

PHYSIQUE TZ2 (IBAP & IBAEM)

Seuils généraux de classement des notes

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 15	16 - 27	28 - 39	40 - 49	50 - 58	59 - 68	69 - 100

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 14	15 - 25	26 - 38	39 - 49	50 - 58	59 - 68	69 - 100

Variantes d'épreuves d'examen en fonction des fuseaux horaires

Afin de protéger l'intégrité des examens, on utilise de plus en plus des variantes d'épreuves d'examen en fonction des fuseaux horaires. En utilisant des variantes des mêmes épreuves d'examen, les candidats dans une partie du monde n'auront pas toujours la même épreuve d'examen que des candidats dans d'autres parties du monde. Un processus rigoureux est appliqué de façon à faire en sorte que ces épreuves soient comparables quant au niveau de difficulté et à la couverture du programme, et des mesures sont prises pour garantir que les mêmes normes de notation sont appliquées aux copies d'examen des candidats pour les différentes versions des épreuves d'examen. Pour la session d'examen de mai 2008, le BI a produit des variantes d'épreuves de Physique pour des fuseaux horaires différents.

Évaluation interne

Seuils de classement des notes des composantes

Niveau supérieur

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

Niveau moyen

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

Gamme et caractère approprié du travail présenté

La majorité des écoles offrent une gamme et une complexité excellentes de recherches. Bien qu'on ait révisé à la baisse les notes de certaines écoles et révisé à la hausse celles d'autres écoles, il était évident que les critères d'évaluation interne avaient été appliqués d'une manière juste et cohérente. Il était aussi évident que les enseignants avaient examiné le matériel de soutien pédagogique sur le Centre de programmes en ligne. Cependant, de nombreuses écoles n'utilisèrent pas la version appropriée de mai 2008 du formulaire 4/PSOW qui doit être signée par l'élève. Certaines écoles omirent les instructions de l'enseignant et la feuille de couverture 4/IA.

Le projet du Groupe 4 est une entreprise de collaboration et il n'est donc pas approprié pour une évaluation selon les critères d'organisation et les autres critères révisés. Pour cette même raison, les élèves ne devraient pas travailler en groupe lorsque leurs rapports de travaux pratiques doivent être évalués. Il était évident que certains élèves avaient partagé des données, des graphiques et même des idées d'organisation ; un travail de ce type peut faire partie d'un bon cours de physique d'école secondaire mais il ne convient pas pour une évaluation. Les élèves ne peuvent pas travailler ensemble sur les examens de l'IB et il en est de même lorsque des travaux pratiques doivent être évalués.

Les recherches de l'organisation (a) nécessitent une incitation ouverte faite par l'enseignant. Les enseignants peuvent fournir la variable dépendante mais il doit y avoir un certain nombre de variables indépendantes possibles. Les meilleurs sujets d'organisation concernent le rapport ou la fonction entre des variables et pas des valeurs spécifiques de grandeurs physiques ni la confirmation de lois connues. Les élèves ne devraient pas faire de recherches (dans les manuels, sur Internet, etc.) lors de la conception d'une recherche d'organisation.

Il y eut quelques cas où les enseignants indiquèrent aux élèves les données à recueillir et comment les porter sur un graphique. Quelques écoles utilisent encore des feuilles de travail (et évaluent alors le recueil de données et le traitement et la présentation des données). Cela est manifestement inopportun et ne permet pas à l'élève d'obtenir le maximum de points.

Performance des candidats relativement à chaque critère

Les recherches d'organisation se voient attribuer de temps des notes trop hautes par les enseignants et celles-ci doivent être révisées à la baisse parce que l'enseignant a fourni trop d'informations. Le recueil de données fut de temps en temps noté trop haut parce que les élèves et les enseignants omirent l'appréciation des erreurs et des incertitudes. En physique, toutes les mesures impliquent un certain degré d'incertitude. En ce qui concerne le traitement et la présentation des données, les élèves du niveau supérieur oublient souvent que des pentes minimum et maximum sont attendues d'eux sur les graphiques linéaires. En ce qui concerne la conclusion et l'évaluation, les élèves ont besoin d'une appréciation claire de chacun des trois aspects. La CÉ est probablement le critère le plus dur pour obtenir le descriptif 'complètement' pour tous les aspects. Lorsque les enseignants ont donné une note trop basse (et que les réviseurs de notation ont augmenté la note de l'élève), c'était parce que l'enseignant semblait penser que le niveau 'complètement' signifiait parfait. Chaque aspect a besoin d'être abordé de manière appropriée pour se voir attribuer le descriptif 'complètement', mais des erreurs peuvent être faites et 'complètement' ne signifie pas 'parfait'.

On trouvera ci-après des détails spécifiques sur la révision de la notation du travail d'évaluation interne des écoles.

Lorsque les réviseurs de notation révisent les notes à la baisse

Organisation

- (a) Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsque la question, l'hypothèse et/ou les variables indépendantes et contrôlées de la recherche sont données par l'enseignant, Le réviseur de notation abaissera la note de l'aspect pertinent à 'a' (aucunement). Un objectif général est acceptable si les élèves ont modifié sensiblement l'incitation ou la question de l'enseignant (par exemple s'ils l'ont rendue plus précise). Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsque l'hypothèse n'a pas été expliquée ou que l'explication est manifestement contraire à la théorie telle qu'on peut s'attendre à ce qu'un candidat de physique moyen du BI la connaisse. Le réviseur de notation attribuera 'p' pour le deuxième aspect.
- (b) Le réviseur de notation révisera la note à la baisse lorsqu'une feuille de méthode est donnée et que celle-ci est suivie par l'élève sans aucune modification ou lorsque tous les élèves utilisent des méthodes identiques ; dans ce cas, les réviseurs de notation donnent a, a, a = 0. Le réviseur de notation baissera la note lorsque l'enseignant donne c, c, c mais qu'il est évident qu'on a indiqué aux élèves l'appareil et les matériaux dont ils ont besoin. Le maximum que les réviseurs de notation puissent attribuer est a, c, c = 2.

Recueil des données

Le réviseur de notation révisera les descripteurs à la baisse lorsqu'un tableau photocopie est fourni avec des en-têtes et des unités qui sont remplis par les élèves. Le maximum que le réviseur de notation puisse donner est p, a = 0. Si l'élève n'a pas enregistré d'incertitudes dans aucune donnée quantitative, le maximum donné par le réviseur de notation est alors 'p' pour le premier aspect. Si l'élève a fait preuve d'*incohérence répétée* dans son utilisation des chiffres significatifs lors de l'enregistrement des données, le maximum qu'un réviseur de notation puisse attribuer est 'p' pour le deuxième aspect. En physique, les données sont toujours quantitatives. Le fait de tracer des lignes de force autour d'un aimant ne constitue pas un recueil de données.

Traitement et présentation des données

Le réviseur de notation révisera les descripteurs à la baisse lorsqu'un graphique avec des axes déjà légendés est fourni (ou lorsqu'on a indiqué aux élèves quelles variables porter sur le graphique) ou lorsque les élèves suivent des questions structurées afin d'effectuer le traitement des données. Le maximum que le réviseur de notation puisse donner est c, a = 1. Si les erreurs ne sont pas propagées (NS uniquement) ou si une erreur aléatoire totale n'est pas estimée (NM), la note maximum révisée est c, p = 2. Il faut se rappeler qu'un graphique avec droite de meilleur ajustement suffit pour satisfaire l'exigence de la propagation des erreurs et des incertitudes.

Conclusion et évaluation

Si l'enseignant fournit des questions structurées pour inciter les élèves à la discussion, la conclusion et la critique, alors, suivant la précision des questions de l'enseignant et la qualité de la réponse des élèves, le descripteur maximum attribué est *partiellement* pour chaque aspect pour lequel l'élève a été guidé. Le réviseur de notation juge uniquement la contribution des élèves. Le réviseur de notation doit réviser les descripteurs à la baisse si l'enseignant donne c, c, c = 3 mais si l'élève a indiqué comme seule critique qu'il n'a pas eu assez de temps pour terminer. Le maximum que le réviseur de notation puisse attribuer est c, a, c = 1.

Cas dans lesquels les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse

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

Organisation

- (a) Une variable dépendante a été donnée par l'enseignant ou l'élève na pas mentionné de variable dépendante (il est surprenant qu'elle ne figure pas dans le descripteur de l'aspect 3). Le réviseur de notation ne révisera pas à la baisse s'il n'est pas d'accord avec l'hypothèse expliquée mais s'il estime que l'élève fait preuve d'une application raisonnable de connaissances du niveau du BI. Une physique incorrecte n'est pas pénalisée. L'explication de l'hypothèse est simpliste mais la seule possible dans le cadre de la tâche. Dans ce cas, le réviseur de notation soutiendra l'élève mais fournira des commentaires à l'enseignant quant au caractère impropre de la tâche pour la production d'une hypothèse significative. Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsque les variables indépendantes et contrôlées ont été clairement identifiées au cours de la procédure mais lorsqu'elles ne sont pas données comme une liste séparée (nous notons le rapport tout entier et il n'est pas obligatoire de rédiger le rapport en suivant les désignations des aspects). Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsqu'il y a une liste de variables et qu'il est clair d'après la procédure lesquelles variables sont indépendantes et lesquelles sont contrôlées.
- (b) Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsque des procédures similaires (pas identiques mot pour mot) sont données pour une tâche limitée. Cependant, le réviseur de notation fera un commentaire quant au caractère impropre de la tâche sur le formulaire 4/IAF. Les réviseurs de notation ne notent pas seulement la liste de matériel. Ils tiennent compte d'une identification claire du matériel dans une procédure progressive. Il faut se rappeler que les réviseurs de notation examinent le rapport tout entier. Les réviseurs de notation n'insistent pas sur une précision de mesure + ou - des appareils à mentionner dans la liste d'appareils. Cela n'a jamais été spécifié aux enseignants et le concept de l'enregistrement des incertitudes est couvert dans RD. Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse la note d'un enseignant si un matériel courant tel que des lunettes de sécurité ou des blouses de laboratoire n'est pas mentionné dans la liste. Certains enseignants considèrent qu'il est essentiel de les mentionner chaque fois et certains enseignants considèrent qu'ils font partie intégrale de tout travail en laboratoire et que cela va sans dire. Les réviseurs de notation soutiennent ici l'attitude de l'enseignant.

Recueil des données

Dans un exercice de recueil de données complet comprenant éventuellement plusieurs tableaux de données, l'élève a été incohérent avec des chiffres significatifs pour juste un point de données ou il a omis des unités dans un en-tête de colonne. Si le réviseur de notation estime que l'élève a montré qu'il était attentif à ces aspects et qu'il a fait une erreur d'inattention, le réviseur de notation peut alors encore soutenir l'attribution du maximum de points en vertu de la règle que 'complètement' ne signifie pas 'parfait'. C'est là un principe important étant donné que les bons élèves qui effectuent de manière complète une tâche d'une certaine envergure sont pénalisés injustement plus souvent que les élèves abordant un exercice simpliste. Il ne faut pas réviser à la baisse si l'élève n'a pas inclus d'observation(s) qualitative(s) et si le réviseur de notation ne peut penser à aucune qui aurait été manifestement appropriée. Le réviseur de notation ne réviser pas à la baisse si le tableau n'a

pas de titre si ce à quoi se rapportent les données dans le tableau est évident. Souvent, les élèves font tout le travail ardu pour RD et l'enseignant leur fait perdre un point parce qu'ils n'ont pas donné de titre au tableau. Sauf pour les recherches étendues, le sujet sur lequel porte le tableau est normalement évident et l'en-tête de section 'Données brutes' suffit. Encore une fois, le descriptif 'c' ne signifie pas parfait.

Traitement et présentation des données

Les attentes en ce qui concerne le traitement des erreurs et des incertitudes en physique sont décrites dans le Guide pédagogique et dans le matériel de soutien pédagogique 1. On n'attend pas des élèves du niveau moyen de traiter des incertitudes dans les calculs. Cependant, ils peuvent faire des énoncés sur l'incertitude minimum, basée sur le chiffre le moins significatif dans une mesure, et ils peuvent aussi faire des énoncés sur l'assertion de précision du fabricant. Ils peuvent estimer des incertitudes dans les mesures composées (\pm la moitié de la plage à l'extrémité mesurée et à l'extrémité zéro), et ils peuvent estimer approximativement les incertitudes dans la méthode de mesure. Si les incertitudes sont suffisamment petites pour être ignorées, le candidat devrait mentionner ce fait.

Pour le critère TPD, les candidats au niveau supérieur devraient être capables d'exprimer les incertitudes sous forme de fractions et de pourcentages. Ils devraient aussi être capables de propager les incertitudes à travers un calcul. Les pentes minimum et maximum devraient être tracées sur les graphiques en utilisant des barres d'incertitude (en utilisant les premier et dernier points de données) pour seulement une grandeur.

Aussi bien pour RD que pour TPD, si l'élève s'est manifestement efforcé de considérer ou de propager des incertitudes (selon qu'il s'agit d'un candidat au NS ou au NM), les réviseurs de notation soutiennent alors les descriptifs attribués par l'enseignant même s'ils pensent que l'élève aurait pu faire un effort plus poussé. Les réviseurs de notation ne devraient pas punir un enseignant ou un élève si le protocole n'est pas celui qu'ils enseignent, c'est-à-dire des incertitudes de balance mécanique indiquées comme $\pm 0.01g$ alors qu'ils peuvent estimer que, si on considère la pesée par tare, l'incertitude devrait alors être doublée. Le stade de la révision de la notation n'est pas le moment approprié pour établir le protocole préféré du BI.

Conclusion et évaluation

Les réviseurs de notation appliquent souvent le principe du descripteur 'complètement' comme ne signifiant pas 'parfait'. Par exemple, si l'élève a identifié les sources les plus judicieuses d'erreurs systématiques, le réviseur de notation peut alors soutenir le niveau attribué par l'enseignant même si le réviseur de notation peut en identifier une de plus. Les réviseurs de notation sont un peu plus critiques dans le troisième aspect sur le fait que les modifications se rapportent réellement ou pas aux sources d'erreur mentionnées. Si le réviseur de notation estime qu'une tâche était trop simple pour satisfaire l'esprit des critères, il fournira alors des commentaires sur le formulaire 4IAF quant au caractère impropre de la tâche en donnant des justifications complètes mais il ne révisera pas nécessairement à la baisse les points attribués à l'élève. Oui, cela signifie que des élèves pourraient obtenir de bonnes notes pour les critères RD et TPD pour un travail assez bref sur des données limitées mais, s'ils ont satisfait les exigences des aspects de ces critères avec ce travail d'une ampleur limitée, le réviseur de notation approuvera alors les points attribués par l'enseignant.

Recommandations pour l'enseignement des candidats futurs

- Les critères d'évaluation interne actuels seront remplacés dans la session d'examen de mai 2009. Les plans d'évaluation interne actuels seront révisés pour la dernière fois lors de la session d'examen de novembre 2008. Les enseignants préparant les élèves pour mai 2009 doivent suivre le nouveau programme et les nouveaux critères d'évaluation interne, y compris les exigences combinées du NM et du NS pour les erreurs et les incertitudes, la nouvelle exigence relative à l'utilisation des TIC, et les nouvelles attentes pour le Groupe 4.
- Les écoles ayant une session d'examen en novembre 2008 suivent encore la structure actuelle du projet du Groupe 4. Il convient de souligner que le projet du groupe n'est pas approprié pour être évalué selon les critères Organisation (a), Organisation (b), RD, TPD ou CÉ.
- Les recherches sur Internet pour l'Organisation (a) ne devraient pas être encouragées. Cela s'applique au nouveau critère Conception. Les élèves devraient réfléchir eux-mêmes sur l'incitation donnée par l'enseignant. Si les élèves connaissent l'équation décrivant la fonction faisant l'objet de la recherche, une expérience d'organisation (ou une expérience de conception) n'est alors pas approprié. Les incitations des enseignants doivent être ouvertes. La détermination de la chaleur massique d'un matériau non connu ou la détermination de la valeur de la gravité ne sont pas appropriées pour le nouveau critère Conception.
- On s'attend à ce que les élèves utilisent du papier pour graphiques ou des graphiques produits par ordinateur. Les élèves de quelques écoles tracent des axes à la main et portent des points de données de manière approximative sur les graphiques. Les élèves ne devraient pas créer simplement des barres d'erreurs ; ils devraient faire une estimation assez bonne ou un calcul pour les barres d'erreurs.
- Les élèves devraient s'exercer à faire une variété de travaux évalués pendant les deux années du cours et ils ne devraient pas s'attendre à obtenir le maximum de points pour simplement deux travaux de recherche effectués au début du cours.
- Les élèves de même que les enseignants doivent signer le formulaire 4/PSOW ; une feuille de couverture 4/IA est aussi nécessaire de même qu'un énoncé des instructions de l'enseignant pour tout travail de recherche évalué. Le nouveau formulaire 4/PSOW pour mai 2009 a aussi une colonne pour la nouvelle exigence sur l'utilisation des TIC.
- Les élèves devraient être au courant des critères d'évaluation interne et avoir leur propre exemplaire de ceux-ci. De nombreux enseignants utilisent une feuille de couverture, une approche avec liste de contrôle, pour noter l'évaluation interne. Cela est utile aussi bien pour l'enseignant, pour les étudiants et pour les réviseurs de notation.
- Le BI encourage l'utilisation de l'enregistrement de données dans les travaux évalués. L'axiome clé à suivre est que les élèves doivent être évalués sur leur contribution individuelle à la tâche évaluée. Pour pouvoir le juger, les réviseurs de notation doivent être guidés par l'enseignant qui sait exactement de que les élèves avaient à faire. Le réviseur de notation applique les normes habituelles en ce qui concerne les attentes en matière de présentation des données (unités, incertitudes,

etc.) et de graphiques (droites de meilleur ajustement, légendes des axes, échelles appropriées, etc.). Consulter la section pertinente du matériel de soutien pédagogique sur le Centre de programmes en ligne pour des exemples d'utilisation des TCI évalués et non évalués dans les travaux de recherche des élèves.

Commentaires généraux sur les épreuves écrites

Les épreuves de physique IB à choix multiple sont conçues de manière à comporter, dans l'ensemble, des questions vérifiant la connaissance de faits, de concepts et de terminologie et l'application de ces connaissances. Ces objectifs d'évaluation sont spécifiés dans le Guide.

Il convient de noter que les questions à choix multiples permettent de vérifier les définitions et les lois sans rappel complet, mais qu'elles ont besoin d'une compréhension des concepts sous-jacents.

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

Dans les épreuves 2 et 3, on demande parfois aux candidats de rédiger de brefs paragraphes de façon à pouvoir évaluer leur compréhension des sujets. Comme le montrent de nombreuses réponses, il est clair que les candidats ont été formés pour donner des définitions et pour effectuer des calculs, mais que leur compréhension des concepts de physique sous-jacents est médiocre. C'est ce manque de compréhension qui empêche les candidats d'obtenir les notes finales plus élevées.

Les candidats devraient être encouragés à donner des définitions précises pour les grandeurs physiques. Les définitions données partiellement ou totalement en termes d'unités ne sont pas acceptables.

Épreuve un

Seuils de classement des notes des composantes

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 10	11 - 15	16 - 21	22 - 25	26 - 28	29 - 32	33 - 40

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 18	19 - 21	22 - 23	24 - 30

Commentaires généraux

Un certain nombre de questions sont communes aux épreuves du NM et du NS, les questions supplémentaires des épreuves du NS couvrant une partie complémentaire du programme.

Seul un petit pourcentage du nombre total d'enseignants ou du nombre total de centres passant l'examen renvoyèrent des formulaires G2. Par exemple, au NS, il y eut 51 réponses de 475 centres. Par conséquent, il est difficile d'évaluer les opinions générales étant donné que ceux qui renvoient des formulaires G2 sont peut-être uniquement ceux qui ont beaucoup à dire sur les épreuves. Les réponses indiquèrent que les épreuves de mai 2008 furent bien reçues dans l'ensemble. La majorité des enseignants qui firent des commentaires sur les épreuves estimaient qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié. Seulement 4% des réponses sur le G2 suggérèrent que les épreuves étaient plus difficiles que l'année dernière et toutes suggérèrent que les épreuves donnaient une bonne couverture ou une couverture satisfaisante du programme. La plupart des enseignants qui fournirent des réponses sur le G2 estimaient que la présentation des épreuves était bonne ou satisfaisante.

Analyse statistique

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

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

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	309	1826*	1083	248	8	52.56	0.27
2	2902*	241	76	246	9	83.53	0.28
3	226	2466*	545	236	1	70.98	0.36
4	316	305	1407*	1442	4	40.50	0.39
5	2632*	292	256	290	4	75.76	0.25
6	1755*	113	46	1557	3	50.52	0.26
7	67	1704*	328*	1373	2	58.49	0.27
8	1333	1429*	541	161	10	41.13	0.46
9	379	2793*	215	86	1	80.40	0.30
10	163	130	2895*	282	4	83.33	0.29
11	767	1394*	687	620	6	40.13	0.57
12	2211*	482	150	626	5	63.64	0.50
13	869	132	2246*	224	3	64.65	0.50
14	197	655	793	1822*	7	52.45	0.43
15	25	85	1864	1499*	1	43.15	0.46
16	286	353	165	2666*	4	76.74	0.33
17	701	2090*	430	251	2	60.16	0.51
18	318	799	1919*	431	7	55.24	0.56
19	230	65	3017*	160	2	86.85	0.23
20	861	815	1537*	257	4	44.24	0.37

21	59	347	286	2778*	4	79.97	0.32
22	55	445	203	2768*	3	79.68	0.51
23	2452*	295	662	61	4	70.58	0.21
24	1150	206	1806*	306	6	51.99	0.47
25	2068*	671*	429	291	15	78.84	0.31
26	361	58	255	2796*	4	80.48	0.33
27	2601*	370	320	165	18	74.87	0.43
28	150	1842*	1275	201	6	53.02	0.24
29	552	557	548	1799*	18	51.78	0.47
30	249	239	2050*	928	8	59.01	0.43
31	923	1552*	570	421	8	44.67	0.38
32	1203*	433	1048	766	24	34.63	0.50
33	430	1529	1090*	406	19	31.38	0.27
34	568	2567*	201	128	10	73.89	0.44
35	184	393	610	2271*	16	65.37	0.48
36	1375*	909	599	568	23	39.58	0.39
37	398	355	1217	1470*	34	42.31	0.35
38	229	845	1974*	409	17	56.82	0.39
39	2053*	692	231	479	19	59.10	0.43
40	695	76	1037	1647*	19	47.41	0.36

Nombre de candidats : 3474

Analyse des questions de l'épreuve 1 du niveau moyen

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	321	1436*	1058	393	12	44.60	0.22
2	2356*	358	187	312	7	73.17	0.46
3	283	1735*	837	363	2	53.88	0.50
4	2410*	57	339	411	3	74.84	0.17
5	321	27	57	2812*	3	87.33	0.16
6	2017*	456	320	419	8	62.64	0.29
7	1083*	176	63	1890	8	33.63	0.21
8	128	1458*	236*	1392	6	52.61	0.24
9	1327	921*	650	314	8	28.60	0.26
10	167	1910	983*	140	20	30.53	0.06
11	2211*	380	360	247	22	68.66	0.51
12	214	1088	286	1624*	8	50.43	0.50
13	191	308	2521*	199	1	78.29	0.32
14	1800*	761	361	279	19	55.90	0.49
15	141	325	2155*	595	4	66.93	0.47
16	442	563	266	1938*	11	60.19	0.44
17	726	1287*	685	512	10	39.97	0.48
18	658	890	1183*	480	9	36.74	0.48
19	102	528	407	2175*	8	67.55	0.46
20	81	566	406	2164*	3	67.20	0.34
21	1709*	123	1054	331	3	53.07	0.37
22	520	535*	1656	474	35	16.61	0.15
23	1691*	808	419	274	28	52.52	0.54
24	433	467	330	1951*	39	60.59	0.57
25	217	1690*	1038	263	12	52.48	0.14
26	648	620	754	1118*	50	34.72	0.41
27	1097	200	1624*	283	16	50.43	0.16
28	508	2234*	245	186	47	69.38	0.49
29	530	708	1421*	523	38	44.13	0.32
30	810	1842*	339	187	42	57.20	0.40

Nombre de candidats : 3220

Commentaires sur cette analyse

Difficulté. Pour le NS, l'indice de difficulté varie entre environ 9 % (questions relativement 'difficiles') et environ 87 % (questions relativement 'faciles'). Les valeurs correspondantes pour le NM sont 7 % et 87 % respectivement. La majorité des questions avaient un indice de difficulté situé entre 30 % et 70 %. Les épreuves fournissaient ainsi de nombreuses occasions à tous les candidats d'obtenir des points, tout en donnant une répartition adéquate des notes.

Discrimination. Toutes les questions, à une exception près (NS Q25) avaient une valeur positive pour l'indice de discrimination. Idéalement, l'indice devrait être plus élevé qu'environ 0,2. Cela fut obtenu pour la majorité des questions. Cependant, il est possible qu'un faible indice de discrimination ne provienne pas d'une question médiocre. Il pourrait indiquer une méconnaissance courante parmi les candidats ou une question avec un indice de difficulté élevé, c'est-à-dire que la plupart des candidats trouvent la réponse correcte.

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

Commentaires sur des questions sélectionnées

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

Questions communes au NM et au NS

NM Q7 NS Q6

Après réflexion, l'équipe d'examineurs estima qu'il aurait été préférable d'avoir omis les mots "de ce moteur". Cependant, cette question avait un indice de discrimination raisonnable, un choix populaire étant D, ce qui est clairement incorrect.

NM Q8 et NS Q7

Beaucoup de candidats répondirent mal à cette question car ils ne remarquèrent pas que le graphique était un tracé de la longueur en fonction de la charge et ils choisirent donc B comme l'option correcte. Bien que les aires Y et Z soient égales, Z est la seule qui représente réellement l'énergie stockée. Cependant, l'équipe d'examineurs décida que, à cause de la possibilité d'interprétation erronée du mot "représente" dans la prémisse, les options B et C devraient toutes deux être acceptées comme correctes. Un autre distracteur très populaire fut D, qui est clairement incorrect.

Questions du NS**NS Q13**

Plusieurs enseignants commentèrent que la formulation de cette question était vague et qu'elle prêtait aussi à confusion parce qu'elle ne spécifiait pas quel équilibre était nécessaire, équilibre de translation ou de rotation. Il convient de noter que le terme "équilibre" tout seul implique les deux. Les statistiques pour cette question étaient bonnes, plus de 2000 candidats ayant choisi l'option correcte.

NS Q14

L'équipe d'examineurs a reconnu que cette question aurait pu être formulée plus clairement. Cependant, les statistiques sont bonnes et il n'y a rien qui suggère que les candidats furent désavantagés.

NS Q25

Les statistiques ont suggéré qu'il y avait un problème avec cette question, la seule question avec un indice de discrimination négatif. Il semblerait que la plupart des candidats aient compris que la personne s'approchait de la source de plein front alors que le schéma montrait clairement que ce n'était pas le cas. À cause de cette méprise, la majorité des candidats choisirent le distracteur A comme leur réponse. Estimant que la formulation de cette question aurait pu être plus claire, l'équipe d'examineurs décida d'accepter à la fois les options A et B comme réponses correctes.

NS Q30

L'adjectif "magnétique" aurait probablement dû être utilisé pour décrire la force et éviter ainsi tout ambiguïté possible. Cependant, les statistiques suggérèrent que cette question avait un bon indice de discrimination, plus de 2000 candidats ayant choisi l'option correcte.

NS Q33

L'équipe d'examineurs reconnaît que les transformateurs parfaits sont compliqués et que les effets d'auto-inductance et d'inductance mutuelle doivent être considérés. Cependant, un transformateur parfait avec le circuit ouvert secondaire (ou avec une grande charge) donnera l'option correcte C. Il faut toujours se rappeler que, dans les questions fermées, on demande aux candidats de choisir la meilleure réponse. Cette question avait un bon indice de discrimination, de nombreux candidats (plus faibles) ayant choisi l'option D, qui est clairement incorrecte.

NS Q37

Plusieurs enseignants firent le commentaire que la réponse correcte n'était vraie que pour les vitesses non relativistes. L'équipe d'examineurs estima que l'inclusion dans la prémisse d'un commentaire tel que "pour les petites vitesses" ne servirait qu'à déconcerter les candidats qui n'avaient pas choisi l'option de Relativité. Il convient aussi de noter que l'option correcte est la meilleure réponse.

Questions du NM**NM Q4**

Malheureusement, il y avait une erreur de tirage d'épreuve dans cette question, la quatrième barre d'erreur depuis l'origine dans le graphique en A aurait dû juste toucher la ligne.

Cependant, les statistiques montrèrent que les candidats n'avaient pas été désavantagés, plus de 2000 ayant choisi la réponse correcte. Les autres réponses étaient réparties assez uniformément parmi les autres distracteurs, ce qui suggère que ces candidats essayèrent de deviner la réponse.

NM Q10

Cette question avait un faible indice de discrimination. L'équipe d'examineurs convint que c'était là une question difficile et il en fut tenu compte lors de l'établissement des seuils de classement des notes.

NM Q14

La formulation de cette question aurait pu être meilleure en indiquant clairement que le temps t était le temps après que l'impulsion avait été enlevée. Les statistiques suggéreraient que c'était là l'interprétation acceptée par la plupart des candidats et il semblerait que les candidats ne furent pas désavantagés.

NM Q22

Cette question avait un faible indice de discrimination. L'équipe d'examineurs convint que c'était là une question difficile et il en fut tenu compte lors de l'établissement des seuils de classement des notes.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

Les candidats devraient essayer de répondre à chaque question. S'ils ne sont pas sûrs de la réponse correcte pour une question particulière, ils devraient la laisser et passer à la suivante. Cependant, ils devraient laisser suffisamment de temps pour revenir sur ces questions et, s'ils n'arrivent toujours pas à fournir la réponse correcte, ils devraient alors toujours choisir l'option qui leur semble la plus vraisemblable. Il convient de souligner qu'une réponse incorrecte n'entraîne pas de déduction de points.

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

Après avoir décidé la réponse correcte, s'ils en ont le temps, les candidats devraient vérifier que toutes les autres options ne sont pas faisables.

Épreuve deux

Seuils de classement des notes des composantes

Niveau supérieur

Note finale	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes	0 - 10	11 - 20	21 - 31	32 - 40	41 - 49	50 - 58	59 - 95

Niveau moyen

Note finale	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes	0 - 4	5 - 9	10 - 17	18 - 22	23 - 26	27 - 31	32 - 50

Commentaires généraux

Il y eut quelques copies d'examen excellentes aux deux niveaux. Cependant, de nombreux candidats trouvèrent difficile d'obtenir de très bons résultats bien qu'un grand nombre de points aient été accessibles aux élèves moins diligents ou plus faibles. Les réponses aux questions qualitatives ou descriptives manquaient souvent de précision ou étaient incomplètes. On peut faire des observations similaires sur l'expression des lois de même que sur l'explication ou l'interprétation des événements relativement aux lois de physique.

Généralement, les candidats faisaient preuve de bonnes connaissances dans la mécanique classique, la physique thermique et les ondes. Leurs connaissances des champs (électriques, magnétiques et gravitationnels) étaient plus limitées. Leurs connaissances de la physique moderne étaient aussi limitées et incomplètes. Au NS, il fut surprenant de constater que la production et la caractéristique des rayons X étaient mal connues. Il est possible que certaines parties du programme soient couvertes de façon superficielle ou trop rapide. Celles-ci comprendraient la gravitation, le mouvement des particules dans un champ magnétique, l'induction électromagnétique et les ondes stationnaires.

Les réponses à la question portant sur la voiture passant à travers le réservoir d'eau furent rarement complètes parce que les candidats trouvèrent difficiles d'adapter leurs connaissances et leurs compétences analytiques à de nouvelles situations même si la question est structurée de manière à faciliter les réponses. Dans la question d'analyse des données, de nombreux candidats ne savaient pas comment tracer à main levée une droite de meilleur ajustement et ils étaient incapables de calculer la pente de la courbe à un point donné. Peut-être qu'ils ne connaissaient pas la signification de la pente d'une courbe.

Parties du programme et de l'examen qui semblèrent difficiles aux candidats

L'équipe d'examineurs identifia aussi les aspects suivants présentant des difficultés pour beaucoup de candidats.

Dans le domaine de la mécanique :

- La nature et le rôle de la force centripète pendant le mouvement d'une voiture autour d'un virage (pas besoin du tout de système de référence accéléré). La force centripète devrait toujours être identifiée physiquement.
- L'application des relations de dynamique et d'énergie avec le mouvement de corps dans un champ gravitationnel (satellite).

Dans le domaine des champs :

- Nature et caractéristiques des lignes de champ
- Comportement des particules chargées en mouvement dans un champ magnétique, y compris mouvement circulaire

Dans le domaine de l'induction électromagnétique :

- Loi de Faraday
- Fonctionnement détaillé d'un transformateur, calculs des valeurs efficaces de V et I au primaire et au secondaire

Dans le domaine de la physique atomique

- Production de rayons X et interaction des rayons X avec la matière

Dans le domaine de la physique nucléaire

- Mesure de demi-vie longue
- Détails du phénomène de la radioactivité
- Énergie de liaison dans la fission

Dans le domaine des ondes :

- Principe de superposition des ondes et son application à l'interférence des ondes
- Formation des ondes stationnaires

Dans le domaine de la thermodynamique

- Transformation adiabatique sur un diagramme p-V

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

Généralement les candidats firent preuve de connaissances moyennes à bonnes dans les domaines suivants :

- Chaleur latente et chaleur massique
- Phénomènes des ondes (faits fondamentaux)
- Applications numériques impliquant des formules
- Questions simples et claires, par exemple, sur la quantité de mouvement et l'énergie cinétique
- Mouvement accéléré uniformément
- Définitions et unités dérivées

Un nombre croissant de candidats parvint à ne pas perdre de points à cause d'une utilisation incorrecte de chiffres significatifs ou d'unités erronées. On voit rarement un nombre important de chiffres significatifs retenus dans les calculs.

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

Il y avait beaucoup de questions communes entre le NM et le NS. Les commentaires ci-dessous sont disposés dans l'ordre dans lequel les questions apparaissaient dans le NS. Des questions appartenant uniquement au NM sont aussi comprises.

Section A

A1 [(a)-(d) NS et NM]- Question sur l'analyse de données

Le niveau de compétences analytiques variait sensiblement entre les candidats. Cependant, beaucoup furent capables d'obtenir un bon nombre de points. La capacité des candidats de tracer à main levée une courbe correcte à travers les points a déterminé leur réussite dans l'interpolation ou l'extrapolation de valeurs numériques ou dans le traçage raisonnable d'une tangente à la courbe. (a et b) On attendait des candidats qu'ils exécutent attentivement les différentes étapes et qu'ils produisent des valeurs numériques raisonnablement exactes. La pente négative n'a pas toujours été reconnue. Dans la question (c), les candidats pouvaient donner une explication pour un rapport non linéaire dans le graphique, mais beaucoup de réponses étaient très incomplètes ou ne mentionnaient pas le gradient ou la pente variable. Au lieu de cela, beaucoup essayèrent d'utiliser la loi d'Ohm et l'effet de l'énergie thermique sur la résistance électrique. Dans leur réponse à la question (d), beaucoup de candidats n'utilisèrent pas de degrés Kelvin ou ne calculèrent que deux valeurs à partir des données, mais la majorité d'entre eux obtinrent au moins deux points ; Dans la réponse à la question (a) (ii) NS, certains candidats donnèrent des pourcentages d'incertitudes avec 2 chiffres significatifs alors que la question portait sur une estimation.

A2 [NS] Radioactivité

(a) Le fait que la demi-vie était aussi longue ne fut pas reconnu par beaucoup de candidats qui suggérèrent des méthodes peu réalistes. Très peu suggérèrent de mesurer l'activité et le nombre d'atomes de l'isotope. L'importance de la relation $A = \lambda N$ n'a pas été reconnue. Dans la réponse à la question (b), seul un petit nombre de candidats reconnurent que la fraction était égale à $(0,5)^{1,6}$.

A2 [NM] Unités

Beaucoup de candidats choisirent le newton comme l'unité "dérivée" mais donnèrent la réponse correcte pour les unités de vitesse. La détermination des unités dérivées de k fut généralement bien exécutée, l'attribution de points pour erreur reportée étant appliquée.

A3 [NS] Gaz parfait et entropie

- (a) Les candidats plus forts dessinèrent la courbe plus haute et plus pentue que la courbe donnée.
- (b) Beaucoup identifièrent G correctement ou obtinrent un point pour erreur reportée. Beaucoup ombrèrent l'aire entre les deux courbes ou obtinrent un autre point pour erreur reportée.
- (c) Beaucoup de candidats furent capables d'identifier les changements corrects d'entropie. Certains donnèrent des explications acceptables de la raison pour laquelle l'entropie du gaz diminuait.

A3 [NM] Ressorts

(a) Généralement, les réponses à cette question furent bonnes bien que certains candidats aient été incapables de déterminer l'élongation réelle de chaque ressort. L'erreur courante dans les réponses à la question (b) était de ne pas réaliser que les deux forces agissaient dans des directions opposées pour trouver la force nette.

A4 [NS] Transformateur parfait

- (a) La loi de Faraday (question classique) fut rarement exprimée de manière complète.
- (b) Dans la plupart des cas, le noyau ne fut pas mentionné dans la description du fonctionnement normal du transformateur (i). La fonction du noyau feuilleté n'était pas bien comprise, beaucoup de candidats suggérant qu'elle consistait à isoler électriquement le noyau des bobines (ii). Dans leur réponse à la question (iii), la majorité des candidats calculèrent le nombre de spires correctement mais beaucoup perdirent un point à cause des chiffres significatifs. Souvent, les candidats calculèrent le courant pour la bobine secondaire au lieu de la bobine primaire. En général, les connaissances de l'induction électromagnétique étaient médiocres, vagues et incomplètes.

A4 [NM] Électroscope

- (a) Beaucoup de candidats déterminèrent que la feuille tomberait en (a) ou s'élèverait en (b) mais ne purent montrer une répartition correcte des charges négatives sur le chapeau (a) ou sur la feuille et le chapeau (b). Par conséquent, les candidats trouvèrent difficile de suggérer pourquoi un électroscope pouvait ou ne pouvait pas donner une mesure de la charge pour différentes raisons.
- Aucune référence faite aux schémas identifiés spécifiquement dans la prémisse de la question
 - Considération du type de charge plutôt que de la quantité de charge
 - Mauvaise compréhension de l'électricité statique
- (b) En (b), il n'est pas exprimé spécifiquement que la tige est aussi enlevée, mais si l'on considère que cette procédure est classique et qu'aucune tige n'apparaît sur le schéma 4, cette omission n'est pas à l'origine des difficultés rencontrées par une majorité des candidats en (c). Cela est confirmé par le fait que beaucoup de candidats représentèrent le schéma 4 avec un type de charge. Seuls très peu de candidats réalisèrent que, lorsque la feuille était aplatie (schéma 3), le chapeau portait toujours une charge.

Section B**B1 [Partie 1 NS et (a-b) NM] Unités et quantité de mouvement****Unités [NS]**

- (a) Très peu de candidats furent capables de définir les unités fondamentales de manière satisfaisante.
- (b) Une erreur courante fut d'exprimer les unités de R en termes de "quantité de mouvement" et pas : "vitesse de changement de quantité de mouvement". Il y eut beaucoup de réponses correctes.

Definitions [(c) NS, (a) NM]

Les définitions furent généralement bonnes.

"Voiture dans parc d'attractions" [(d) NS, (b) NM]

La plupart des candidats calculèrent correctement les réponses pour (i) et (iii) mais ils n'indiquèrent pas toujours que le changement de quantité de mouvement de la voiture était

transféré à l'eau. Dans leur réponse à la question (iii), certains trouvèrent difficile de calculer l'accélération bien que des approches différentes aient été possibles. La détermination de la perte totale en énergie cinétique en (c)(i) fut bien faite (quelques candidats perdirent un point ici à cause d'erreurs de chiffres significatifs) mais un certain nombre de candidats supposèrent que le gain en énergie cinétique de l'eau était le même, ne comprenant donc pas l'objet principal de la question (iii). La perte réelle en énergie cinétique (remarquée par un certain nombre de candidats) ne fut pas expliquée ou fut mal expliquée en (d). Au lieu de cela, des lois de conservation furent exprimées sans rapport avec l'évènement. Résultats très médiocres ici, le son et la chaleur faisant souvent partie de la conclusion finale.

B1 [Partie 2 NS] Rayons X

Il fut rare qu'un candidat obtint le maximum de points pour le schéma pour la production de rayons X (a). Les rayons X et l'effet photoélectrique furent souvent confondus dans les réponses aux questions (b) et (c). L'explication du rayonnement de freinage fut mal faite ou mal comprise (c) Cette partie était une question assez directe pour laquelle des connaissances de base permettraient d'obtenir au moins 6 ou 7 points.

B1 [Partie NM] B2 [Partie 2 NS] Champs de force

- (a) Une majorité de candidats identifiaient correctement les changements d'intensité du champ (i) mais peu furent capables d'expliquer complètement pourquoi les lignes de force ne se croisaient jamais (ii). Beaucoup suggérèrent que les lignes de champ se repoussaient. Dans la réponse à la question [NS (iii)] beaucoup de candidats dessinèrent bien les lignes de force du champ, mais certains firent preuve de négligence (certaines lignes se croisant).
- (b) "Trajectoire des particules dans une chambre à bulles": L'idée du mouvement circulaire des particules échappa à un grand nombre de candidats mais beaucoup identifiaient correctement les charges opposées. Les réponses "des charges différentes" étaient quelque peu ambiguës. Peu de candidats expliquèrent complètement la forme en spirale de la trajectoire. Beaucoup suggérèrent que les deux particules se repoussaient.

B2 [Partie 1 NS et NM] Chaleur latente et chaleur massique

- (a) (i) La plupart identifiaient le concept énergie/masse mais beaucoup omirent "à une température constante".
 - (ii) Beaucoup évoquèrent la "rupture de liaisons" mais ne mentionnèrent pas une augmentation de l'énergie potentielle (concept difficile à saisir). Le lien entre la température et E_k fut bien décrit. Les concepts de vaporisation et d'évaporation furent parfois confondus.
- (b) (i) Souvent la résistance variable est omise ou n'est pas identifiée comme telle.
 - (ii) : Le courant fut calculé correctement.
 - (iii) : Peu de candidats obtinrent les 4 points maximum. La perte d'énergie thermique dans l'environnement ne fut pas réalisée et aucun effort ne fut donc fait à cet égard. Généralement, une ou deux valeurs de la chaleur massique furent calculées correctement de même que la valeur moyenne. Certains candidats furent incapables d'utiliser $\Delta m/\Delta t$ ou ne savaient pas que $Q = Pt$. Ils ne purent appliquer l'équation familière $Q = mc\Delta T$ aux données indiquées, où la masse perdue par unité de temps apparaît. La plupart obtinrent 1 ou 2 points.

- (c) Bonnes réponses aux questions (i) et (ii). Certains firent preuve de manque d'attention dans leur réponse à la question (iii) qu'ils ne lurent pas attentivement ("chaque année").

B2 [Partie 2 NM] B4 [Partie 2 (a)-(b) NS] Mouvement rectiligne (gouttes d'huile)

Un nombre important de candidats eut beaucoup de difficultés à interpréter cette question. Peu d'entre eux dessinèrent correctement 3 points sur le côté gauche du diagramme, y compris la position à $t = 0$ comme un point. La plupart des candidats firent des efforts raisonnables. Beaucoup obtinrent des points pour leurs réponses aux questions (a)(i) et (b)(i). Résultats mixtes lorsque l'accélération fut calculée dans la réponse à la question (b)(ii). Dans quelques réponses à cette question, les équations du mouvement uniformément accéléré furent utilisées aveuglément sans bien réfléchir sur la façon de les appliquer à la situation spécifique. Les examinateurs attribuèrent des points pour erreur reportée pour toutes les questions de cette partie de façon à reconnaître les connaissances des candidats.

B3 [Partie 1 NS et NM] Phénomènes ondulatoires

Les réponses aux questions de la partie 1 furent généralement bonnes, les candidats plus forts ayant fourni des réponses complètes. (a) : Résultats mixtes pour l'interprétation du graphique $x(t)$ (i) ou pour la lecture correcte sur l'axe du temps (l'unité "ms" déconcerta beaucoup de candidats) (ii). (b) : Les conditions pour les ondes stationnaires furent souvent incomplètes, certains candidats décrivant une onde stationnaire plutôt que les conditions nécessaires pour la produire (i). Beaucoup associèrent les tas à un nœud d'une onde stationnaire (ii). Le fait que $\lambda = 2 \times 9,3 \text{ cm}$ ne fut pas toujours reconnu (iii). Dans leur réponse à la question (c), beaucoup de candidats s'appuyèrent sur leurs connaissances théoriques antérieures plutôt que d'utiliser les preuves expérimentales données dans la prémisse de la question (séparation des tas de poudre $\Rightarrow \lambda$ augmente, d'où...)

B3 [Partie 1 (d-e) NS]

- (d) L'interférence constructive fut souvent expliquée dans le contexte d'une situation spécifique plutôt qu'en termes généraux. Le mot clé "déplacement" ne fut pas souvent utilisé. Très bonne interprétation du schéma des fronts d'onde.
- (e) Beaucoup de candidats calculèrent la longueur d'onde correctement bien qu'ils perdirent un point à cause d'une erreur dans le calcul de la largeur de la fente.

B3 [Partie 2 NS et NM] Désintégration nucléaire

Comme on l'a observé dans d'autres parties de cette épreuve où la physique moderne est impliquée, le niveau de réussite est assez mixte même si les questions font souvent appel uniquement à des connaissances.

- (a) Peu de candidats obtinrent le maximum de points pour leur description de la désintégration radioactive naturelle. Manque de précision (désintégration des noyaux instables, pas des atomes), caractère incomplet de la réponse ou tendance à répéter plutôt qu'à mentionner des aspects différents. Il est rarement fait référence à une "fille" plus stable comme produit de la désintégration, le noyau d'origine "disparaissant".
- (b) La fission fut généralement bien reconnue (i). Résultats mixtes pour le placement des trois éléments sur le graphique (ii). Moins de la moitié des candidats calculèrent correctement l'énergie de liaison par nucléon, la majorité ajoutant 187 MeV plutôt que de les soustraire (iii), erreur grave indiquant une très mauvaise compréhension de

l'évènement. Seuls quelques candidats exprimèrent correctement et complètement pourquoi les neutrons n'avaient pas d'énergies de liaison (iv).

B4 [Partie 1 NS] Gravitation

- (a) Cette question fut très populaire, peut-être parce qu'elle était basée entièrement sur la mécanique et peut-être aussi parce qu'elle n'impliquait pas de physique moderne. Il est possible qu'un certain nombre de candidats aient sous-estimé le niveau élevé des réponses qu'on attendait d'eux aux questions qualitatives ou descriptives. La plupart des candidats expliquèrent bien pourquoi le satellite n'était pas en équilibre (i). Beaucoup suggérèrent que le satellite (ii) était au-delà de l'attraction gravitationnelle de la Terre... faisant preuve de connaissances très médiocres. Seul un petit nombre de candidats firent preuve d'une compréhension complète dans leurs réponses à cette question.
- (b) La plupart donnèrent l'expression correcte pour E_p (i) et un bon nombre déduisit correctement l'expression pour E_k (ii).
- (c) Peu de candidats écrivirent l'expression correcte pour l'énergie totale. L'application de cette équation à un satellite était souvent incomplète et prêtait à confusion. Une majorité obtint un maximum de 2 points. Certains ne firent pas référence à (b) bien que la question ait indiqué clairement de le faire.
- (d) Réponses très médiocres. Quatre points étaient attribués à cette question, suggérant que quatre points importants et différents devaient être mentionnés. Parmi les points faibles constatés :
- Concepts de mécanique orbitale ignorés
 - Idées "superficielles" : "PE diminue, donc KE augmente...".
 - La perte d'énergie totale est rarement attribuée à la traînée atmosphérique (croissante) \Rightarrow diminution de hauteur \Rightarrow augmentation de vitesse \Rightarrow augmentation de traînée etc.
 - En considérant la relation $E_k = \frac{1}{2} mv^2$, "petit" satellite \Rightarrow "petite" masse \Rightarrow plus grande vitesse.

Un grand nombre de candidats n'obtinrent qu'1 point sur 4.

B4 [Partie 2 (c) NS] "Voiture tournant avec passagers à l'intérieur"

- (i) Les candidats mentionnèrent souvent brièvement la force centripète sans l'identifier comme une force de frottement entre le pneu **et** la route et sans donner sa direction "vers le centre du cercle" (l'expression vague "vers le sens du tournant" fut souvent utilisée).
- (ii) Une grande majorité obtint 1 point sur 3 pour avoir mentionné le rôle de l'inertie. Les candidats firent preuve de connaissances vagues, incomplètes et portant à confusion. Beaucoup suggérèrent que les passagers ressentiaient une force extérieure comme une réaction à la force centripète. Certains suggérèrent qu'une force centrifuge contrebalançait la force centripète ... réponses du type système de référence non inertiel. Certaines réponses firent preuve d'un raisonnement critique clair et efficace.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

Les efforts des enseignants pour couvrir un programme exigeant sont bien reconnus. Nous espérons que les recommandations faites ci-dessous seront utiles.

- Les candidats devraient réaliser l'importance de lire la question et les instructions **très** attentivement.
- Faire des exercices avec des épreuves antérieures du BI et le barème de notation appliqué de façon à ce que les candidats se familiarisent avec toutes les facettes d'une épreuve du BI. En fait, c'est là une manière efficace de vérifier le niveau de connaissances et les compétences des candidats tout en familiarisant les candidats avec le type de questions du BI et les attentes relatives au barème de notation. L'enchaînement des sous-questions guide les candidats vers un but spécifique.
- Les candidats devraient se familiariser avec les verbes d'action. Quand le verbe d'action est "expliquez", le nombre de points et le nombre de lignes disponibles pour la réponse indiquent qu'il faut donner plus qu'un rappel factuel pour obtenir le maximum de points. Chacune des étapes et toutes les étapes du raisonnement doivent faire partie de la réponse.
- Les candidats devraient avoir l'occasion d'appliquer leurs connaissances et leurs compétences à des situations nouvelles et peu familières. Il faut insister sur l'importance des compétences analytiques.
- Les candidats devraient se concentrer sur la précision et le caractère complet de leurs réponses lorsqu'ils fournissent des définitions et qu'ils expriment des lois. Ils devraient être capables d'identifier les symboles dans une équation en les interconnectant.
- Les candidats devraient s'exercer à dessiner à main levée les courbes de meilleur ajustement, à lire les échelles, à calculer les pentes. Les concepts de linéarité et de proportionnalité doivent être clarifiés. Les candidats devraient réaliser qu'en regardant simplement un graphique, il est impossible de qualifier une courbe comme étant parabolique ou exponentielle.
- Il faut donner aux candidats l'occasion d'organiser leurs idées, de présenter leur réponse d'une manière compréhensible et précise, en utilisant la terminologie correcte. Une approche "plus ou moins" donne des résultats médiocres.
- Cela vaut la peine d'apporter une attention spéciale à la physique moderne. Une plus grande maîtrise de ce domaine augmenterait le nombre de questions disponibles aux candidats.

Épreuve trois

Seuils de classement des notes des composantes

Niveau supérieur

Note finale	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes	0 - 6	7 - 12	13 - 20	21 - 25	26 - 31	32 - 36	37 - 60

Niveau moyen

Note finale	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes	0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 15	16 - 20	21 - 24	25 - 40

Commentaires généraux

La majorité des candidats sembla trouver cette épreuve accessible, certains faisant preuve d'une bonne ou d'une très bonne compréhension des sujets. Il n'y avait pas de signes montrant que les candidats manquèrent de temps pour achever leur travail.

Les commentaires des enseignants sur les formulaires G2 pour le NM et le NS sont résumés ci-dessous. Cependant, il convient de réaliser que moins de 20 % des centres soumièrent des formulaires G2, par conséquent, lorsque les statistiques indiquent par exemple 2 %, cela signifie une école seulement.

Niveau moyen

- 72 % trouvèrent l'épreuve d'un niveau similaire à l'année dernière, 12 % la trouvèrent plus facile ou beaucoup plus facile et 16 % la trouvèrent plus difficile. Dans l'ensemble, 93 % trouvèrent l'épreuve d'un niveau approprié et 5 % pensèrent qu'elle était trop difficile, 2 % la trouvant trop facile.
- La grande majorité trouva la couverture du programme bonne (91 %), 7 % estimèrent qu'elle était satisfaisante et 2 % la trouvèrent médiocre.
- D'autre part, la grande majorité trouva la clarté de la formulation bonne (86 %), 12 % la trouvèrent satisfaisante et 2 % la trouvèrent médiocre.
- 91 % trouvèrent la présentation bonne, 9 % la trouvèrent satisfaisante et personne ne la trouva médiocre.
- Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires furent A (Mécanique) et H (Optique).

Niveau supérieur

- Environ 69 % trouvèrent l'épreuve d'un niveau similaire à l'année dernière, 8 % la trouvèrent plus facile, et 23% la décrivent comme un peu plus difficile (19 %) ou beaucoup plus difficile (4 %). Dans l'ensemble, 91 % trouvèrent le niveau de difficulté approprié et 9 % le trouvèrent trop difficile.
- La grande majorité (91 %) trouva la couverture du programme bonne, 9% la trouvèrent appropriée.
- Environ 86 % trouvèrent la clarté de la formulation bonne, 12 % la trouvèrent satisfaisante et 2 % la trouvèrent médiocre.
- Environ 93 % trouvèrent la présentation bonne, 5 % estimèrent qu'elle était satisfaisante et 2 % la trouvèrent médiocre.
- Comme pour les années précédentes, les options les plus populaires furent H (Optique), F (Astrophysique) et G (Relativité), bien qu'une augmentation considérable du choix des options D (Physique biomédicale) et E (Histoire et développement de la physique) ait été constatée.

Parties du programme et de l'examen qui semblèrent difficiles aux candidats

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

- Explication des concepts de physique d'une manière faisant preuve d'une bonne compréhension (par exemple explication du temps propre, des systèmes de référence, de la brillance stellaire apparente ou de l'axe principal d'une lentille). Beaucoup de tentatives de définition des concepts fondamentaux étaient vagues et manquaient de précision.
- Réponses suffisamment approfondies et détaillées aux questions auxquelles est attribué un nombre de points supérieur à un. Cela était particulièrement vrai pour les questions impliquant les verbes d'action "expliquez", "discutez" et "résumez".
- Interprétation des graphiques, manque de compréhension de ceux-ci à cause d'une lecture négligente des unités des axes.
- Utilisation des expressions trigonométriques lors de la résolution de vecteurs sur des plans inclinés.
- Compréhension de l'hypothèse de De Broglie.
- Explication de l'origine du spectre continu de rayons X et du rôle de l'excitation dans la formation du spectre caractéristique.
- Traitement des désintégrations radioactives lorsque t n'est pas un nombre entier de demi-vies.
- Identification et expression mathématique des transferts d'énergie dans l'accélération des particules.
- Description des principes fondamentaux de l'imagerie par ultrasons.
- Connaissance du modèle de l'atome de Bohr.
- Établissement de la relation entre le spectre électromagnétique et les sources possibles pour les ondes émises.
- Explication de l'interférence avec lames minces.

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

Les simples calculs mathématiques furent souvent bien exécutés par la majorité des candidats. De nombreux candidats semblaient bien préparés et capables de fournir quelques réponses excellentes qui faisaient preuve d'une bonne compréhension des concepts, particulièrement dans les options de Mécanique, d'Astrophysique et d'Optique.

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

NM uniquement

Option A – Mécanique

A1 Mouvement d'un projectile

Beaucoup de candidats furent capables de lire le graphique correctement et obtinrent facilement les deux premiers points, en utilisant de simples compétences. Cependant, un nombre considérable eut des difficultés à interpréter le graphique, quelques élèves se posant clairement des questions sur les unités (J kg^{-1}), et par conséquent n'essayant de fournir des solutions qu'au moyen de formules cinématiques. Ceux qui lurent le graphique correctement comme un graphique de l'énergie cinétique par unité de masse furent généralement capables d'obtenir le maximum de points. Certains élèves firent preuve d'un traitement médiocre des chiffres significatifs, quand ils en vinrent à résoudre le vecteur vitesse à partir de la racine carrée.

A2 Mouvement orbital

Beaucoup de candidats connaissaient bien la troisième loi de Kepler et obtinrent facilement le point en identifiant correctement les symboles utilisés dans l'expression. La plupart des candidats furent alors capables d'obtenir les points, en identifiant correctement la force et la vitesse orbitale comme on le leur demandait. Un nombre satisfaisant de candidats déduisit la constante à partir de l'expression de base de la force (gravitationnelle) nette comme étant égale à la masse du satellite multipliée par son accélération centripète. La grande majorité indiqua correctement l'expression pour l'intensité du champ gravitationnel, certains candidats n'obtenant pas le point car ils omirent de l'exprimer en termes de M_E et de R_E . Il est important de souligner que, en règle générale, la simple citation d'une formule telle qu'elle est donnée dans le livret de données ne permet pas d'obtenir un point, à moins d'être appliquée avec les symboles corrects au contexte de la question, ou à moins d'expliquer les symboles, selon la formulation de la question spécifique. Les réponses à la dernière question furent moins bonnes, beaucoup de candidats n'ayant pas utilisé la hauteur correcte de $2R_E$ ou commençant à partir de zéro sans appliquer les concepts invoqués dans la structure de la question.

A3 Frottement

Cette question a clairement présenté beaucoup plus de difficultés aux candidats que prévu. Même si un assez grand nombre obtint les deux premiers points, il fut surprenant de constater le grand nombre de candidats qui échangèrent incorrectement l'utilisation du sinus ou du cosinus de l'angle ou qui exprimèrent la composante de l'accélération plutôt que celle du poids. Ceux qui identifièrent les composantes et firent preuve d'une familiarité avec cette situation typique progressèrent facilement et obtinrent le maximum de points. Cependant, un nombre surprenant de candidats furent incapables d'obtenir l'expression pour la force nette et de ce fait, soit ils fournirent une valeur incorrecte du coefficient de frottement, soit ils l'écrivirent simplement bien que le calcul ne le montrait pas réellement.

Option B – Physique quantique et physique nucléaire**B1 Hypothèse de De Broglie**

Cette question montra des différences nettes entre les candidats qui obtinrent facilement le maximum de points et ceux qui ne connaissaient simplement pas les principes fondamentaux de ce sujet.

B2 Spectres des rayons X

Les explications de l'origine du spectre continu étaient médiocres et incomplètes. Les raisons essentielles données pour le manque de spectres caractéristiques sous un potentiel de 20 kV essayaient rarement de couvrir le nombre de points attribués. Les candidats auraient avantage à utiliser le nombre de points attribués comme guide pour structurer leur réponse. Les calculs nécessaires furent plus réussis, un nombre important de candidats obtenant le maximum de points.

B3 Réactions nucléaires

Il fut surprenant de constater qu'un nombre important de candidats eurent des difficultés à obtenir les deux points en exprimant correctement le nombre de protons et de neutrons pour une désintégration β^+ . Ceux qui répondirent correctement obtinrent aussi des points pour les autres parties de cette question. Beaucoup de candidats eurent des difficultés à traiter une situation où t n'est pas un nombre entier de T .

Option C – Complément sur l'énergie**C1 Transformations thermodynamiques et un moteur diesel**

Beaucoup de candidats décrivirent avec confiance ce qu'était une transformation adiabatique. Cependant, l'identification de la transformation pour que l'énergie thermique soit transférée à l'air fut moins réussie et les réponses couvraient pratiquement toutes les réponses existantes possibles. Un bon nombre de candidats montrèrent qu'ils connaissaient bien le cycle de Carnot.

C2 Énergie solaire

Les réponses à cette question furent généralement bonnes. Cependant, un nombre important de candidats eut des difficultés, confondant ou échangeant clairement unités de puissance avec unités d'énergie.

C3 Énergie nucléaire

Cette question montra chez les candidats une confusion ou un simple manque de compréhension du rôle des neutrons dans les réactions de fission, et une confusion avec les méthodes de transfert d'énergie au lieu d'une concentration sur les transferts d'énergie eux-mêmes.

NM et NS combinés**Option D – Physique biomédicale****D1 Rapport d'échelle**

Les candidats répondirent généralement bien à cette question et obtinrent le maximum de points.

D2 Son et audition

Pour cette question, des candidats obtinrent un nombre important de points, même si un manque de précision constituait un problème dans l'identification de I dans l'équation fournie. Le simple terme "facteur" semblait avoir déconcerté les candidats moins mathématiciens. Le graphique fut généralement bien produit bien que certains candidats ne furent pas suffisamment attentifs pour montrer les trois éléments qui étaient attendus, une plus grande intensité à toutes les fréquences, une gamme de fréquences réduite et de plus grandes différences d'intensité pour les fréquences plus hautes.

D3 Imagerie médicale

Très peu de candidats furent capables d'exprimer approximativement une gamme correcte de fréquences ultrasoniques, l'erreur la plus courante ayant été la gamme de fréquences audibles. L'analyse des autres questions sur l'imagerie par ultrasons fut plus réussie. Les candidats qui réalisèrent qu'il y avait un nombre entier de demi épaisseurs dans la question sur l'imagerie par rayons X obtinrent généralement le maximum de points. La formulation du rapport portait à confusion mais le barème de notation en tint compte pour les candidats qui interprétèrent littéralement le rapport tel qu'il était écrit et utilisèrent la diminution d'intensité réelle pour le calculer.

D4 [NS seulement] Énergie utilisée par le corps

Les candidats auraient avantage à identifier le verbe d'action utilisé pour indiquer la profondeur de traitement requise, car beaucoup d'entre eux montrèrent le calcul sans exprimer aucune conclusion pour l'énergie disponible pour le corps dans une tranche de pain. Le verbe d'action "déduisez" demande, comme cela est clarifié dans le guide pédagogique, de parvenir à une conclusion d'après les informations données. Selon le même raisonnement, la plupart des candidats obtinrent des points en expliquant le besoin du corps d'utiliser beaucoup plus d'énergie, même si peu d'entre eux utilisèrent le nombre de points attribués pour structurer leur réponse.

D5 [NS seulement] Isotopes radioactifs utilisés en médecine

Bien que la définition simple de la demi-vie biologique ait été généralement bien exprimée, les autres calculs combinant les deux demi-vies et l'application du concept de λ_{eff} et de l'équation correspondante pour obtenir le rapport d'activités indiquèrent que les candidats ne connaissaient pas bien la façon de les traiter.

Option E – Histoire et développement de la physique

E1 Modèles du système solaire

La différence essentielle entre les modèles de Ptolémée et de Copernic fut universellement bien exprimée mais beaucoup de candidats ne parvinrent alors pas à décrire correctement que les étoiles étaient fixées à la surface d'une sphère avec la Terre au centre. Il y eut quelques réponses excellentes sur la contribution de Newton par rapport au travail de Kepler, la plupart des candidats obtenant au moins une partie des points.

E2 Théories du mouvement d'un projectile

Même lorsque les candidats connaissaient les idées d'Aristote sur le mouvement, ils ne firent que des références générales aux mouvements violents et naturels. Les candidats auraient avantage à essayer d'utiliser leurs connaissances pour aborder le contexte spécifique de la question.

E3 Théories de la chaleur

Les candidats répondirent généralement bien à cette question, presque tous les candidats obtenant la plupart des points.

E4 Mesure du rapport charge/masse

Beaucoup de candidats avaient des connaissances raisonnables du tube cathodique utilisé par J J Thomson et répondirent bien à cette question. Un manque de langage précis présenta un problème pour identifier la différence de potentiel appliquée sur les plaques pour dévier le faisceau.

E5 [NS seulement] Théorie de Bohr

Il fut surprenant de constater que peu de candidats furent capables d'exprimer correctement le deuxième postulat de Bohr. Même si beaucoup obtinrent des points partiels pour le reste de la question, les candidats choisirent généralement de donner des exemples au lieu de résumer la réponse (résumer : présenter brièvement ou donner une idée générale). Les candidats eurent plus de succès avec le simple calcul nécessaire pour déterminer la valeur de n . Très peu suggérèrent correctement pourquoi la valeur de R_H serait plus grande.

Option F – Astrophysique**F1 Amas stellaires et galaxies**

Il fut surprenant de constater qu'un grand nombre de candidats n'obtint pas le maximum de points, en se concentrant simplement sur les aspects fondamentaux d'un amas stellaire et d'une galaxie. Beaucoup n'avaient aucune idée sur les galaxies, essayant d'inclure des systèmes solaires comme leur caractéristique principale. Un nombre raisonnable d'élèves étaient au courant du rapport approximatif entre la distance entre les étoiles dans une galaxie et la distance entre les galaxies et leur réponse était située dans la plage acceptée de 10^{-5} à 10^{-7} .

F2 Aire de surface d'une étoile

Bien que beaucoup de candidats eurent des difficultés à définir précisément les concepts fondamentaux de l'éclat stellaire apparent et de la magnitude apparente, il y eut de bonnes réponses pour le résumé de la façon dont la température de surface d'une étoile était déterminée. La plupart étaient au courant des méthodes pour mesurer la distance d'une étoile mais peu de candidats appliquèrent cette distance au contexte de la question, ne la montrant pas dans le cas spécifique de l'étoile Wolf-359 en utilisant les informations fournies. Tous les autres calculs furent généralement bien traités.

F3 Paradoxe d'Olbbers

Généralement, de bonnes réponses furent données par les candidats qui avaient de toute évidence discuté ce paradoxe pendant les cours.

F4 [NS seulement] Étoiles de la séquence principale

Beaucoup de candidats étaient au courant du parcours évolutif de l'étoile Q et le représentèrent correctement, et ils obtinrent aussi des points en signalant la différence avec P, qu'on s'attend à devenir une étoile à neutrons ou un trou noir par opposition à une naine blanche. Cependant, très peu furent capables de faire plus qu'exprimer la limite de Chandrasekhar pour suggérer comment P pourrait avoir le même destin que Q.

F5 [NS seulement] Galaxies et décalage vers le rouge

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, un nombre raisonnable de candidats ayant obtenu le maximum de points.

Option G - Relativité**G1 Systèmes de référence et contraction des longueurs**

Un nombre important et surprenant de candidats fut incapable d'expliquer ce qu'était un système de référence, presque personne ne se référant à un système de coordonnées. Beaucoup de candidats connaissaient et exprimèrent correctement les postulats de la relativité restreinte mais ne parvinrent pas à les reconnaître ni à les appliquer dans le contexte typique de la simultanéité des mesures nécessaire pour valider l'équation de transformation relativiste pour la contraction des longueurs. La plupart des candidats obtinrent une partie des points en résumant l'expérience de Michelson-Morley même s'ils ne le firent pas nécessairement dans le contexte de la question.

G2 Accélération des particules

Les candidats obtinrent généralement au moins le point correspondant à la courbe tendant asymptotiquement vers 1,0, mais ce ne fut pas le cas pour ceux qui dessinèrent la courbe comme partant à peu près de 0,3. Certains candidats furent déconcertés par l'utilisation de $\text{MeV}c^{-2}$, bien que les candidats plus forts aient été capables d'obtenir des points partiels ou le maximum de points.

G3 [NS seulement] Quantité de mouvement relativiste

Les points obtenus pour la réponse à cette question furent très variés, certains candidats venant de centres qui avaient déjà couvert ce calcul obtenant le maximum de points alors que d'autres ne l'avaient de toute évidence jamais abordé. Un nombre important d'élèves pensa que 500 MeV était l'énergie totale. Certains candidats changèrent les unités pour finir par répondre avec la quantité de mouvement en N.

G4 [NS seulement] Espace-temps

Il y avait une différence très nette entre les candidats qui connaissaient bien ce sujet et parvinrent à obtenir le maximum de points et ceux qui n'avaient pas abordé ce sujet et qui ont basé leurs réponses sur le satellite décrivant une orbite autour de la Terre selon la mécanique newtonienne, malgré le contexte du sujet, la relativité.

Option H - Optique**H1 Spectre électromagnétique**

Bien que certains candidats furent capables d'obtenir plusieurs points, très peu ayant obtenu le maximum de points, un nombre étonnamment grand de candidats fut influencé par l'exemple fourni, le rayonnement gamma, et compléta le tableau avec des particules α et β . En général, les élèves montrèrent qu'ils se rappelaient le spectre mieux qu'ils ne comprenaient ce qui peut réellement constituer une source possible.

H2 Réfraction

Beaucoup de candidats obtinrent le maximum de points pour cette question. L'erreur la plus courante fut d'omettre le rayon réfléchi malgré le pluriel dans la question, puis le dessin du

rayon vers la normale, en ignorant ou en interprétant mal les informations fournies avec le rapport entre les indices de réfraction.

H3 Formation d'images

Les diagrammes géométriques furent très souvent dessinés correctement et presque tous les candidats obtinrent le maximum de points pour cela. Cependant, les définitions faisaient preuve d'un manque de précision qui empêchait les candidats à maintes reprises d'obtenir des points, particulièrement dans le cas de l'axe principal. Les candidats ne fournirent généralement pas de détails significatifs pour différencier l'axe principal de tout autre croisant la lentille. L'identification de l'image comme virtuelle et le calcul concernant la distance permirent généralement aux candidats d'obtenir le maximum de points, mais l'avantage d'utiliser la lentille comme le *punctum proximum* ne fut généralement pas exprimé avec la précision attendue.

H4 [NS seulement] Diffraction par une seule fente

Il fut très rare d'avoir des réponses complètes à cette question. Bien que les candidats montrèrent qu'ils connaissaient le terme 'ondelettes secondaires', beaucoup optèrent pour l'explication typique de l'interférence due à des fentes doubles, montrant qu'ils n'avaient pas lu bien attentivement la question. Un nombre similaire de candidats effectua le calcul correctement ou l'appliquèrent au cas des fentes doubles. Un grand nombre de ceux qui répondirent correctement au sujet de la diffraction furent incapables de lire la distance correcte de l'écran mais ils purent obtenir des points pour erreur reportée.

H5 [NS seulement] Interférence avec lames minces

Cette question permet de bien discriminer entre ceux qui résumèrent bien les raisons et ceux qui parlèrent vaguement à propos de la dispersion ou ne fournirent pas de détails significatifs ou qui fournirent des diagrammes sans légendes correctes.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

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

- Des stratégies concernant la lecture initiale d'un problème devraient être soulignées et les élèves devraient s'exercer à les appliquer. Beaucoup de réponses abordent le sujet tel qu'il a probablement été appris sans bien comprendre le contexte et par conséquent les points subtiles d'un texte spécifique de la question.
- Il faudrait donner aux candidats plus d'occasions de s'exercer à résoudre des problèmes du type posé dans l'examen. Ils devraient aussi bien comprendre le barème de notation de façon à s'efforcer d'influencer leurs réponses en fonction du nombre de points attribués.
- Il faut fournir aux candidats la liste de verbes d'action spécifiée dans le programme et les aider à bien la comprendre. Il est clair que beaucoup de candidats ne reconnaissent pas la différence entre, par exemple, l'expression et l'explication d'une réponse.
- Lorsqu'ils utilisent un diagramme pour aider à répondre à une question, les candidats devraient être encouragés à faire attention à la précision de ce diagramme.
- Il faudrait consacrer suffisamment de temps à couvrir en profondeur les options choisies.