpliqués montrant que le candidat ne savait pas comment aborder le problème. Les examinateurs s'attendaient à ce que la réponse à cette question commence par « Énergie perdue par le zinc = énergie acquise par le fer » et continue pas à pas à partir de cela.

## 3 [NS et NM] Énergie de liaison et défaut de masse

(a) La plupart furent capables de définir correctement « défaut de masse » mais il y eut beaucoup de petites erreurs qui firent que le point ne fut pas attribué. Il faudrait encourager les candidats à apprendre les définitions et à comprendre la physique derrière la définition suffisamment bien pour construire la définition à partir de rien. Les candidats comparèrent souvent les masses atomiques avec la somme des nucléons sans faire de commentaire sur

le rôle des électrons. Certaines définitions furent données en termes d'énergie. D'autres dirent simplement que la masse d'un noyau était réduite lorsqu'elle était construite à partir des nucléons individuels, sans répondre à la question.

(b)(i) Ce problème relativement facile n'a pas été bien résolu. Il y eut beaucoup de permutations des nombres, et presque toutes furent mal expliquées. Les solutions complètement correctes furent rares et même celles-là tendaient à être mal expliquées.

(b)(iii) Les candidats doivent être capables de tracer et d'annoter ce graphique. Cette question prouva qu'un très grand nombre de candidats n'appréciaient pas les caractéristiques proéminentes. Il y eut des dessins erronés sur les deux côtés du maximum ; le maximum lui-même était souvent mal placé par plus que la tolérance spécifiée (montrant que les candidats n'appréciaient pas la valeur minimum de l'énergie de liaison par nucléon dans la position Fe-56 ou Ni). D'autres erreurs comprenaient des pentes inappropriées sur le côté droit du graphique par rapport à la gauche et le placement de la courbe dans une position incorrecte.

(b)(iv) Peu de candidats lièrent leurs connaissances au graphique et rappelèrent simplement – souvent correctement – des principes physiques sur la stabilité du produit de fusion. Cependant, cela était rarement lié à la position relative des réactants et du produit sur le graphique.

#### 4 [NS seulement] Ondes

(a)(i) La plupart des candidats furent imprécis dans leurs descriptions de la direction de mouvement des molécules d'air. Un très grand nombre d'entre eux pensent que le diagramme conventionnel pour l'onde sonore stationnaire dans un gaz montre que les molécules bougent entre les lignes tracées de l'onde. Les réponses telles que « verticale » furent courantes. D'autres réponses inadéquates furent « vers la droite » sans que les candidats réalisent que cela implique qu'une molécule bouge continuellement vers la droite et finit par quitter le tuyau.

(a) (ii) Les descriptions des amplitudes aux points P et Q furent meilleures mais, pour une minorité de candidats, il y avait une confusion entre la signification de nœud et de ventre.

(b) Les calculs furent généralement bien faits.

(c) Cette question demandait de « résumer » et exigeait une approche plus complexe que « cela est causé par l'effet Doppler ». Les examinateurs attendaient une description des causes du changement de longueur d'onde telles que perçues par l'observateur en mouvement. Les explications qui mentionnèrent une équation Doppler (qui devait être l'équation correcte) et qui déduirent une augmentation de la fréquence n'obtinrent pas le maximum de points car elles ne faisaient que reproduire par cœur le recueil de données.

(d)(i) Beaucoup oublièrent que la séparation des images devait être le double de la longueur des pixels. D'autres inversèrent l'équation de grossissement. Un grand nombre de solutions n'obtinrent qu'un point et seulement environ 50 % des candidats obtinrent le maximum de points.

(d)(ii) Encore une fois, des erreurs d'inattention empêchèrent beaucoup d'obtenir le maximum de points bien que cette question d'examen courante ait semblé être comprise par beaucoup.

5 [NS seulement] Production de f.é.m.

(a) Il fallait donner ici une définition claire et complète. Ce ne fut souvent pas le cas. Il y eut des références au « champ magnétique » ou à « l'intensité magnétique », et l'angle entre  $B$  et  $\theta$  fut souvent défini incorrectement. Les réponses à cette question standard laissèrent beaucoup à désirer.

(b)(i) Une erreur courante dans ce calcul fut de mal comprendre comment déterminer la vitesse de la tige. Des points furent attribués même si cela était incorrect. Beaucoup de candidats reconnurent que la f.é.m. était liée à  $B/v$  et la détermination de la vitesse fut leur seule erreur.

(b)(ii) De l'espace avait été laissé sur le graphique pour deux cycles complets de l'onde et c'est ce que les examinateurs s'attendaient de voir. Un très grand nombre de candidats ne réfléchirent pas bien au problème et supposèrent que les axes du graphique avaient été établis pour une période. La plupart des candidats réalisèrent que la f.é.m. avait un comportement quelque peu sinusoïdal. Cependant, les examinateurs rencontrèrent une minorité de graphiques très étranges.

## Section B

6 [NS] & 4 [NM] Sources d'énergie renouvelable

(a) Beaucoup de candidats continuent de donner des réponses médiocres à des questions dans lesquelles on leur demande de comparer les ressources renouvelables et non renouvelables. Bien que la réponse « elle ne peut pas être réutilisée » ait pratiquement disparu, beaucoup de candidats n'apprécient toujours pas que la question porte sur la vitesse à laquelle la ressource peut être remplacée.

(b)(i) Les réponses à cette question furent généralement bonnes bien que certains candidats firent appel à une physique inappropriée (voir (b)(ii)). Dans les questions où la réponse finale est indiquée (généralement « Montrez que.... »), il est fortement recommandé aux candidats de mentionner des réponses à un chiffre significatif de plus que dans la question.

(b)(ii) Les rares candidats qui comprirent la physique impliquée ici furent capables d'indiquer clairement la solution. Beaucoup n'identifièrent pas le facteur d'une moitié dans le changement du niveau d'eau et établirent un facteur de deux plus tard et arbitrairement. D'autres ne comprirent pas du tout la nature (simple) du problème et utilisèrent une équation prise au hasard dans le recueil de données (généralement  $1/3\rho Av^3$ ). Ils n'obtinrent bien sûr aucun point. Un simple diagramme initial aurait aidé beaucoup de candidats à éviter les erreurs.

(b)(iii) Comme dans la question 1, bien trop de candidats ne comprirent pas cette question et ne se sont pas exercés à la conversion entre les unités d'énergie. Une utilisation efficace des

unités aurait rendu ce calcul facile. Les explications furent peu nombreuses et les candidats eurent clairement des difficultés à traiter cet aspect de l'énergie.

(c)(i) Beaucoup de candidats furent capables de donner une raison cohérente mais il fut rare de trouver deux réponses distinctes.

(c)(ii) Beaucoup de candidats décrivent soit l'effet de serre soit l'effet de serre accentué sans lire la question. Ce qu'on demandait, c'était une considération de l'effet de changements dans la température de la Terre sur (par exemple) la quantité de couverture de glace. En conséquence, les examinateurs donnèrent peu de points pour ce qui aurait dû être une question simple.

[NS seulement] Potentiel gravitationnel de la Terre

Cette question prise dans son ensemble révèle combien les candidats comprennent mal les rapports entre les grandeurs de champs. Il ne semble pas que cela soit limité au travail gravitationnel car des questions d'examen antérieures ont aussi révélé des méconnaissances en ce qui concerne les champs électriques.

(d) Il s'agissait là d'un simple test pour établir si les candidats pouvaient vérifier la cohérence des données. Beaucoup n'en furent pas capables. La solution évidente (évaluer  $V_r$  deux fois en ayant incorporé au préalable le rayon de la Terre) fut rarement donnée. Beaucoup de candidats préférèrent calculer la masse de la Terre deux fois et vérifier que les valeurs obtenues étaient similaires. En principe, cette question aurait pu permettre d'obtenir le maximum de points mais ce fut rarement le cas.

(e)(i) Il est tout à fait clair que les candidats ne comprennent pas le rapport entre potentiel gravitationnel et énergie potentielle gravitationnelle. Une considération des unités aurait pu les mener à une réponse correcte. Beaucoup ne furent capables de répondre à cette question qu'en obtenant une solution complète à partir de l'équation du potentiel gravitationnel imprimée dans le recueil de données.

(e)(ii) De même, les candidats furent incapables d'utiliser le changement connu de l'énergie potentielle gravitationnelle pour établir le changement de l'énergie cinétique. La plupart pensèrent qu'ils devaient calculer les énergies cinétiques à partir des premiers principes et ils obtinrent généralement une mauvaise réponse.

(e)(iii) La plupart des candidats ne firent pas le lien de cette question partielle avec les parties (i) et (ii) ; soit, ils ne répondirent pas à cette question, soit ils tentèrent de donner un énoncé de la conservation de l'énergie. Cela fut encore un cas où la connaissance d'un principe ne signifie pas nécessairement qu'un candidat est capable de l'appliquer effectivement. Même les candidats plus capables semblèrent avoir des problèmes avec cette question standard.

[NM seulement]

4 (d)(i) Comme c'est souvent le cas pour cette question, les candidats expriment qu'une « quantité de mouvement est conservée » sans expliquer ce que cela signifie. Il y eut beaucoup de confusion avec les règles de conservation d'énergie.

4 (d)(ii) Les calculs de la vitesse finale du neutron furent confus et les équations ne firent l'objet que de peu d'explications ou d'aucune explication. Il ne fut souvent pas clair quelles valeurs de masse (éventuelles) étaient utilisées dans la solution.

4 (d)(iii) Peu de solutions claires furent données à ce problème. Certains candidats n'apprécièrent pas la signification de changement fractionnaire de l'énergie tandis que d'autres avaient encore à l'esprit la quantité de mouvement mentionnée dans une question antérieure et ils n'obtinrent que peu ou pas de points.

4 (d)(iv) Les candidats n'avaient évidemment pas considéré les questions mécaniques de modération dans leur apprentissage. Peu reconnurent que le changement dans l'énergie fractionnaire était  $0,33n$ ,  $n$  étant le nombre de collisions. La réponse la plus courante fut que le changement était  $0,33n$ .

4 (d)(v) Les candidats firent preuve de plus de clarté à propos des raisons pour la modération mais, même dans ce cas, les réponses furent mal exprimées. Seule une minorité de candidats reconnut que la probabilité d'absorption était la plus grande à une faible énergie incidente de neutrons.

#### 7 [NH] & 5 [NM] Mouvement harmonique simple et son

C'était là un exemple d'une question étendue dans un contexte peu familier aux élèves. Ceux qui choisirent cette question y répondirent bien et furent capables d'appliquer leurs concepts de physique sans difficulté.

(a) Il fut rare de voir les quatre points attribués pour les énoncés des exigences de l'oscillation harmonique et la reconnaissance de ces exigences dans le graphique de droites. Les candidats furent généralement prêts à exprimer que l'accélération était directement proportionnelle au déplacement et que la droite à travers l'origine le confirmait. Les énoncés corrects avec un détail approprié de la direction de la force/accélération furent plus rares et la pente négative ne fut pas souvent mentionnée. Quatre points étaient attribuables et les candidats auraient dû en tenir compte dans leur réponse.

(b) Les candidats au NM firent mal ce calcul. Les candidats au NS le firent mieux, donnant souvent des détails appropriés et confirmant la réponse correcte de manière convaincante.

(c)(ii) Des nombres à peu près égaux de candidats placèrent  $P$  - quand ils le marquèrent sur le graphique - soit à l'origine (correct), soit à un extrême (incorrect).

(d)(i) Les candidats doivent connaître le rapport entre les fronts d'onde et les rayons et il fut surprenant de constater que beaucoup d'entre eux complétèrent le graphique avec des fronts d'onde – et même ceux-ci n'auraient pas obtenu beaucoup de points étant donné la médiocrité des dessins. Peu de candidats prirent la peine de lire cette question. Ils ne réalisèrent pas que tout ce qu'ils devaient faire était de construire des rayons incidents et réfléchis plausibles qui permettraient à l'observateur dans la position 1 d'entendre le son.

(d)(ii) Il y eut de nombreux exemples d'évaluation correcte de la longueur d'onde du son mais beaucoup trop de candidats furent incapables d'exécuter cette simple tâche. Les inversions

de l'équation et les erreurs dans les puissances de dix et dans l'arrondissement furent courantes.

(d)(iii) L'orthographe phonétique habituel de « défraction » fut observé. Il est peu probable que les examinateurs donnent le bénéfice du doute à ce qui aurait pu être une orthographe phonétique ou à ce qui aurait pu également avoir été une confusion avec « réfraction » dans ce cas particulier. Beaucoup de candidats furent capables de détecter que le son était diffracté mais il fut beaucoup plus rare de rencontrer une explication de ce qu'est la diffraction, dans le contexte.

(e) Par contraste, beaucoup de candidats furent capables de bien s'exprimer à la fois sur la nature de l'interférence et sur la différence de chemin/phase qui doit l'avoir produite. Il fut rare de voir le quatrième point attribué car peu de candidats lurent la question suffisamment attentivement pour être capables d'expliquer pourquoi l'amplitude du son était petite plutôt que nulle.

(f) \ [NS seulement] Beaucoup furent capables de citer un exemple d'un dispositif de stockage audio analogique. Un plus petit nombre de candidats furent capables de d'expliquer brièvement la façon dont il stockait les informations après avoir lu la question à fond. Ces explications furent limitées.

(g) [NS seulement] Beaucoup de candidats répondirent à la question qu'ils pensaient avoir été posée plutôt qu'à la question réellement posée. Beaucoup écrivirent longuement sur la conversion de la lumière plutôt que de se concentrer sur les étapes qui se produisent après que la charge a été relâchée dans le pixel. Il fut rare de rencontrer une considération de la conversion de la valeur de la différence de potentiel analogique en une forme numérique.

[NM seulement] Champs électriques et magnétiques

5 (e) [NM seulement] Les réponses superficielles furent courantes. Les candidats continuent d'ignorer les points attribués aux questions et par conséquent le nombre de points indépendants qu'ils devraient mentionner dans une réponse. Dans ce cas, la plupart dirent que les conducteurs contenaient des électrons libres (ou l'inverse pour les isolants) mais ils ne poursuivirent pas en discutant du rôle des électrons libres en portant la charge ou en faisant la liaison entre le courant et l'existence d'un champ électrique à travers le conducteur. Un nombre bien trop grand de candidats donnèrent des réponses du genre « les conducteurs conduisent bien » et n'obtinrent aucun point.

5 (f)[NM seulement] Il y a trois éléments nécessaires pour un bon dessin de champ magnétique autour d'un long conducteur droit : la circularité concentrique des lignes, la direction des lignes par rapport à la direction de l'écoulement de la charge, et la séparation croissante entre les lignes à mesure que la distance par rapport au conducteur augmente. Rares furent les candidats qui furent capables de convaincre l'examineur avec ces trois points. À posteriori, le diagramme aurait pu être plus grand sur la page. Cependant, les candidats auraient pu apporter plus de soin à leurs esquisses qui étaient généralement grossières.



5 (g)(i) [NM seulement] Beaucoup oublièrent que les règles sur les signes impliquent le courant conventionnel et n'obtinrent pas le point.

5 (g)(ii) [NM seulement] On rencontra peu de solutions correctes C'était là un problème simple impliquant une réorganisation d'une équation standard et l'incorporation du poids du conducteur.

8 [NS] et 6 [NM] Piles électriques

(a)(i) [NS seulement] Les réponses superficielles furent courantes. Les candidats continuent d'ignorer les points attribués aux questions et par conséquent ils jugent mal le nombre de points indépendants qu'ils devraient mentionner dans une réponse. Dans ce cas, la plupart dirent que les conducteurs contenaient des électrons libres (ou l'inverse pour les isolants) mais ils ne poursuivirent pas en discutant du rôle des électrons libres en portant la charge ou en faisant la liaison entre le courant et l'existence d'un champ électrique à travers le conducteur. Un nombre bien trop grand de candidats donnèrent des réponses du genre « les conducteurs conduisent bien » et n'obtinrent aucun point.

(a)(ii)[NS seulement] Trop souvent, les candidats se contentèrent de suggérer que la résistance interne d'une pile était la résistance du contenu de la pile sans en discuter les implications physiques. Il fut rare de rencontrer une considération de la dissipation d'énergie dans la pile ou une explication de la façon dont la perte de puissance est liée à une « résistance ».

(b)(i) [NS] & (d)(i) [NM] Les schémas de circuit continuent de présenter un problème particulier pour de nombreux candidats. Il fut rare de voir des schémas nets et bien dessinés. Certains schémas avaient deux piles, la pile citron et une autre. Les résistances variables étaient souvent absentes (ou étaient dessinées comme fixes). Souvent, les candidats tentèrent de dessiner des diviseurs de potentiel, généralement sans grand succès. Généralement, les candidats obtinrent en moyenne un point pour ce qui aurait dû être une tâche familière.

(b)(ii) [NS] & (d)(ii) [NM] Ceux qui mentionnèrent l'équation dans le recueil de données et la définition de la résistance furent généralement capables de montrer l'expression finale. Cependant, certains ne purent convaincre les examinateurs qu'ils savaient ce qu'ils faisaient.

(b)(iii) [NS] & (d)(iii) [NM] On attendait des candidats qu'ils comprennent le point physique selon lequel la f.é.m. peut être déterminée lorsque le courant dans la pile est nul. Pour de nombreux candidats, une extrapolation de la ligne droite évidente sur l'axe de f.é.m. et une lecture correcte leur permit d'obtenir facilement deux points. Cependant, certains ne comprirent pas la physique du circuit et donnèrent des solutions mal décrites.

(b)(iv) [NS] & (d)(iv) [NM] la meilleure façon d'obtenir la résistance interne était de dessiner un grand triangle sur le graphique. Cependant, beaucoup obtinrent deux des trois points parce qu'ils produisirent des erreurs de puissance de dix ou parce qu'ils n'utilisèrent qu'un point, ou parce que leur triangle était trop petit.

(b)(v) [NS] & (d)(v) [NM] Seule une minorité de candidats furent capables d'utiliser les données pour calculer la charge transférée correctement.

(b)(vi) [NS seulement] Les déterminations de l'énergie utilisée furent aussi généralement médiocres avec certaines réponses très erronées.

[HS seulement] Atomes

(c) [HS seulement] Beaucoup de candidats furent capables de donner une description complète de l'effet photoélectrique.

(d)(i) [HS seulement] Bien que la majorité des candidats furent capables de lier la fonction de travail à la physique des électrons dans le métal, certains ne purent que répondre en termes de la fréquence minimum requise pour produire un photocourant. Cela ne leur permit généralement pas d'obtenir des points sans quelques remarques à l'appui.

(d)(ii) [HS seulement] Généralement, les candidats furent capables d'obtenir au moins deux points. Le travail fut gâté par des erreurs de puissance de dix et par l'incapacité de convertir entre l'électrovolt et le joule. Une raison principale pour les erreurs commises par les candidats fut qu'ils ne commencèrent pas par un énoncé clair de l'équation photoélectrique suivi d'une substitution de manière organisée.

(e) [HS seulement] Les réponses à ce type de question furent plutôt meilleures que lors des sessions précédentes. Beaucoup furent capables de relier l'électron comme une onde stationnaire à la valeur entière de la longueur d'onde et donc aux valeurs discrètes des énergies.

(f) [HS seulement] Un nombre important de candidats obtinrent deux points sur trois. Il y eut quelques bonnes tentatives de liaison de l'idée de fonction d'onde aux idées de probabilité de la théorie.

9 [NS] & 6 [NM] Moteur de voiture/Mouvement d'une voiture

C'était là une autre question où on utilisait un seul contexte pour développer un certain nombre de domaines séparés de physique. La mécanique s'avéra difficile pour les candidats bien que les problèmes aient été posés dans différents contextes dans des examens antérieurs.

(a) [NS seulement] Il fut surprenant de constater que ce simple calcul impliquant la loi sur les gaz fut mal exécuté. Lors d'examens antérieurs, certaines questions similaires permirent d'obtenir plus de points. Les erreurs courantes comprenaient le fait de ne pas travailler en kelvin et de simples erreurs d'arithmétique.

(b) [NS seulement] La plupart des candidats furent capables de décrire la nature à volume constant du changement en question.

(c) [NS seulement] Beaucoup de candidats obtinrent le maximum de points pour une question qui a été souvent répétée dans des examens antérieurs. Le changement nul du transfert d'énergie thermique fut courant et beaucoup de candidats furent capables de déduire que  $\Delta U$

était donc égal à  $-W$ . Cela conduisait immédiatement à une déduction de la diminution de température.

(d) [NS seulement] Presque tous les candidats reconnurent que le travail effectué était lié à une aire sous le graphique. Dans une petite minorité de cas, la spécification exacte de cette aire était trop imprécise pour permettre d'obtenir le deuxième point.

(e)(i) [NS seulement] Il fut courant de rencontrer une valeur correcte pour le volume de carburant utilisé mais une unité incorrecte.

(e)(ii) [NS seulement] Beaucoup furent capables de parvenir à un temps de déplacement pour le carburant et donc à la distance parcourue. Cependant, le raisonnement suivi fut indirect et long et peu de candidats furent capables de trouver une solution directe à la question.

(f) [NS] & (a) [NM] Il y avait au moins deux façons de résoudre ce problème. Quelques solutions étaient si confuses qu'il était difficile de décider la méthode qui avait été utilisée. Les erreurs courantes comprenaient : oublier que la vitesse initiale était  $12 \text{ ms}^{-1}$  et pas zéro, erreurs de puissance de dix, et erreurs simples dans l'utilisation des équations cinématiques, ou incapacité d'évaluer correctement le travail effectué = force  $\times$  distance. Cependant, beaucoup de candidats obtinrent une partie des points. L'attribution de deux ou trois points sur le maximum de quatre fut courante, montrant que beaucoup de candidats persévèrent aussi loin qu'ils le purent.

(g)(i) [NS] & (b) (i) [NM] On rencontra beaucoup de solutions correctes. Il est clair que les candidats utilisent sans difficulté l'équation force = puissance/vitesse.

(g)(ii) [NS] & (b)(ii) [NM] La méthode à utiliser ici était évidente pour beaucoup de candidats. Ce qui manquait, c'était une appréciation claire de ce qui se produisait en termes de force résistive dans le système. Beaucoup obtinrent deux points sur trois parce qu'ils indiquèrent une méthode appropriée mais sans utiliser la valeur correcte pour la force. Pour obtenir deux points, il fallait que l'explication de la méthode soit au moins compétente. Les candidats qui donnent des explications limitées de leur méthode qui conduit à une réponse incorrecte n'obtiennent généralement que peu de points. Une suggestion (jamais constatée dans les réponses) est que les candidats auraient dû commencer à partir d'un diagramme des forces d'équilibre qui aurait révélé le rapport de toutes les forces.

(h)(i) [NS] & (c)(i) [NM] Le problème principal ici était que la plupart des candidats ne reconnurent pas que 1500 N de force agissant au niveau de chacune des quatre roues impliquerait une force totale de 6 kN. Encore une fois, les candidats purent obtenir une partie des points si la méthode suivie était claire de même que l'erreur qu'ils avaient commise.

(h)(ii) [NS] & (c)(ii) [NM] Il fut surprenant de constater que les énoncés de la première loi de Newton furent médiocres. Comme dans des examens précédents, peu de candidats semblent avoir appris par cœur cette loi essentielle et ils produisent une version confuse et incomplète sous la pression de l'examen. Cette première loi ne fut que vaguement liée au contexte particulier de la question. Les candidats n'ont apparemment pas appris à lier la physique qu'ils apprennent à des contextes de tous les jours.

## Recommandations et conseils pour la préparation des futurs candidats

- Il faudrait encourager les candidats à apprendre les définitions de manière à ce que des détails spécifiques ne leur échappent pas lorsqu'ils sont sous la pression de l'examen.
- Utilisation de contextes divers pour s'exercer à répondre aux questions.
- Encourager les candidats à lire les questions à fond et de manière précise.
- Développer de bonnes compétences de présentation chez les candidats. Trop de candidats continuent de perdre un nombre considérable de points à cause d'une présentation négligée et peu claire de leurs réponses

## Épreuve trois du niveau supérieur

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 8	9 - 16	17 - 25	26 - 31	32 - 37	38 - 43	44 - 60

### Commentaires généraux

La grande majorité des candidats semblèrent avoir eu suffisamment de temps pour répondre complètement à toutes les questions étant donné que les notes attribuées couvraient la gamme complète de notes. Certains des commentaires des enseignants sur les formulaires G2 sont résumés ci-dessous. Ces commentaires sont appréciés par les auteurs des questions.

#### Niveau supérieur

172 sur 183 centres trouvèrent le niveau de difficulté de l'épreuve approprié. 8 centres le trouvèrent trop difficile. Aucun centre ne le trouva trop facile. 140 centres estimèrent que l'épreuve était du même niveau que l'année dernière. 19 centres la trouvèrent plus difficile. 16 centres l'estimèrent plus facile que l'année dernière. Parmi les 182 centres qui répondirent, 159 estimèrent que la présentation de l'épreuve était bonne à excellente. 23 centres la trouvèrent assez bonne. Aucun centre ne trouva la présentation médiocre ou très médiocre.

L'option E (astrophysique) est de beaucoup l'option la plus populaire, suivie par G (ondes électromagnétiques), I (physique médicale) et H (relativité), relativement peu de centres ayant tenté F (communications) ou J (physique des particules)

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

### Difficultés générales (NS et NM)

- Réalisation que les réponses seront scannées et qu'il faut donc utiliser des crayons ou des stylos foncés.
- Souligner les expressions et les données essentielles dans une question.
- Savoir ce que les symboles représentent dans une formule ou une équation du recueil de données.
- Savoir que les unités incorrectes, bien qu'elles ne soient pas pénalisées dans une réponse finale, entraîneront une perte des points attribués pour le raisonnement correct.
- Puissances de 10 et multiplicateurs d'unités.
- Formule pour l'aire de la surface d'une sphère.
- La loi de l'inverse des carrés
- Arithmétique négligente et erreurs algébriques. Les erreurs de calculatrice sont courantes.
- Présenter un raisonnement complet dans les questions « montrez que ». La preuve du calcul est nécessaire.
- Disposition générale du raisonnement dans les questions numériques – celle-ci a besoin d'être planifiée et méthodique.
- Annuler un travail qui est correct
- Ne pas utiliser de règle pour dessiner des diagrammes.
- Prêter peu d'attention au nombre de points attribués pour chaque question partielle. Souvent, les candidats fournissent moins de faits essentiels que ce qu'on leur demande.
- Prêter peu d'attention aux termes de commande spécifiques – résumez, montrez que, calculez, déterminez, expliquez, estimez etc.
- Ordre de présentation des faits pour soutenir une explication ou une description.
- Définitions standard – celles-ci étaient généralement médiocres.

## Difficultés du niveau supérieur

Ces commentaires s'appliquent aussi aux questions communes du NM.

- Connaissance de l'unité pour  $d$  dans l'équation de la magnitude stellaire
- Les valeurs des limites de Chandrasekhar et de Oppenheimer–Volkoff pour les étoiles à neutrons.
- Référence à la masse restante d'une étoile
- Caractéristiques du rayonnement RCF
- Utilisation correcte des unités conventionnelles pour la constante de Hubble
- Description la nature de FM
- Circuits d'amplificateurs opérationnels
- Mise en ordre des évènements dans les communications par téléphones portables.
- Connaissance de la fonction d'un central téléphonique cellulaire
- Définitions standard de 'punctum proximum', 'cohérent' et 'monochromatique'
- Changement de phase sur les réflexions 'dures'
- Cinématique relativiste, particulièrement temps propre, simultanéité, dilatation du temps et utilisation de la formule de la vitesse relative
- Mécanique relativiste, particulièrement l'utilisation des unités MeV,  $\text{MeV}c^{-1}$  et  $\text{MeV}c^{-2}$
- Application du principe d'équivalence
- Manque de référence à la géodésie
- Imagerie par tomographie assistée : Mise en ordre des étapes dans ce processus
- Utilisation thérapeutique des radio-isotopes
- Utilisation de l'équation d'énergie disponible pour les collisions de particules.
- La chambre à fils – mais on constate une petite amélioration.
- Diffusion inélastique profonde et preuve des quarks, de la couleur et des gluons

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

Les meilleurs candidats ont complètement couvert le programme, ils font preuve d'une bonne compréhension, ils peuvent manipuler les équations, utiliser correctement les unités, présenter tout le raisonnement d'une manière méthodique et expliquer les concepts avec clarté. Les candidats les plus faibles ne lisent souvent pas entièrement la question, ils ont une connaissance médiocre des concepts, ils manquent de concision et de clarté dans leurs réponses, ils sont négligents avec les unités, ils ne montrent pas tout le raisonnement ou ils utilisent l'équation incorrecte. Il est clair que beaucoup de candidats ont étudié des épreuves antérieures et sont capables de faire preuve d'une bonne connaissance des parties du programme testées régulièrement. Les candidats réussissent souvent mieux à répondre aux questions de calcul qu'aux questions exigeant le rappel de lois, de définitions, d'expériences et de concepts. Il est possible que les candidats plus faibles obtiennent la totalité de leurs points avec des calculs, ce qui indique peut-être que c'est le type de question auquel ils ont été le mieux préparés. Les options A, B, E, et G au NM et E, G et I au NS sont très populaires et la plupart des candidats font un bon effort pour aborder ces questions.

### Améliorations remarquées au NS

Celles-ci s'appliquent aussi aux questions courantes du NM.

- Très peu de candidats répondent à moins ou plus que deux options.
- Ils maintiennent leurs réponses dans les limites des cases prévues pour les réponses.

On a constaté certaines améliorations dans les connaissances ou la compréhension dans les parties suivantes du programme :

- Utilisation de la longueur d'onde de crête dans un graphique de corps noir
- Utilisation de l'équation magnitude stellaire - distance (mais voir les points faibles plus haut)
- Interprétation des formes d'ondes FM
- Échantillonnage des signaux et conversion analogique à numérique
- Calculs impliquant des décibels
- Conception de tube à rayons X
- Contraction de la longueur
- Description du paradoxe des jumeaux

- Calculs cinématiques impliquant le facteur de Lorentz, le rayonnement gamma (mais voir les difficultés susmentionnées)
- Énoncé du principe d'équivalence (amélioration modérée)
- Nombres quantiques et leurs règles de conservation

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

Les commentaires marqués par un astérisque (\*) pour les options E à J s'appliquent aussi aux candidats du NM. Les questions uniques au NM sont couvertes dans la section Épreuve 3 du NM de ce rapport.

### Option E - Astrophysique

Cela fut facilement l'option la plus populaire, le plus souvent combinée à l'option G.

\*1. La réponse à la question (a)(i) était facile, mais beaucoup choisirent de ne pas exprimer que l'occurrence de la fusion nucléaire était la différence évidente entre les étoiles et les planètes. Dans les réponses à la question (ii), il fut courant d'exprimer une caractéristique de soit un amas stellaire, soit une constellation mais pas des deux. Les réponses à la question (b) furent bonnes. Dans les réponses à la question (c), presque tous les candidats trouvèrent correctement la température de surface de l'étoile en utilisant la longueur d'onde de crête du graphique.

\*2 La question (a) permit d'obtenir facilement deux points bien que pour la question (ii), certains candidats exprimèrent que la distance des céphéides était variable. Dans leurs réponses à la question (b), les candidats eurent des difficultés à déterminer la période de la céphéide à partir du graphique et à utiliser la valeur moyenne pour la magnitude apparente, mais ils réussirent généralement à obtenir des points pour un raisonnement correct. Un bien trop grand nombre de candidats ne savait pas que l'unité de  $d$  dans l'équation de la magnitude stellaire était le parsec. Dans leurs réponses à la question (c), beaucoup de candidats ne parvinrent pas à convertir les parsecs en mètres et perdirent des points.

\*3 Dans leur réponse à la question (a), un bien trop grand nombre de candidats ne mentionnèrent pas les caractéristiques telles que : le fait que rayonnement cosmique fossile était le rayonnement électromagnétique du corps noir atteignant son maximum à 2,7 K, qu'il n'avait pas de source spécifique, qu'il était isotrope, etc. Le fait que le rayonnement cosmique fossile était une prédiction spécifique du modèle du big-bang, bien avant sa découverte, ne fut généralement pas mentionné dans les réponses à la question (b). Beaucoup de candidats obtinrent au moins un point pour avoir exprimé que la longueur d'onde ou la température du big-bang étaient compatibles avec l'expansion ou le 'refroidissement' de l'univers.



\*4 Dans leurs réponses à la question (a), la plupart des candidats mentionnèrent l'équation de la masse-luminosité, mais ils affirmèrent ensuite que la luminosité était proportionnelle à la température sans considération de l'aire de surface d'une étoile. La plupart des candidats répondirent bien à la question (b). Pour la question (c) (i), on s'attendait à ce que les limites de Chandrasekhar et d'Oppenheimer-Volkoff soient toutes deux mentionnées, ce qui fut peu souvent le cas. Aussi, il fut courant de faire référence à la 'masse' d'une étoile plutôt qu'à la 'masse restante' ou à la 'masse du noyau'. Beaucoup de candidats réalisèrent qu'un pulsar était décrit dans la question (c)(ii).

5. Il y eut beaucoup trop de réponses vagues à la question (a), ces réponses mentionnant simplement « les galaxies sont décalées vers le rouge ». On rencontra beaucoup de réponses correctes à la question (b) mais il y eut aussi des erreurs de puissance de dix où les  $\text{km}^{-1}$  ne furent pas utilisés dans le calcul de la distance. Une autre erreur courante fut d'utiliser la fréquence observée dans le dénominateur.

### Option F - Communications

Peu de candidats choisirent cette option.

6\*. Les réponses à la question (a)(i) furent médiocres, la plupart des candidats ayant simplement reformulé la question et n'ayant pas mentionné l'importance du déplacement de l'onde signal. Dans la question (ii), un nombre bien plus grand de candidats furent capables de dessiner l'onde signal avec l'amplitude et la période correctes. Les deux parties de la question (b) furent assez bien exécutées, mais avec les erreurs de puissance de dix habituelles dans la détermination de la fréquence du signal. La question (c) sur les avantages et les désavantages relatifs de la modulation FM par rapport à la modulation AM est une question courante et fit l'objet de bonnes réponses.

\*7. La question (a) permettait d'obtenir facilement deux points, bien qu'il y eut souvent des erreurs de puissance de dix. La plupart comprirent que l'erreur de quantification était 1 V en (b) et déterminèrent que 12 niveaux étaient nécessaires, donnant ainsi la réponse de 4 bits. Quelques candidats choisirent d'autres erreurs de quantification et obtinrent des points pour erreur reportée. La question (c) permettait aussi d'obtenir facilement un point, mais on s'attendait à ce que tous les 4 bits (0111) soient donnés.

\*8. (a) La plupart des candidats connaissent bien la signification du terme 'atténuation'. Dans leurs réponses à la question (b)(i), beaucoup furent capables de déterminer la distance maximum du signal de 22 km et obtinrent trois points très facilement. La plupart des autres candidats n'obtinrent aucun point. La question (b)(ii) était très facile, mais un assez grand nombre de candidats ne réalisèrent pas qu'il fallait calculer un vecteur vitesse.

\*9. Impédance d'entrée infinie fut la réponse la plus populaire à la question (a)(i). Pour la question (ii), le gain est -5, mais beaucoup omirent le signe négatif ou utilisèrent la formule pour un amplificateur opérationnel non inverseur. Cependant, pour la question (iii), un point pour erreur reportée fut attribué pour avoir utilisé la réponse incorrecte précédente. Dans les réponses à la question (b), on ne rencontra presque aucune réponse correcte pour les caractéristiques de sortie.

\*10. Les candidats ne parvinrent souvent pas à organiser leurs réponses d'une manière logique. Beaucoup croient encore que le Guide pédagogique appelle un central téléphonique cellulaire (plus généralement connu comme un CCTM ou un CCM) est un processus plutôt qu'un centre de commutation physique. C'est clairement un sujet pour lequel une approche diagrammatique est nécessaire. Le site Web <http://cordsplus.com/phoneinfo/portal/cellularsystem.html> fournit un résumé raisonnable.

### Option G – Ondes électromagnétiques

Cette option est presque aussi populaire que l'astrophysique.

\*11. Les définitions de foyer dans les réponses à la question (a)(i) omirent parfois de mentionner l'axe principal. Le diagramme de rayons pour la question (ii) permit à presque tous les candidats d'obtenir facilement trois points. Dans leurs réponses à la question (b)(i), la plupart des candidats savaient ce qu'était 'punctum proximum' mais très peu furent capables d'en donner une définition standard. Beaucoup exprimèrent que c'était une distance. Très peu savaient que le grossissement de la loupe était un maximum pour une image au punctum proximum. La question (c) permit à la plupart des candidats d'obtenir des points très facilement.

\*12. Dans les réponses à la question (a), les termes 'cohérente' et 'monochromatique' furent souvent expliqués de manière gauche. Les définitions formelles sont faciles à apprendre mais il est courant que les candidats ne s'en rappellent pas. La différence de phase, en degrés ou en radians, fut généralement exprimée correctement dans les réponses à la question (b), bien que beaucoup donnèrent une différence de chemin. Dans leurs réponses à la question (c), la plupart furent capables de réorganiser les données de façon à obtenir la réponse donnée pour la longueur d'onde mais ils le firent souvent de façon pas très convaincante. La détermination du nombre de lignes par mètre pour le réseau de diffraction dans la question (d) s'avéra difficile pour beaucoup. *Assez souvent, les candidats utilisèrent l'angle incorrect ou la valeur incorrecte pour  $n$ .* Le réciproque final manquait souvent.

13. Le diagramme pour la question (a) fut bien exécuté par beaucoup. Cependant, les candidats omirent souvent le vide et la polarité d'accélération correcte pour l'alimentation E.H.T. Dans leurs réponses à la question (b), la plupart des candidats furent capables de suggérer que la différence de potentiel d'accélération était trop basse pour l'éjection d'électrons internes dans l'anode cible, mais les réponses concises furent rares.

14. Pour la question (a), les candidats choisirent parfois la formule correcte des lames minces du recueil de données, mais beaucoup de candidats furent capables de répondre à cette question en utilisant les premiers principes. Une erreur courante fut de donner la valeur de la demi longueur d'onde dans l'air plutôt que dans l'huile ou d'oublier le changement de phase sur la réflexion dure. Peu de candidats furent capables de donner une réponse bien raisonnée à la question (b) et ils eurent souvent de la chance d'obtenir un point.

### Option H - Relativité

\*15. Les réponses à la question (a) furent médiocres. La seule réponse acceptable est que Julie (spécifiquement son horloge) est là aux deux événements. C'est-à-dire que, pour elle,

les événements ont lieu au même point dans l'espace. Beaucoup commirent l'erreur de mentionner que « les événements se produisent au repos » ou « les événements se produisent dans le même système de référence » - ce sont là des termes qui n'ont pas de signification réelle dans la relativité. Les réponses aux questions (b) et (c) furent généralement bonnes, mais pas toujours en utilisant les unités les plus évidentes 'années' et 'années lumière'. Ceux qui raisonnèrent en secondes et en mètres obtinrent le maximum de points mais il rendirent cette question difficile. Malheureusement, 99 % des réponses à la question (d) furent incorrectes, comme d'habitude. Presque tous les candidats expliquèrent que le signal provenant de P atteindrait Julie en premier, ce qui est hors de propos. La question porte sur le signal qui a été émis en premier dans le système de référence de Julie. Une autre erreur courante fut d'exprimer que l'observateur S était vu comme s'éloignant de la planète P par Julie. Pour Julie, S s'éloigne du signal venant de P. La question (e) fit l'objet d'assez bonnes réponses et beaucoup plus de candidats obtinrent des points en mentionnant la symétrie apparente et le vieillissement réduit paradoxal conséquent des deux jumeaux vu à partir du système opposé. Le manque de symétrie réel fut alors généralement exprimé correctement.

16. (a)(i) Dans n'importe quelle question avec des unités exprimées en termes de MeV, il y a une très grande possibilité de confusion. Cependant, un nombre raisonnable de candidats furent capables d'utiliser correctement l'équation énergie relativiste – quantité de mouvement ( $E^2 = (mc^2)^2 + p^2c^2$ ). L'erreur la plus courante fut d'essayer d'utiliser la valeur de 'c' dans le calcul au lieu de simplement se limiter aux valeurs données. Dans leurs réponses à la question (a) (ii), peu de candidats furent capables de déterminer gamma. La question (iii) était beaucoup plus facile. La question (b) nécessitait l'utilisation de la formule d'addition des vitesses relativistes. Un nombre non négligeable de candidats effectuèrent une soustraction des vitesses.

17. Les candidats exprimèrent généralement le principe d'équivalence, mais pas toujours dans des termes dépourvus d'ambiguïté. Dans la question (b), les deux situations furent souvent confondues. Les candidats étaient moins sûrs de la fréquence dans la situation de la chute libre et ils ne reconnurent généralement pas la cabine comme un système de référence inertiel. Beaucoup furent capables d'expliquer pourquoi la fréquence reçue par P était moins que  $f_0$ . La plupart furent capables de mentionner l'espace-temps 'flexible'. Un nombre plus petit de candidats firent appel à la géométrie ou au fait qu'elles correspondaient à l'orbite circulaire/elliptique d'une planète.

### Option I – Physique médicale

18. La définition de l'intensité acoustique fut généralement correcte dans les réponses à la question (a). Dans les réponses à la question (b)(i), une erreur courante fut d'utiliser la formule incorrecte pour la loi de l'inverse des carrés, mais, étant donné que c'était une question commençant par « montrez que », la plupart donnèrent une réponse proche de la réponse correcte. La question (ii) permit à presque tous les candidats d'obtenir facilement deux points.

19. (a) Une minorité décrivit bien le processus de la tomographie assistée par ordinateur. Les problèmes courants comprenaient un ordre incorrect des étapes impliquées, l'omission de la mention de rayons X et la confusion avec l'IRM. Les réponses à la question (b) furent

généralement correctes. Dans les réponses à la question (c), deux méthodes populaires furent utilisées et il y eut beaucoup de réponses correctes. Les erreurs comprenaient l'utilisation de 0,65 au lieu de 0,35 et des erreurs logarithmiques.

20. La question (a) permettait d'obtenir facilement un point, mais beaucoup de candidats ne furent pas spécifiques sur les valeurs associées à un milieu particulier. La question (b)(i) permettait aussi d'obtenir un point facilement mais le calcul de l'épaisseur du muscle dans la question (ii) fit l'objet de nombreuses erreurs. Beaucoup de candidats oublièrent de diviser par deux la différence de temps entre les impulsions réfléchies. Il fut souvent nécessaire d'attribuer des points pour erreur reportée. Les réponses à la question (c) furent généralement bonnes, mais un nombre non négligeable de candidats confondirent les avantages et les désavantages.

21. Dans leurs réponses à la question (b)(i), les candidats purent déterminer l'énergie absorbée mais ils ne savaient pas ce qu'il fallait faire ensuite. L'unité eV est souvent mal comprise. La période de temps de 5 jours fut souvent ignorée. Dans leurs réponses à la question (c)(i), beaucoup de candidats exprimèrent que l'isotope avec la demi-vie plus courte était préférable car il fournissait une dose plus petite, plus sûre. Ils passèrent à côté du fait qu'il s'agissait d'une technique thérapeutique et que la source finirait par être enlevée. Les candidats répondirent bien à la question (ii).

### Option J – Physique des particules

Très peu de candidats choisirent cette option.

\*22 Dans leurs réponses à la question (a)(i), beaucoup de candidats étaient conscients que le principe d'exclusion de Pauli ne s'appliquait qu'aux fermions et que les kaons étaient des bosons. Dans les réponses à la question (ii), la production de paires de quarks/anti-quarks avec une couleur/anti-couleur fut fréquemment mentionnée de même que l'impossibilité de production de quarks libres à cause du confinement des quarks/couleur. Dans leurs réponses à la question (b)(i), les candidats donnèrent généralement une raison valable pour laquelle le diagramme de Feynman était pour une interaction faible mais, pour la question (ii), très peu de candidats purent convertir la masse de la particule X en kg. La question (c) donna lieu à de bonnes réponses, bien que peu de candidats exprimèrent que l'étrangeté ne serait pas conservée – ce qui n'est hors de propos.

23. Les réponses à la question (a)(i) furent généralement bonnes mais dans les réponses à la question (ii), on rencontra de nombreuses erreurs dans l'utilisation de l'équation de l'énergie disponible. Les réponses correctes furent rares. Pour la question (iii), l'avantage le plus souvent donné était une plus grande énergie disponible dans le synchrotron et le désavantage le plus souvent donné était la perte d'énergie sous la forme de rayonnement du synchrotron. La question (b) demandait la description du fonctionnement de la chambre à fils. Très peu de candidats obtinrent le maximum de points. Parmi les omissions, on peut citer : ne pas mentionner de gaz, ne pas exprimer que les fils étaient à une haute différence de potentiel/chargés, ne pas expliquer ce que arrive aux ions produits et généralement ne pas mettre les réponses dans l'ordre correct.

24. Dans leurs réponses à la question (a), les candidats omettent souvent de mentionner que la diffusion impliquait des leptons à haute énergie. Les deux parties de la question (b) firent l'objet de réponses médiocres, mais il y eut quelques réponses qui mentionnèrent la conservation de la quantité de mouvement comme argument pour les gluons.

25. La question (a) est une question courante. L'erreur la plus fréquente fut d'utiliser un seul électron ou de raisonner en unités mélangées. Pour la question (b), beaucoup de candidats firent un bon effort pour expliquer pourquoi la formation de paires de particules-antiparticules devenait impossible à mesure que l'univers se refroidissait en se reportant à leur réponse précédente. Ils furent généralement capables d'expliquer l'annihilation continue de matière et d'antimatière. Ils étaient moins sûrs d'eux pour l'explication du déséquilibre initial ou subséquent.

## Recommandations et conseils pour la préparation des futurs candidats

Les thèmes des options permettent aux candidats d'aborder certains des domaines plus difficiles et intéressants de la physique. Il ne faut pas sous-estimer l'importance des principes fondamentaux du thème. Les définitions et les énoncés de lois sont parfois mal exprimés ou essentiellement devinés. En règle générale, les candidats ont tendance à réussir moins bien les parties descriptives des questions. Celles-ci sont souvent la cause de la différence entre une note médiocre et bonne. Lorsqu'on donne aux candidats des exercices à faire à domicile, il est utile de ne pas leur donner uniquement des questions numériques mais aussi beaucoup de questions à réponse approfondie qui sont notées rigoureusement.

Une méconnaissance courante est que les unités ne sont pas importantes – parce que l'unité incorrecte ou omise dans une réponse finale n'est généralement pas pénalisée. C'est là une supposition dangereuse parce que des erreurs d'unités, au sein du calcul, conduiront inévitablement à une valeur numérique incorrecte ou à une erreur de puissance de dix. Ces erreurs sont pénalisées. Un traitement rigoureux des unités est une partie fondamentale et essentielle de n'importe quel cours de physique, mais, à en juger par les réponses courantes des candidats, un grand nombre de ceux-ci ne manipulent pas bien les unités. On encourage les enseignants à donner des exercices impliquant la manipulation d'unités chaque fois que cela est possible et de veiller à ce que les unités occupent une place importante dans les exemples raisonnés fournis.

Les épreuves antérieures fournissent l'occasion d'exercices essentiels avec le type de questions que les candidats rencontreront. En donnant aux candidats des réponses modèles (de même que des barèmes de notation antérieurs), on leur permet de comprendre le niveau de réponse qu'on attend d'eux. Celles-ci sont souvent fournies dans les manuels de physique de l'IB. Dans de nombreux centres, des réponses modèles à des exercices à domicile sont également fournies régulièrement. Il convient aussi d'encourager de souligner les expressions essentielles dans une question car il arrive si souvent qu'une instruction ou une information soit ignorée. La note pour une question, indiquée dans la marge de l'épreuve, est un indicateur utile du niveau de détail requis dans une réponse.

Tous les candidats devraient recevoir le guide pédagogique de physique complet et le recueil de données de l'IB. Ces deux ouvrages sont des outils d'apprentissage essentiels et très

utiles comme listes de contrôle pour la révision. Le guide pédagogique et le recueil de données peuvent être fournis sous forme annotée par l'enseignant, avec des références aux pages du manuel, des adresses de sites Web et des références à des questions d'épreuves antérieures. Bien que cela prenne du temps, c'est très facile à faire étant donné que ces deux documents sont sous forme numérique. S'ils ne peuvent pas être fournis sous cette forme au début du cours, les annotations peuvent alors être ajoutées par les candidats à mesure que le cours progresse.

On conseille aux enseignants d'avoir des sessions, pendant la révision, pour expliquer l'utilisation de chaque équation et de tous les éléments de données dans le recueil de données. Dans les documents G2, les centres se plaignent parfois que les questions testent des informations qui ne sont pas dans le guide pédagogique. Il est important de se rappeler que le guide pédagogique fournit un cadre, une liste de buts et d'objectifs et des énoncés d'évaluation ; il n'est pas supposé être une liste définitive de faits. Il existe plusieurs manuels excellents du BI qui interprètent les divers objectifs. Les programmes de travail du département de physique utiliseront généralement beaucoup de sources d'information en ligne supplémentaires. Le centre pédagogique en ligne du BI, Wikipedia, Hyperphysics, CERN, NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, phys.unsw.edu.au, etc, fournissent toute une panoplie d'informations pertinentes et captivantes. Les enseignants peuvent organiser ces sources en une ressource d'apprentissage très utile, pour compléter les manuels, dans l'enseignement de chacune des options (et du tronc commun).

## Épreuve trois du niveau moyen

### Seuils d'attribution des notes par composante

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 – 5	6 - 11	12 - 17	18 – 21	22 - 24	25 - 28	29 - 40

### Commentaires généraux

Les points attribués couvrirent presque la totalité de la gamme de points ; la grande majorité des candidats semblèrent avoir eu suffisamment de temps pour répondre complètement à toutes les questions. Certains des commentaires des enseignants faits sur les formulaires G2 sont résumés ci-après. Ces commentaires sont appréciés par les personnes formulant les questions.

### Commentaires G2 pour le niveau moyen

136 sur 144 centres ayant répondu trouvèrent le niveau de difficulté approprié. 101 centres estimèrent que l'épreuve était du même niveau que l'année dernière. 20 centres la trouvèrent plus difficile. 16 centres l'estimèrent plus facile que l'année dernière. 127 centres pensaient que la clarté de la formulation des questions était satisfaisante à excellente. 1 centre estimait

que la présentation de l'épreuve était médiocre, principalement à cause du numérotage consécutif des questions. 127 centres pensaient que la présentation était satisfaisante à excellente.

Les options A (vue et phénomènes ondulatoires), E (astrophysique), B (physique quantique) et G (ondes électromagnétiques) continuent d'être les plus populaires, tandis que les options C (technologie numérique), D (relativité et physique des particules) et F (communications) sont choisies par beaucoup moins de candidats.

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

Ces difficultés sont uniques au NM.

- Mélange des couleurs
- Discussion de la polarisation par réflexion
- Application de l'effet Doppler
- Manipulation algébrique de la constante de désintégration et de la demi-vie.
- Détermination de la longueur d'onde de De Broglie
- Discussion des spectres de raies atomiques
- Calculs de CCD

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

Les meilleurs candidats ont complètement couvert le programme, ils font preuve d'une bonne compréhension, ils peuvent manipuler les équations, présenter tout le raisonnement d'une manière méthodique et expliquer les concepts avec clarté. Les candidats les plus faibles ne lisent souvent pas entièrement la question, ils ont une connaissance médiocre des concepts, ils manquent de concision et de clarté dans leurs réponses, ils ne montrent pas tout le raisonnement ou ils utilisent l'équation incorrecte. Il est clair que beaucoup de candidats ont étudié des épreuves antérieures et sont capables de faire preuve d'une bonne connaissance des parties du programme testées régulièrement. Les candidats réussissent souvent mieux à répondre aux questions de calcul qu'aux questions exigeant le rappel de lois, de définitions, d'expériences et de concepts. Il est possible que les candidats plus faibles obtiennent la totalité de leurs points avec des calculs, ce qui indique peut-être que c'est souvent le type de question auquel ils ont été le mieux préparés. Les options A, B, E, et G au NM et E, G, I et H au NS sont très populaires et la plupart des candidats font un bon effort pour aborder ces questions.

Améliorations remarquées uniques au NM

- Description de l'effet Doppler
- Application du critère de Rayleigh
- Calculs de niveau d'énergie atomique

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

Ces commentaires sont applicables aux questions uniques au NM. Pour les questions communes, voir la section pour le NS.

### Option A – Vue et phénomènes ondulatoires

1. Les questions (a) et (b)(i) permirent aux élèves d'obtenir facilement des points, mais beaucoup traitèrent les couleurs comme des pigments. La question (b)(ii) fit l'objet d'assez bonnes réponses avec un petit nombre de candidats mentionnant des bâtonnets au lieu de cônes.

2. Les candidats répondirent généralement correctement à la question (a) mais il convient de souligner que c'est la fréquence perçue qui change. Il y eut beaucoup de réponses correctes à la question (b)(i) mais les candidats utilisèrent parfois l'équation Doppler incorrecte ou choisirent une convention de signes incorrecte. Après avoir trouvé la fréquence minimum (dans la position B), la grande majorité exprima alors, en réponse à la question (b)(ii), que la fréquence diminuait de B à C. C'est là une question qui doit être discutée en classe de manière approfondie avec les candidats futurs.

3. On a remarqué une amélioration dans les réponses à la question (a). Pour la question (b), très peu osèrent d'utiliser le facteur de 1,22 et les candidats obtinrent souvent le maximum de points pour les deux calculs. Dans leurs réponses à la question (c), la plupart des candidats étaient conscients que le rayon de la pupille était plus petit et que l'angle sous-tendu devenait plus grand, mais certains mentionnèrent alors à tort que la distance entre les tours devenait plus grande. Dans l'ensemble, les réponses à cette question furent bonnes. (d) fit l'objet de réponses médiocres, beaucoup de candidats étant incapables d'exprimer clairement que la lumière réfléchi par la mer serait partiellement polarisée horizontalement. Certains mentionnèrent simplement l'aspect sombre de la lentille des lunettes de soleil.

### Option B – Physique quantique et physique nucléaire

4. L'hypothèse de De Broglie fut parfois exprimée de façon médiocre et les symboles ne furent parfois pas définis. Dans les réponses à la question (b)(i), l'énergie cinétique était généralement correcte mais il y eut bien plus de réponses incorrectes à la question (ii) à cause d'erreurs algébriques et arithmétiques. Une erreur courante fut de traiter la longueur d'onde de De Broglie comme une onde électromagnétique.



5. Pour la question (a), la séquence logique est : spectres de raies  $\Rightarrow$  énergie photon discrète  $\Rightarrow$  transitions d'électrons discrètes  $\Rightarrow$  niveau d'énergie d'électrons discrète. Cependant, très peu furent capable de mettre leurs réponses dans l'ordre correct ci-dessus. Malgré cela, il y eut beaucoup de réponses raisonnables. La question (b)(i) donna lieu à beaucoup de réponses correctes, mais il y eut quelques réponses dans lesquelles les candidats utilisèrent à tort la formule de De Broglie. Les réponses à la question (ii) furent médiocres car peu de candidats purent expliquer qu'un photon de 12,5 eV ne correspondait à aucune des énergies de transition possibles.

6. La question (a) permettait d'obtenir facilement un point. Pour la question (b), environ la moitié des candidats purent déduire le rapport entre demi-vie et constante de désintégration mais beaucoup furent complètement perdus. Le calcul de la demi-vie en (c) fut généralement bien fait, mais une erreur courante était d'utiliser 0,64 comme la fraction restant.

### Option C - Technologie numérique

7. Les réponses aux questions (a) et (b)(i) furent généralement bonnes. La question (b)(ii) donna lieu à très peu de réponses complètement correctes avec relativement peu de candidats obtenant des points pour leur raisonnement. La plupart ne réalisèrent pas qu'il fallait trouver le nombre d'électrons. Beaucoup ne semblent pas commencer en résumant les données et les équations qui pourraient être nécessaires (par exemple  $E = hf$ ,  $Q = CV$ ) ou en dessinant une esquisse rapide pour les aider à 'visualiser' la question.

Les questions à partir de la question 8 et les questions suivantes faisaient aussi partie de l'épreuve 3 du NS. Elles sont marquées avec un astérisque (\*) dans cette section.

### Recommandations et conseils pour la préparation des futurs candidats

Voir la NS