

Physique TZ2 (IBAP et IBAEM)

Seuils généraux d'attribution des notes finales

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 16	17 - 31	32 - 43	44 - 53	54 - 64	65 - 74	75 - 100

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 15	16 - 28	29 - 39	40 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 100

Évaluation interne du niveau supérieur

Seuils d'attribution des notes des composantes

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

Évaluation interne du niveau moyen

Seuils d'attribution des notes des composantes

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

Commentaires généraux

La révision de la notation de l'évaluation interne est bien établie. Les centres connaissent les travaux d'écriture nécessaires et, dans la plupart des cas, ils effectuent des recherches établies pour l'évaluation interne. On ne rencontre pas de problèmes majeurs. Les centres remettent des formulaires 4/PSOW divers mais un grand nombre d'entre eux utilisèrent la version PDF qui se trouve sur le CPEL. La majorité des candidats utilisèrent un traitement de texte pour préparer leurs rapports et des programmes de création de graphiques pour dessiner leurs graphiques. On observe une utilisation accrue des TIC, ce qu'on encourage beaucoup.

La grande majorité des centres fournissent un programme complet de travaux pratiques. Bien que de nombreux candidats ne soient évalués que sur quelques sujets, ils ont néanmoins pris part à une diversité d'activités pratiques, comprenant l'utilisation des TIC et l'apprentissage de nombreux thèmes. La plupart des candidats préparent les rapports de travaux pratiques avec un traitement de texte et ils produisent électroniquement la plupart des graphiques. Il existe un ensemble bien établi d'incitations par les enseignants pour le critère conception, et la plupart des candidats répondent bien aux exigences de ce critère. Cependant, de temps en temps, les enseignants exigent encore une hypothèse pour le critère conception, mais les candidats ne sont pas pénalisés s'ils n'en donnent pas. D'autre part, une incitation donnée par un enseignant contient de temps en temps deux variables. Cela fait qu'il est impossible au candidat de choisir une variable indépendante appropriée. Un centre utilisa des simulations par ordinateur pour toutes ses évaluations, et cela n'est pas approprié pour les critères courants d'évaluation interne. Enfin, quelques centres traitent la conception comme un thème de recherche, permettant aux candidats d'utiliser des manuels et Internet. Cela est tout à fait inapproprié car il en résulte des recherches établies et standard, comprenant des équations pertinentes.

De nombreux centres n'attribuent désormais que deux recherches, chacune étant évaluée selon les trois critères. Cela n'est pas juste pour les candidats car ils n'ont pas l'occasion d'améliorer leur travail. Cela est particulièrement préoccupant lorsqu'un candidat n'obtient que peu de points.

Un certain nombre de centres donnent à leurs candidats une liste de contrôle pour l'évaluation interne ; cela est très utile aux candidats car elle indique souvent en détail les attentes relatives à l'évaluation interne. C'est là une bonne pratique que l'on encourage. Enfin, la majorité des enseignants notent le travail de leurs candidats avec de brefs commentaires et les niveaux atteints pour les critères de l'évaluation interne. Ces commentaires sont très utiles pour les réviseurs de notation et on les utilise souvent pour justifier la note donnée par l'enseignant. Il convient d'encourager cette pratique.

Gamme et caractère approprié du travail présenté

La plupart des centres ont un programme complet de travaux pratiques et les enseignants évaluent des travaux appropriés. Bien que traditionnellement les travaux pratiques se soient concentrés principalement sur la mécanique, il existe toute une gamme d'activités pratiques dans tous les domaines principaux de physique. La difficulté des recherches se situe

uniformément au niveau correct. En fait, pour cette session d'examens, la qualité des travaux d'évaluation interne fut exceptionnelle. L'utilisation des TIC est désormais courante. La majorité des candidats préparent leurs rapports avec un traitement de texte et présentent leurs graphiques en utilisant un logiciel approprié. Les heures requises de travaux pratiques ne semblent pas présenter de problème, et le programme semble être bien couvert. Il convient de rappeler aux enseignants qu'il est permis de faire des recherches sur des thèmes qui ne font pas partie du programme.

Les enseignants doivent faire attention lorsqu'ils donnent la variable dépendante dans l'incitation pour la conception, car, dans quelques cas, ils donnèrent aussi aux candidats la variable indépendante. Il y eut un certain nombre de cas où les candidats avaient en fait deux variables indépendantes, telles que le changement de la masse en changeant la taille d'une balle. Les enseignants auraient dû remarquer cette erreur majeure et guider le candidat vers une approche plus productive. Il est permis de donner des conseils généraux.

Le projet du groupe 4 semble être bien intégré dans les programmes de travaux pratiques. Encore une fois, quelques centres fournirent des preuves du projet mais cela n'est pas nécessaire (il suffit de d'indiquer la date et les heures sur le formulaire 4/PSOW).

Performance des candidats relativement à chaque critère

Conception

La grande majorité des centres utilisèrent des incitations appropriées et bien établies pour le critère conception. Cependant, dans quelques cas, les incitations ne furent pas appropriées, comme de demander à un candidat de concevoir une recherche de façon à mesurer la chaleur massique de l'eau, ou lorsque l'enseignant avait fourni à la fois des variables dépendantes et indépendantes. De bonnes incitations pour le critère conception sont des incitations qui invitent les candidats à chercher une fonction entre deux variables, pas une valeur spécifique. Il convient de rappeler aux candidats que, pour obtenir le niveau 'complètement' pour le critère conception, ils doivent définir des variables (et clarifier des déclarations vagues comme « je vais mesurer le temps » en indiquant précisément comment ils vont le faire). Les définitions opérationnelles aident également à concevoir une méthode. Cela se rapporte à la capacité de contrôler les variables. Aucune hypothèse n'est nécessaire pour le critère conception, et les meilleures recherches pour ce critère sont celles où le candidat ne connaît pas la théorie ou l'équation pertinente. La conception n'est pas une activité basée sur une recherche ou sur les manuels.

Recueil et traitement des données (RTD)

Les candidats ont obtenu le plus grand nombre de points pour le critère RTD. La grande majorité des candidats utilisent bien les TIC, présentant leurs rapports avec un traitement de texte et utilisant un logiciel de création de graphiques. Il convient de les encourager dans ce sens. Les données brutes ont toujours une incertitude et les candidats devraient aborder cet aspect. 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. Dans certains cas où des graphiques auraient été pertinents, les candidats se bornèrent à faire des calculs. Dans ces cas-là, ils ne peuvent pas obtenir le niveau 'complètement' pour l'aspect 3 du critère RTD. Les enseignants doivent être conscients de cette attente. D'autre part, il est important que le candidat (et pas l'enseignant) décide quelles grandeurs porter sur un graphique et comment traiter les données. Dans le cas d'un centre particulier, l'enseignant attribua le descripteur maximum pour les critères C et RTD alors que le candidat n'avait porté que deux points de données sur le graphique et n'avait pas mentionné d'incertitudes. Dans des exemples tels que celui-là, le réviseur de notation modifierait les points attribués par l'enseignant.

Conclusion et évaluation (CÉ)

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

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

- De nombreux centres ne donnent aux candidats que deux occasions d'obtenir leurs meilleures notes. Il est recommandé de donner aux candidats, après qu'ils se sont familiarisés avec les attentes de l'évaluation interne, un certain nombre d'occasions d'être évalués, peut-être trois ou quatre, et d'utiliser les deux meilleures notes obtenues pour chaque critère comme leur note pour l'évaluation interne. Il est également recommandé de ne pas utiliser de simulations pour l'évaluation.
- Les candidats ont besoin de comprendre clairement les critères de l'évaluation interne. Pour les aider à y parvenir, l'enseignant pourrait donner aux candidats un exemplaire d'une évaluation interne très bonne, qui a obtenu le niveau 'complètement' pour tous les critères.
- Il convient de former les candidats pour leur permettre de satisfaire les aspects de l'évaluation interne. Le travail en groupe, les conseils des enseignants et même l'évaluation par les pairs peuvent aider les candidats, mais bien sûr, dans ce cas, l'enseignant ne noterait pas l'évaluation interne pour une note finale de l'IB sur le formulaire 4/PSOW.

- Lorsque des travaux pratiques sont évalués, il est important que les candidats travaillent seuls. Cependant, cela ne signifie pas qu'un autre candidat ne puisse pas aider, comme, par exemple, en relâchant une balle depuis une hauteur donnée tandis que le candidat mesure le temps. Toutes les mesures doivent venir du candidat évalué. De temps en temps, les réviseurs de notation trouvent des ensembles de données identiques. De même, les recherches sur Internet ou à la bibliothèque ne sont pas appropriées.
- Les rapports de travaux pratiques devraient avoir des titres descriptifs, comme « Comment la longueur d'un pendule affecte la période » et pas « Pendule » ou « Évaluation interne de physique ».
- Les enseignants devraient inclure des commentaires sur le rapport du candidat ou sur une feuille jointe qui indique exactement le niveau obtenu et pourquoi ils ont attribué cette note, car cette attention détaillée à l'évaluation permet un niveau de notation approprié qui est généralement justifié par l'enseignant. Il convient d'encourager cette pratique. Si les notes attribuées par l'enseignant semblent raisonnables, alors, le réviseur de notation les acceptera.

Commentaires supplémentaires

Une question qui se présenta plusieurs fois dans la session de mai 2013 fut l'évaluation de l'aspect 3 du critère conception et la question de données suffisantes. Bien que les enseignants s'attendent à une référence explicite à cette question dans les aspects préliminaires du rapport du candidat, dans certains cas, on ne put trouver de trace de cette référence explicite dans ce qu'on considère la partie recueil et traitement des données du rapport du candidat. Normalement, les candidats mentionnèrent des mesures répétées, mais s'ils omettent de le mentionner et qu'ils prennent des mesures répétées et utilisent la moyenne, on attribuera des points pour cela au candidat (de même, pour la gamme et le nombre de points de données). Si le tableau de données révèle un nombre suffisant et une gamme adéquate, les attentes pour le critère conception seront quand même satisfaites. Dans ce cas et dans d'autres domaines, les réviseurs de notation donnent au candidat le bénéfice du doute et ils ne punissent pas le candidat pour n'avoir pas fait exactement ce que le réviseur de notation aimerait voir. Au lieu de cela, le réviseur de notation cherche des preuves pour donner des points au candidat.

La plupart des enseignants évaluèrent des travaux appropriés et attribuèrent des notes appropriées. De plus, la majorité des candidats travaillèrent dur et produisirent de bons rapports de travaux pratiques de physique. Il y eut de nombreux exemples exceptionnels de travaux pratiques en laboratoire, et une forte utilisation des TIC. Cependant, il convient de rappeler aux enseignants que les recherches pour le critère conception ne sont pas supposées être des projets de recherche. Les recherches sur Internet ne sont pas appropriées ; il faut éviter d'utiliser des théories établies dans les manuels de même que des équations connues.

Les réviseurs de notation acceptèrent généralement les notes des enseignants, mais, de temps à autre, ils augmentèrent ou diminuèrent les notes. Si tendance il y a, c'est celle des

enseignants à noter trop haut le critère conclusion et évaluation. Si les enseignants ont appliqué le critère de manière appropriée, le système de révision de notation devrait les soutenir. Les réviseurs de notation ne sont pas là pour appliquer leurs propres théories et pratiques en tant qu'enseignants, mais pour faire en sorte que les centres utilisent les critères dans des limites acceptables conformément aux descripteurs officiels. Autrement dit, les réviseurs de notation recherchent l'erreur systématique au-delà de l'erreur aléatoire dans l'application des aspects des critères.

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

Lorsque les réviseurs de notation révisent les notes à la baisse

Conception

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

Recueil et traitement des données

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

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

Conclusion et évaluation

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

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

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

Conception

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

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

Recueil et traitement des données

Dans un exercice complet de recueil de données avec éventuellement plusieurs tableaux de données, le candidat a été incohérent dans son utilisation de chiffres significatifs pour seulement un point de données ou a omis les unités dans le titre d'une colonne ; dans ce cas, le réviseur de notation ne révisera pas la note à la baisse pour cette petite erreur. Si le réviseur de notation estime que le candidat a montré qu'il faisait attention à ces points et qu'il

a fait une erreur d'inattention, le réviseur de notation peut alors encore soutenir l'attribution de la note maximum en vertu de la règle selon laquelle « 'complètement' ne signifie pas 'parfait' ». C'est là un principe important puisque les bons candidats qui effectuent de manière complète une tâche d'une certaine envergure sont pénalisés injustement plus souvent que les candidats abordant un exercice simpliste. Il ne faut pas réviser la note à la baisse si le candidat n'a pas inclus d'observation(s) qualitative(s) et si le réviseur de notation ne peut penser à aucune observation manifestement pertinente. Le réviseur de notation ne réviser pas à la baisse si le tableau n'a pas de titre alors que ce à quoi se rapportent les données dans le tableau est évident. Souvent, les candidats font tout le travail ardu pour RTD et l'enseignant leur fait perdre un point parce qu'ils n'ont pas donné de titre au tableau. Sauf pour les recherches de grande envergure, le sujet sur lequel porte le tableau est normalement évident.

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

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

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

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

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

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

Conclusion et évaluation

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

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

Épreuve un du niveau supérieur

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 10	11 - 15	16 - 21	22 - 25	26 - 29	30 - 33	34 - 40

Épreuve un du niveau moyen

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 14	15 - 17	18 - 20	21 - 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.

Seul un petit pourcentage du nombre total d'enseignants ou du nombre total de centres préparant à l'examen renvoyèrent des formulaires G2. Pour le NM, il y eut 153 réponses sur 772 centres et pour le NS, il y eut 164 réponses sur 731 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 une forte opinion à exprimer sur les épreuves. Les réponses indiquèrent que les épreuves de mai 2013 furent généralement bien reçues, un grand nombre des formulaires G2 reçus contenant des commentaires favorables. La majorité des enseignants qui firent des commentaires sur les épreuves estimaient qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié et généralement d'un niveau similaire aux épreuves de l'année dernière, bien que 23 % trouvèrent l'épreuve du NS (38 % dans le cas de l'épreuve du NM) plus difficile que l'épreuve de mai 2013.

À quelques exceptions près, les enseignants pensaient que la présentation des épreuves et la clarté de la formulation des questions était soit satisfaisante, soit bonne.

Analyse statistique

La performance globale des candidats et leur performance sur des questions individuelles sont illustrées dans l'analyse statistique des réponses. Ces informations sont données dans les tableaux ci-dessous. Les nombres dans les colonnes A à D et la colonne Blanc indiquent les nombres de candidats ayant choisi l'option désignée ou n'ayant pas répondu à la question.

La bonne réponse (l'option correcte) est indiquée par une cellule ombrée.

L'*indice de difficulté* (indice de facilité serait peut-être une appellation plus juste) est le pourcentage de candidats ayant donné la réponse correcte (la bonne réponse). Un indice élevé indique donc une question facile. L'*indice de discrimination* est indicatif de la mesure dans laquelle la question a permis de faire une discrimination entre les candidats ayant des capacités différentes. En général, un indice de discrimination plus élevé indique qu'une plus grande proportion des candidats plus capables ont identifié correctement la bonne réponse par rapport aux candidats plus faibles. Cependant, il est possible que cela ne soit pas le cas lorsque l'indice de difficulté est soit élevé, soit faible.

Analyse des questions de l'épreuve 1 du NS

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	3890	850	198	450	5	72.13	0.28
2	215	604	4396	170	8	81.51	0.21
3	1116	628	3538	85	26	65.6	0.48
4	2675	711	858	1125	24	49.6	0.46
5	425	294	2674	1979	21	36.7	0.52
6	1385	152	396	3436	24	63.71	0.51
7	4101	329	835	110	18	76.04	0.33
8	611	4341	214	219	8	80.49	0.30
9	1329	2272	580	1180	32	42.13	0.56

10	1166	3820	155	247	5	70.83	0.37
11	3186	407	291	1497	12	59.08	0.25
12	925	1390	1539	1518	21	28.15	0.43
13	638	320	963	3440	32	63.79	0.49
14	1345	272	269	3489	18	64.69	0.42
15	3576	503	968	312	34	66.31	0.36
16	1593	1441	1477	831	51	29.54	0.53
17	1814	873	1924	749	33	35.68	0.34
18	3550	788	652	379	24	65.83	0.44
19	670	3848	723	135	17	71.35	0.52
20	819	958	2850	736	30	52.85	0.62
21	772	4489	72	56	4	83.24	0.28
22	245	3467	969	698	14	64.29	0.62
23	1104	2049	2046	161	33	37.99	0.58
24	2727	1652	651	318	45	50.57	0.45
25	295	1685	457	2925	31	31.24	0.00
26	206	851	395	3924	17	72.76	0.52
27	343	1858	303	2877	12	53.35	0.39
28	569	873	291	3634	26	67.38	0.42
29	3848	269	789	471	16	71.35	0.43
30	3503	1064	371	421	34	64.95	0.53
31	274	536	4064	499	20	75.36	0.44
32	607	897	3617	238	34	67.07	0.32
33	1204	493	3430	237	29	63.6	0.42
34	862	3672	144	689	26	68.09	0.32
35	205	47	183	4935	23	91.51	0.18
36	329	1240	2768	982	74	51.33	0.47
37	222	1106	1150	2884	31	53.48	0.34
38	344	224	4248	536	41	78.77	0.32
39	3244	865	884	298	102	60.15	0.60
40	1041	535	1133	2616	68	48.51	0.38

Nombre de candidats : 5393

Analyse des questions de l'épreuve 1 du NM

Question	A	B	C	D	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	1057	1077	1037	1639	22	33.92	0.54
2	2991	948	328	552	13	61.9	0.34
3	1680	742	2264	115	31	46.85	0.56
4	2913	1421	244	246	8	29.41	0.27
5	1379	825	914	1685	29	28.54	0.35
6	1833	476	1955	549	19	40.46	0.37
7	614	459	2553	1150	56	23.8	0.34
8	855	294	445	3230	8	66.85	0.36
9	1013	3029	391	391	8	62.69	0.45
10	1422	1239	470	1663	38	25.64	0.36
11	487	2348	1762	202	33	48.59	0.62
12	511	370	2101	1836	14	10.58	0.19
13	605	599	1481	2101	46	43.48	0.47
14	1471	495	424	2386	56	49.38	0.44
15	178	3107	857	674	16	13.95	0.22
16	1255	812	1788	948	29	37	0.54
17	1283	2309	949	260	31	47.79	0.62
18	1191	1566	1395	600	80	28.87	0.17
19	556	2237	1028	974	37	46.3	0.62
20	164	3485	993	169	21	72.12	0.30
21	1489	1458	1222	613	50	30.17	0.13
22	442	1089	636	2637	28	54.57	0.61
23	398	387	4003	38	6	82.84	0.32
24	399	2125	378	1884	46	38.99	0.33
25	436	4229	105	46	16	87.52	0.12
26	1482	1285	1401	502	162	26.59	0.40
27	460	58	214	4071	29	84.25	0.29
28	501	1515	1875	870	71	38.8	0.43
29	542	560	3085	561	84	63.85	0.34

30	236	1120	1234	2177	65	45.05	0.39
----	-----	------	------	------	----	-------	------

Nombre de candidats : 4832

Commentaires sur cette analyse

Difficulté

L'indice de difficulté varie d'environ 28 % pour le NS et de 11 % pour le NM (questions relativement difficiles) à environ 92 % pour le NS et à 88 % pour le NM (questions relativement 'faciles'). Les épreuves produisirent un étalement adéquat des notes tout en permettant à tous les candidats d'obtenir des points.

Discrimination

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

Réponse 'blanche'

Dans les deux épreuves, le nombre de réponses blanches était réparti de manière aléatoire dans tout le test. Cela peut indiquer que les candidats avaient suffisamment de temps pour terminer leurs réponses, mais qu'ils laissèrent simplement les questions dont ils n'étaient pas sûrs de la réponse. Mais il y eut un nombre exceptionnellement élevé de réponses blanches. Il convient de rappeler aux candidats qu'il n'existe pas de pénalité pour une réponse incorrecte. Par conséquent, si on ne connaît pas la réponse correcte, il faudrait essayer de deviner la réponse au juger. En général, les candidats devraient être capables d'élimination, augmentant ainsi la probabilité de choisir la réponse correcte.

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

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

Questions communes au NM et au NS

NM Q2 et NS Q1

Il convient de noter que 'intensité du champ électrique' est une grandeur vectorielle.

NM Q5 et NS Q4

Il semblerait qu'un certain nombre de candidats du NM lurent mal cette question et pensèrent que l'objet était 'au repos'. Cela souligne combien il est important de lire soigneusement la question et de ne pas faire de conclusions hâtives – les candidats devraient avoir remarqué le mot 'sans frottement' et conclu que le système devait donc avoir une certaine accélération.

NM Q7 et NS Q5

Les statistiques indiquent qu'un bon nombre de candidats négligèrent le fait que le vecteur vitesse était une grandeur vectorielle. Et donc son changement, dans cette question, est $8,0 \text{ ms}^{-1}$, et pas $2,0 \text{ ms}^{-1}$.

NM Q24 et NS Q27

L'énoncé d'évaluation 7.2.3 dans le guide pédagogique de physique exige que les candidats soient capables de 'décrire les propriétés ionisantes des particules alpha, bêta et du rayonnement gamma'. Il semblerait qu'un certain nombre de candidats ne lurent pas assez attentivement cette question, qui leur demandait de choisir les particules en ordre croissant de capacité d'ionisation et ils choisirent la réponse B plutôt que la bonne réponse D.

Questions du NS

Q7

Sur la surface d'une planète, on peut prendre l'intensité du champ gravitationnel comme étant une grandeur invariante. Cela ne déconcerta pas les candidats bien qu'il y eût un certain nombre d'enseignants qui se demandèrent quelle était la hauteur du cratère et si celle-ci affecterait l'accélération.

Q10

Le travail effectué sur un gaz est l'aire **totale** sous un graphique P-V. De nombreux candidats choisirent incorrectement la réponse A.

Q11

Les enseignants firent un certain nombre de commentaires sur cette question. Dans cette situation, on peut prendre le petit changement de volume de l'eau/la glace comme négligeable et il faut supposer que l'eau n'est pas à $0 \text{ }^\circ\text{C}$, sinon aucune fonte ne se produirait. Les statistiques montraient que les candidats plus forts le comprenaient, ayant choisi A comme la meilleure réponse.

Q12

Cette question fit l'objet d'un certain nombre de commentaires sur les formulaires G2 et les statistiques montrèrent que seuls les meilleurs candidats avaient compris suffisamment ce thème. Ces deux systèmes n'étaient clairement pas identiques – sinon, ils auraient la même

intersection avec l'axe des y. Y avait une crête moins prononcée qui était visiblement sur la droite de la crête de X, ce qui fait que D était la meilleure réponse.

Q16

À peu près le même nombre de candidats choisirent A, B et C. Les candidats plus forts préférèrent de toute évidence la bonne réponse A. Une esquisse rapide et simple révèle immédiatement la réponse - cela devrait être la réaction naturelle des candidats étant donné un problème de résonance de cette nature.

Q18

Ce fut là une autre question qui fit l'objet d'un certain nombre de critiques des enseignants, bien que les statistiques aient montré que deux tiers des candidats choisirent la réponse A. La quantité de lumière réfléchiée d'une surface en verre est négligeable (et impossible à quantifier avec les paramètres de la question), et il était donc clair que la meilleure réponse était A.

Q23

Les candidats devraient tout d'abord lire la question et examiner les réponses possibles, en ne consultant le recueil de données que s'ils en avaient besoin. Il est clair qu'un transformateur est parfait lorsque la puissance fournie est égale à la puissance appliquée.

Q25

Il fallait lire soigneusement la prémisse de cette question. L'indice de discrimination de 0,00 montrait que mêmes les candidats plus forts firent des conclusions hâtives. Lorsqu'un travail est effectué, il faut énoncer clairement qui est-ce qui effectue le travail et pas sur quoi le travail est effectué. Ainsi, si on soulève un poids, la personne qui soulève effectue alors un travail (positif) contre le champ, ce qui signifie que le champ effectue un travail négatif sur la balle. Il faut l'expliquer clairement aux candidats. Dans ce cas, il y a une charge qui bouge dans un champ électrique et les candidats sont invités à exprimer le travail effectué *par le champ* sur la charge.

Questions du NM

Q1

Les candidats trouvèrent cette question difficile, les statistiques indiquant que beaucoup d'entre eux avaient peut-être essayé de deviner la réponse. Il est clair (comme cela est confirmé par l'épreuve 2) que beaucoup de candidats ne sont pas très à l'aise avec les pourcentages. Il convient d'encourager les enseignants à veiller à ce que leurs candidats soient capables d'effectuer de simples calculs de pourcentages sans avoir recours à une calculatrice.

Q4

La réponse la plus populaire fut A. On ne peut que supposer que les candidats avaient peut-être confondu l'intensité du champ gravitationnel avec l'accélération de corps malgré la référence explicite à la vitesse limite dans la prémisse.

Q6

Les candidats savaient clairement que l'accélération diminuait – et ils avaient donc relié cela conceptuellement à la force décroissante. Environ la moitié des candidats confondirent peut-être l'accélération avec le vecteur vitesse et décidèrent que l'énergie cinétique devait aussi diminuer.

Cette question modélise ce qui se produit lorsqu'on lance une flèche et, de ce fait, il est évident que la vitesse augmente tandis que la flèche est en contact avec la corde.

Q8

Les candidats qui identifièrent correctement l'origine de la force comme la force de frottement de la route sur les pneus répondirent bien à cette question.

Q12

Les réponses à cette question furent médiocres. Il y a beaucoup de graphiques associés au mouvement harmonique simple (MHS) qui sont sinusoïdaux, mais ce sont les graphiques avec *temps* sur l'axe horizontal. Cependant, le fait d'avoir *déplacement* sur l'axe produira des graphiques différents et les candidats devraient aussi être familiarisés avec ces graphiques. Dans le cas présent, il aurait dû être clair qu'aux extrémités du MHS, le vecteur vitesse serait zéro, tandis qu'au point d'équilibre, il serait au maximum. La seule réponse possible est donc A, montrant la moitié d'un cycle du MHS.

Q15

D'après l'épreuve 2, il était clair que les candidats ne saisissaient pas bien la signification physique des différentes façons de représenter une onde. Les ondes sont constituées de particules oscillantes, mais elles peuvent être représentées soit comme un rayon, soit comme une série de fronts d'onde, soit graphiquement. Il semblerait que ce domaine du programme n'est pas enseigné de façon rigoureuse.

Q18

B fut la réponse la plus populaire, vraisemblablement parce que les candidats pensèrent 'deux fois la charge, deux fois la différence de potentiel. Cependant, si l'on prend le temps de réfléchir, cela montrerait qu'il en résulterait une particule alpha avec quatre fois l'énergie du proton ; par conséquent, la réponse correcte devait être C.

Q21

Les candidats n'étaient pas sûrs de la façon d'aborder cette question. Cependant, à un certain stade de leur cours, ils auraient dû avoir vu des fils traversés par un courant allant dans la même direction, s'attirant l'un l'autre, auquel cas cette question était banale.

Q25

Les enseignants souhaitèrent discuter sur la réponse à cette question, mais celle-ci ne posa pas de problèmes aux candidats. Dans l'épreuve 1, on demande aux candidats de donner la **meilleure** réponse, qui, dans le cas présent, est évidemment B.

Q26

C'était là une question difficile, comme le montrèrent les statistiques. La meilleure façon d'y répondre est peut-être de considérer les unités. Du moment que les candidats savent que le coefficient de dilatation en volume est en degrés⁻¹, B est alors la seule réponse possible. Il convient aussi de noter que, comme la largeur et l'étendue effectives des océans restent constantes, le coefficient de dilatation en volume est le même que le coefficient de dilatation en profondeur.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

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

Il n'existe pas de stratégie unique plus efficace que d'autres en ce qui concerne les questions à choix multiples et il faut donc adopter une souplesse de raisonnement. On peut trouver la réponse correcte par élimination, en considérant les unités, en utilisant une simple proportion, ou par 'exagération' – en permettant mentalement à une des grandeurs de devenir beaucoup plus grande, ou beaucoup plus petite. De temps en temps, un simple rappel factuel suffit.

Les candidats devraient essayer de répondre à chaque question. Lorsqu'ils ne peuvent pas fournir la réponse correcte, ils devraient alors toujours choisir l'option qui leur apparaît la plus vraisemblable. Il convient de souligner qu'une réponse incorrecte n'entraîne pas de déduction de points. Il est souvent possible d'éliminer des réponses, soit parce qu'elles sont évidemment absurdes, soit parce que deux réponses sont logiquement équivalentes.

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

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

Les candidats devraient consulter le guide pédagogique de physique courant (mars 2007) pendant la préparation à l'examen, afin de clarifier les exigences à satisfaire pour réussir l'examen. Dans l'examen de cette année, on a pu constater que les 'nouvelles' questions étaient particulièrement problématiques pour les candidats ; cependant, les enseignants devraient savoir que les questions sont formulées à partir des exigences du programme – et pas à partir d'épreuves antérieures !

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

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

Épreuve deux du niveau supérieur

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 13	14 - 27	28 - 37	38 - 47	48 - 57	58 - 67	68 - 95

Épreuve deux du niveau moyen

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 6	7 - 13	14 - 19	20 - 24	25 - 28	29 - 33	34 - 50

Commentaires généraux

Les centres envoyèrent 168 ensembles de commentaires sur les formulaires G2 pour le NS et 158 pour le NM. Un pourcentage élevé de centres (plus de 90 % pour les deux épreuves) pensèrent que les épreuves étaient d'un niveau approprié. 80 % des enseignants estimèrent que les épreuves étaient d'un niveau similaire (56 % des réponses pour le NS) ou un peu plus difficiles que celles de la session précédente. La clarté et la présentation des épreuves furent considérées comme bonnes ou satisfaisantes.

En fait, à en juger par les statistiques, les épreuves des deux niveaux étaient beaucoup plus faciles que celles de la session précédente. Les moyennes furent sensiblement plus élevées par rapport aux sessions précédentes et les écarts types restèrent similaires, indiquant la présence de certaines questions plus faciles que celles des toutes dernières années.

Un petit nombre de centres firent un commentaire sur la décroissance exponentielle dans la question A1 (a) (ii). Certains estimaient qu'elle dépassait les limites du programme du NM. (Un candidat du NM devrait être capable d'énoncer qu'une courbe de demi-vie est exponentielle (énoncé d'évaluation du guide pédagogique de physique 7.2.6) et de déterminer la demi-vie (énoncé d'évaluation 7.2.8). Ces deux énoncés valident à eux deux la question posée.) D'autres commentaires suggérèrent que cette question était posée trop tôt dans l'examen. Cependant, c'est pratique courante que la première question de l'épreuve 2 soit une question d'analyse de données et ne pas le faire aurait probablement perturbé encore plus les candidats.

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

- Tests exponentiels
- Calculs impliquant le transfert d'énergie thermique
- Explications de calculs dans le contexte de questions où on demande au candidat de montrer la réponse, ou de déterminer la réponse.
- **[NS seulement]** Signification de potentiel
- **[NS seulement]** Explication des effets de l'induction électromagnétique
- **[NM seulement]** Distinction entre l'énergie et la quantité de mouvement

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

- Utilisation d'équations cinématiques
- **[NS seulement]** Calculs de dispositifs de transfert de charge
- **[NS seulement]** Diffraction et critère de Rayleigh

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

Il y eut 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.

Section A

A1 [NS et NM] Question sur l'analyse des données

(a) (i) Peu de candidats obtinrent le maximum de points. Trop souvent, les examinateurs virent des dessins de qualité médiocre et des lignes très droites pour les trois premiers points. La plupart des candidats furent capables de faire en sorte que leurs courbes restent dans les limites des barres d'erreurs. Il faut encourager les candidats à lire la question toute entière avant d'essayer d'y répondre – s'ils l'avaient fait, ils auraient peut-être pu obtenir des indices supplémentaires en lisant la question jusqu'au bout. Il convient de noter que la compétence testée par cette question était la capacité des candidats d'ignorer les points et de dessiner une courbe lisse à travers les barres d'incertitude.

(ii) Beaucoup ne parvinrent pas à vérifier si le changement était exponentiel ou pas. Les examinateurs s'attendent à voir un test systématique exécuté avec précision. Un test approprié pourrait comprendre l'identification du comportement à la demi-vie, du comportement à rapport constant ou l'ajustement à une fonction exponentielle. Chacune de ces approches aurait pu obtenir le maximum de points. Il y eut souvent des énoncés vagues et obscurs sur le comportement asymptotique du graphique.

(b) (i) La moitié des candidats répondirent de manière adéquate à cette question même si les examinateurs virent peu de tangentes assurées. Les erreurs consistaient à omettre l'unité ou à essayer de calculer une pente pour la totalité des 30 secondes.

(ii) Les examinateurs s'attendaient à voir une solution basée sur des preuves. Les candidats qui écrivirent la réponse sans explication obtinrent peu de points.

(c) Pour répondre à cette question, les candidats devaient utiliser la réponse à la question (b) (ii) et la plupart furent capables de le faire de manière satisfaisante. Un nombre important de candidats ne tinrent pas compte du préfixe devant l'unité dans la résistance et leur réponse était incorrecte par un facteur de 10^6 .

A2 [NS et NM]

(a) (i) et (ii) Les réponses à ces questions obtinrent beaucoup de points, un nombre important de candidats ayant donné des solutions correctes. Même ceux qui ne purent pas répondre à la question (i) furent capables de prendre leur valeur incorrecte et de l'utiliser correctement dans leur réponse à la question (ii).

(b) Cette partie n'était pas simple et exigeait des candidats qu'ils réfléchissent – de préférence avant d'écrire leur réponse. Un certain nombre de candidats obtinrent deux points. Parmi les erreurs courantes, on peut citer : la détermination de la vitesse finale dans l'eau à une valeur plus grande que la vitesse finale dans l'air ; une première section très courbée avant t_1 ; une courbure incorrecte entre t_1 et t_2 et l'omission d'une vitesse constante finale ou d'une vitesse finale nulle.

(c) **[NM seulement]** Cette question simple ne fut pas bien exécutée. Beaucoup de candidats ne dessinèrent pas deux lignes nettes de longueur appropriée avec une règle – il y eut beaucoup d'esquisses grossières tracées à main levée. Cette question demande de légendier le diagramme et il faut le faire avec des mots et pas des symboles. Il n'était pas nécessaire de mentionner la poussée vers le haut dans la réponse, bien que cette inclusion ait été traitée comme neutre.

A3 [NS] et B1 partie 2 [NM]

(a) Un grand nombre de candidats ne répondirent pas au terme utilisé dans l'examen. « Distinguez » implique un certain type de comparaison ; souvent, les candidats donnèrent simplement des définitions (qui pouvaient, dans ce barème de notation, obtenir le maximum de points). Cependant, seuls quelques candidats obtinrent deux points. Les explications de la signification de l'énergie thermique étaient médiocres et omettaient généralement de souligner le besoin d'une différence de température dans le transfert de l'énergie.

(b) (i) Beaucoup furent capables d'obtenir les deux points, mais certains perdirent un point en insérant alors une étape finale supplémentaire et en progressant partiellement vers la solution de la partie (ii). Comme ces candidats ne comprirent pas complètement ce qu'on entendait par « changement de l'énergie interne », ils ne purent obtenir le maximum de points pour cette question.

(ii) Les réponses à cette question furent plus médiocres que pour la question (i). Parmi les solutions incorrectes, on peut citer : omission de soustraire les 28 kJ trouvés dans la réponse à la question (b) (i), et arithmétique incorrecte.

(c) **[NM seulement]** (i) Les réponses à cette question furent médiocres, la plupart des candidats étant incapables de calculer la masse de l'eau qui avait été vaporisée.

(ii) Cette question invite les candidats à considérer l'énergie des molécules et de la relier à la température constante de l'eau qui bout. La plupart des réponses furent vagues, peu de candidats ayant été capables de fournir une explication logique ou articulée clairement.

A4 [NS] et B1 partie 1 [NM]

(a) (i) Bien qu'un bon nombre de candidats furent capables de donner un énoncé correct de la signification du terme isotope, il y eut un nombre décevant de candidats qui en furent incapables. En général, les candidats devraient essayer de donner des définitions plus claires et plus succinctes.

(ii) De même, les définitions de la demi-vie radioactive furent souvent médiocres, incomplètes et confuses, mentionnant la quantité ou à la masse de la substance totale (rarement initiale) plutôt que son activité. Il s'agit là de définitions simples à mémoriser et les candidats feraient bien de consacrer du temps à cette tâche courante.

(b) (i) Le nombre de protons fut presque toujours correct.

(ii) Les candidats comprirent tous les éléments de base de cette question mais peu d'entre eux effectuèrent correctement le calcul. Les candidats ont besoin de comprendre que, pour obtenir le maximum de points en réponse à une question "montrez que", ils doivent convaincre l'examineur qu'ils ont montré toutes les étapes. La meilleure façon de le faire est d'effectuer le calcul jusqu'à au moins un chiffre significatif de plus que celui mentionné dans la question et en expliquant chaque ligne de calcul avec des mots. Même les candidats forts ne sont pas aussi attentifs qu'ils pourraient l'être à cet égard.

(c) **[NM seulement]** Il s'agissait là d'une autre question pour laquelle des candidats avaient besoin de formuler un argument logique. Les réponses furent extrêmement médiocres. Il semblerait que les candidats confondent les concepts d'énergie et de quantité de mouvement. Il y eut quelques tentatives de réponse à cette question mais les candidats ne considèrent pas en premier lieu pourquoi l'énergie du neutron devait être supérieure à 2,5 MeV. Les candidats plus forts du NM auraient dû être capables de le faire.

(c) [NS] et (d) [NM] Le nombre habituel de bonnes réponses à cette question fut affecté par le fait que les candidats ne reconnurent pas que c'était l'antineutrino et pas le neutrino qui était produit.

(e) **[NM seulement]** (i) Le graphique fut bien exécuté, la plupart des candidats ayant été capables de dessiner une ligne droite lisse et de lire les données sur leur graphique.

(ii) La majorité des candidats répondirent bien à cette partie de la question.

A5 [NS seulement]

(a) Cette question valait trois points et les candidats devraient s'efforcer d'y répondre en conséquence : signification de potentiel, nature de la charge pilote, et direction et position des points de début et de fin dans la définition. Beaucoup donnèrent deux des réponses mais pas la troisième. Seul un petit nombre de candidats donnèrent des définitions qui ne valaient rien. Il convient encore une fois de souligner que les candidats ont besoin de mémoriser les définitions.

(b) (i) Il arrive souvent que les candidats ne parviennent pas à convaincre les examinateurs dans leurs réponses aux questions 'montrez que' comme celle-ci. Il convient au moins de faire un énoncé complet de l'équation utilisée et de faire une substitution complète.

(ii) Les réponses à cette question furent généralement bonnes. Les candidats surent quelle équation utiliser et manipulèrent bien les données.

(iii) La réponse à cette partie était déduite directement de la valeur précédente. Il n'y eut qu'environ la moitié des candidats qui le reconnurent ; c'est là un bon test de la physique des candidats.

A6 [NS seulement]

(a) L'explication de la raison pour la force constante requise pour déplacer la tige à une vitesse constante fut médiocre. Il y a un élément électromagnétique à la réponse de même qu'un élément mécanique. Seul un très petit nombre de candidats furent capables de mentionner le rapport entre les deux dans leur réponse. En fait, un nombre important d'entre eux furent attirés par une solution impliquant la loi de Lenz (requise dans la réponse à la question (b)) et ne parvinrent pas à fournir une réponse à propos de la constance de la force. D'autres étaient clairement perplexes et parlèrent en termes de l'effet moteur, pensant apparemment que la tige était entraînée par un courant imposé.

(b) Les énoncés de la loi de Lenz (premier point) furent médiocres et vagues – encore une fois, il s'agit là d'un travail de mémorisation standard qu'un candidat devrait être capable de reproduire sans réfléchir. La plupart des candidats ne purent faire aucune sorte de lien entre la loi et l'effet sans répéter leur réponse à la question précédente, qu'elle leur ait permis ou pas leur obtenir des points.

(c) Environ la moitié des candidats furent capables de fournir une réponse correcte. Beaucoup de candidats s'arrêtèrent, n'ayant trouvé que la force totale sur la tige.

Section B

B1 partie 1 [NS] et B2 partie 1 [NM]

(a) Beaucoup de candidats furent capables d'énoncer la loi de Coulomb ou de donner l'équation avec des explications des symboles. Cependant, certains candidats ne parvinrent pas à définir leurs symboles et perdirent des points.

(b) (i) Beaucoup calculèrent bien la force électrique.

(ii) Les candidats utilisèrent bien la réponse à la question (i) pour déterminer la grandeur de E . Cependant, beaucoup de candidats ne lurent pas bien la question et ne parvinrent pas à exprimer la direction du champ ou ils la donnèrent de façon ambiguë.

(iii) Les calculs pour montrer l'ordre de grandeur de H/E furent généralement bien faits. Beaucoup omirent la dernière étape et donnèrent simplement une fraction comme réponse.

(iv) Beaucoup obtinrent ce simple point.

(c) (i) Un grand nombre de candidats donnèrent des définitions confuses ou incorrectes de la f.é.m. d'une pile. Les commentaires déjà faits dans ce rapport sur la mémorisation des définitions s'appliquent aussi dans ce cas. Trop de candidats eurent recours à la partie suivante de cette question et utilisèrent cette idée dans leur réponse.

(ii) Les réponses à cette question furent bonnes.

(iii) Un grand nombre de candidats exécutèrent ce calcul élégamment, expliquant généralement les étapes (ou écrivant au moins l'algèbre) d'une manière logique. Il y eut beaucoup de solutions correctes et originales qui obtinrent le maximum de points.

B1 partie 2 [NS seulement]

(a) Trop souvent (dans la vaste majorité des copies), les réponses se concentrèrent sur les différences dans les propriétés *microscopiques* des gaz parfaits et des gaz réels. Ces réponses ne furent pas jugées comme méritant un point. Les commentaires faits sur les formulaires G2 comme quoi ce sujet ne faisait pas partie du programme étaient incorrects (énoncés d'évaluation 3.2.12 & 10.1.2).

(b) (i) et (ii) Les candidats étaient autorisés à utiliser des symboles pour les grandeurs thermodynamiques et, par conséquent, ces questions obtinrent plus de points que d'habitude. Cependant, certains candidats ne traitèrent que de la nature du changement plutôt que de continuer en discutant le travail effectué dans les deux cas.

(ii) Les réponses à cette question furent médiocres. La plupart ne parvinrent même pas à choisir la partie du cycle et ne furent ensuite pas capables de fournir une explication cohérente du transfert d'énergie non mécanique.

B2 partie 1 [NS] et A3, B3 partie 2 [NM]

(c) Beaucoup furent capables d'obtenir la masse minimum du charbon avec seulement une petite pénalité pour une erreur de puissance de dix. Les solutions furent généralement

présentées logiquement et complètement. Une erreur courante fut l'incapacité de traiter correctement le rendement en pourcentage.

(b) Cette question est un autre cas dans lequel les candidats doivent être guidés par le nombre de points attribués. Quatre points étaient attribués et il était raisonnable de penser que ces points étaient divisés entre deux points plus deux points. Généralement, les candidats donnèrent une seule réponse méritant un point par avantage et par désavantage. Les candidats doivent (comme dans les examens précédents) éviter de donner des réponses vagues et superficielles : « les déchets radioactifs sont dangereux », « le charbon produit un effet de serre », etc.

(c) **[(a) NM]** Ce fut là un autre calcul dans lequel les candidats firent preuve d'un bon niveau de compétence. Il y a un certain nombre d'étapes à suivre dans la réponse à cette question et un grand nombre de candidats furent capables de le faire facilement. Les erreurs incluent l'omission du rendement ou son obtention dans le mauvais sens dans l'équation. Bien que le maximum de points ait été attribué pour la réponse correcte, il est conseillé aux candidats, pour répondre à ce type de questions, d'expliquer complètement chaque étape dans leur argument de manière à pouvoir obtenir une partie des points. Une arithmétique confuse avec la réponse incorrecte n'obtiendra aucun point.

(d) **[(b) NM]** Une grande majorité de candidats parlèrent du rayonnement infrarouge qui est piégé dans l'atmosphère. Cette réponse n'obtint pas le maximum de points car elle n'abordait pas résolument l'interaction entre la surface de la terre et l'atmosphère. Le barème de notation permettait d'obtenir un nombre généreux de points mais la plupart des candidats obtinrent deux points sur trois. Les candidats hispanophones répondirent mal à cette question.

(e) **[(c) (i) NM]** Cette question fit l'objet de bonnes réponses et de bonnes explications par la plupart des candidats.

(e)(ii) **[NM seulement]** C'était là une autre question « montrez que ». Les candidats doivent fournir un raisonnement – les candidats plus forts purent satisfaire les examinateurs sur ce point.

B2 partie 2 [NS seulement]

(a) Les examinateurs constatèrent un bon niveau d'esquisses de graphiques avec des franges de diffraction précises. L'alignement entre les deux franges pour les besoins du critère de Raleigh ne fut pas aussi bien exécuté. Il fut parfois difficile aux examinateurs de décider s'il y avait un alignement entre les maxima centraux et un premier minimum ou autrement. Les examinateurs ne donneront pas le bénéfice du doute à un travail désordonné ou mal considéré.

(b) Dans le calcul de la distance entre la Lune et la Terre, les explications furent souvent absentes ou négligentes. Les candidats ne considérèrent pas s'il fallait utiliser 1,22 ou pas (les deux solutions furent acceptées). Seul un raisonnement clair fut récompensé dans le barème de points.

(c) (i) Les énoncés de la nature de la lumière polarisée furent exceptionnellement médiocres et ne parvinrent généralement pas à donner une description de ce qui agissait dans un plan. Les examinateurs recherchaient une attribution au vecteur du champ électrique ou une réponse similaire.

(ii) La plupart des candidats commirent l'erreur habituelle d'oublier de soustraire la réponse de 90° .

B3 Partie 1 [NS et NM]

(a) On demandait aux candidats de définir le MHS tel qu'il était appliqué à la situation dans la question. Beaucoup n'y parvinrent pas et écrivirent en termes généraux sur le MHS.

(b) (i) Les réponses à cette question furent bonnes.

(ii) La plupart des candidats furent capables d'identifier un point correct pour l'accélération maximum.

(iii) et (iv) Les réponses à ces questions furent confuses. Certains essayèrent d'utiliser des équations cinématiques. D'autres mélangèrent mètres et centimètres dans leurs réponses. On rencontra aussi d'autres erreurs algébriques (par exemple la confusion de $12^2 - 4^2$ pour $(12 - 4)^2$). C'est là un domaine dans lequel les candidats pourraient s'exercer plus.

(c) (i) Il y avait trois points pour cette question : pour les distinctions entre longitudinale et transversale et pour une description claire du point de comparaison. Ce deuxième aspect fut celui pour lequel les candidats perdirent le plus souvent le point attribuable. Beaucoup de candidats avaient l'idée vague que quelque relativement à transversal était perpendiculaire et que le même paramètre était parallèle pour longitudinal, mais que ce qu'était « ce quelque chose » était fréquemment confus.

(ii) Les candidats font maintenant plus attention à propos de la déclaration claire de la fréquence menant à la longueur d'onde.

B3 partie 2 [NS seulement]

(a) (i) Le terme *capacité* fut généralement bien défini.

(ii) Beaucoup obtinrent un point pour avoir suggéré que le processus était lié à l'effet photoélectrique. Trop de candidats continuèrent en répétant la question en termes d'« accumulation de charge ». Peu d'entre eux suivirent la suggestion donnée par la question (i) selon laquelle on demandait une réponse en termes de capacité.

(iii) Il fut courant de trouver une des deux réponses demandées (généralement la différence de potentiel) mais rare de voir toutes les deux mentionnées correctement.

(b) Ce calcul à plusieurs étapes fut généralement bien exécuté. Les calculs semblaient être assez bien présentés, mais les examinateurs préféreraient encore voir plus d'explications des étapes suivies afin de pouvoir attribuer une partie des points. Certains candidats obtinrent des valeurs ridicules pour leur réponse. Ils devraient savoir qu'il était peu probable que des réponses extrêmement grandes ou petites fussent correctes.

B4 partie 1 [NS] et B2 partie 2 [NM]

(a) La plupart des candidats furent capables de définir correctement la quantité de mouvement linéaire en utilisant les termes masse et vecteur vitesse.

(b) Une erreur courante apparut de nouveau dans cet examen. Si on demande à un candidat d'exprimer une loi de conservation, il *ne doit pas* simplement dire que la « grandeur est conservée ». Cela ne prouve rien à l'examinateur (à part que le candidat a lu la question) et cette réponse n'obtiendra jamais de points. Il s'agit là d'une simple compétence d'examen qu'un grand nombre de candidats ne parviennent toujours pas à apprendre.

(c) Peu furent capables de présenter des discussions adéquates de la façon dont la conservation de la quantité de mouvement s'appliquait à un des cas les plus courants discutés lors de l'enseignement à ce niveau, celui d'une fusée dans l'espace libre. Les candidats ne reconnurent pas clairement que ce système était fermé ou même ce que ce système était ou que le facteur important était le *changement* de la quantité de mouvement du carburant et donc de la fusée. Ce sont là des idées difficiles à saisir pour les candidats mais les examinateurs s'attendaient à de meilleures tentatives des élèves plus forts.

(b) (i) Les réponses à cette question furent bonnes.

(ii) Environ un tiers des candidats ne parvinrent pas à reconnaître qu'il fallait ajouter à Joe la masse de la balle pour obtenir une solution correcte du problème.

(e) La plupart des candidats adoptèrent une approche utilisant des applications répétées d'équations cinématiques, alors qu'une approche énergétique leur aurait demandé moins de répétitions. Les inexactitudes dans la manipulation de la masse de Joe ne furent pas pénalisées deux fois.

B4 partie 2 [NS seulement]

(a) Les réponses à cette question fréquemment posée furent bonnes.

(b) Les réponses à cette question furent médiocres, de nombreux candidats ayant tenté une approche qui impliquait l'utilisation directe de $c = f\lambda$ avec une vitesse fautive substituée dans l'équation. Très peu adoptèrent l'approche utilisant la quantité de mouvement de la particule.

(c) (i) Les réponses à cette question furent, elles aussi, médiocres. Les candidats ne parvinrent pas à identifier le noyau d'argon comme étant pertinent pour répondre à la question, et même s'ils le firent, ils eurent tendance à attribuer l'origine comme étant due à des transitions d'électrons dans les orbitales atomiques.

(ii) Le calcul de l'âge de la Terre fut bien exécuté en utilisant des approches variées. Les approches qui n'obtinrent pas de points comprenaient une tentative erronée via une demi-vie proportionnelle.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

- Exiger des candidats qu'ils mémorisent les définitions.
- Insister que les calculs soient présentés d'une manière logique et bien expliquée.
- Développer des arguments écrits logiques.
- Capacité de faire un graphique esquissé rapide et exact du rapport entre deux variables.
- Simples transformations algébriques et capacité de manier les puissances dans les équations.
- Apprendre à utiliser judicieusement le temps de lecture et à lire les questions attentivement et avec précision.

Épreuve trois du niveau supérieur

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 29	30 - 34	35 - 40	41 - 60

Commentaires généraux

Cette épreuve fit une bonne discrimination. La grande majorité des candidats semblèrent avoir eu suffisamment de temps pour répondre complètement à toutes les questions.

154 sur 167 centres de préparation au NS ayant répondu trouvèrent le niveau de difficulté approprié. 11 centres le trouvèrent trop élevé. 2 centres le trouvèrent trop bas. 116 sur 159 centres de préparation au NS estimèrent que l'épreuve était du même niveau que l'année dernière. 32 centres la trouvèrent plus difficile. 11 centres l'estimèrent plus facile que l'année dernière.

La majorité des centres de préparation au NS pensaient que la présentation de l'épreuve et la clarté de la formulation des questions étaient soit bonnes, soit satisfaisantes. 19 centres estimèrent que la présentation de l'épreuve était médiocre. Des enseignants firent des commentaires sur la présence d'une page blanche dans l'option 1. Ce n'est pas la première fois qu'on a présenté une épreuve 3 dans ce format. Il convient de rappeler aux candidats de prêter attention aux instructions internes dans l'épreuve d'examen et de vérifier qu'ils ont répondu à toutes les questions dans une option.

L'option E (astrophysique) est l'option la plus populaire, suivie de près par G (ondes électromagnétiques), I (physique médicale), H (relativité). Relativement peu de centres tentèrent l'option F (communications) ou l'option J (physique des particules).

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

Difficultés générales (NS et NM)

Souligner les expressions et les données essentielles dans une question.

Vérifier qu'on a répondu à toutes les questions. Il convient de rappeler aux candidats de tourner la page.

Annuler un travail qui est correct sans le remplacer par une autre réponse possible.

Savoir ce que les symboles représentent dans une formule ou une équation du recueil de données.

Puissances de 10 et préfixes d'unités.

Utiliser la loi de l'inverse du carré de la distance et la formule pour l'aire de la surface d'une sphère.

Arithmétique négligente et erreurs algébriques. Les erreurs de calculatrice sont bien trop courantes.

Présenter un raisonnement dans les questions 'montrez que'. Montrer toujours plus de chiffres significatifs que ceux qu'on donne.

Disposition générale du raisonnement dans les questions numériques – celle-ci a besoin d'être planifiée et méthodique.

Ordre de présentation des faits pour soutenir une explication ou une description.

Utilisation d'une règle pour dessiner des diagrammes. Même pour les esquisses, une règle peut s'avérer très utile.

Prêter attention aux termes spécifiques de la question – déterminez, expliquez, estimez etc.

Prêter attention au nombre de points attribués pour chaque question partielle. Souvent, les candidats fournissent moins de faits essentiels que ce qu'on leur demande.

Difficultés du niveau supérieur

Magnitude apparente et absolue des étoiles – particulièrement l'échelle inverse.

Mentionner correctement la longueur d'onde de crête dans un graphique de corps noir – pas la longueur d'onde maximum.

Les valeurs, en termes de masse solaire, des limites de Chandrasekhar et de Oppenheimer–Volkoff pour les étoiles à neutrons.

Distinguer les décalages vers le rouge et vers le bleu et réaliser ce que dernier se rapporte à des galaxies s'approchant.

Les unités conventionnelles pour la constante de Hubble et sa valeur approximative.

Le rapport entre la fréquence d'échantillonnage et le débit binaire.

Circuits d'amplificateurs opérationnels, terre virtuelle, écoulement de courant et condition pour la saturation.

Mise en ordre des événements dans l'explication des communications par téléphones portables.

Connaissance de la fonction d'un central téléphonique cellulaire. Beaucoup pensent qu'il s'agit d'un processus.

Différences entre les franges d'intensité de diffraction/d'interférence et esquisses de celles-ci.

Production de rayons X et explication pour la longueur d'onde minimum.

Connaissance du changement de phase pour les réflexions 'dures'.

Mécanisme pour la production de couleurs pour la lumière blanche incidente sur les lames minces.

Cinématique relativiste, particulièrement simultanéité et dilatation du temps.

Mécanique relativiste, particulièrement l'utilisation des unités MeV, MeVc^{-1} et MeVc^{-2} .

Définition du coefficient d'atténuation et utilisation des unités telles que cm^{-1} .

Calculs de dosimétrie, y compris changement de eV en J et utilisation du temps en secondes.

Connaissance des symboles et utilisation de l'équation d'énergie disponible pour les collisions de particules.

Fonctionnement d'une chambre à fils – mais on constate une petite amélioration.

Diagrammes de Feynman, particulièrement direction de l'axe des temps pour les antiparticules.

Diffusion inélastique profonde et liberté asymptotique.

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

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

Améliorations remarquées au NS

Très peu de candidats répondent à moins ou plus que deux options.

Ils maintiennent leurs réponses dans les limites des cases prévues pour les réponses.

Ils mentionnent l'utilisation d'une feuille supplémentaire à l'intérieur de la case de réponse.

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

Interprétation des diagrammes de HR

Définition de la loi de Hubble

Interprétation des formes d'onde de modulation d'amplitude

Calculs impliquant des décibels

Utilisation de la formule de Bragg

Contraction de la longueur

Calculs impliquant le facteur de Lorentz, le rayonnement gamma

Énoncé du principe d'équivalence

Imagerie IRM (amélioration très nette)

Structure des hadrons

Nombres quantiques et leurs règles de conservation

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

Niveau supérieur (les questions marquées par un astérisque (*) faisaient aussi partie de l'épreuve du NM)

Les commentaires marqués par un astérisque (*) pour les options E à J s'appliquent aussi aux candidats du NM bien qu'il y ait quelques commentaires supplémentaires qui ne s'appliquent qu'au NM. Les questions uniques au NM sont couvertes dans la section Épreuve 3 du NM de ce rapport.

Option E - Astrophysique

Ce fut là l'option la plus populaire.

***E1. Étoiles** (a) Les réponses à cette question furent bonnes, bien que la magnitude apparente à 10 pc ait souvent été omise. Dans les réponses aux questions (b) (i) et (b) (ii), l'explication du choix de l'étoile X fut souvent omise et les puissances dans le tableau furent souvent mal comprises. Les candidats ne savent pas souvent s'ils doivent décrire l'étoile Y comme ayant une magnitude absolue plus grande ou plus petite que l'étoile X. Il

est moins ambigu de mentionner que l'étoile Y a une plus grande luminosité. Les réponses à la question (c) (i) furent bonnes avec seulement quelques erreurs arithmétiques, comme l'oubli de la racine carrée. Pour la question (c) (ii), les candidats choisirent une température appropriée d'étoile rouge et furent capables d'en calculer le rayon. Trop choisirent une formule d'aire de surface incorrecte. Presque tous les candidats identifièrent l'étoile X comme une géante/supergéante rouge dans leur réponse à la question (c) (iii) à cause de son rayon (~ 1 AU) et de sa 'basse' température. Une erreur courante dans les réponses à la question (c) fut de mentionner le spectre du 'corps noir', mais la plupart des candidats du NS (et certains candidats du NM) furent capables d'obtenir 1 point pour avoir mentionné les raies d'absorption sombres du spectre d'une étoile. Certains candidats mentionnèrent même que des corrections du décalage Doppler étaient nécessaires pour faire correspondre ces raies avec des spectres d'émission en laboratoire.

***E2. Cosmologie** Dans leur réponse à la question (a), un bien trop grand nombre de candidats ne mentionnèrent pas les caractéristiques telles que le fait que rayonnement cosmique fossile était le rayonnement électromagnétique du corps noir atteignant son maximum à 2,7 K, qu'il n'avait pas de source spécifique, qu'il était isotrope, etc. Dans les réponses à la question (b) (i), la plupart des graphiques montrèrent une crête de longueur d'onde de corps noir, mais pas toujours l'asymétrie nécessaire. Dans la réponse à la question (b) (ii), il n'est pas correct de mentionner 'longueur d'onde maximum' – longueur d'onde de crête ou longueur d'onde à l'intensité maximum sont des termes plus appropriés. Le fait que le rayonnement cosmique fossile était une prédiction spécifique du modèle du big-bang, bien avant sa découverte, ne fut généralement pas mentionné dans les réponses à la question (b) (iii).

E3. Évolution stellaire [NS seulement] (a) Le rapport entre les masses stellaires fut bien indiqué, même si le raisonnement fut parfois mal présenté. La déplétion de l'hydrogène ne fut généralement pas mentionnée spécifiquement dans les réponses à la question (b) (i) comme la cause du départ d'une étoile de la séquence principale. Beaucoup donnèrent des informations inutiles sur le parcours ultérieur jusqu'à une étoile à neutrons. Dans leurs réponses à la question (b) (ii), les candidats connaissaient les limites supérieures ou inférieures pour la masse d'une étoile à neutrons, mais rarement les deux. On accepta la plage 1,4 Ms à 2,5 Ms ou 3 Ms. Souvent, les candidats indiquèrent les noms des limites mais pas leurs valeurs.

E4. Loi de Hubble's Law [NS seulement] L'énoncé de la loi de Hubble est une question fréquente qui fit généralement l'objet de bonnes réponses. Cependant, trop de candidats mentionnent encore des planètes ou des étoiles plutôt que des galaxies ou ils omettent de mentionner la vitesse de récession. Dans les réponses à la question (b) (i), la valeur du vecteur vitesse de M31 fut presque toujours correcte, mais la mention de 'vers la Terre' fut généralement omise. Les calculs de la constante de Hubble furent bien exécutés dans les réponses à la question (b) (ii), en utilisant diverses unités. On s'attendait à ce que les candidats mentionnent le fait que la galaxie M31 n'était pas très distante et qu'elle ne s'éloignait pas comme une raison de l'invalidité de la valeur dans la question (b) (ii). Peu le firent. Beaucoup mentionnèrent plutôt la raison pour l'incertitude générale de la valeur de H – probablement parce que cette dernière avait été une

question plus courante dans les épreuves antérieures récentes. Pour l'enseignement de ce thème, il est évident qu'on peut trouver une gamme de valeurs pour H dans les manuels. Ces valeurs peuvent facilement devenir périmées, mais la valeur obtenue dans la réponse à la question (b) (ii) était environ 5 fois celle acceptée couramment. On attend bien sûr des candidats qu'ils aient une certaine idée de cette valeur.

Option F - Communications

Peu de candidates choisirent cette option.

***F1. Modulation** (a) Les réponses à cette question furent bonnes, avec juste quelques erreurs dans la lecture du graphique de modulation. L'erreur la plus courante fut de ne pas savoir quelles caractéristiques du graphique utiliser pour calculer l'amplitude de l'onde signal. Le spectre de puissance dans la question (b) fut généralement indiqué correctement, ayant des bandes latérales montrées avec une puissance plus basse.

Les candidats du NM firent preuve de peu de connaissances sur ce thème et semblèrent faire des suppositions à partir du graphique fourni.

***F2. Transmission numérique** Dans les réponses à la question (a), très peu de candidats savaient que la fréquence d'échantillonnage minimum, pour une reproduction fidèle d'une forme d'onde, était le double de la fréquence du signal. Il en résulte que la fréquence maximum du signal est 22 kHz. La théorie de Shannon - Nyquist, mentionnée dans la plupart des manuels de physique de l'IB, fut parfois mentionnée. Il y eut beaucoup de valeurs incorrectes pour le débit binaire ; beaucoup divisèrent alors qu'ils auraient dû multiplier.

***F3. Atténuation** (a) La plupart des candidats connaissent bien la signification du terme atténuation, mais la perte d'énergie dans les câbles due au chauffage ohmique ou au rayonnement électromagnétique fut rarement mentionnée. Dans leurs réponses à la question (b) (i), les candidats négligèrent souvent l'atténuation du signal de 13 dB qui était permise. Néanmoins, beaucoup utilisèrent de simples calculs pour déterminer le besoin de 35 amplificateurs. Les réponses à la question (b) (ii) furent généralement bonnes en termes d'une atténuation moindre (par km) dans les fibres optiques que dans les câbles en cuivre, bien que beaucoup exprimèrent que la vitesse du signal optique était plus grande. Elles sont comparables.

Au NM, la plupart des candidats tentèrent le calcul mais reçurent très peu de points. Les avantages des fibres optiques ne furent pas tellement bien appréciés même si les candidats furent capables d'obtenir des points en devinant ou en utilisant leurs propres connaissances générales.

***F4. Amplificateur opérationnel** Dans leur réponse à la question (a) (i), les candidats répétèrent souvent la question en mentionnant un signal amplifié, inversé, plutôt qu'une polarité/un signe opposé. Les réponses aux questions (a) (ii) et (iii) ne furent pas bonnes et beaucoup furent incapables d'exprimer que les courants dans les deux résistances étaient presque égaux. La question (b) était plus facile mais les candidats omirent ou

négligèrent souvent le signe négatif pour le gain ou la saturation dans leurs réponse à la question (b) (ii).

Au NM, les réponses à ces questions furent généralement devinées et il semblait que les candidats étaient soit bien préparés, soit pas préparés du tout pour répondre à ces questions.

***F5. Systèmes de téléphonie mobile :** Les candidats ne parvinrent souvent pas à organiser leurs réponses d'une manière logique. Beaucoup pensèrent qu'un central téléphonique cellulaire était un processus plutôt qu'un système informatique physique et ils supposèrent donc que cette question portait uniquement sur le transfert intercellulaire qui se produisait lorsqu'un téléphone portable se déplaçait entre des cellules. Cette question fournissait une bonne discrimination et seuls les candidats auxquels on avait vraisemblablement enseigné les compétences de présentation des informations dans un ordre logique répondirent bien à cette question. Il est recommandé d'encourager l'utilisation de puces qui est parfaitement acceptable dans les examens. Même les candidats les plus faibles exécutèrent les calculs avec un certain succès, les candidats les plus forts étant aussi capables de répondre aux questions descriptives comme la question F5.

Option G – Ondes électromagnétiques

Ce fut la deuxième option la plus populaire.

***G1. Propriétés des ondes électromagnétiques** La majorité des candidats répondirent bien aux deux parties de cette question. Un petit nombre de candidats ne réalisèrent pas que le diagramme de l'onde devait être légendé ou ils ne montrèrent qu'un point sur l'onde pour représenter la longueur d'onde. Les candidats inattentifs mentionnèrent souvent le fait que les ondes électromagnétiques se propageaient à la même vitesse, mais ils omirent de dire dans un espace vide/libre.

***G2. Télescope astronomique** La question (a) (i) était une question 'montrez que' mais beaucoup énoncèrent simplement la définition de la distance focale dans des réponses écrites verbeuses. Les candidats plus perceptifs utilisèrent l'équation des lentilles pour montrer que $d = f$ étant donné que $u = \infty$. Les réponses varièrent entre parfaites et imparfaites pour les questions (i), (ii) et (iii), même si la plupart des candidats obtinrent des points. L'utilisation d'une ligne de construction depuis l'extrémité de l jusqu'au centre de l'oculaire permit à beaucoup de candidats de produire facilement un diagramme précis. Les candidats n'utilisèrent pas tous une règle. La majorité des candidats répondirent bien à la question (b).

***G3. Interférence** Il fut surprenant de constater combien les réponses à la question (a)(i) furent médiocres. Très peu mentionnèrent une différence de chemin nulle pour la frange centrale. Pour la question (a) (ii), une erreur courante fut d'ignorer le facteur de deux résultant du fait que la distance donnée était entre M et le premier minimum. Dans les réponses à la question (b), beaucoup dessinèrent bien la distribution régulière de

l'intensité pour les fentes doubles. Bien souvent, les candidats dessinèrent des franges de diffraction par une seule fente et ils n'obtinrent aucun point. Beaucoup avaient vu des épreuves antérieures et savaient quoi écrire pour la question (c) – des maxima plus brillants, plus étroits, la même séparation.

G4. Rayons X (a) (i) était une question 'montrez que' qui signifiait qu'il fallait exprimer un raisonnement détaillé lorsqu'on donnait la réponse finale. Les candidats sont pas tous conscients de cette exigence. Néanmoins, la grande majorité d'entre eux obtinrent le premier point pour avoir substitué les valeurs correctes dans l'équation de la longueur d'onde minimum. Pour montrer qu'un calcul avait bien été exécuté, il fallait montrer au moins un chiffre significatif correct de plus que ceux donnés dans la question. Les réponses à la question (a) (ii) furent médiocres. Souvent, les candidats recommencèrent la question en écrivant que c'était le rayon X le plus énergétique possible, plutôt que de mentionner que l'énergie maximum des électrons (de 28 keV) produisait un seul proton. Dans les réponses à la question (b), la séparation des plans cristallins fut généralement correcte mais, inévitablement, certains candidats omirent le facteur de deux dans formule de Bragg ou utilisèrent l'angle incorrect.

G5. Interférence avec lames minces (a) Les candidats ne sont pas du tout sûrs de la surface au niveau de laquelle un changement de phase se produit lors de la réflexion. La plupart des candidats obtinrent facilement deux points pour la question (b) (i). Cependant, les réponses à la question (b) (ii) furent médiocres. Très souvent, seules la réfraction, la diffraction ou la dispersion furent mentionnées – même si la question G5 indiquait clairement qu'elle portait sur l'interférence avec couches minces. Il est fort recommandé aux candidats de lire attentivement la prémisse de la question avant de commencer à y répondre, et de souligner les expressions ou les données essentielles.

Option H - Relativité

***H1. Cinématique relativiste** Dans la question (a), les mots essentiels au repos (par rapport à un observateur) furent parfois omis dans la définition de longueur propre. Presque tous les candidats du NS répondirent bien à la totalité de la question (b), mais ce ne fut pas le cas pour les candidats du NM. La contraction de la longueur semble bien comprise. Dans les réponses à la question (c), 1 % des candidats savaient que cette question n'avait rien à voir avec la lumière vue par Albert. Presque tout le pourcentage restant de candidats expliquèrent que la lumière 'atteignait Albert' à des moments différents. Cela est hors de propos. La question ne porte pas sur Albert qui voit la lumière arriver, mais sur le moment où la lumière quitte une lampe particulière. Étant donné que de nombreux centres ont fait des commentaires sur les formulaires G2 en émettant des doutes sur l'exactitude de cette question, voici une explication. Le raisonnement est le suivant : Chaque onde lumineuse doit se propager d'un événement (émission) à l'événement suivant (réception par Mileva). Tandis que deux ondes lumineuses se propagent toutes les deux à la vitesse c , Albert voit Mileva bouger vers la gauche, vers les ondes lumineuses émises par la lampe d'entrée. Il peut ainsi déduire que, dans son système, la lumière provenant de la lampe d'entrée a une distance plus courte sur laquelle se propager jusqu'à Mileva que la lumière émise par la lampe de sortie. Pour atteindre Mileva en même temps que la lumière provenant de la lampe de sortie, la lampe d'entrée doit s'être allumée en deuxième. (La lumière qu'il voit en fait en premier dépend

de quel côté de Mileva il se trouve, mais cela ne fait pas partie de la question). Les diagrammes d'espace-temps simples, bien qu'ils ne soient pas mentionnés dans le guide pédagogique, aideront les candidats à visualiser ces événements. Heureusement, la constance de la vitesse de la lumière vint souvent à la rescousse pour permettre aux candidats d'obtenir un point. Pour la question (d), il y eut beaucoup de réponses entièrement correctes, mais certains étaient confus sur la nature exacte des deux événements, qui n'avait rien à voir avec la longueur du tunnel. Beaucoup trop de candidats n'étaient pas sûrs de qui mesurait le temps propre et qui mesurait le temps dilaté. Voir les commentaires ci-dessous pour la question H2.

Les candidats du NM répondirent moins bien à cette question.

H2. Désintégration des muons [NS seulement] La question (a) permit à la majorité des candidats d'obtenir deux points, comme le fit la question (b) (i) pour la demi-vie des muons dans le système au repos de la Terre. Pour la question (b) (ii), les candidats ne se rapportèrent pas tous à leurs réponses précédentes, comme on le leur demandait, en expliquant les preuves de la dilatation du temps. Les candidats n'étaient pas sûrs de la signification des mots 'temps dilaté' ni de qui le percevait. Les candidats doivent savoir que **dilaté** signifie plus grand/plus long et se rapporte au temps écoulé plus long sur deux horloges différentes dans le système de l'observateur par comparaison au 'temps propre' écoulé plus court sur une seule horloge relativement mobile. Autrement dit, le temps écoulé de l'horloge relativement mobile (entre deux événements auxquels cette horloge est présente) est toujours moindre que celui entre les deux horloges de l'observateur séparées dans l'espace. C'est là un concept très difficile et les candidats doivent vraiment essayer de le saisir. Sans référence aux horloges, il est presque impossible de comprendre la dilatation du temps ou la simultanéité. Les diagrammes espace-temps sont encore une fois utiles dans ce cas. À cause de ce manque de compréhension, il y eut de nombreuses références au 'temps s'écoulant lentement **pour** les muons'. Cela est incorrect. Le temps des muons s'écoule lentement **pour** les observateurs sur la Terre. Cette différence est subtile mais importante.

H3. Mécanique relativiste [NS seulement] Dans n'importe quelle question avec des unités exprimées en termes de c , il y a possibilité de confusion. Cependant, beaucoup de candidats sont maintenant capables d'utiliser correctement l'équation énergie relativiste – quantité de mouvement. Beaucoup répondirent bien à la question (a) et les candidats obtinrent souvent γ correctement pour trouver V – mais beaucoup se perdirent en route. Il fut surprenant de constater qu'aucun candidat n'utilisa de 'triangles pythagoriens' qui rendaient ce sujet beaucoup plus facile à comprendre.

H4. Relativité générale [NS seulement] (a) Les candidats exprimèrent généralement le principe d'équivalence, mais pas toujours en termes dépourvus d'ambiguïté. Pour la question (b), très peu de candidats purent déterminer ce qui se produirait. Beaucoup identifièrent que cela était équivalent à un champ gravitationnel, mais sans exprimer que la direction était vers la gauche. Peu mentionnèrent que l'hélium était moins dense que l'air et qu'il bougerait donc vers la droite, dans la même direction que l'accélération du vaisseau spatial. À vrai dire, c'est contre-intuitif. Il fut facile d'obtenir deux points pour les questions (c) (i) et (ii). Mais pour la question (c) (iii), beaucoup trop de candidats exprimèrent simplement que la position de l'étoile devrait aussi être mesurée la nuit, sans

réaliser que la nuit l'étoile serait encore 'proche' du soleil et donc pas dans le ciel nocturne. On s'attendait à ce que les candidats mentionnent la position de l'étoile (la nuit !) quand elle n'est pas 'près' du soleil, comme dans six mois. Plus souvent, les candidats mentionnèrent, incorrectement, la mesure de la distance de l'étoile ou la mesure de la masse du Soleil. La question (c) (iv) fournit de bonnes réponses.

Option I – Physique médicale

11. Audition (a) La majorité des candidats exprimèrent correctement la formule du niveau d'intensité acoustique mais certains ne définirent pas les symboles et n'obtinrent donc pas le point. (b) (i) était une question 'montrez que' qui permit à presque tous les candidats d'obtenir deux points. La plupart des candidats semblent manier les dB avec assurance. Cependant, la plupart des candidats trouvèrent trop difficile le calcul de la distance à laquelle le niveau d'intensité tombait à 90 dB car ils furent incapables d'identifier quelles valeurs utiliser ou ils semblaient ne pas connaître la loi de l'inverse des carrés.

12. Rayons X (a) Très peu de candidats furent capables de définir *coefficient d'atténuation*. Bien trop peu de candidats essayèrent de le définir en termes de couche de demi-atténuation. Si on exprime une équation de définition, on n'obtiendra de points que si on indique la signification de chaque symbole. La question (b) (i) s'avéra difficile pour les candidats qui ne réalisèrent pas que presque la totalité des rayons X à faible énergie serait atténuée à l'intérieur du corps et n'atteindrait donc même jamais le capteur. Même dans ce cas, ils furent capables de bien répondre à la question (b) (ii) en termes d'une exposition moindre aux rayons X nuisibles. Les erreurs arithmétiques furent courantes dans les réponses à la question (b) (iii) à moins que les candidats n'aient eu l'avantage d'effectuer le calcul en cm. Très peu d'entre eux le firent. Un coefficient d'atténuation de 3 cm^{-1} fut souvent converti incorrectement en 30 mm^{-1} .

13. Imagerie RMN Les candidats répondirent très bien aux deux parties de cette question. Il est clair que les questions antérieures sur l'imagerie RMN ont porté fruit car la majorité des candidats sont maintenant capables d'indiquer la plupart des principes physiques majeurs impliqués.

14. Rayonnement et dosimétrie La question (a) s'avéra difficile pour les candidats qui ignorèrent les mots 'besoins diagnostiques'. Certains candidats savaient que les rayons gamma pénétraient dans les tissus du corps de manière à permettre de surveiller l'emplacement de l'isotope ; mais beaucoup ne mentionnèrent que la faible capacité d'ionisation du rayonnement ou pensèrent qu'on utilisait le rayonnement pour une thérapie. Dans leurs réponses à la question (b), la plupart des candidats réalisèrent que la méthode 1 n'endommagerait les tissus sains que de manière minimale. Les questions (c) (i) et (ii), concernant la demi-vie physique et biologique, permirent à la plupart des candidats d'obtenir facilement trois points. Les candidats plus faibles reformulèrent simplement la question. Il y eut très peu de réponses complètement correctes à la question (c) (iii). Certains ignorèrent les 5,5 heures – ou ne raisonnèrent pas en secondes. Certains ne convertirent pas keV en J. Certains firent des erreurs de puissance de dix. D'autres firent toutes ces erreurs.

Option J – Physique des particules

Relativement peu de candidats choisirent cette option.

***J1. [NM D2] Quarks et interactions** La question (a) permit d'obtenir facilement un point, mais on s'attendait à ce que la structure du méson soit exprimée très spécifiquement. Dans la question (b), la grandeur de $h/4\pi$ fut rarement calculée. Le principe d'exclusion de Pauli fut généralement bien exprimé en réponse à la question (c), mais, dans les réponses à la question (c) (ii), le fait que la couleur était un état quantique fut rarement mentionné. (d) (i) fut une question très facile de même que (d) (ii), même si beaucoup ne mentionnèrent pas la masse nulle du photon. Les réponses à la question (e) furent presque toujours correctes.

J2. Production de particules (a)(i) Les candidats donnèrent généralement une étrangerité correcte égale à -3 et ils identifièrent correctement X comme un baryon. Dans les réponses à la question (b), rares furent ceux qui calculèrent la masse de X tout à fait correctement. Parfois, les candidats utilisèrent la masse cible, parfois, ils utilisèrent c dans les calculs. (Beaucoup de candidats ont des difficultés à manier ces unités peu commodes). Parfois, les candidats ne soustrayèrent pas les masses du kaon de l'énergie disponible. La connaissance du fonctionnement de la chambre à fils est meilleure, mais trop de candidats la confondent avec une chambre à étincelles, un compteur Geiger ou une chambre à bulles.

J3. Le modèle standard (a) et (b) Les explications de la liberté asymptotique et de la diffusion inélastique profonde sont meilleures qu'auparavant mais elles sont souvent encore confuses. Cela vaut la peine de donner cette question comme travail à domicile étant donné qu'elle est souvent posée. Le diagramme de Feynman pour la désintégration du boson de Higgs dans la question (c) ne fut souvent que partiellement correct. Une erreur courante fut de montrer des antiparticules (positrons, antineutrinos) allant littéralement en arrière dans le temps. Les flèches sont orientées bien sûr vers l'arrière. Pour obtenir des points, il fallait montrer la désintégration de Higgs en deux bosons W, suivie par au moins une des désintégrations d'un boson W en deux leptons.

J4. L'univers primitif Dans leurs réponses à la question (a), les candidats utilisèrent des masses de particules en $\text{MeV}c^{-1}$ or en kg. Cependant, ils n'utilisèrent souvent qu'une seule masse d'électron/de position. Les candidats confondirent parfois la constante de Boltzmann avec la constante de Coulomb. Il y eut beaucoup de réponses correctes à cette question. Les réponses à la question (b) furent très médiocres car il semblait que les candidats ne réalisèrent pas qu'il y aurait une distribution (corps noir) d'énergies de photon pour n'importe quel T donné.

Épreuve trois du niveau moyen

Seuils d'attribution des notes des composantes

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme des notes :	0 - 4	5 - 9	10 - 15	16 - 19	20 - 23	24 - 27	28 - 40

Commentaires généraux

Ces épreuves firent une bonne discrimination. La grande majorité des candidats semblèrent avoir eu suffisamment de temps pour répondre complètement à toutes les questions.

Presque tous les centres (157 sur 163) trouvèrent le niveau de difficulté approprié. 6 centres le trouvèrent trop élevé. Aucun centre ne le trouva trop bas.

115 centres sur 152 estimèrent que l'épreuve était du même niveau que l'année dernière. 24 centres la trouvèrent plus difficile. 13 centres l'estimèrent plus facile que l'année dernière.

Presque tous les centres pensaient que la clarté de la formulation des questions et la présentation de l'épreuve étaient bonnes ou satisfaisantes. Trois centres pensaient que la clarté de la formulation des questions ou la présentation de l'épreuve étaient médiocres.

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

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

La profondeur de vision est un concept mal compris.

Résolution – dessiner des diagrammes nets pour montrer le cas des franges étant juste résolues.

Résolution – calculs pour trouver la distance maximum et l'effet de la longueur d'onde qui change.

Théorie des ondes et des particules relativement à l'effet photoélectrique.

Calculs liés à l'effet photoélectrique.

Niveaux d'énergie nucléaire – beaucoup de candidats mentionnèrent des transitions d'électrons.

Niveaux d'énergie nucléaire – prouvés par des spectres alpha et gamma discrets.

Formation d'images sur un CCD.

Calculs liés au grossissement et à la résolution d'images.

Simultanéité – beaucoup adoptèrent une approche incorrecte pour répondre à cette question.

Spin nucléaire lié à l'imagerie RMN.

Masse et gamme des particules d'échange.

Utilisation d'informations numériques à propos des étoiles pour comparer les distances.

La nature et l'importance du rayonnement cosmique fossile/fond diffus cosmologique sont mal comprises.

L'interprétation de la limitation imposée sur la puissance du signal de sortie n'était pas bien comprise.

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

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

Améliorations remarquées au NM

Simple questions numériques impliquant une équation.

Descriptions et diagrammes des ondes stationnaires.

Effet Doppler.

Désintégration radioactive.

Avantages des enregistrements numériques par rapport aux enregistrements analogiques.

Calculs de longueurs, de distances et de temps d'objets bougeant de manière relativiste.

Disque compact / stockage numérique.

Option D (chevauchement avec l'option H) – calculs cinématiques relativistes.

Hadrons et le principe d'exclusion de Pauli.

Calculs de la distance et du rayon d'étoiles.

Interprétation des ondes modulées en amplitude.

Diagrammes de rayons.

Grossissement angulaire.

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

Option A – Vue et phénomènes ondulatoires

Ce fut la deuxième option la plus populaire au NM.

A1. Profondeur de vision Les réponses à la question (a) furent médiocres et la plupart des candidats ne connaissaient pas bien le concept, beaucoup mentionnant la vision tridimensionnelle ou la capacité de résoudre des points. Les réponses à la question (b) furent également médiocres même si quelques candidats apprécièrent que cela avait quelque chose à voir avec les changements de la taille de l'iris / de la pupille et furent capables d'obtenir un point. Un petit nombre de candidats furent capables d'obtenir un point en exprimant aussi que la profondeur de vision augmentait sans faire preuve d'une compréhension de la question.

A2. Ondes stationnaires Les réponses aux questions (a) et (b) furent généralement bonnes. Des candidats perdirent des points en laissant une partie de la question blanche ou en ne calculant pas correctement la période d'oscillation pour l'appliquer au dessin de la ligne à un temps de 2,0 ms. Les réponses à la question (c) furent médiocres avec seulement quelques réponses mentionnant un déplacement ou une résonance forcée au point M. Beaucoup décrivent la formation des ondes stationnaires par la superposition d'une onde incidente et réfléchiée comme il s'agissait là une question souvent posée. Les réponses à la question (d) furent bonnes bien que quelques candidats donnèrent des réponses en termes de longueur d'onde. Il suffisait de mentionner 500 Hz pour obtenir le point.

A3. Effet Doppler Les réponses à la question (a) furent bonnes car c'était là une question posée fréquemment. Cependant, il y eut quand même quelques réponses qui ne mentionnèrent pas clairement le mouvement relatif et on leur donna le bénéfice du doute. La plupart des candidats répondirent bien à la question (b) bien que certains d'entre eux utilisèrent la formule pour les ondes électromagnétiques ou bien ils utilisèrent la formule incorrectement. Une erreur courante fut de confondre les formules de la source mobile et de l'observateur mobile. La règle est 'l'observateur au-dessus'. Certains candidats omirent d'exprimer une gamme après avoir calculé la limite supérieure et la limite inférieure de la fréquence.

A4. Résolution Les réponses à la question (a) furent médiocres avec quelques réponses excellentes. Quelques candidats inclurent les deux distributions, mais souvent déplacées, avec une centrée sur l'axe. Les candidats doivent veiller à lire la question attentivement de façon à faire en sorte que leurs diagrammes soient pertinents à ce qu'on leur demande. Les réponses à la question (b) (i) furent mixtes, beaucoup de candidats obtenant deux points. Parmi les erreurs faites, on peut citer l'oubli du facteur de 1,22, la confusion du diamètre de la pupille et de la séparation des points, ou la combinaison de tous les nombres ensemble. De même, les réponses à la question (b) (ii) furent médiocres, seuls quelques candidats ayant apprécié que la réponse était liée à la longueur d'onde de la lumière, mais ne montrant pas toujours comment cela affectait la capacité de résolution des points. Aucun point ne fut attribué aux réponses disant simplement que les points n'étaient pas résolus. Il s'agissait d'une question 'déterminez' et la réponse devait donc être justifiée.

Option B – Physique quantique et physique nucléaire

B1. Effet photoélectrique La plupart des candidats eurent du mal à obtenir beaucoup de points pour les questions (a) (i) et (a) (ii) car il était clair qu'ils ne comprirent pas ce que la question demandait et ils décrivirent simplement l'effet photoélectrique en termes de particules et d'ondes. Bien que les candidats étaient mieux équipés pour expliquer pourquoi le modèle des photons était une amélioration, les réponses à cette question furent malgré tout relativement médiocres. Les candidats répondirent mal à la question (b) (i), beaucoup d'entre eux n'appréciant pas qu'ils devaient utiliser la pente du graphique pour déterminer la constante de Planck. Certains candidats « connaissaient » la réponse et semblèrent avoir raisonné en faisant marche arrière. La question (b) (ii) était plus simple, de nombreux candidats ayant obtenu le point pour l'intersection avec l'axe des y. Les réponses à la question (b) (iii) furent assez mixtes, les candidats ayant utilisé toute une gamme d'approches. Un certain nombre de candidats essayèrent d'utiliser l'équation d'onde, en insérant la vitesse de la lumière. C'est une erreur courante que de penser que les ondes de Louis de Broglie sont un rayonnement électromagnétique. Beaucoup mirent en équation l'énergie des électrons et l'énergie des photons car ils avaient oublié que la question commençait avec les mots 'Utilisez le graphique pour calculer'. C'est là un cas où une approche organisée peut réellement aider un candidat à obtenir des points.

B2. Niveaux d'énergie nucléaire et désintégration radioactive Les candidats répondirent avec un succès varié à la question (a). Ceux qui apprécièrent que la question se rapportait à la physique nucléaire et pas à la physique atomique furent généralement

capables de faire référence à la nature discrète des spectres alpha et gamma. La question (b) (i) s'avéra facile pour la grande majorité des candidats. Un grand nombre de candidats firent référence aux neutrinos dans leur réponse à la question (b) (ii) mais ils furent incapables de relier cela à la nature continue d'un spectre bêta. Les réponses à la question (b) (iii) furent médiocres bien qu'on donna le bénéfice du doute à ceux qui firent référence à une transition d'un niveau plus haut à un niveau plus bas. Beaucoup de candidats mentionnèrent des transitions d'électrons /atomiques. La majorité des candidats répondirent bien à la question (c) mais un certain nombre d'entre eux essayèrent encore de deviner la réponse « au juger » en interpolant entre les demi-vies. L'utilisation de logarithmes ne sembla pas avoir causé beaucoup de difficultés aux candidats qui adoptèrent l'approche correcte dès le début.

Option C - Technologie numérique

Peu de candidates choisirent cette option.

C1. Disques compacts et dispositifs de transfert de charge La plupart des candidats répondirent bien à la question (a), la plupart des candidats obtenant les deux points en mentionnant les méplats et les creux, les 1 et les 0. La question (b) est une question courante, la plupart des candidats ayant encore une fois obtenu les deux points, bien que les réponses telles que « plus facile à accéder » soient discutables. Les réponses à la question (c) furent médiocres, la plupart d'entre elles manquant de concentration sur les informations essentielles. On s'attendait à ce que l'explication commence par l'entrée des photons. Beaucoup de candidats tentèrent de répondre à la question (d) mais, encore une fois, ils s'embrouillèrent entre les différentes étapes du processus. Il y eut beaucoup d'erreurs de puissance de 10 et seulement quelques réponses correctes.

Les questions C2 et les questions suivantes faisaient aussi partie de l'épreuve 3 du NS. Elles sont marquées avec un astérisque (*) dans cette section.

Recommandations et conseils pour l'enseignement des candidats futurs

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 réussissent moins bien les parties descriptives des questions ; celles-ci sont souvent la cause de la différence entre une note médiocre et bonne. Lorsqu'on donne aux candidats des exercices à faire à domicile, il est utile de ne pas leur donner uniquement des questions numériques mais aussi beaucoup de questions à réponse approfondie qui sont notées rigoureusement. Les épreuves antérieures fournissent l'occasion d'exercices essentiels avec le type de questions que les candidats rencontreront. En donnant aux candidats des réponses modèles (de même que des barèmes de notation antérieurs), on leur permet de comprendre le niveau de réponse qu'on attend d'eux. Celles-ci sont souvent fournies dans les manuels de physique de l'IB. Il convient aussi d'encourager de souligner les expressions essentielles dans une question car il arrive si souvent qu'une

instruction ou une information soit ignorée. La note pour une question, indiquée dans la marge de l'épreuve, est un indicateur utile du niveau de détail requis dans une réponse.

Tous les candidats devraient recevoir le guide pédagogique de physique complet et le recueil de données de l'IB. Ces deux ouvrages sont des outils d'apprentissage essentiels et très utiles comme listes de contrôle pour la révision. Le guide pédagogique et le recueil de données peuvent être fournis sous forme annotée par l'enseignant, avec des références aux pages du manuel, des adresses de sites Web et des références à des questions d'épreuves antérieures. Bien que cela prenne du temps, c'est très facile à faire étant donné que ces deux documents sont sous forme numérique. S'ils ne peuvent pas être fournis sous cette forme au début du cours, les annotations peuvent alors être ajoutées par les candidats à mesure que le cours progresse. On conseille aux enseignants d'avoir des sessions, pendant la révision, pour expliquer l'utilisation de chaque équation et de tous les éléments de données dans le recueil de données.

Dans les documents G2, les centres se plaignent souvent que les questions testent des informations qui ne sont pas dans le guide. Par exemple, que des étoiles de classe M ont une température de surface d'environ 3000 K, ou la signification de profondeur de vision. Il est important de se rappeler que le guide pédagogique fournit un cadre, une liste de buts et d'objectifs ; il n'est pas supposé être une liste définitive de faits. Il existe plusieurs manuels excellents 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, Wikipedia, Hyperphysics, CERN, NASA, Physics.org, outreach.atnf.csiro.au, phys.unsw.edu.au, etc, fournissent toute une panoplie d'informations pertinentes et captivantes. Les enseignants peuvent organiser ces sources en une ressource d'apprentissage utile, pour compléter les manuels, dans l'enseignement de chacune des options (et du tronc commun).