

Rapports pédagogiques de mai 2015

Physique – Fuseau horaire 2

Pour préserver l'intégrité des examens, des variantes des épreuves d'examen suivant les fuseaux horaires sont de plus en plus utilisées. En utilisant des variantes de la même épreuve d'examen, les candidats d'une région du monde ne répondent pas toujours à la même épreuve que ceux d'une autre région. Un processus rigoureux est mis en œuvre pour garantir que la difficulté des épreuves et l'ampleur du programme traité sont comparables, et des mesures sont prises pour garantir aussi que les mêmes normes de notation sont appliqués aux copies des candidats pour les diverses versions de l'épreuve d'examen. Pour la session d'examens de mai 2015, l'IB a produit des variantes adaptées aux divers fuseaux horaires pour les épreuves 1, 2 et 3 de Physique du NS et du NM.

Seuil d'attribution des notes finales par matière

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 17	18 – 32	33 – 44	45 – 53	54 – 63	64 – 72	73 – 100

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 16	17 – 30	31 – 42	43 – 52	53 – 61	62 – 71	72 – 100

Évaluation interne – Niveau supérieur et niveau moyen

Seuils d'attribution des notes finales par composante

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

Variété et pertinence du travail présenté

La portée et la gamme des travaux pratiques sont impressionnantes. La plupart des centres ont un programme complet de travaux pratiques, et les enseignants évaluent des recherches appropriées au niveau des établissements secondaires. La qualité du travail de la plupart des candidats était bonne, et même les candidats provenant d'établissements où les élèves sont faibles sur le plan scolaire ont néanmoins fait preuve d'enthousiasme et de détermination avec leurs recherches. La majorité des candidats ont utilisé un traitement de texte pour préparer leurs rapports et des programmes de création de graphiques pour dessiner leurs graphiques. Une bonne utilisation des TIC a été faite dans diverses recherches. Dans l'ensemble, la majorité des établissements effectuent un excellent travail en ce qui a trait à la mise en œuvre d'un programme de travaux pratiques.

Réussite des candidats par rapport à chaque critère

Conception (C)

La plupart des questions incitatives des enseignants étaient conformes pour la conception d'une recherche appropriée. Il y a eu de nombreux exemples de questions incitatives éprouvées, comme les recherches sur la poutre en porte-à-faux et sur le rebond d'une balle. Il y a également eu des recherches réellement nouvelles pour lesquelles la question incitative de l'enseignant était non directive, comme « faites une recherche qui vous intéresse ». Nous n'avons observé des lacunes que dans quelques cas où les candidats ont été incapables de quantifier les grandeurs, comme le rebond d'une balle sur différentes surfaces (où ils ont utilisé un histogramme au lieu d'un graphique linéaire), ou lorsque l'enseignant a évalué le critère Conception pour une recherche bien établie, comme la loi de Boyle ou la vitesse du son en utilisant un tube résonnant rempli d'eau.

Recueil et traitement des données (RTD)

Comme on s'y attendait, les candidats ont souvent obtenu un grand nombre de points pour le critère RTD. Les données brutes avaient toujours une incertitude, même si ce n'était pas une autre valeur que la valeur minimum et les candidats devraient facilement répondre aux attentes.

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. Lors de l'évaluation du critère RTD, on attend des candidats qu'ils aient produit des graphiques. Les graphiques permettent la détection de valeurs aberrantes et d'erreurs systématiques dans la courbe de tendance des données. Dans certains cas où des graphiques auraient été pertinents, les candidats se sont bornés à faire des calculs. Quelques graphiques ont été présentés sans barres d'erreur et sans détermination de l'incertitude de la pente. Encore une fois, les candidats peuvent les produire aisément s'ils réalisent qu'on attend d'eux qu'ils apprécient les incertitudes. Des exemples comme ceux-ci ne peuvent pas obtenir le niveau « complètement » pour l'aspect 3 du critère RTD. Les graphiques de dispersion devraient présenter des droites de meilleur ajustement (linéaires ou courbes) et non des lignes de point à point. Enfin, il y a eu quelques cas où des graphiques de dispersion décrivaient clairement des courbes, mais où les candidats ont présenté une droite linéaire. Les enseignants devraient encourager les candidats à éviter cette façon de faire.

Conclusion et évaluation (CÉ)

Ce critère continue d'être le plus difficile pour les candidats. Pour l'aspect 1 du critère CÉ, les candidats doivent aller au-delà des données indiquées de façon à fournir une justification fondée 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 (éventuellement une hypothèse). Si les candidats effectuent des travaux pratiques de physique standard et bien établis en laboratoire et qu'on évalue le critère CÉ, il est alors peu probable qu'ils puissent réellement trouver des lacunes ou apporter des améliorations. C'est aussi quand les candidats ont conçu et effectué eux-mêmes les recherches qu'il est le plus facile d'évaluer le critère CÉ.

Recommandations pour l'enseignement des candidats futurs

La session d'examen de novembre 2015 sera la dernière session recourant aux critères d'évaluation interne (ÉI) actuels. La session d'examen de mai 2016 comprendra de nouveaux critères d'évaluation interne et de nouvelles attentes. Les connaissances actuelles des candidats sur la conception, le recueil et l'analyse des données, la création de graphiques et la propagation des erreurs, et la conclusion et l'évaluation seront très utiles avec la nouvelle ÉI. Il est recommandé que, tout au long du cours, l'enseignant enrichisse l'expérience des candidats en suggérant d'autres pistes de recherche pour l'une ou l'autre recherche en classe. De cette façon, il peut encourager les candidats à réfléchir à leur propre évaluation interne. Il est aussi recommandé aux enseignants de clarifier et de faire respecter la notion d'intégrité intellectuelle. Le projet du groupe 4 sera aussi approprié pour enseigner les compétences de recherche.

Autres commentaires

Le système d'ÉI actuel est devenu trop familier aux enseignants, et beaucoup d'entre eux vont au plus vite avec seulement deux recherches qui évaluent chaque critère. Il est temps d'aborder

l'ÉI de façon nouvelle : en mai 2016, nous utiliserons de nouveaux critères. Les enseignants et les candidats doivent de se préparer bien à l'avance pour les attentes et les exigences de la nouvelle ÉI.

Il y a eu quelques cas alarmants dans lesquels les candidats n'ont obtenu aucun point pour les trois critères de l'ÉI. Même dans ces cas, les enseignants doivent présenter les travaux qui ont obtenu des zéros. Il y a eu un cas où un enseignant avait attribué zéro pour le critère Conception, mais où cette note a été révisée à la hausse.

Épreuve 1 – Niveaux supérieur et moyen

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

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

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 7	8 – 10	11 – 14	15 – 17	18 – 19	20 – 22	23 – 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 **ensemble** une évaluation valable du programme entier, aussi bien sur le plan du contenu que des compétences. Les compétences spécifiques qui doivent être encouragées chez les candidats afin qu'ils puissent répondre aux questions à choix multiples sont décrites dans la section finale de ce rapport.

Un nombre satisfaisant de centres ont envoyé des formulaires G2 pour cette session. Pour le NM, nous avons reçu 112 réponses sur 844 centres, alors que pour le NS, nous avons reçu 168 réponses sur 812 centres. Nous tenons à remercier ceux qui ont pris la peine de fournir des commentaires sur les formulaires G2 et nous aimerions encourager tous les centres à apporter leur contribution. Les commentaires fournis par les enseignants sont examinés avec soin et ils aident à établir des seuils d'attribution des notes réalistes et justes compte tenu de la nature de l'épreuve.

Les réponses obtenues ont indiqué que les épreuves de mai 2015 ont généralement été bien reçues, un grand nombre des formulaires G2 reçus contenant des commentaires favorables.

Parmi les commentaires défavorables, il y avait le manque de temps et le fait que de nombreuses questions étaient des « questions-pièges ». Nous en reparlerons dans les derniers paragraphes de ce rapport. Les statistiques ont montré que 48 % des répondants pensaient que l'épreuve du NS présentait un niveau de difficulté similaire à celui de l'année dernière, alors que 36 % ont jugé que l'épreuve était un peu plus difficile. Pour ce qui est de l'épreuve du NM, 60 % des répondants ont estimé qu'elle était d'un niveau similaire à celui de l'année dernière, le reste d'entre eux ayant jugé l'épreuve soit « un petit peu plus difficile », soit « un petit peu plus facile ». La note moyenne fut très similaire à celle de l'année dernière à la fois pour le NM et pour le NS (22,3 au NS au lieu de 22,8 ; 15,9 au NM au lieu de 15,6).

À quelques exceptions près, les enseignants étaient d'avis que la présentation des épreuves et la clarté de la formulation des questions étaient soit satisfaisantes, soit bonnes.

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-après. 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 forts 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

Nombre de candidats : 6 737

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	557	472	4 830	839	39	71,69	0,37
2	5 182	1 048	315	180	12	76,92	0,28
3	4 699	1 386	331	314	7	69,75	0,44
4	350	420	4 928	1 013	26	73,15	0,42
5	48	6 324	267	94	4	93,87	0,14
6	239	1 058	873	4 526	41	67,18	0,37
7	180	396	5 185	968	8	76,96	0,25

8	3 441	1 684	841	722	49	51,08	0,25
9	409	1 232	4 628	455	13	68,70	0,47
10	386	167	1 349	4 822	13	71,57	0,21
11	4 850	753	863	265	6	71,99	0,44
12	1 180	4 940	432	167	18	73,33	0,13
13	1 180	3 494	1 319	712	32	51,86	0,49
14	838	5 507	184	188	20	81,74	0,36
15	787	1 024	2 032	2 871	23	42,62	0,49
16	784	931	1 575	3 442	5	51,09	0,60
17	576	1 822	2 739	1 568	32	40,66	0,54
18	3 033	1 216	2 130	325	33	76,64	0,11
19	623	2 847	2 003	1 219	45	42,26	0,37
20	2 434	2 834	785	650	34	36,13	0,20
21	607	1 377	1 539	3 191	23	47,37	0,48
22	2 553	505	3 233	401	45	47,99	0,38
23	1 028	4 222	1 062	414	11	62,67	0,51
24	491	1 816	642	3 755	33	26,96	0,26
25	2 925	2 298	816	681	17	43,42	0,32
26	965	1 936	3 576	232	28	53,08	0,41
27	471	5 054	525	660	27	75,02	0,39
28	1 940	1 088	2 166	1 512	31	32,15	0,26
29	2 524	2 487	645	1 022	59	36,92	0,53
30	2 163	1 099	683	2 736	56	40,61	0,51
31	1 196	3 124	1 409	919	89	46,37	0,41
32	860	578	3 880	1 382	37	57,59	0,37
33	3 826	2 548	124	216	23	56,79	0,28
34	2 928	1 145	1 026	1 584	54	43,46	0,53
35	508	748	2 245	3 202	34	33,32	0,26
36	1 735	2 417	2 437	75	73	35,88	0,23
37	537	453	142	5 569	36	82,66	0,23
38	289	698	1 625	4 090	35	60,71	0,28
39	1 733	2 354	1 219	1 304	127	25,72	0,36
40	4 355	708	920	649	105	64,64	0,46

Analyse des questions de l'épreuve un du niveau moyen

Nombre de candidats : 5 088

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	226	1 912	890	2 053	7	40,35	0,56
2	1 608	389	3 021	59	11	59,38	0,50
3	3 437	1 096	207	340	8	67,55	0,36
4	2 697	1 501	400	480	10	53,01	0,50
5	559	2 303	1 657	555	14	45,26	0,41
6	215	4 437	207	223	6	4,38	0,00
7	99	4 408	395	173	13	86,64	0,28
8	519	174	4 273	119	3	83,98	0,27
9	1 834	947	2 200	96	11	36,05	0,57
10	254	922	741	3 149	22	61,89	0,36
11	227	549	3 383	917	12	66,49	0,44
12	2 879	964	831	408	6	56,58	0,56
13	1 067	2 844	769	392	16	55,90	0,51
14	1 658	1 011	462	1 944	13	32,59	0,47
15	2 316	1 266	1 109	386	11	45,52	0,54
16	1 268	283	3 094	431	12	60,81	0,36
17	1 054	903	1 340	1 782	9	35,02	0,63
18	955	812	1 922	1 375	24	15,96	0,05
19	853	1 163	590	2 469	13	48,53	0,59
20	526	1 026	1 658	1 864	14	36,64	0,42
21	2 180	741	1 537	605	25	30,21	0,26
22	116	408	4 344	213	7	85,38	0,30
23	543	3 359	480	667	39	66,02	0,47
24	269	204	4 477	126	12	87,99	0,21
25	2 637	2 072	111	247	21	51,83	0,35
26	637	3 688	277	472	14	72,48	0,35
27	1 626	1 064	983	1 376	39	31,96	0,48
28	506	688	1 742	2 132	20	34,24	0,33
29	1 330	3 419	182	139	18	67,20	0,50
30	540	408	323	3 791	26	74,51	0,32

Commentaires sur cette analyse

Difficulté

L'indice de difficulté varie d'environ 25 % pour le NS et de 4 % pour le NM (questions relativement « difficiles ») à environ 93 % pour le NS et à 87 % pour le NM (questions relativement « faciles »). Les épreuves ont produit un étalement adéquat des notes tout en permettant à tous les candidats d'obtenir des points. La question à indice de difficulté de 4 % (question 6) était inhabituelle : 28 des 30 questions du NM avaient des indices de difficulté de plus de 30 %.

Discrimination

Toutes les questions, à part la question 6 du NM, avaient une valeur positive pour l'indice de discrimination. Idéalement, l'indice devrait être supérieur à environ 0,2. Cela a été le cas pour toutes les questions sauf deux dans chacune des épreuves. 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 (ou très bas).

Réponse « blanche »

Dans les deux épreuves, il y a eu un certain nombre de réponses blanches dans tout le test avec une légère augmentation vers la fin. Cela peut indiquer que certains candidats n'ont pas eu suffisamment de temps pour terminer leurs réponses, alors que d'autres ont simplement laissé de côté 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 convient d'essayer de deviner la réponse au juger. En général, les candidats devraient être capables d'éliminer certains des « distracteurs », 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 devraient alors avoir 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 de retour d'information lorsqu'on examine une question spécifique. Nous ne ferons donc des commentaires que sur certaines questions sélectionnées, c'est-à-dire sur celles qui illustrent un aspect particulier ou sur celles qui ont fait l'objet de commentaires sur les formulaires G2.

Questions communes au niveau supérieur et au niveau moyen

Q10 au NM et Q6 au NS

Si les candidats comprennent ce qu'est la chaleur massique en termes de « réticence à changer de température », alors D est la seule réponse possible. Les candidats ne devraient pas avoir besoin de faire de manipulation algébrique.

Q21 au NM et Q22 au NS

Les candidats savaient que la bonne réponse était soit A, soit C, mais ils n'ont clairement pas été capables d'utiliser leur main gauche correctement. Si les directions sont difficiles, ils peuvent alors toujours changer l'orientation du papier. C'était une question facile et il a été surprenant de voir tant de candidats choisir la réponse incorrecte A.

Q25 au NM et Q33 au NS

Les candidats doivent avoir une connaissance de la production d'énergie dans le monde entier. Quelques enseignants ont fait le commentaire que cette question était injuste, mais il est clair qu'elle se rapporte aux besoins en énergie du monde, et non à ceux d'un pays en particulier.

Q28 au NM et Q35 au NS

Beaucoup de candidats ont pensé que la mer était plus réfléchissante que le désert. Sa couleur est bleu profond et son albédo est environ 0,1 par rapport à l'albédo de 0,4 du désert.

Questions du niveau supérieur

Q10

Le liquide change de sens et B est donc impossible. On nous dit qu'il oscille ; la réponse A doit donc être incorrecte. La différence entre C et D est que D est amorti. Quiconque a vu un liquide oscillant dans un tube saura qu'il est amorti. Il n'est pas nécessaire de mentionner que la situation est « sans frottement ». Cette question n'a pas dérouté beaucoup de candidats, mais quelques enseignants ont pensé que C était une possibilité. Il convient de souligner que c'est la meilleure réponse qu'on demande.

Q12

La réflexion des ondes à des limites fait clairement partie du programme, malgré le point de vue de certains répondants sur les formulaires G2. Les statistiques montrent que les candidats n'ont pas éprouvé de difficulté à choisir la réponse correcte.

Q15

Beaucoup de candidats ont choisi C, vraisemblablement parce qu'ils ne savaient pas que la lumière violette a une longueur d'onde plus courte que celle de la lumière rouge. Les candidats devraient avoir des connaissances comparatives des longueurs d'onde électromagnétiques.

Q17

Les examinateurs observent couramment que les candidats n'ont pas de connaissances intuitives de l'électricité des circuits. C'était un exemple typique. Lorsque le curseur est à P₁, le voltmètre mesure alors le potentiel sur un fil conducteur, clairement zéro. On aurait donc pensé que les options A et C seraient les réponses courantes, mais environ la moitié des candidats ont choisi B ou D. Lorsque le curseur est à P₂, sa lecture doit alors être moins que 6 V, car une partie du potentiel tombera de part et d'autre de chaque résistance.

C'est toujours une erreur d'enseigner aux candidats que $V = IR$ avant qu'ils n'aient une compréhension conceptuelle fiable de ce que V et I représentent. Cette question est un exemple du type de question qu'ils devraient être capables de résoudre avant de pouvoir faire des calculs de circuits quelconques.

Q18

Certains enseignants ont indiqué que le sens d'un courant positif n'était pas défini dans la prémisse et, de ce fait, les options A et C étaient toutes les deux des réponses correctes possibles. Les deux ont été acceptées. Cependant, les examinateurs ont soupçonné que ceux qui ont choisi C n'avaient pas appris de procédé mnémorique associé à la loi de Lenz, tout comme ils ne savaient pas comment utiliser leur main gauche dans la question 22.

Q20

L'intensité du champ électrique diminue avec la distance d'une charge selon une règle de l'inverse des carrés. Le rapport des distances du point requis par rapport à P et à Q devrait donc être $\sqrt{2}$. Cela n'est clairement pas le cas pour l'option B, la réponse la plus populaire.

Q24

Les candidats ont fréquemment confondu l'intensité du champ en un point avec le potentiel en ce point. Ces deux concepts doivent être présentés et renforcés avec soin. Cette question porte sur le potentiel, c'est-à-dire sur le travail effectué par unité de masse de l'infini à P. Ce n'est clairement pas zéro (même si la force sur un objet placé là serait nulle). Pourtant, plus de 50 % des candidats ont choisi l'option D.

Les candidats ne se sont-ils jamais tenus debout sur une haute montagne (où le potentiel est élevé), mais sur un sol horizontal (où il n'y a pas de force les tirant vers le bas) ?

Q25

Étant donné que les charges produisent des équipotentiels de manière analogue aux masses, si I est correct, II doit aussi être correct. Cela laisse les options A et D comme les deux seules réponses possibles. Comme les équipotentiels sont symétriques par rapport aux deux sources, la réponse doit être A.

Q28

Les statistiques montrent que cette question a causé beaucoup de confusion chez les candidats. Les examinateurs ont aussi remarqué de la confusion en présence de questions similaires dans l'épreuve 2.

Ici, la source émet le même nombre de photons par seconde, mais avec la lumière changeant de rouge à bleu. (Cela signifie que l'intensité de la lumière a augmenté, car l'intensité se rapporte à la puissance de la lumière, et chaque photon « bleu » portait plus d'énergie qu'un « rouge ».)

Comme on l'a observé en référence à la question 15, les candidats doivent savoir que la lumière bleue a une longueur d'onde plus courte et une fréquence plus haute que la lumière rouge, et donc que chaque photon porte plus d'énergie. Les photoélectrons auront donc plus d'énergie cinétique, et la tension d'arrêt sera plus grande. La bonne réponse est donc soit A, soit C. Toutefois, comme il y a le même nombre de photons incidents par seconde, il y aura le même nombre de photoélectrons par seconde à la saturation. Par conséquent, la bonne réponse est C.

Q31

Les candidats doivent avoir des connaissances sur le spectromètre de masse. Les particules pénétrant dans un spectromètre de masse ont toutes une vitesse constante (après être passées à travers des champs croisés qui choisissent un vecteur vitesse approprié). Par conséquent, la seule réponse possible est B. Il semblerait que beaucoup de candidats ont confondu le spectromètre de masse avec le cyclotron.

Q36

Les options B et C ont toutes deux été choisies par à peu près le même nombre de candidats. Les graphiques montrent que les deux corps ont leur intensité maximum à la même longueur d'onde. La loi de Wien établit un rapport entre ce λ_{\max} et la température. Par conséquent, ces deux corps ont la même température. Étant donné que X et Y ont tous deux la même aire de surface, la crête plus haute pour X ne peut que signifier que X a une plus grande émissivité.

Questions du niveau moyen

Q6

Cette question a donné lieu à des statistiques assez bizarres. Les diagrammes de Sankey montrent des transformations d'énergie à chaque emplacement dans le travail d'une machine. Il faut donc les lire soigneusement sans tirer de conclusions hâtives. Il y avait ici deux sources de « perte » d'énergie : dans la poulie et dans le moteur. La question demandait quel était le rendement du moteur. Le diagramme montre que 75 % de l'énergie électrique fournie au moteur travaille sur l'environnement. La réponse D doit donc être celle qui est correcte.

Le problème réside peut-être dans le fait que les diagrammes de Sankey ne sont pas enseignés explicitement et que la plupart des enseignants et des candidats supposent qu'ils sont évidents.

Q9

L'énergie interne se rapporte à la fois à l'énergie potentielle des molécules (qui augmente avec un changement d'état) et à l'énergie cinétique des particules (qui augmente avec la température). Par conséquent, la réponse correcte est A.

L'option la plus populaire a été C, indiquant peut-être que les candidats sont peu familiers avec le concept d'énergie interne, le confondant avec la température.

Q14

L'option D a été la plus populaire. Cette situation est analogue au flux de la circulation, à l'écoulement de l'eau dans les rivières de même qu'à l'électricité. Dans tous les cas, la fréquence des « éléments » passant par seconde ne change pas bien que la vitesse change. La bonne réponse doit donc être A.

Q15

Il était rassurant de constater que l'option A, la bonne réponse, a aussi été l'option la plus populaire. Cette question s'est avérée être un très discriminateur, les meilleurs candidats reconnaissant que les deux impulsions ne pouvaient jamais se combiner comme en B.

Q18

Les candidats doivent lire soigneusement la question et ne pas choisir hâtivement le graphique ayant l'aspect le plus familier. La réponse la plus courante a été C, comme si le circuit était établi pour vérifier la loi d'Ohm, mais la question indiquait clairement que R était variable.

Q19

Certains enseignants n'ont pas apprécié l'utilisation de 10 Nkg^{-1} , mais cela n'a pas porté à confusion pour les candidats, qui ont choisi pour la plupart la réponse correcte qui était D.

Q24

La confusion concernant la définition de la demi-vie est toujours évidente dans l'épreuve 2. La meilleure stratégie consiste à la définir en fonction de l'activité de l'échantillon. Cependant, si les candidats désirent parler de ce qui se produit à l'échelle atomique, ils doivent alors spécifier (comme le fait cette question) que l'échantillon est un échantillon radioactif pur. (Normalement, les échantillons radioactifs ne sont pas purs.) Il était rassurant de constater que presque 90 % des candidats ont répondu correctement à cette question. Les résultats obtenus par le passé dans l'épreuve 2 n'ont pas été tout à fait aussi bons.

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. Il ne faut jamais les considérer comme des exercices supplémentaires à faire, une épreuve à la fois, uniquement pour la session d'examen finale.

Les questions à choix multiples testent une compétence différente que les questions structurées. Dans l'épreuve 2, il est attendu des candidats qu'ils présentent leurs connaissances de façon logique et communicative. Toutefois, les questions à choix multiples testent la capacité de raisonnement rapide (sans calculatrice), de discernement et de résolution de problèmes.

Les enseignants émettent fréquemment des commentaires sur les « questions-pièges » injustes, mais le monde physique pose des pièges et amène parfois les scientifiques à tirer des conclusions fausses. De façon à ne pas tomber dans les « pièges », les candidats doivent lire la question très attentivement afin de visualiser la situation. Les questions sont élaborées avec soin de façon à communiquer le problème sans ambiguïté et en utilisant le moins de mots possible ; les mots sont à la fois nécessaires et suffisants. Après avoir fait leur choix, les candidats devraient prendre l'habitude de vérifier qu'ils ont en fait bien répondu à la question. Ce n'est qu'après cela qu'ils doivent passer à la question suivante. Il est évident que beaucoup de candidats ne vérifient pas leur réponse une fois qu'ils ont fait leur choix.

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 l'épreuve 2. Parmi les stratégies menant au choix des bonnes réponses pour les questions à choix multiples, on peut citer les suivantes.

- L'élimination des réponses qui sont clairement incorrectes.
- La prise en 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 permettent souvent de mener 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 ayant des compétences linguistiques limitées.
- Faire la distinction entre les fonctions cos et sin : imaginer mentalement l'angle 90° montrera laquelle est correcte.
- Utiliser une proportion : nouvelle grandeur = ancienne grandeur \times une fraction, cette fraction étant tributaire 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 à esquisser leurs réponses aux problèmes avant de se lancer dans des calculs. Il semblerait que ce ne soit pas là une compétence que possèdent beaucoup de candidats, comme le montrent aussi les épreuves écrites et les mémoires.

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 aussi courtes que 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 de physique* courant 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 non 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

constituent peut-être la meilleure façon d'apprendre et de tester les définitions (qui sont généralement exprimées de façon insatisfaisante 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 de physique*. Les connaissances courantes que la plupart des personnes possèdent sur certains domaines du guide pédagogique ne sont pas toujours suffisantes pour répondre aux questions, qui ne sont pas banales.

Épreuve 2 – Niveaux supérieur et moyen

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 13	14 – 26	27 – 35	36 – 44	45 – 52	53 – 61	62 – 95

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 6	7 – 12	13 – 17	18 – 22	23 – 27	28 – 32	33 – 50

Commentaires généraux

Au NS, seulement 192 centres sur 812 ont fourni des commentaires sur les formulaires G2 pour cette session. Ces commentaires sont très utiles pour la conception des épreuves d'examen futures et nous encourageons les enseignants à fournir des commentaires en temps opportun par l'intermédiaire de leur coordinateur de l'IB. D'une façon générale, les centres étaient satisfaits de la couverture du programme ; 88 % d'entre eux ont estimé que l'épreuve était d'une difficulté appropriée, 11 % l'ont trouvée trop difficile et le 1 % restant l'a trouvée trop facile. En comparaison avec l'année dernière, 59 % des centres ont pensé qu'elle était d'un niveau de difficulté similaire, 30 % ont estimé qu'elle était un peu plus difficile et 8 % l'ont trouvée un peu plus facile. Par ailleurs, 80 % des centres ont estimé que la clarté de la formulation était bonne à excellente, 16 % l'ont trouvée acceptable et 4 % l'ont jugée médiocre ou très médiocre. Enfin, 89 % des centres ont estimé que la présentation de l'épreuve était bonne à excellente, 10 % l'ont trouvée acceptable et 1 % l'ont jugée médiocre.

Au NM, seulement 130 centres sur 844 ont fourni des commentaires sur les formulaires G2 pour cette session. D'une façon générale, les centres étaient satisfaits de la couverture du programme ; 93 % d'entre eux ont estimé que l'épreuve était d'une difficulté appropriée, 11 % l'ont trouvée trop difficile et le 7 % restant l'a trouvée trop facile. En comparaison avec l'année dernière, 62 % des centres ont pensé qu'elle était d'un niveau de difficulté similaire, 20 % ont estimé qu'elle était un peu plus difficile et 15 % l'ont trouvée un peu plus facile. Par ailleurs, 85 % des centres ont estimé que la clarté de la formulation était bonne à excellente, 14 % l'ont

trouvée acceptable et 1 % l'ont jugée médiocre ou très médiocre. Enfin, 94 % des centres ont estimé que la présentation de l'épreuve était bonne à excellente, 6 % l'ont trouvée acceptable et 1 % l'ont jugée médiocre.

Cette épreuve a révélé que les meilleurs candidats avaient une compréhension complexe du monde physique et étaient capables d'appliquer leurs connaissances de physique à la résolution de problèmes.

Trop de candidats cependant ont une faible notion des nombres lorsqu'ils sont appliqués à des situations physiques de la vie quotidienne. Ainsi, beaucoup de candidats avaient des dimensions subatomiques et des éoliennes possédaient des pales de quelques kilomètres de longueur ! Pour ces candidats, il existe un profond décalage entre le monde dans lequel ils vivent et les réponses qu'ils donnent sur le papier. Tous les domaines de l'examen étaient touchés de cette façon.

Seuls les meilleurs candidats ont fait preuve d'un sens de la rigueur dans la présentation de leurs réponses. Il convient de souligner que l'objet de la résolution des problèmes n'est pas simplement de produire une réponse finale. Les candidats doivent montrer comment ils ont obtenu leur réponse, en présentant leur raisonnement de façon claire et logique. Trop souvent, les nombres et les équations sont éparpillés dans la réponse sans qu'aucun lien évident entre eux ne soit présenté. On ne peut attendre des examinateurs qu'ils devinent ce à quoi les nombres se rapportent. C'est aux candidats qu'il revient de faire en sorte que la solution soit évidente.

Les candidats ont fait preuve d'une mémorisation fragmentaire des définitions et des concepts à moitié oubliés lorsqu'on les invite à donner des explications de phénomènes physiques. Beaucoup d'explications verbales étaient vagues et souvent incomplètes. Il est clair que beaucoup de candidats ne comprennent pas le fondement conceptuel du sujet, préférant une approche fondée sur l'apprentissage par cœur, qui n'est pas appropriée pour des questions visant un objectif spécifique 3.

Les candidats continuent de perdre des points à cause du manque d'attention porté aux unités.

Malgré les commentaires sur les formulaires G2, rien n'indique que l'épreuve ait été trop longue, car la plupart des copies contenaient des tentatives complètes de réponse à toutes les questions.

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

- Compréhension du rapport entre un graphique et l'équation qui le représente
- Descriptions claires de grandeurs thermodynamiques
- Calculs et descriptions de la quantité de mouvement
- Représentation de la fonction d'onde
- Calculs et compréhension de la théorie électrique
- Détermination des composantes du poids
- Rappel de la forme du graphique de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du

nombre de nucléons

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

- Calculs impliquant la combinaison des pourcentages d'incertitude
- Description des effets de l'interférence
- Description de l'amplification de l'effet de serre et discussion des avantages et des inconvénients de la technologie des éoliennes
- Description du mécanisme par lequel des informations sont lues sur un DVD
- Calcul des changements d'énergie pendant un changement d'état
- Calcul de l'énergie d'un système subissant un mouvement harmonique simple
- Calcul d'une constante de désintégration et masse d'isotope à un moment donné

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

Section A

Q1 au NS et au NM

Les réponses à cette question portant sur l'analyse de données ont été meilleures que celles des années précédentes. Beaucoup de candidats ont obtenu 6 points ou plus sur les 11 points disponibles. Cette question a été critiquée pour sa complexité dans les commentaires sur les formulaires G2, mais les candidats ont très bien relevé le défi.

(a) Même si la majorité des candidats ont été capables de déterminer les incertitudes fractionnaires des deux valeurs, une minorité importante d'entre eux les ont ensuite soustraites pour obtenir leur estimation de l'incertitude fractionnaire. Seule une petite fraction de l'effectif total n'a pas été en mesure de progresser vers la solution du problème.

(b)(i) Environ les trois quarts des candidats ont fait une démonstration convaincante de ce problème simple. Ceux qui n'y sont pas parvenus sont ceux qui ont faussé le résultat ou ceux qui ont tenté d'obtenir le résultat de façon numérique ; ils n'ont obtenu aucun point.

(b)(ii) La droite de meilleur ajustement a été dessinée de façon négligente même par ceux qui ont obtenu le point. Le travail des candidats dans ce domaine continue d'être médiocre. Les lignes devraient être tracées avec un crayon fin, et le travail devrait être bien présenté. Les lignes doubles, tordues ou épaisses sont pénalisées. Le manque de précision à cet égard a forcément des implications sur le travail ultérieur, qui repose sur les données déduites du graphique.

(b) (iii) Les candidats doivent toujours utiliser un triangle suffisamment grand pour déterminer une pente. Une bonne règle à suivre consiste à utiliser au moins la moitié de la longueur de la ligne tracée. Les lectures devraient être précises et, pour des données expérimentales de ce type, elles doivent être spécifiées à un nombre approprié de chiffres significatifs. Les mauvaises

réponses à cette question étaient caractérisées par le fait que les lectures étaient erronées de plus d'un demi carré, et les valeurs finales n'étaient exprimées qu'à un seul chiffre significatif près.

(b)(iv) On demandait aux candidats d'extrapoler leur ligne à l'axe approprié, puis de lire sur l'axe des y . Les candidats qui n'ont pas tracé de ligne ou qui n'ont effectué aucune marque appropriée sur le graphique relatif à cette question ne pouvaient s'attendre à obtenir ce point.

(b)(v) Beaucoup de candidats ont réalisé qu'un calcul était nécessaire ici et en général leurs réponses étaient bonnes. Cependant, certains n'ont pas pris en considération le fait que l'intersection prenait une valeur négative alors que le calcul l'indiquait clairement ; ils en ont été pénalisés.

(b)(vi) Les réponses à cette question ont été insatisfaisantes. Tout ce que les candidats devaient faire était d'élever au carré la valeur donnée en (b)(v). Cependant, beaucoup ont utilisé un calcul compliqué comprenant une valeur pour g de $9,8 \text{ m s}^{-2}$ que les candidats ont supposée être correcte. Elle ne l'était pas, il s'agissait d'une donnée expérimentale et, pour utiliser un calcul à partir de données déduites, les candidats devaient calculer la valeur de g .

Q2 au NS et Q4 partie 2 au NM

Les explications et les définitions étaient médiocres. Les candidats n'ont pas lu attentivement les questions et ont perdu des points pour ne pas avoir abordé les éléments demandés.

(a) Trop d'entre eux ont donné une définition vague et irréfléchie de l'énergie de liaison. On ne leur demandait pas de discuter le défaut de masse, ce que beaucoup de candidats ont fait.

(b)(i) au NS et (d)(i) au NM Bien qu'il s'agissait d'une tâche simple tirée directement du guide pédagogique, ce graphique a été mal dessiné. Le point maximum a été mal placé. Même des candidats qui ont écrit Fe-56 au maximum l'ont placé bien loin de cet endroit. Le graphique a été mal dessiné au nombre élevé de nucléons, et la région allant des nombres de nucléons 1 à 30 a été mal représentée. Les candidats ne sont pas parvenus à ancrer dans leur mémoire les éléments de ce tracé important.

(b)(ii) au NS et (d)(ii) au NM On demandait aux candidats de se référer au graphique, mais pas plus d'un tiers d'entre eux l'ont fait. Les explications étaient confuses et incohérentes, beaucoup de candidats faisant simplement des remarques sans suite sur la fission. Il était clair que la nature de la fission (et indirectement, de la fusion) portait à confusion de même que l'origine de l'énergie libérée par suite de cette fission.

(c)(i) au NS uniquement La grande majorité des candidats ont été capables d'exprimer correctement l'équation. Les échecs ont été causés par la supposition de la présence d'un neutron incident et par l'incapacité d'additionner correctement.

(c)(ii) au NS uniquement Beaucoup de candidats ont correctement effectué le calcul de la masse initiale de l'élément. Le nombre de candidats ayant utilisé l'équation exponentielle et le nombre de ceux ayant calculé la demi-vie et utilisé $2^{\text{demi-vie}}$ ont été à peu près égaux.

(c) et (e)(ii) au NM uniquement Ce sont deux questions posées couramment, mais la plupart des candidats sont toujours incapables de produire des réponses précises et correctes. Les candidats devraient savoir qu'un « échantillon radioactif » contiendra à la fois des noyaux désintégrés et des noyaux non désintégrés. La demi-vie est toujours plus facile à définir du point de vue de l'activité d'un échantillon, plutôt que par rapport à ce qui se passe en fait à l'intérieur.

(e)(iii) NM uniquement Les réponses à cette question étaient bonnes, quoique beaucoup de candidats parmi les plus faibles ont simplement divisé 5,6 mg par les trois demi-vies, au lieu de les doubler pour chaque demi-vie.

Q2 au NM uniquement

(a) La plupart des candidats ont été capables de calculer le poids (bien que beaucoup d'entre eux n'aient écrit que 85×10 , sans introduction ni aucune unité). Toutefois, beaucoup trop de candidats ont confondu $\cos 19$ et $\sin 19$. Les candidats devraient savoir que $\sin 0 = 0$, de sorte que, si la route est horizontale et qu'il n'y a pas de composante « descente de la pente », le sinus est alors la fonction pertinente à utiliser. De même, dans la partie (ii), on sait que la force de réaction normale augmente à mesure que l'angle diminue ; il faut donc utiliser le cosinus.

(b) Plus de la moitié des candidats n'ont pas semblé se rendre compte que la bicyclette décélérerait et qu'ils devaient donc s'attendre à une accélération négative menant à une distance positive. Encore une fois, les candidats se sont hâtés de donner une réponse sans prendre le temps de réfléchir à ce qui se passait.

Q3 au NS et au NM

(a) Les candidats étaient en présence d'un mot-consigne classé parmi les objectifs d'évaluation 3. Cela aurait dû leur indiquer qu'une réponse d'un niveau approfondi était nécessaire. Trois points étaient alloués. Cela aurait dû indiquer aux candidats que trois éléments de physique étaient requis. Une très grande majorité ont présenté une distinction entre l'énergie thermique et la température sans mentionner de troisième point. Il s'agissait d'un énoncé comparatif simple des unités pertinentes. Il est conseillé aux candidats d'utiliser toutes les informations fournies par la question. Environ 50 % des candidats ont obtenu deux points.

(b)(i) Le calcul en termes numériques a été bien effectué. Cependant, dans une question où des puissances de dix sont susceptibles d'être impliquées, il est essentiel que le candidat indique une unité. La réponse de $2,5 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ peut être exprimée d'un certain nombre de façons ($2,5 \text{ MJ kg}^{-1}$, $2\,500 \text{ kJ kg}^{-1}$, etc.). Cependant, si le candidat ne donne pas d'unité, l'examineur doit le pénaliser.

(b)(ii) Il était très clair d'après les réponses que les candidats n'avaient pas compris la nature de cette expérience. Beaucoup ont indiqué que « de la chaleur était perdue vers la bouilloire ». Cela n'était pas plausible, car la situation présentée constituait un régime établi puisque l'eau avait atteint le point d'ébullition avant que l'expérience commence. Par conséquent, peu de points ont été attribués pour cette partie.

Q4 au NS uniquement

(a) Les examinateurs ont observé de nombreuses tentatives d'explication de la situation menées avec compétence, et les candidats semblaient à l'aise avec les détails expérimentaux. Les effets de l'interférence ont été décrits et des descriptions très soignées des différences de phase/chemin qui déterminent les positions des minima ont été présentées.

(b) Cependant, beaucoup de candidats se sont embrouillés dans l'exécution du calcul. Une approche simple était permise, de sorte que lorsqu'une des feuilles réfléchissantes se déplaçait, le phénomène d'interférence se déplaçait aussi. Cependant, les examinateurs ont observé de nombreux exemples d'une simple utilisation de $c = f\lambda$. Cela ne méritait aucun point. Même ceux qui ont compris ce qui se passait ont souvent présumé que l'examineur le comprenait aussi et n'ont pas expliqué pourquoi ils divisaient la distance entre les minima par 2. Une petite poignée de candidats ont présenté une approche utilisant l'effet Doppler. Cela était généralement incorrect, car ils n'ont pas reconnu que la feuille B qui se déplaçait était un « observateur » en mouvement, puis une « source » en mouvement. Par conséquent, ils n'ont pas fait référence dans leur réponse aux concepts de battements entre le signal d'origine et le signal détecté.

(c)(i) La qualité de la communication dans cette question a été médiocre. Les candidats doivent comprendre qu'ils doivent rendre les phénomènes clairs à un examinateur. La diffraction n'entraîne pas le « fléchissement » d'une onde ; au mieux, c'est la réfraction qui le fait. Les examinateurs recherchaient l'expression claire du fait que l'onde se diffusait. Beaucoup des candidats qui ont dessiné un diagramme clair ont obtenu les deux points assez facilement.

(c)(ii) La plupart ont été en mesure de trouver l'angle demandé. Cependant, il est évident que ceux qui ont écrit $0,533^\circ$ n'ont pas compris ce qui se passait dans leur calculatrice et ils ont été pénalisés pour cette raison. De même, la question n'indiquait pas qu'une ouverture circulaire était impliquée, et l'utilisation d'un facteur de 1,22 était donc injustifiée.

(d) La plupart ont obtenu un point sur deux, car souvent la logique n'était pas claire. Une minorité inquiétante de candidats pensaient que les ondes sonores étaient électromagnétiques et transversales (ou, pire encore, électromagnétiques et longitudinales).

Q5 au NS uniquement

(a) Les réponses à cette question, qui implique deux aspects du thème, ont été assez bonnes. La plupart des candidats ont identifié $F = Blv$ comme l'expression appropriée à utiliser et ont été capables d'utiliser une équation cinématique du mouvement pour calculer v . Cependant, les candidats plus faibles étaient complètement perdus en ce qui concerne la physique et ils ont tenté, sans succès, d'utiliser des versions de la loi de Faraday pour parvenir au résultat. Encore une fois, des erreurs de puissances de dix étaient possibles, et les examinateurs avaient besoin de voir l'unité (V, mV, μ V, et ainsi de suite) avant de pouvoir juger si la réponse numérique était correcte.

(b) Les explications de l'effet étaient bonnes, et beaucoup de candidats ont obtenu deux points sur trois. Il était courant de voir la continuité de la bobine mener à un écoulement de la charge,

et une discussion de la loi de Lenz et de ses conséquences. Cependant, le lien avec l'allongement du temps a été mal décrit. La plupart des candidats ont donné une description incomplète de la force agissante. Elle va vers le haut, et les candidats doivent spécifier la direction sans équivoque. Parler d'opposition n'est rien de plus que le prolongement d'un énoncé de la loi de Lenz.

Section B

Q6 partie 1 au NS et Q4 partie 1 au NM

(a)(i) Malgré l'aspect relativement courant des variantes de ce problème, les candidats font toujours preuve de faiblesses considérables dans leur manipulation des données. Il a été courant de voir des solutions qui omettaient la présence de cinq éoliennes ou le rendement de 30 % de chaque éolienne, ou les deux. Un nombre considérable de candidats ont indiqué le rayon plutôt que le diamètre. Ce ne sont pas des questions-pièges. Les candidats au Programme du diplôme devraient être capables de lire attentivement une question et de déterminer la réponse demandée.

(a)(i), (ii), (iii) et (iv) Les candidats devaient répondre à une série de questions sur le caractère approprié et le positionnement des éoliennes dans le cas spécifique d'une petite communauté. Encore une fois, il y a eu trop de déclarations toutes faites venant de candidats qui n'avaient pas réfléchi aux conséquences spécifiques et aux questions soulevées par ce cas particulier

(b)(i) Cependant, beaucoup ont été capables de résoudre ce simple problème.

(ii) Cette question demandait aux candidats de se concentrer sur les questions de vent. Au lieu de cela, beaucoup ont donné des réponses axées sur la centrale thermique alimentée au charbon.

(iii) Beaucoup de candidats ont désormais saisi le message sur la physique de l'effet de serre et utilisent la terminologie correctement et de façon appropriée.

Q6 partie 2 au NS uniquement

(c) À peu près la moitié des candidats ont été capables d'écrire de manière convaincante au sujet du compromis entre l'énergie potentielle et l'énergie cinétique de la fusée. Les réponses faibles comprenaient une discussion des caractéristiques orbitales (on n'avait pas dit aux candidats que la fusée était en orbite).

(d) Ce calcul a été bien exécuté. On a observé les deux approches figurant dans le barème de notation, mais souvent les candidats ne sont pas parvenus à obtenir les deux points parce qu'ils n'avaient pas indiqué clairement que la valeur de l'accélération qu'ils avaient déterminée était numériquement la même que l'intensité du champ gravitationnel.

(e)(i) Beaucoup ont obtenu deux points sur trois pour cette question. L'erreur la plus courante a été de supposer le rapport entre mg et GMm/r^2 . Sinon, les candidats ont bien démontré l'équation entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle et leurs manipulations ont été bonnes.

Les candidats ayant utilisé une approche faisant intervenir la force centripète ne pouvaient pas obtenir beaucoup de points étant donné (encore une fois) qu'aucun mouvement circulaire n'était impliqué.

(e)(ii) Beaucoup ont été capables d'utiliser la valeur obtenue en (d) pour déterminer une vitesse de la fusée (il était permis de reporter les erreurs) et l'énoncé de la réponse suivait immédiatement.

(f) Relativement peu de candidats ont pu expliquer que le satellite possédait également une composante de vitesse de par sa présence sur la station spatiale.

Q6 partie 2 au NM

(d) Cette question très courante a donné lieu à des réponses très médiocres.

(e)(i) Il s'agissait d'une autre question « montrez que », et on attendait donc des candidats qu'ils expriment très clairement le raisonnement les ayant conduit à l'équation donnée.

(ii) La plupart des candidats ont dessiné les flèches correctement.

(iii) Il était agréable de voir autant de candidats réaliser que les quatre charges s'annulent. Cependant, cela devait être expliqué clairement. Les examinateurs ne sont pas « clairvoyants ».

Q7 partie 1 au NS et Q5 partie 1 NM

Les candidats ont fait preuve de beaucoup de compétence dans leurs réponses à cette question et ils ont de toute évidence une bonne compréhension des principes impliqués.

(a) Beaucoup ont été capables d'obtenir un ou deux points en montrant que k était lié à m et à ω^2 .

(b)(i) Presque tous les candidats ont calculé la fréquence correctement.

(ii) Bien que beaucoup d'entre eux aient compris ce qui se passait, ils n'ont pas toujours expliqué complètement la logique. Il fallait indiquer la chaîne complète de l'argument. La fréquence ou la période sont les mêmes et donc ω est la même ; les ressorts sont identiques et donc k est la même.

(iii) Les candidats ont obtenu peu de points pour cette question, car ils n'ont pas assez tenu compte du mot « confirmer ». Les examinateurs attendaient un énoncé de ce qui devait être confirmé, soit la définition du mouvement harmonique simple que la plupart connaissaient, et ils voulaient savoir comment le candidat se proposait de le faire. Ce deuxième point a été mal exécuté : les candidats ne possédaient pas la terminologie pour décrire comment ils allaient utiliser le graphique et comment ils allaient le manipuler pour montrer ce qu'on leur demandait.

Beaucoup ont bien répondu aux questions (c)(i) et (ii). Le positionnement du maximum de B et de ses points limites ont constitué des erreurs courantes. La plupart des candidats ont obtenu deux points sur trois pour leur réponse à (ii) en raison d'une de ces erreurs.

(b) Un grand nombre de candidats ont bien exécuté ce calcul.

Q7 partie 2 au NS

(e) et (f) Les réponses à ces questions ont été formulées de manière compétente.

(g)(i) De façon générale, les candidats n'ont répondu qu'à moitié à cette question, répondant soit à « travail effectué par le moteur », soit à « travail effectué dans un cycle ». Beaucoup ont pensé que le fluide effectuait un travail pendant le cycle tout entier.

(g)(ii) Cette simple question a été bien exécutée par beaucoup. Les erreurs comprenaient l'obtention d'une fraction qui était plus grande que 1 et l'utilisation de valeurs d'énergie incorrectes pour cette fraction.

(g)(iii) Les candidats ont bien répondu à cette question, beaucoup ayant obtenu les deux points.

(h) Bien que l'énoncé $\Delta Q = 0$ ait été courant, beaucoup de solutions ont mené à un signe négatif parce que les candidats ont mal compris les symboles dans l'équation du premier principe. Cela était incorrect et a été pénalisé.

Q8 partie 1 au NS et Q6 partie 1 au NM

(a) Comme dans les sessions précédentes, les candidats n'ont pas donné d'énoncés complets de la conservation de la quantité de mouvement linéaire. Il n'est pas suffisant d'écrire « la quantité de mouvement est conservée ».

(b)(i) Les réponses des candidats ont été divisées en deux camps de 50 % chacun. Certains se sont souvenus que la quantité de mouvement initiale était la moitié du changement de quantité de mouvement et ont obtenu la valeur correcte de $0,96 \text{ m s}^{-1}$. Ceux qui ne s'en sont pas souvenus ont obtenu le double de la valeur et ont perdu un point.

(b)(ii) Le signe de l'accélération a été fréquemment ignoré dans cette partie et cela a été pénalisé. La plupart des candidats ont utilisé leur connaissance de la force (la force maximum et non la moyenne plus appropriée, malheureusement) et de la masse pour obtenir la valeur numérique.

(b)(iii) Cette question était une question difficile au sommet du spectre de l'objectif d'évaluation, et les candidats ne se sont probablement pas donné suffisamment de temps pour y réfléchir. Beaucoup ont obtenu un ou deux points, mais rares sont ceux qui ont obtenu les trois points disponibles.

Q8 partie 2 au NS

(d) Bien qu'il soit évident que les candidats comprennent ce qu'est un bit de poids faible, il est clair qu'il leur est difficile d'en discuter sur une épreuve d'examen en recourant à un vocabulaire approprié. Beaucoup l'ont décrit comme le bit droit ou, pire encore, le bit gauche. Cet énoncé comprend deux parties (et deux points sont disponibles) : ce qu'on entend par « bit », et ce qui le rend « de poids faible ». Il est utile aux candidats de s'entraîner à faire correspondre leurs réponses au nombre de points disponibles.

(e) Bon nombre de candidats ont démontré une compétence partielle dans leurs réponses à cette question. Généralement, ils ont omis un aspect du calcul, le plus souvent le rapport entre la vitesse de lecture et le nombre de bits dans l'échantillon.

(f) Encore une fois, beaucoup de candidats ont démontré une compétence partielle dans leurs réponses à cette question. Ils ont couramment obtenu trois points sur quatre, un élément de la description ayant été omis. L'omission portait souvent sur la nécessité d'exprimer clairement que la réflexion venait du bord sillon-alvéole ou de discuter clairement de la différence de chemin. Des diagrammes bien dessinés et légendés avec soin ont souvent été très utiles aux candidats. Il y a une raison pour laquelle de l'espace est prévu sur la copie pour la réponse à la question.

Q9 partie 1 au NS

(a)(i) On a observé des erreurs dans la manipulation des équations, et les candidats ont souvent omis de tenir compte de la question rayon/diamètre. La plupart des candidats n'ont obtenu qu'un point.

(a)(ii) Il s'agissait d'un calcul inhabituel et difficile d'un caractère synoptique, et beaucoup l'ont bien exécuté (une erreur reportée de la question (a)(i) était permise). Une grande majorité de candidats ont été capables de franchir l'étape force/accélération qui achève le calcul même s'ils avaient fait des erreurs auparavant.

(a)(iii) Par ailleurs, les candidats n'ont pas su comment aborder cette question. Il était clair qu'ils n'avaient jamais envisagé le fait que, bien que les électrons soient soumis à un champ électrique dans un conducteur, ils n'accélèrent pas de façon continue. Les énoncés sur les changements d'énergie étaient peu courants. Les candidats se sont généralement limités à une discussion des collisions en termes simplistes et souvent non physiques.

(b)(i), (ii) et (iii) Les candidats bien entraînés à manipuler les équations électriques et ayant une bonne compréhension conceptuelle de ce thème ont éprouvé peu de difficultés à répondre à ces questions. Ceux dont les connaissances de base de la théorie des circuits étaient peu solides (ce qui constituait malheureusement la majorité des candidats) ont éprouvé beaucoup de difficultés à aller au-delà de la question (i).

(i) Les réponses à cette question étaient généralement bonnes.

(ii) et (iii) Ces questions se sont avérées plus difficiles, et un manque de compréhension était évident. Il a été courant d'observer des énoncés selon lesquels la différence de potentiel aux bornes d'un composant était de 24 V (dans un circuit doté d'une alimentation de 12 V). Ici comme ailleurs, les candidats ont souvent écrit des chiffres qui n'étaient pas fondés sur les faits, sans faire preuve d'esprit critique.

Q9 partie 2 au NS

(c) Cette question n'a pas été bien comprise.

(d)(i) et (ii) Il s'agissait de calculs courants qui n'ont posé que peu de problèmes aux candidats.

(d)(iii) Cette question exigeait plus de réflexion que ce que les candidats lui ont consacré. Beaucoup (bien que pas tous) ont reconnu que le graphique devait être de nature périodique, mais peu ont pensé à rattacher leur réponse (correcte) à la question (d)(ii) à ce problème. De même, le point de fin de 2 nm n'a pas non plus été reconnu, et les graphiques ont été prolongés au-delà de ce point.

(d)(iv) Beaucoup ont raté cette simple conclusion et ont eu recours à du remplissage, et beaucoup sont retournés à la partie (c) sans exprimer de manière définitive le rapport avec l'axe des y du graphique.

Q5 partie 2 au NM

(d)(i) Il s'agissait d'un calcul très courant, mais beaucoup trop de candidats ont été incapables de traiter avec précision la manipulation arithmétique impliquée. Parmi les erreurs courantes, on peut citer : confondre le diamètre avec le rayon du fil, ne pas passer des millimètres aux mètres, ne pas connaître la surface d'un cercle.

(ii) Le bon sens (fondé sur une simple imagerie mentale) dicte qu'à mesure que le diamètre d'un fil augmente, sa résistance doit alors diminuer. Cependant, beaucoup de graphiques montraient une corrélation positive.

(e) Il a été rare de trouver des candidats qui ont identifié les électrons comme des porteurs de charge bougeant sous l'influence d'un champ électrique (établissant ainsi un courant).

(f) Les réponses données montraient que la grande majorité des candidats n'avaient pas pris le temps de comprendre le circuit et ce qu'on leur demandait. Il semble qu'ils ont utilisé la première équation qui leur est venue à l'esprit et qu'ils ont substitué des valeurs sans raisonnement clair.

Recommandations et conseils pour la préparation des futurs candidats

- Les candidats devraient apprendre les définitions pour leur permettre de mieux comprendre les concepts.
- Il faut encourager les candidats à exprimer les calculs d'une façon logique et

présentable et à utiliser les unités correctement.

- Les candidats devraient reconnaître les implications des mots-consignes dans une question.
- Il convient d'encourager les candidats à utiliser la terminologie scientifique appropriée.
- Il convient d'encourager les candidats à relier leurs études à leur vie quotidienne.
- Les candidats devraient reconnaître qu'une réponse numérique à elle seule, sans son unité, est incomplète.

Épreuve 3 – Niveaux supérieur et moyen

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 10	11 – 20	21 – 29	30 – 34	35 – 40	41 – 45	46 – 60

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 – 6	7 – 12	13 – 18	19 – 21	22 – 25	26 – 28	29 – 40

Commentaires généraux

La plupart des candidats ont déployé des efforts sérieux pour tenter de répondre au nombre requis de questions et ont semblé avoir eu amplement de temps pour terminer l'épreuve. Il est clair que beaucoup de centres fournissent aux candidats un grand nombre d'épreuves passées, car les questions qui avaient été posées antérieurement ont fait l'objet de bonnes réponses.

Relativement peu de candidats ont rédigé des réponses dépassant les cases prévues sur la copie de l'épreuve. Cependant, encore trop peu de candidats savent comment présenter leurs réponses d'une manière concise et organisée. Cette session a été marquée par une diminution sensible du nombre de feuilles supplémentaires utilisées par rapport à 2014.

Il est arrivé à maintes reprises où la piètre qualité de l'écriture manuscrite a rendu l'attribution de points difficile. En particulier, les puissances de dix et les virgules décimales n'étaient pas toujours claires. Très souvent, les examinateurs ont éprouvé des difficultés à déchiffrer le raisonnement du candidat dans un calcul ; par ailleurs, souvent, ce raisonnement était tout à fait inexistant. Les erreurs concernant les unités et les puissances de dix se sont produites avec une fréquence inquiétante. Les départements de physique doivent être conscients du fait que, à partir de mai 2016, le thème 1 du nouveau guide pédagogique fera l'objet d'une évaluation approfondie dans les examens. (Voir la section sur les recommandations à la fin de ce rapport).

Au NS, 192 centres sur 812 ont formulé des commentaires sur le formulaire G2 concernant cet examen. Il s'agit d'une augmentation très satisfaisante par rapport à l'année dernière. Ces commentaires sont très utiles pour la conception des épreuves d'examen futures et nous encourageons les enseignants à fournir des commentaires en temps opportun par l'intermédiaire de leur coordinateur de l'IB. D'une façon générale, les centres étaient satisfaits de la couverture du programme. Ainsi, 94 % des établissements étaient d'avis que l'épreuve d'examen présentait un niveau de difficulté approprié. En comparaison avec l'année dernière, 64 % des établissements ont pensé qu'elle était d'un niveau de difficulté similaire, 13 % ont estimé qu'elle était un peu plus difficile et 20 % l'ont trouvée un peu plus facile. Les commentaires globaux sur les options individuelles suggèrent que la majorité des établissements ayant répondu étaient très satisfaits relativement à l'équilibre et à la facilité de l'épreuve. En fait, le total moyen des points était à peu près trois points de plus qu'en mai 2014. Par ailleurs, 90 % des établissements ont estimé que la clarté de la formulation ou de la présentation de l'épreuve étaient bonnes à excellentes. Enfin, 95 % ont mentionné qu'il n'y avait aucun parti pris culturel, religieux ou ethnique important.

Au NM, 130 centres sur 844 ont formulé des commentaires sur le formulaire G2 concernant cet examen. D'une façon générale, les centres étaient satisfaits de la couverture du programme. Ainsi, 95 % des établissements étaient d'avis que l'épreuve d'examen présentait un niveau de difficulté approprié. En comparaison avec l'année dernière, 70 % des établissements ont pensé qu'elle était d'un niveau de difficulté similaire, 16 % ont estimé qu'elle était un peu plus difficile et 11 % l'ont trouvée un peu plus facile. Les commentaires globaux sur les options individuelles suggèrent que la majorité des établissements ayant répondu étaient satisfaits relativement à l'équilibre et à la facilité de l'épreuve. Le total moyen des points était environ un point de plus qu'en 2014. Par ailleurs, 90 % des établissements ont estimé que la clarté de la formulation ou de la présentation de l'épreuve étaient bonnes à excellentes. Enfin, 95 % ont mentionné qu'il n'y avait aucun parti pris culturel, religieux ou ethnique important.

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

Points faibles généraux dans cet examen et dans les examens récents

- 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.
- Puissances de 10 et multiplicateurs d'unités. (La cause la plus courante de la perte accidentelle de points.)
- Arithmétique négligente et erreurs algébriques. Les erreurs commises avec la calculatrice sont courantes.
- Présenter un raisonnement complet dans les questions « montrez que ». La preuve du calcul est nécessaire.
- Présentation générale du raisonnement dans les questions numériques. Celle-ci doit être planifiée et méthodique.
- Utilisation d'une 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 qui est requis.

- Prêter peu d'attention aux mots-consignes spécifiques : déterminer, expliquer, estimer, etc.
- Ordre de présentation des faits pour soutenir une explication ou une description.
- Les définitions étaient généralement médiocres.

Points faibles spécifiques à l'épreuve du niveau supérieur de mai 2015

- Mentionner la masse restante en citant la limite de Chandrasekhar.
- Parler d'étoiles ou d'« objets » plutôt que de galaxies en décrivant l'expansion.
- Utilisation correcte des unités conventionnelles pour la constante de Hubble.
- Explication du multiplexage temporel.
- La différence entre l'atténuation et la dispersion.
- Utilisation du gain négatif pour un amplificateur inverseur.
- Les mécanismes pour l'absorption et la diffusion de la lumière.
- Cinématique relativiste, particulièrement simultanément.
- Mécanique relativiste, particulièrement l'utilisation des unités MeV, $\text{MeV}c^{-1}$ et $\text{MeV}c^{-2}$
- Manque de référence à la géodésie.
- Calculs de dosimétrie.
- La charge sur les divers quarks.
- Utilisation de l'équation d'énergie disponible pour les collisions de particules.
- Le besoin de vertex neutres de charge dans les diagrammes de Feynman.

Points faibles spécifiques à l'épreuve du niveau moyen de mai 2015

- Longueur d'onde de crête de la réponse spectrale des bâtonnets.
- Trouver la longueur d'onde d'une onde stationnaire à partir de la longueur de la colonne d'air.
- Expliquer les observations provenant de l'effet photoélectrique en utilisant la théorie des particules de lumière.
- Conversion de l'énergie du photon en eV.
- Résumer comment on peut déterminer la demi-vie expérimentalement.
- Parler d'étoiles ou d'« objets » plutôt que de galaxies en décrivant l'expansion.
- Description de la signification de la modulation d'amplitude.
- Explication du multiplexage temporel.
- Non-utilisation du gain négatif pour un amplificateur inverseur.
- Dépendance de la résolution sur la longueur d'onde.
- Les mécanismes pour l'absorption et la diffusion de la lumière.
- Cinématique relativiste, particulièrement simultanément.
- La charge sur les divers quarks.

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

Très peu de candidats répondent à moins ou à plus de 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 :

- Circuits d'amplificateurs opérationnels : preuve de la formule de gain
- Identification de la longueur d'onde de crête dans un graphique de corps noir
- Description de la signification de la modulation d'amplitude
- Diagrammes de rayons
- Simultanéité : une certaine amélioration, mais toujours un point faible majeur
- Calculs cinématiques impliquant le facteur de Lorentz, le rayonnement gamma
- Énergétique de formation de paires
- Couleur des quarks et des baryons
- Diffraction par une seule fente
- Transitions d'électrons

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

NS : Pourcentage approximatif de popularité

E 70 % ; G 60 % ; I 30 % ; H 25 % ; F 10 % ; J 5 %

NM : Pourcentage approximatif de popularité

A 45 % ; B 40 % ; C 10 % ; D 5 % ; E 45 % ; F 10 % ; G 45 %

Option E – Astrophysique

L'option E a été la plus populaire. Le plus souvent combinée à l'option G.

1 au NS et 13 au NM – Étoiles dans un diagramme de HR

Dans la partie (a), presque tous les candidats ont pu nommer les types d'étoiles. Dans la partie (b), le rapport des rayons des étoiles a généralement été correct, quoique beaucoup de candidats ont raté la racine carrée. La brillance stellaire apparente et la luminosité dans la partie (c)(i) ont généralement été exprimées correctement. Les erreurs impliquaient généralement l'expression de la puissance par seconde ou de l'énergie. Les réponses à la partie (c)(ii) ont elles aussi été bonnes, quoique des erreurs d'arithmétique ont été courantes. Dans la question (d), presque tous les candidats ont trouvé la longueur d'onde de crête de l'étoile et ont dessiné un graphique approprié. Dans l'ensemble, les candidats ont très bien répondu à cette question.

2 au NS et 14 au NM – Étoiles binaires à éclipse

La partie (a) a donné lieu à une variété de positions pour la position orbitale de la deuxième étoile. Beaucoup l'ont placée sur le cercle incorrect. Dans la partie (b), la condition pour observer les étoiles binaires à éclipse est que les étoiles orbitent dans le plan contenant la

terre. Cela n'était pas bien connu. Dans la partie (c), beaucoup n'ont pas réalisé qu'il y aurait deux minima étroits inégaux tous les dix ans.

3 au NS et 15 au NM – Expansion de l'univers

Dans la partie (a), un trop grand nombre de candidats ont simplement répété la question plutôt que d'exprimer que l'expansion se rapportait à des galaxies s'éloignant les unes des autres. Le rayonnement cosmologique fossile (RCF) a généralement été mentionné dans les réponses à la partie (b)(i). Le fait que le RCF était une prédiction spécifique du modèle du big-bang, bien avant sa découverte, a parfois été mentionné dans les réponses à la question (b)(ii). La plupart des candidats ont été capables de mentionner le refroidissement et l'augmentation de la longueur d'onde du RCF comme étant compatibles avec le modèle du big-bang.

4 au NS uniquement – Évolution stellaire

Dans la partie (a), la plupart des candidats ont correctement mentionné l'équation masse-luminosité et l'ont utilisée pour déterminer la plage de luminosité pour l'étoile. Beaucoup de candidats ont bien répondu à la partie (b)(i), mais beaucoup également n'ont pas mentionné que la masse restante ou centrale était en dessous de la limite de Chandrasekhar. Dans leurs réponses à la partie (b)(ii), bien trop de candidats ont mentionné que la fusion se poursuivait dans une naine blanche. Dans la partie (b)(iii), les candidats ont presque toujours mentionné correctement le carbone et l'oxygène. Dans la partie (c), on s'attendait à ce que la pression de dégénérescence des électrons soit mentionnée. Beaucoup de candidats l'ont fait, mais ils ont aussi incorrectement mentionné la pression de rayonnement de la fusion.

5 au NS uniquement – Loi de Hubble

Dans la partie (a), il n'y a presque pas eu de réponses incorrectes. Dans la partie (b), bien trop de candidats ont perdu un point parce qu'ils ont utilisé la puissance de 10 incorrecte pour la vitesse dans la constante de Hubble.

Option F – Communication

Peu de candidats ont choisi cette option.

6 au NS et 16 au NM – Modulation d'amplitude (AM)

Les candidats ont généralement mieux répondu à la partie (a) que dans les années précédentes, mais peu d'entre eux ont songé à mentionner que la modulation d'amplitude est une façon de transférer des données/informations. Dans la partie (b), la largeur de bande et le spectre de puissance ont presque toujours été corrects. La plupart des candidats savaient que les deux dispositifs dans la partie (c) étaient des amplificateurs.

7 au NS et 17 au NM – Échantillonnage

Dans les réponses à la partie (a), les candidats ont souvent multiplié la fréquence d'échantillonnage par 16 au lieu de 32 pour trouver le débit binaire. Dans la partie (b), la plupart

des candidats ont pu exprimer que la fréquence d'échantillonnage ou le débit binaire avaient besoin d'augmenter, mais ils n'ont pas pu expliquer pourquoi. L'inverse du débit binaire a souvent été utilisé dans la partie (ii). Toutefois, la question demandait la durée d'un échantillon. Pour la partie (c), une minorité de candidats ont utilisé l'espace pour le diagramme afin d'expliquer le multiplexage temporel.

8 au NS et 18 au NM – Fibres optiques

La réflexion totale interne n'a généralement pas bien été expliquée. Bien trop de candidats ont donné une explication confuse et n'étaient pas sûrs de l'angle qui était l'angle critique.

La valeur de l'angle critique était souvent incorrecte dans les réponses des candidats à la partie (b), ces derniers ayant utilisé la paire incorrecte d'indices de réfraction. Dans les réponses à la partie (c), il y a souvent eu de la confusion entre « atténuation » et « dispersion ».

9 au NS et 10 au NM – Amplificateur opérationnel (amp. op.)

L'impédance d'entrée infinie et l'impédance de sortie nulle ont été les réponses les plus populaires à la partie (a). La partie (b) est une question posée fréquemment, et beaucoup de candidats peuvent désormais fournir une preuve convaincante du gain. Pour la partie (c)(i), le gain est -12 , mais beaucoup ont omis le signe négatif. Cependant, les questions (ii) et (iii), on a attribué un point pour erreur reportée pour avoir utilisé la réponse incorrecte précédente.

Option G – Ondes électromagnétiques

L'option G a été la deuxième option la plus populaire après l'astrophysique.

10 au NS et 19 au NM – La nature des ondes électromagnétiques (EM)

Dans leurs réponses à la partie (a), les candidats ont généralement mentionné : oscillations transversales, perpendiculaires E,B, vitesse c dans un vide. Ils étaient généralement moins sûrs à propos de l'absorption et de la dispersion dans leurs réponses à la partie (b), beaucoup ayant dit en fait que l'absorption était l'absorption et que la dispersion était la dispersion. L'interaction avec les niveaux d'énergie dans les atomes ou les molécules a souvent été ignorée. Pratiquement tous les candidats ont pu mentionner une application de la technologie laser dans la partie (c).

11 au NS et 20 au NM – Loupe et télescope

Le diagramme de rayons de la loupe était presque toujours correct dans la partie (a). Tous les candidats savaient que l'image était virtuelle, mais ils donnaient souvent des énoncés vagues sur ce que cela signifiait. Les réponses à la partie (b) étaient également bonnes, seulement quelques candidats ayant commis des erreurs de puissance de dix en trouvant le grossissement angulaire du télescope.

12 au NS et 21 au NM – Interférence avec deux fentes

Dans la partie (a), les candidats ont souvent mentionné la diffraction à chaque fente, suivie d'une différence de chemin et d'une interférence constructive ou destructive ultérieure, mais ils l'ont fait parfois de façon gauche. Il est évident que ce ne sont pas tous les candidats qui prennent 30 secondes pour établir l'ordre dans lequel ils vont présenter les étapes dans leur argument. La partie (b) n'était pas difficile, mais beaucoup ont perdu un point pour n'avoir pas utilisé $n = 3$. Il suffit de souligner ce fait dans la prémisse pour que soit évité ce type d'erreurs négligentes.

13 au NS uniquement – Rayons X

Dans la partie (a)(i), il y avait trois points pour l'annotation du diagramme du spectre des rayons X. Ce ne sont pas tous les candidats qui ont réalisé que cela signifiait qu'ils devaient rechercher trois caractéristiques dans leur réponse. Dans la partie (ii), la diminution en λ_{\min} et l'augmentation en intensité étaient généralement correctes. La partie (b) était une substitution très facile dans l'équation pour λ_{\min} . La partie (c) a causé bien des problèmes. Beaucoup ont supposé incorrectement qu'en utilisant $n = 2$, ils obtiendraient la séparation angulaire de $n = 1$ et de $n = 3$. Maxima de rayons X : beaucoup ont oublié le facteur de 2 dans la formule de Bragg. Cependant, il y eu beaucoup de réponses correctes.

Option H – Relativité

14 au NS et 11 au NM – Cinématique relativiste

Dans l'ensemble, les candidats ont bien répondu à la partie (a). Cette année, presque personne n'a raisonné en secondes, et les candidats ont donc facilement obtenu les bonnes réponses. Comme d'habitude, il y a eu des candidats qui se sont trompés sur la dilatation du temps. L'intervalle de temps pour les horloges de la Terre est dilaté (plus long), mais certains candidats pensent que l'intervalle de temps sur l'horloge « bougeant » est dilaté. Il vaut mieux ne pas penser à un mouvement, mais plutôt réaliser que la seule horloge aux deux événements enregistre l'intervalle de temps le plus court. Dans la partie (b), une méconnaissance très courante en ce qui concerne la longueur propre consiste à dire seulement que l'objet doit être mesuré dans le même système de référence que l'observateur. Bien sûr, cela est toujours vrai, mais ce n'est que si l'objet est au repos dans le système de référence de l'observateur qu'il s'agit de longueur propre. Tout est dans le système de référence de tout le reste. Progressivement, un nombre de plus en plus grand de candidats répondent correctement aux questions sur la simultanéité. Cette années, presque 3 % d'entre eux ont pu expliquer correctement pourquoi la lumière B émettait des ondes avant la lumière F, comme cela était perçu depuis le système de référence du vaisseau spatial. Les autres 97 % pensaient que la question demandait quelle lumière l'observateur dans le vaisseau spatial voyait en premier.

15 au NS uniquement – L'expérience de Michelson-Morley

Un grand nombre de candidats ont bien répondu aux deux parties (a) et (b). La difficulté principale semble résider dans la compréhension de la raison expliquant la rotation de 90° de l'interféromètre.

16 au NS uniquement – Mécanique relativiste

Dans la partie (a), l'énergie cinétique a généralement été facilement identifiée et ajoutée à l'énergie au repos du proton. Partie (b) : dans n'importe quelle question comportant des unités exprimées en termes de MeV et de c , il y a une très grande possibilité de confusion. Cependant, un nombre croissant de candidats sont capables d'utiliser correctement l'équation énergie relativiste – quantité de mouvement ($E^2 = (mc^2)^2 + p^2c^2$) lorsqu'ils réalisent qu'elle devient une équation pythagoricienne, soit $E^2 = m^2 + p^2$, quand on utilise les unités plus simples. L'erreur la plus courante a été d'essayer d'utiliser la valeur de « c » dans le calcul au lieu de se limiter aux valeurs données tout simplement. Dans la partie (c), les candidats ont souvent trouvé γ correctement et l'ont converti en une vitesse, mais il a souvent été nécessaire d'attribuer un seul point pour erreur reportée.

17 au NS uniquement – Gravitation

Il a été assez surprenant de constater que les candidats étaient capables d'expliquer la déformation de l'espace-temps et le chemin le plus court suivi par une planète, mais ils étaient incapables d'expliquer la force gravitationnelle fournissant le mouvement centripète.

18 au NS uniquement – Relativité générale

Dans la partie (a), la plupart des candidats ont dessiné une trajectoire de projectile pour (ii), mais ont pensé que la lumière se propageait horizontalement pour l'observateur dans la fusée en (i). La partie (b) demandait une substitution facile dans la formule de décalage gravitationnel de la fréquence. Beaucoup ont oublié de porter au carré la vitesse de la lumière ou n'ont pas donné une valeur négative pour Δf .

Option I – Physique médicale

19 au NS uniquement – L'oreille

Quatre points étaient attribués à la partie (a). On attendait donc une réponse détaillée avec une référence aux processus physiques nommés et non seulement aux parties biologiquement nommées. Cependant, beaucoup ont fait un bon effort, et il y avait plus de quatre réponses pouvant être fournies pour obtenir les points. Dans la partie (b), la plupart des candidats savaient que l'intensité était la puissance par mètre carré, mais ils ont fait des erreurs avec μW et mm^2 même si, à cette occasion, l'ignorance était un bienfait. Les erreurs de puissance de dix sont la cause la plus courante de perte accidentelle de points. Les réponses à la partie (b) ont été bonnes, mais des points pour erreur reportée ont souvent été attribués. Dans la partie (c), la réponse logarithmique de l'oreille a parfois été mentionnée, et beaucoup ont identifié les rapports d'intensité identiques. Peu de candidats ont été capables de relier les deux idées de façon convaincante.

20 au NS uniquement – Imagerie radiologique et tomographie assistée par ordinateur

La partie (a) contenait deux questions classiques, et les candidats ont fourni de bonnes réponses. En comparant les processus de tomographie assistée par ordinateur et d'imagerie radiologique conventionnelle, beaucoup de candidats ont bien répondu. Les problèmes courants comprenaient le fait de ne pas mentionner que les images de tomographie assistée par ordinateur sont prises à tous les angles pendant la rotation et que la tomographie assistée par ordinateur implique une dose absorbée bien plus grande.

21 au NS uniquement – Ultrasons

La partie (a) permettait d'obtenir facilement un point, quoique la vitesse de la lumière a été trop souvent mentionnée. Dans la partie (b)(i), beaucoup de candidats ont ignoré les données et ont répondu en utilisant des connaissances existantes. Dans la partie (b)(ii), le coefficient de réflexion a généralement été calculé correctement. Les réponses à la question (b)(iii) ont été médiocres. La plupart des candidats n'ont pas pris le temps d'analyser ce qui se passait. Deux atténuations et une réflexion, donc $I = 0,4 \times 0,34 \times 0,4I_0$ pour 3 points. Très peu de réponses étaient toutefois correctes.

22 au NS uniquement – Radiothérapie

La partie (a) permettait d'obtenir facilement deux points. Dans la partie (b)(i), beaucoup ont simplement défini la demi-vie normale sans mentionner qu'elle s'appliquait à l'activité à l'intérieur du patient. Le calcul de l'équivalent de dose n'a pas été bien effectué dans les réponses fournies à (b)(ii), car beaucoup ont ignoré la période de 8 heures ou n'ont pu convertir MeV en J. Les multiplicateurs d'unités ont aussi causé des problèmes.

Option J – Physique des particules

Relativement peu de candidats ont choisi cette option.

23 au NS et 12 au NM – Particules et interactions

Dans la partie (a)(i), il a été fréquent que les candidats ne mentionnent pas le fait que les antiparticules ont une masse égale. La plupart des candidats ont compris que les neutrons et les antineutrons ne sont pas identiques, car ils ont une structure en quarks différente ou des nombres baryoniques opposés. Les réponses à la partie (b)(i) étaient, en général, partiellement correctes. Peu de candidats ont mentionné que les particules d'échange étaient des bosons. Seuls ceux qui connaissaient les charges sur les divers quarks dans le diagramme de Feynman ont répondu correctement aux questions (ii), (iii) et (iv). Environ la moitié d'entre eux les connaissaient. La simple substitution dans l'équation du recueil de données a permis à la majorité des candidats de déterminer la masse du pion dans la partie (c).

24 au NS uniquement – Production de particules et accélérateurs

Les candidats ont plutôt bien répondu à la partie (a) en termes d'énergie plus faible mais de perte de rayonnement moindre dans l'accélérateur linéaire. Les candidats n'ont pas bien répondu à la partie (b), car beaucoup ne savaient pas quelle énergie utiliser pour E_k ou éprouvaient les difficultés habituelles dans la manipulation des unités. Le mieux est de rester simplement dans les unités MeV et d'oublier le « c ». Dans la partie (c), la perte d'énergie due au rayonnement a parfois été mentionnée.

25 au NS uniquement – Le modèle standard et le principe d'exclusion de Pauli

Les réponses à la partie (a)(i) ont été médiocres, car beaucoup de candidats ont simplement exprimé que le nombre leptonique n'était pas conservé. Ils devaient être spécifiques. Dans la partie (ii), une erreur courante a consisté à penser que le nombre baryonique n'était pas conservé alors qu'en fait, c'était la charge qui n'était pas conservée. Le diagramme de Feynman dans la partie (b) a rarement été correct. Bien trop de candidats ont dessiné des vertex qui ne conservaient pas de charge. Cependant, des points partiels ont été attribués pour avoir identifié le boson Z ou pour des directions correctes de flèches. Dans la partie (c)(i), le principe d'exclusion de Pauli a souvent été exprimé incorrectement. Celui-ci ne s'applique qu'à des fermions identiques. Dans les parties (ii) et (iii), la plupart des candidats ont correctement fait référence à la « couleur » dans leurs explications. Ils ont souvent mentionné que les hadrons étaient « blancs » plutôt qu'« incolores ».

26 au NS uniquement – L'univers primitif

La partie (a) était une question courante. L'erreur habituelle a consisté à utiliser un seul électron ou à raisonner en utilisant des unités mélangées. Pour la partie (b), beaucoup de candidats ont bien expliqué 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 ont généralement été capables d'expliquer l'annihilation de la matière et de l'antimatière. Ils étaient moins sûrs d'eux pour l'explication du déséquilibre initial ou subséquent.

Option A – Vue et phénomènes ondulatoires

1 au NM uniquement – Cellules en bâtonnets

Dans la partie (a), les candidats ont correctement dessiné la forme générale du graphique, mais ils ne connaissaient pas bien la longueur d'onde à la sensibilité maximum. Les réponses à la partie (b) étaient presque toujours à moitié correctes, mais le manque de sensibilité des cônes dans la région rouge a rarement été mentionné. Très peu de candidats ont fait une référence appropriée au graphique comme le demandait la question.

2 au NM uniquement – Ondes stationnaires

Beaucoup de candidats ont bien répondu à la partie (a), mais la notion de superposition d'ondes incidentes et réfléchies a souvent été mal exprimée. Les candidats semblaient avoir mémorisé la définition de la façon dont une onde stationnaire est formée, mais ils ont éprouvé de la

difficulté à concevoir comment cela s'appliquait à cette situation. La partie (ii) était facile si le candidat savait que la longueur d'onde était $4L$. Beaucoup ont seulement utilisé L ou d'autres multiples de L . La partie (b) permettait aussi d'obtenir facilement deux points, pour autant que les candidats se souviennent que les ondes sont longitudinales.

3 au NM – Diffraction et résolution

Les réponses aux parties (a) et (b) sur la diffraction par une seule fente étaient bonnes. Cependant, il y a eu moins de réponses correctes pour la partie (c), les candidats ayant parfois confondu l'effet des différentes longueurs d'onde de la lumière rouge et de la lumière bleue et ayant interprété le plus petit θ comme une moins bonne résolution. Ils ont souvent incorrectement expliqué la capacité de résoudre en termes de l'intensité des graphiques dessinés.

4 au NM uniquement – Polarisation

Dans la partie (a), la définition n'était souvent pas assez spécifique, et l'idée que le vecteur du champ électrique oscillait plutôt que seulement la lumière était souvent omise. Dans la partie (b)(i), beaucoup ont exprimé que le rayon serait polarisé, mais ils ne l'ont pas mentionné explicitement. La partie (b)(ii) permettait d'obtenir facilement un point. Même si la forme exacte du graphique de l'intensité transmise n'était pas nécessairement correcte dans la partie (iii), la plupart des candidats savaient que la transmission maximum se produisait à 0° et à 180° .

Option B – Physique quantique et physique nucléaire

5 au NM uniquement – L'effet photoélectrique

Dans la partie (a)(i), beaucoup de réponses correctes ont été observées. Cependant, il y a eu un certain nombre d'erreurs dans la conversion de l'énergie du photon en eV. La partie (a)(ii) était facile, mais certains candidats pensaient qu'il fallait utiliser l'énergie cinétique des électrons. Les candidats ont éprouvé de la difficulté avec la partie (b), car la question était légèrement contre-intuitive. Très peu de candidats semblaient savoir qu'une intensité égale de lumière signifiait une énergie photon totale égale par seconde. Beaucoup ont supposé que cela signifiait un nombre égal de photons par seconde. Dans la plupart des cas, les réponses étaient désorganisées et ne reflétaient pas un argument scientifique logique auquel on pourrait s'attendre à ce niveau.

6 au NM uniquement – L'atome d'hydrogène

Dans la partie (a), presque tous les candidats n'ont dessiné que deux transitions sur les trois possibles. Dans la partie (b), de nombreux candidats ont été capables d'identifier la transition.

7 au NM uniquement – Désintégration radioactive

La plupart des candidats étaient très incertains concernant la détermination d'une très longue demi-vie. Ils ont souvent obtenu une partie des points pour avoir exprimé comment on obtenait la demi-vie à partir de la constante de désintégration, mais généralement ils n'ont pas

mentionné la détermination de l'activité et du nombre d'atomes de l'échantillon. La plupart des candidats ont décrit comment on pouvait trouver la demi-vie d'un nucléide doté d'une courte demi-vie. Dans la partie (b), chose surprenante, seul un petit nombre de candidats connaissaient le moyen simple de calculer la fraction restante. Trouver le nombre de demi-vies passées (n). Fraction restante = $0,5^n$. Cela fonctionne même lorsque n n'est pas un nombre entier. La plupart ont obtenu au moins un point pour avoir trouvé la constante de désintégration ou le nombre de demi-vies. Un nombre relativement grand de candidats ont supposé un rapport proportionnel pour la partie non entière de n .

Option C – Technologie numérique

8 au NM uniquement – Signaux numériques

Presque tous les candidats ont répondu correctement à la partie (a). Dans la partie (b), beaucoup de candidats n'ont pas pris en compte le facteur de 2 dû à l'échantillonnage stéréo, mais on a attribué des points pour erreur reportée pour cette partie, ce qui fait que les candidats ont obtenu une partie des points.

9 au NS uniquement – Calculs de dispositifs de transfert de charge

La partie (a)(i) aurait dû être très facile, mais beaucoup de candidats ont fait des erreurs de puissance de dix dues à l'inattention. Ils ont aussi commis des erreurs dans la partie (ii), ayant utilisé les largeurs de 2 pixels pour obtenir la résolution minimum ou ayant ignoré le grossissement. Dans la partie (b), il y a eu beaucoup de réponses correctes, mais la question a souvent été répétée (par exemple émission photoélectrique suivie d'accumulation de charge). Dans la partie (c), la plupart savaient que l'image serait plus brillante, etc., mais ils n'ont pas mentionné l'avantage d'un temps d'exposition plus court. Des énoncés généraux et insuffisants comme « meilleure qualité » ont souvent été formulés.

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. Cependant, 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 note. 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. Il est encourageant de voir plus de candidats organiser leurs réponses en utilisant des listes à puces. Non seulement cette technique aide à organiser une longue réponse, mais elle rend aussi la notation de la réponse plus fiable. Très souvent, les longues réponses dans les questions descriptives sont trop verbeuses. L'utilisation concise de liste à puces est une façon de réduire les réponses inutilement diffuses.

Une méconnaissance courante est que les unités ne sont pas importantes, parce que l'unité incorrecte ou omise dans une réponse finale n'est souvent 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 d'entre eux 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. Le nouveau guide pédagogique accorde une importance plus grande à l'enseignement des unités, des multiplicateurs d'unités et des puissances de dix. Il en sera tenu compte dans les épreuves d'examen à partir de mai 2016.

Même si les examens de mai 2016 seront fondés sur un programme révisé, les épreuves antérieures fournissent aux élèves l'occasion de s'exercer avec le type de questions auxquelles ils devront répondre. En donnant aux candidats des réponses modèles (et en discutant aussi 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 établissements, des réponses modèles à des exercices à domicile sont fournies régulièrement. Il convient aussi d'encourager les élèves à souligner les expressions essentielles dans une question, car il arrive trop souvent qu'ils omettent une instruction ou une information. 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 peuvent bénéficier de l'étude du nouveau *Guide de physique* et du *Recueil de données de physique* de l'IB. Ces deux ouvrages sont des outils d'apprentissage importants et ils sont utiles comme listes de contrôle pour la révision. Le *Guide de physique* et le *Recueil de données de physique* peuvent être fournis sous forme annotée par l'enseignant, avec des références aux pages du manuel, des liens vers des sites Web et des références à des questions d'épreuves antérieures. Bien que cette tâche demande du temps, elle est très facile à accomplir étant donné que ces deux documents sont sous format numérique. S'ils ne peuvent pas être fournis sous forme annotée au début du cours, les annotations peuvent alors être ajoutées par les candidats à mesure que le cours progresse. On conseille aux enseignants de consacrer des périodes, pendant la révision, pour expliquer l'utilisation de chaque équation et de tous les éléments de données dans le *Recueil de données de physique*. Puisque désormais les futurs candidats pourront uniquement répondre aux questions de l'une des quatre options, il est essentiel que les établissements choisissent une option qui est à la fois populaire et adaptée aux capacités des candidats et du personnel enseignant. Certains thèmes d'options peuvent comprendre des sujets que le personnel n'a jamais enseignés ni même vus auparavant. Il est possible que les départements de physique aient besoin d'organiser des sessions de formation interne pour décider de la meilleure stratégie d'enseignement de ces nouveaux sujets. Ces nouveaux thèmes d'options sont fermement établis pour l'avenir prévisible, de sorte qu'il s'agit d'un bon moment pour réviser les programmes de travail ou pour en élaborer de nouveaux.

Dans les formulaires G2, les établissements déplorent parfois que les questions testent des informations qui ne se trouvent pas dans le guide pédagogique. Il est important de se rappeler que le *Guide de physique* fournit un cadre, soit une liste d'objectifs globaux et d'objectifs spécifiques ainsi que des énoncés d'évaluation. Le guide pédagogique ne prétend pas être une liste définitive de faits. Il existe plusieurs excellents manuels de l'IB 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 de l'IB (CPEL), Wikipedia, HyperPhysics, le CERN, la NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, physics.unsw.edu.au, etc., fournissent une panoplie d'informations pertinentes et captivantes. Les enseignants peuvent organiser ces sources en une ressource d'apprentissage très utile, en complément des manuels, dans l'enseignement des options (et du tronc commun).