

## PHYSIQUE TZ2

(IB Afrique, Europe & Moyen-Orient & IB Asie-Pacifique)

### Seuils d'attribution des notes finales par matière

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 14	15 - 26	27 - 38	39 - 48	49 - 58	59 - 69	70 - 100

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 13	14 - 24	25 - 35	36 - 45	46 - 57	58 - 67	68 - 100

### Évaluation interne des niveaux supérieur et moyen

#### Seuils d'attribution des notes finales par composante

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

### Variété et pertinence du travail présenté

La transition vers la structure d'évaluation interne révisée s'est très bien passée. La majorité des écoles ont bien compris les exigences. Les enseignants continuent de progresser dans leur sélection de travaux pratiques en laboratoire appropriés pour chaque critère. Cependant, on rencontra des problèmes lorsque des enseignants assignèrent deux variables clairement définies pour la conception, ou évaluèrent la conception lors de la détermination d'une grandeur spécifique, telle que la gravité. La règle empirique consiste à chercher une fonction ou un rapport entre deux variables. Les élèves ont besoin de prendre des décisions et différents élèves devraient présenter des recherches légèrement différentes en réponse à la même incitation de l'enseignant. Bien qu'une hypothèse ne soit plus nécessaire selon le critère d'organisation d'une recherche, certains enseignants en demandent encore une de leurs élèves. Il convient de noter que l'évaluation ne porte sur aucune hypothèse. Cependant, une certaine interprétation physique peut se produire lors de la CÉ, et une hypothèse pourrait être faite à ce moment-là, mais cela n'est pas obligatoire.

Le recueil et le traitement des données furent bien exécutés. De temps en temps, les enseignants attribuèrent le descripteur 'complètement' lorsque des unités et des incertitudes étaient absentes, alors que celles-ci sont bien sûr nécessaires. Occasionnellement, les enseignants évaluèrent RTD alors qu'aucun graphique n'avait été tracé. Pour le critère RTD, on attend des élèves qu'ils traitent les données en créant des graphiques. Il faut que les enseignants accèdent à des recherches qui sont appropriées aux critères.

La majorité des écoles offrirent un programme pratique divers allant de recherches ne nécessitant qu'un bas niveau technologique jusqu'à des recherches nécessitant l'utilisation d'un matériel complexe. La plupart des écoles couvrirent une vaste gamme de sujets, mais un certain nombre d'écoles ne fournirent pas d'expérience pratique aux élèves sur les deux options étudiées. Il convient de rappeler aux enseignants que des recherches sur des sujets de physique ne faisant pas partie du programme peuvent s'avérer appropriées pour apprendre des compétences expérimentales. La majorité des écoles ont effectué les heures requises. Cependant, il y eut quelques cas suspects où (par exemple) une école revendiqua avoir effectué 4 heures d'évaluation interne pour une expérience de la pensée sur la gravité, et une autre école revendiqua avoir effectué 5 heures de recherche sur la loi de Hooke. Les réviseurs de notation mettent souvent en doute de telles revendications.

Il est généralement inopportun de faire une évaluation des critères RTD et CÉ lorsque les élèves travaillent avec des simulations, telles que la désintégration radioactive en utilisant des dés ou un modèle informatique de la loi de Snell. Il s'agit là d'exercices d'apprentissage mais ceux-ci ne sont pas appropriés pour une évaluation. Des travaux pratiques standard en laboratoire avec un matériel de classe standard ne conviennent généralement pas pour une évaluation du critère CÉ.

## Résultats des candidats pour chaque critère d'évaluation

### Conception

La majorité des écoles assignent des sujets de conception appropriés. Le facteur principal de réussite pour le critère Conception est l'incitation de l'enseignant. Elle doit diriger un élève vers une question de recherche tout en laissant celui-ci penser pour lui-même. Les variables doivent faire l'objet de définitions opérationnelles. Si un élève dit qu'elle va mesurer la taille d'un cratère, elle a besoin d'expliquer ce qu'elle entend par taille. Est-ce la largeur mesurée depuis les sommets des bords, la profondeur mesurée depuis la surface horizontale ou quoi précisément ? Les termes variables indépendantes, dépendantes et contrôlées doivent être bien compris par les élèves.

Le contrôle des variables fut abordé correctement dans la plupart des cas mais les élèves avaient parfois besoin d'être plus spécifiques. Dire simplement : « Je vais mesurer la période d'un pendule » ne suffit pas. Il faut faire preuve d'un souci du détail pour obtenir le descripteur 'complètement'. De même, pour fournir des données suffisantes, il faut une appréciation de la portée et de la gamme des valeurs, de même que des mesures répétées. La plupart des élèves font face à ces questions. De temps en temps, les enseignants attribuent un descripteur trop élevé pour cet aspect. Il convient de rappeler aux enseignants que les réviseurs de notation ne connaissent que ce qui est écrit dans le rapport de l'élève.

### Recueil et traitement des données

Les élèves ont tendance à obtenir les meilleurs descripteurs pour ce critère. Ce qu'on attend des élèves est indiqué clairement dans les descripteurs de l'évaluation interne. On rappelle aux enseignants que ce qu'on attend des élèves pour le traitement des erreurs, des incertitudes et des pentes des graphiques est indiqué en détail dans le programme du Guide pédagogique de physique. Il n'y eut que quelques cas où on indiqua aux élèves les graphiques qu'ils devaient créer. On rappelle aux enseignants de lire dans le Guide pédagogique de physique les clarifications sur ce qu'on attend des élèves pour le critère RTD. Quelques élèves tracèrent des graphiques à main levée. Le BI s'attend à ce que les élèves utilisent du papier pour graphiques ou de préférence un logiciel de création de graphiques.

Pour obtenir le descripteur 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD, les élèves doivent présenter des données traitées de manière appropriée (sans erreurs ni omissions). Les clarifications dans le guide pédagogique spécifient qu'un graphique pertinent aura des échelles appropriées, des axes avec des unités, des points de données placés correctement, une ligne de meilleur ajustement et que des barres d'erreurs et des pentes minimum et maximum seront utilisées pour déterminer l'incertitude dans la pente. La section 1.2 du programme indique en détail ce qu'on attend des élèves. Ceux-ci peuvent utiliser des méthodes plus complexes d'analyse des erreurs, telles que l'écart type ou d'autres méthodes statistiques, mais le guide pédagogique explique le niveau minimum d'appréciation des erreurs et des incertitudes.

Pour une évaluation du critère RTD, on attend des élèves qu'ils construisent des graphiques. Cependant, il peut y avoir des exceptions à cette règle, où RTD est un critère approprié à évaluer mais où un graphique n'est pas approprié. Par exemple, les élèves utilisent peut-être des accélérés d'une lune décrivant une orbite autour de Jupiter et recueillent des données afin de déterminer la constante gravitationnelle,  $G$ . Il y aurait des données brutes et traitées, et des incertitudes brutes et traitées. La valeur finale de  $G$  aurait une plage d'incertitude (et elle serait comparée à la valeur acceptée) et pourtant aucun graphique ne serait pertinent. Une telle recherche pourrait obtenir le descripteur 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD.

Il peut y avoir d'autres exemples de travail évalué selon le critère RTD qui ne comportent pas de graphiques. Dans ces cas, le réviseur de notation doit évaluer le type de recherche et déterminer si un élève d'école secondaire pourrait avoir construit un graphique et aurait dû le faire. Dans le cas où un graphique aurait dû être utilisé alors que ce ne fut pas le cas, on ne peut alors pas attribuer le descripteur 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD.

Par exemple, dans une expérience simple avec un pendule pour déterminer  $g$ , un élève peut avoir traité des données et trouvé une moyenne pour la gravité. Sans graphique, une erreur systématique possible (peut-être de la longueur du pendule déterminée incorrectement) n'aurait pas été révélée. Dans un exemple d'une expérience sur la loi de Boyle, l'espace mort dans la jauge de pression n'aurait pas été révélé sans porter les données sur un graphique. Ou bien, lorsqu'on mesure la vitesse du son avec un tube ouvert à résonance, seul le traçage d'un graphique approprié révèle l'effet de bout. Dans tous ces cas, le réviseur de notation ne pourrait pas accepter un descripteur 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD sans graphique.

Enfin, il y a un type d'expérience qui peut être ou ne pas être approprié pour le traçage d'un graphique. Dans une expérience pour mesurer la chaleur massique de l'eau, un élève peut

traiter les données et les incertitudes correctement, puis calculer une valeur numérique de  $c$ . Cependant, il peut être pertinent de construire un graphique dans cette expérience à cause d'une erreur expérimentale dans le processus de chauffage. Un graphique de la température en fonction du temps (pour une source d'alimentation électrique constante) révélerait une augmentation non linéaire de la température avec le temps, révélant ainsi une erreur expérimentale importante. Dans ce cas, un graphique est pertinent et donc nécessaire pour que le travail obtienne le descripteur 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD.

Lorsque la recherche d'un élève est évaluée selon le critère Conception en plus du critère RTD, un graphique est alors tout à fait nécessaire. La raison en est que, pour le critère Conception, les élèves devraient chercher une fonction ou un rapport entre deux variables. Ces variables seraient alors portées de manière appropriée sur un graphique.

La conclusion à tirer des observations ci-dessus est que, dans la majorité des recherches, on s'attend à ce qu'un graphique soit tracé. Il est conseillé aux enseignants que, lors de l'évaluation du critère RTD, des graphiques devraient être impliqués. Cependant, il y a des exceptions. Le réviseur de notation a besoin de déterminer si oui ou non les intentions des énoncés du programme de physique sur l'analyse des erreurs ont été respectées sans graphique et si oui ou non la recherche de l'élève devrait avoir impliqué un graphique.

### Conclusion et évaluation

Pour obtenir le niveau 3 pour l'aspect 1 du critère CÉ, les élèves doivent 'justifier' leur interprétation raisonnable des données. Pour obtenir plus que 'partiellement' les élèves doivent faire plus que résumer simplement le graphique. Il est possible qu'une théorie physique ou au moins une interprétation ou une signification physique quelconque soit nécessaire. Les élèves devraient se demander ce que la pente du graphique signifie, ce qu'un décalage systématique dans le graphique pourrait éventuellement signifier, et ce que la dispersion des points de données pourrait signifier. L'aspect 1 est probablement le critère d'évaluation interne pour lequel il est le plus difficile d'obtenir le descripteur 'complètement'. Les élèves confondent souvent les mots "linéaire" avec "proportionnelle" lorsqu'ils parlent de la ligne d'un graphique.

## Recommandations pour la préparation de futurs candidats

- Les enseignants devraient veiller à ce que tout le travail évalué soit approprié pour être évalué selon le critère pertinent. Cela peut sembler évident mais il y a de nombreux cas où les élèves se virent refuser un descripteur plus élevé possible parce que l'enseignant avait évalué des tâches inappropriées. Il faut se rappeler que seule une fraction de toutes les heures attribuées sur le formulaire 4/PSOW a besoin d'être évaluée.
- Bien que seuls les deux descripteurs les plus élevés par critère soient utilisés pour établir la note finale d'évaluation interne d'un élève, les élèves ont besoin d'un certain nombre d'occasions de s'exercer à faire un travail évalué afin de progresser et de faire de leur mieux. Certaines écoles notent seulement deux travaux, et cela n'est pas juste pour l'élève.
- On rappelle aux enseignants qu'ils doivent utiliser seulement la version la plus récente du formulaire 4/PSOW (le formulaire actuel comporte des espaces pour les

notes du réviseur de notation et du réviseur de notation superviseur) et inclure le formulaire de couverture 4/ÉI. La note CP est établie avec les projets du groupe 4 mais aucune preuve de ce projet n'est nécessaire pour la révision de la notation. Il convient de rappeler de n'envoyer que les échantillons de travaux pratiques en laboratoire dont la notation doit être révisée. Certaines écoles envoient des dossiers complets. Enfin, les élèves et les enseignants doivent signer et dater le formulaire 4/PSOW.

- L'utilisation des TIC est amplement évidente. Le BI l'encourage. La majorité des élèves utilisent un traitement de texte pour préparer leurs rapports de travaux pratiques en laboratoire, et beaucoup d'écoles utilisent un logiciel de création de graphiques. Les autres exigences en matière de TIC sont respectées.
- On rappelle aux enseignants que le TSM (matériel de soutien pédagogique) est disponible sur les pages de physique du Centre de programmes en ligne (OCC). Voir Évaluation, Évaluation interne, puis TSM. Ce matériel couvre des questions de conception, d'erreurs et d'incertitudes, et de CM et il comprend 10 travaux pratiques d'élèves qui sont accompagnés de commentaires de réviseurs de notation.
- Les enseignants sont autorisés à répondre aux questions des élèves tandis qu'ils font leur travail expérimental et tandis qu'ils rédigent leurs rapports. Cependant, les enseignants ne doivent pas noter de version préliminaire d'un rapport de travaux pratiques en laboratoire, et ils ne devraient répondre aux questions des élèves qu'en leur donnant des pistes d'enquête (sans répondre directement aux questions). Pour l'évaluation du travail des élèves selon les critères d'ÉI, les enseignants ne devraient noter et annoter que la version finale. Consulter la section du Guide pédagogique de physique appelée "Direction des travaux et authenticité" pour avoir plus de détails.
- Quand un travail doit être évalué, il est essentiel que les élèves travaillent seuls. Il ne peut pas y avoir d'ensemble de données communes ou de résultats identiques si le travail doit être évalué.

### Autres commentaires

Cette dernière section contient des conseils qui sont donnés aux réviseurs de notation de l'évaluation interne de physique. En général, les réviseurs de notation gardent les notes des enseignants mais il arrive de temps en temps qu'ils les augmentent ou qu'ils les diminuent. Si les enseignants ont appliqué les critères de bonne foi à des tâches appropriées, le système de révision de notation devrait les soutenir. La fonction des réviseurs de notation n'est pas d'appliquer leurs propres théories et pratiques favorites en tant qu'enseignants, mais à faire en sorte que les écoles utilisent les critères dans des limites acceptables selon les 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 conseils suivants sont donnés aux réviseurs de notation.

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

#### Conception

Le réviseur de notation révisera le descripteur à la baisse lorsque l'enseignant donne une question de recherche clairement définie et/ou les variables indépendantes **et** variables.

L'enseignant peut donner à l'élève la variable dépendante (à condition qu'il y ait une variété de variables indépendantes à identifier par l'élève). Il est acceptable de donner aux élèves l'objectif général de la recherche si les élèves ont modifié sensiblement l'incitation ou la question de l'enseignant (par exemple s'ils l'ont rendue plus précise, s'ils ont défini les variables). Le réviseur de notation révisera le descripteur à la baisse lorsque l'élève reçoit une feuille de méthode qu'il suit sans aucune modification *ou* lorsque **tous** les élèves utilisent des méthodes identiques. Les recherches standard en laboratoire ne sont pas appropriées pour une évaluation selon le critère Conception.

### **Recueil et traitement des données**

Le réviseur de notation révisera le descripteur à la baisse lorsqu'un tableau photocopie est fourni avec des en-têtes et des unités qui sont simplement remplies par l'élève. Si l'élève n'a pas enregistré d'incertitudes dans aucune donnée quantitative, le maximum donné par le réviseur de notation est alors 'partiellement' pour le premier aspect. Si l'élève a fait preuve *d'une incohérence répétée* dans son utilisation des chiffres significatifs lors de l'enregistrement des données, le maximum qu'un réviseur de notation puisse alors attribuer est 'partiellement' pour le premier aspect. 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 le descripteur à la baisse lorsqu'un graphique avec des axes déjà légendés est fourni (ou lorsqu'on a indiqué aux élèves quelles variables porter sur le graphique) ou lorsque les élèves suivent des questions structurées afin d'effectuer le traitement des données. Pour une évaluation de l'aspect 3 du critère RTD, on attend des élèves qu'ils construisent des graphiques. Pour obtenir le descripteur 'complètement', les points de données sur le graphique devraient comprendre des barres d'incertitude, et l'incertitude dans la pente de la meilleure droite a besoin d'être calculée. La façon de le faire est souvent de tracer les pentes minimum et maximum en utilisant les premier et dernier points de données.

### **Conclusion et évaluation**

Si l'enseignant fournit des questions structurées pour inciter les élèves à la discussion, la conclusion et la critique, alors, suivant la précision des questions de l'enseignant et la qualité de la réponse des élèves, le descripteur maximum attribué est *partiellement* pour chaque aspect pour lequel l'élève a été guidé. Le réviseur de notation juge uniquement la contribution des élèves. La différence entre un descripteur 'partiellement' et 'complètement' pour l'aspect 1 du critère CÉ implique la justification par les élèves de l'interprétation des résultats expérimentaux. C'est là une tâche difficile qui peut impliquer une théorie physique.

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

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

### **Conception**

Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsque les variables indépendantes et contrôlées ont été clairement identifiées au cours de la procédure mais lorsqu'elles ne sont

pas données comme une liste séparée (nous notons le rapport tout entier et il n'est pas obligatoire de rédiger le rapport en suivant les désignations des aspects). Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsqu'il y a une liste de variables et qu'il apparaît clairement d'après la procédure lesquelles variables sont indépendantes et lesquelles variables sont contrôlées.

Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse lorsque des procédures similaires (mais pas identiques mot pour mot) sont données pour une tâche limitée. Cependant, le réviseur de notation fera un commentaire quant au caractère impropre de la tâche sur le formulaire 4/IAF. Les réviseurs de notation ne notent pas seulement la liste de matériel, ils tiennent compte du matériel clairement identifié dans une procédure par étapes. Il faut se rappeler que les réviseurs de notation examinent le rapport tout entier. Les réviseurs de notation n'insistent pas qu'une précision de lecture +/- des appareils soit mentionnée dans la liste d'appareils. Cela n'a jamais été spécifié aux enseignants et le concept de l'enregistrement des incertitudes est couvert dans RTD. Les réviseurs de notation ne révisent pas à la baisse le descripteur d'un enseignant si un matériel aussi courant que des lunettes de sécurité ou des blouses de laboratoire n'est pas mentionné dans la liste. Certains enseignants considèrent qu'il est essentiel de les mentionner chaque fois et certains enseignants considèrent qu'ils font partie intégrante de tout travail en laboratoire et que cela va sans dire. Les réviseurs de notation soutiennent ici l'attitude de l'enseignant.

### **Recueil et traitement des données**

Dans un exercice de recueil de données complet comprenant éventuellement plusieurs tableaux de données, l'élève a été incohérent avec des chiffres significatifs pour juste un point de données ou il a omis des unités dans un en-tête de colonne. Dans ce cas, le réviseur de notation ne révisera pas à la baisse pour cette petite erreur. Si le réviseur de notation estime que l'élève a montré qu'il faisait attention à ces aspects et qu'il a simplement fait une erreur d'inattention, le réviseur de notation peut alors encore soutenir l'attribution de la note maximum en vertu de la règle que 'complètement' ne signifie pas 'parfait'. C'est là un principe important étant donné que les bons élèves qui effectuent de manière complète une tâche d'une certaine envergure sont pénalisés injustement plus souvent que les élèves abordant un exercice simpliste. Il ne faut pas réviser à la baisse si l'élève n'a pas inclus d'observation(s) qualitative(s) et que le réviseur de notation ne peut lui-même penser à aucune qui aurait été manifestement pertinente. Le réviseur de notation ne réviser pas à la baisse si le tableau n'a pas de titre lorsque ce à quoi se rapportent les données dans le tableau est évident. Souvent, les élèves font tout le travail ardu pour RTD et l'enseignant les pénalise parce qu'ils n'ont pas donné de titre au tableau. Sauf pour les recherches étendues, le sujet sur lequel porte le tableau est normalement évident.

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. Les élèves du niveau moyen aussi bien que ceux du niveau supérieur sont évalués sur le même contenu du programme et sur le même niveau de performance. On s'attend à ce que toutes les données brutes comprennent les unités et les 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. L'élève peut faire des énoncés sur l'assertion de précision du fabricant, mais cela n'est pas obligatoire. Lorsque des données brutes sont traitées, les incertitudes ont besoin d'être traitées (voir le Guide pédagogique, section du programme 1.2.11).

Les élèves 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 être ignorées, le candidat devrait mentionner ce fait.

Les pentes minimum et maximum devraient être dessinées sur les graphiques linéaires en 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 s'attend à une autre analyse d'incertitude.

Si l'élève s'est manifestement efforcé de considérer ou de propager des incertitudes, les réviseurs de notation soutiennent alors le descriptif attribué par l'enseignant même s'ils pensent que l'élève aurait pu faire un effort plus poussé. Si la propagation est démontrée dans une partie des travaux pratiques en laboratoire, le descripteur 'complètement' peut alors être attribué même si l'analyse des erreurs n'est pas exécutée dans tous les détails (à condition que l'élève ait fait preuve d'une appréciation de l'incertitude, il peut alors obtenir le descripteur 'complètement'). Les réviseurs de notation **ne** devraient **pas** pénaliser un enseignant ou un élève si le protocole n'est pas celui qu'ils enseignent, par exemple des incertitudes de mesure de l'équilibre d'une balance mécanique ont été données comme  $\pm 0,01$  g alors qu'ils peuvent estimer que, si on considère le pesage avec tare, elles devraient alors être doublées. Le stade de la révision de la notation n'est pas le moment approprié pour établir le protocole préféré du BI.

### Conclusion et évaluation

Les réviseurs de notation appliquent souvent le principe du descripteur 'complètement' comme ne signifiant pas 'parfait'. Par exemple, si l'élève a identifié les sources les plus judicieuses d'erreurs systématiques, le réviseur de notation peut alors soutenir le descripteur 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 est trop simple pour satisfaire l'esprit des critères, il fournira alors des commentaires sur le formulaire 4IAF quant au caractère impropre de la tâche en donnant des justifications complètes mais il ne révisera pas nécessairement à la baisse le descripteur attribué à l'élève. Oui, cela signifie que des élèves pourraient obtenir de bonnes notes pour le critère RTD pour un travail assez bref sur des données limitées mais, s'ils ont satisfait les exigences des aspects de ce critère avec ce travail d'une ampleur limitée, le réviseur de notation approuvera alors le descripteur attribué par l'enseignant.

L'aspect le plus difficile de CÉ est la différenciation entre le critère 'partiellement' et le critère '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 analyse qui comprend une appréciation des limites de la variété 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 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". Voir le dernier paragraphe dans les commentaires sur la Conclusion et l'évaluation dans la section B ci-dessus.

## Remarques générales sur les épreuves écrites

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

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

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

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

## Épreuve 1 des niveaux supérieur et moyen

### Seuils d'attribution des notes finales par matière

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 10	11 - 14	15 - 18	19 - 22	23 - 25	26 - 29	30 - 40

#### Niveau moyen

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

## Remarques générales

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

Seul un petit pourcentage du nombre total d'enseignants ou du nombre total des centres passant l'examen renvoyèrent des formulaires G2. Par exemple, pour le NS, il y eut 81 réponses de 380 centres. Par conséquent, il est difficile d'évaluer les opinions générales étant

donné que ceux qui renvoient des formulaires G2 sont peut-être uniquement ceux qui ont beaucoup à dire sur les épreuves. Les réponses indiquèrent que les épreuves de mai 2009 furent bien reçues dans l'ensemble. La grande majorité des enseignants qui firent des commentaires sur les épreuves estimaient qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié. Cependant, une minorité non négligeable pensait que les deux épreuves étaient un peu plus difficiles que l'année précédente. On peut tenir compte de ces changements de niveau de difficulté lors de la définition des seuils de classement des notes. À quelques exceptions près, les enseignants pensaient que les épreuves couvraient bien le programme ou le couvraient de manière satisfaisante.

Lorsque l'on fait des commentaires sur la couverture du programme, il faut tenir compte du fait qu'il faut juger celle-ci conjointement avec l'épreuve 2. La grande majorité des enseignants estimèrent que la présentation des épreuves était bonne, les autres l'ayant trouvée satisfaisante. Il faut tenir compte du fait que la session d'examens de physique de mai 2009 était la première session impliquant le nouveau programme de physique.

## Analyse statistique

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

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

## Analyse des questions de l'épreuve 1 du niveau supérieur

Question	a	B	C	d	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	291	1051	1120	*1447	10	36,92	0,21
2	273	1436	*1731	474	5	44,17	0,44
3	397	*1975	371	1170	6	50,40	0,45
4	*2157	516	1145	96	5	55,04	0,15
5	*1347	1449	892	229	2	34,37	0,46
6	110	321	*3326	157	5	84,87	0,24
7	1855	*1731	176	153	4	44,17	0,47
8	844	*1661	420	970	24	42,38	0,34
9	123	26	*3564	203	3	90,94	0,16
10	145	*1896	1529	343	6	48,38	0,30
11	197	1482	*1936	299	5	49,40	0,45
12	190	*2999	467	261	2	76,52	0,27

13	*2869	446	329	269	6	73,21	0,41
14	838	*1347	*1092	632	10	62,24	0,32
15	*2277	1005	137	499	1	58,10	0,38
16	1321	307	372	*1912	7	48,79	0,36
17	367	771	*1886	886	9	48,12	0,24
18	*2057	701	812	330	19	52,49	0,51
19	500	669	*2090	649	11	53,33	0,35
20	95	601	*2918	302	3	74,46	0,46
21	106	421	*2994	389	9	76,40	0,42
22	569	*2672	168	502	8	68,18	0,37
23	54	*1758	2006	95	6	44,86	0,39
24	1431	*983	99	1388	18	25,08	0,29
25	442	850	*1999	607	21	51,01	0,34
26	*2449	121	1082	261	6	62,49	0,34
27	246	499	541	*2627	6	67,03	0,50
28	947	772	476	*1701	23	43,40	0,44
29	1544	274	282	*1815	4	46,31	0,30
30	*1236	807	1004	852	20	31,54	0,34
31	*1132	546	*1554	677	10	68,54	0,25
32	1356	266	286	*2003	8	51,11	0,37
33	*1644	1887	240	146	2	41,95	0,35
34	270	709	844	*2074	22	52,92	0,36
35	379	548	384	*2580	28	65,83	0,55
36	77	52	*3653	133	4	93,21	0,10
37	639	*2846	316	110	8	72,62	0,38
38	303	*1340	990	1267	19	34,19	0,25
39	*2832	158	782	130	17	72,26	0,30
40	731	441	727	*2014	6	51,39	0,38

Nombre de candidats : 3919

### Analyse des questions de l'épreuve 1 du niveau moyen

Question	a	B	C	d	Blanc	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	295	1029	971	*1300	18	35,98	0,26
2	*2128	137	441	904	3	58,90	0,52
3	545	1711	*1047	306	4	28,98	0,37
4	399	*2011	473	725	5	55,66	0,35
5	78	294	*2661	576	4	73,65	0,42
6	410	*1390	474	1330	9	38,47	0,31
7	2213	675	*379	345	1	10,49	0,11
8	*1832	660	1012	101	8	50,71	0,18
9	499	178	1210	*1718	8	47,55	0,25
10	170	102	*2869	471	1	79,41	0,36
11	*2117	740	370	372	14	58,59	0,50
12	224	*2721	424	242	2	75,31	0,22
13	1541	*1276	564	219	13	35,32	0,48
14	920	*871	*1147	662	13	55,85	0,27
15	*1086	*1751	617	156	3	78,52	0,29
16	*1747	366	1314	179	7	48,35	0,40
17	579	530	348	*2151	5	59,54	0,51
18	186	591	*2336	491	9	64,66	0,51

19	463	287	*2638	216	9	73,01	0,39
20	647	*2100	278	582	6	58,12	0,37
21	*1556	891	469	687	10	43,07	0,41
22	592	514	*1775	721	11	49,13	0,54
23	1405	495	326	*1378	9	38,14	0,36
24	448	561	499	*2097	8	58,04	0,55
25	156	659	*2491	294	13	68,95	0,38
26	307	*2099	954	242	11	58,10	0,38
27	322	464	411	*2407	9	66,62	0,22
28	347	931	730	*1580	25	43,73	0,40
29	725	741	436	*1692	19	46,83	0,63
30	682	*2278	511	123	19	63,05	0,40

Nombre de candidats : 3613

## Remarques sur cette analyse

### Difficulté

L'indice de difficulté varie entre environ 25 % pour le NS et 11 % pour le NM (questions relativement 'difficiles') et environ 93 % pour le NS et 79 % pour le NM (questions relativement 'faciles'). La majorité des questions avaient un indice de difficulté situé entre 30 % et 70 %. Les épreuves fournissaient ainsi de nombreuses occasions à tous les candidats d'obtenir des points, tout en donnant une répartition adéquate des notes.

### Discrimination

Toutes les questions avaient une valeur positive pour l'indice de discrimination. Idéalement, l'indice devrait être plus élevé qu'environ 0,2. Cela fut le cas pour la très grande majorité des questions. Cependant, il est possible qu'un faible indice de discrimination ne résulte pas d'une question médiocre. Il pourrait indiquer une méconnaissance courante parmi les candidats ou une question avec un indice de difficulté élevé. Aux deux niveaux, 40 % des coefficients de discrimination se situaient dans la fourchette de 0,4.

### Réponse 'blanche'

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

## Remarques sur des questions sélectionnées

Les réponses des candidats aux questions individuelles sont fournies dans les tableaux statistiques ci-dessus ainsi que les valeurs des indices. Pour la plupart des questions, ces tableaux fournissent à eux seuls suffisamment d'informations rétroactives lorsqu'on examine une question spécifique. On ne fera donc de commentaires que sur des questions

sélectionnées, c'est à dire sur des questions qui illustrent un aspect particulier ou pour lesquelles on peut identifier un problème.

### Questions communes au NM et au NS

#### NM Q1 et NS Q1

Un certain nombre d'enseignants indiquèrent leur réserve vis-à-vis de cette question impliquant simplement une mémorisation. Le programme indique que les candidats peuvent s'attendre à ce type de question. La réponse correcte propose un nombre pour la masse de l'univers nettement différent des autres distracteurs et représentatif de la limite inférieure des valeurs acceptées actuellement.

#### NM Q6 et NS Q3

Question très discriminatoire. Le schéma était utile pour comprendre la situation physique même si l'utilisation de la conjonction "après que" eut été préférable à celle de la conjonction "lorsque".

#### NM Q14 et NS Q14

L'interprétation de l'expression "L'indice de réfraction du milieu 2 **par rapport** au milieu 1 est" pourrait avoir présenté quelques difficultés pour les élèves dont la langue maternelle n'est pas l'anglais. Par conséquent, les réponses B et C furent toutes les deux acceptées.

#### NM Q23 et NS Q32

Il est bon de se rappeler que le processus de fusion est caractérisé par la présence de neutrons et de noyaux de masses comparatives comme produits de la réaction.

### Questions du NS

#### Q7

Question très discriminatoire. La réponse A fut la réponse la plus populaire, beaucoup d'élèves ne connaissant pas une des caractéristiques principales d'un champ électrique, à savoir que le travail effectué dans un champ électrique est indépendant du parcours suivi dans ce champ. C'était là le point central de cette question.

#### Q10

Lorsqu'on utilise l'expression "proportionnelle à", il faut comprendre "directement proportionnelle à". Sinon, cela serait spécifié dans la question.

#### Q17

Ce sujet est couvert dans la section 11.4.3 du programme.

#### Q31

La bonne réponse attendue A est acceptée. Cependant, à cause de la diversité de conception des réacteurs nucléaires, la réponse C fut aussi acceptée.

**Q33**

Cette question porte sur un concept traditionnellement difficile. Une majorité d'élèves choisissent la réponse B plutôt que la réponse correcte A. Cette question est formulée de façon à ce que ce soit la physique qui est importante ici et pas l'algèbre (signe). Bon coefficient de discrimination.

**Questions du NM****Q7**

Coefficient de difficulté très élevé avec, en conséquence, un faible coefficient de discrimination. Cette question exige une application stricte de la troisième loi de Newton. Un très grand nombre d'élèves furent distraits par d'autres paramètres, particulièrement la tension dans le fil. À strictement parler, la tension dans le fil n'est pas la réaction de la lampe à l'action de la terre  $W$  sur la lampe.  $W$  est l'action de la Terre sur la lampe, et la réaction de la lampe ( $-W$ ) doit donc agir sur la Terre elle-même.

**Q15**

Cette question (difficile) portait sur la nature d'une onde (ici une impulsion) comme cela est expliqué par le mouvement harmonique simple. Elle a un coefficient de discrimination légèrement négatif et un coefficient de difficulté élevé. À cause de l'ambiguïté de la position du point P (la réponse A nécessite que le point P soit plus bas vers la gauche sur le segment de l'impulsion), les réponses A et B furent acceptées. La version publiée de cette question mentionnera le vecteur vitesse plutôt que l'accélération dans la prémisse de cette question, la réponse pertinente étant B.

**Q27**

L'effet photoélectrique n'est pas strictement dans le programme du NM (7.1.4). Cependant, la description du mécanisme de base de la cellule *photovoltaïque* devrait inclure le nom de ce processus.

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Les candidats devraient essayer de répondre à chaque question. Lorsqu'ils sont incapables de fournir la réponse correcte, ils devraient 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 faut lire la prémisse attentivement. Il semble que certains candidats ne lisent pas la prémisse toute entière mais plutôt qu'ils passent aux options après avoir établi la signification générale de la question. Les questions à choix multiples sont maintenues aussi brèves que possible. Par conséquent, leur formulation toute entière est significative et importante.

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

En tenant compte du fait que les examens de physique de mai 2009 couvraient un nouveau programme, les résultats obtenus pour l'Épreuve 1 sont très encourageants.

## Épreuve 2 des niveaux supérieur et moyen

### Seuils d'attribution des notes finales par matière

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 10	11 - 20	21 - 31	32 - 41	42 - 50	51 - 60	61 - 95

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 4	5 - 9	10 - 14	15 - 19	20 - 25	26 - 30	31 - 50

Dans cette première présentation d'un nouveau programme, un examen minutieux des formulaires G2 était particulièrement important. Comme d'habitude, seul un petit pourcentage des centres renvoyèrent un formulaire, mais, pour le NS, plus de la moitié de tous les centres estimaient que les normes étaient similaires à l'année précédente ; ce pourcentage était de 75 % pour le NM. Environ 30 % estimaient que les épreuves du NS étaient un peu plus difficiles (16 % pour le NM), et environ 10 % pour les deux niveaux estimaient que les épreuves étaient plus faciles qu'auparavant. Cependant, les statistiques ne confirment pas cela car, au NM, la note moyenne a augmenté de 0,5 par rapport à mai 2008 et, au NS, la note moyenne a augmenté de 5 points, retournant aux niveaux de mai 2007. La grande majorité des centres estimaient que la couverture du programme, la clarté de la formulation et la présentation des deux épreuves étaient satisfaisantes ou bonnes.

### Remarques générales

De nombreux candidats trouvèrent difficile de bien répondre aux questions de ces épreuves même si on estima que beaucoup de points étaient accessibles aux candidats qui pourraient avoir des difficultés avec les aspects plus conceptuels du cours. Comme cela fut identifié l'année dernière, les candidats perdent souvent des points soit parce que leurs définitions manquent de précision, soit parce qu'elles sont exprimées dans un langage non scientifique. En fait, la précision présentait un problème tout au long des épreuves. Par exemple, comme pour l'année dernière, un nombre important de candidats perdirent des points relativement faciles à obtenir à cause de lignes de meilleur ajustement inacceptables dans les questions d'analyse de données (A1). Il convient de souligner aux candidats qu'une "ligne de meilleur ajustement" ne signifie pas nécessairement une ligne droite. Il y a beaucoup d'autres types de lignes. Les candidats ne semblent pas toujours tenir compte de la structure de notation.

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

L'équipe d'examineurs identifia les aspects suivants : -

- Les raisons pour lesquelles les rapports peuvent être décrits comme directement proportionnels

- La compréhension du terme pixel
- La définition de la résistance
- La nécessité d'expliquer clairement les étapes dans un calcul.
- L'expression des suppositions de la théorie cinétique d'un gaz parfait
- L'explication des conditions nécessaires pour le mouvement harmonique simple
- Une compréhension claire de la signification de la résolution dans la théorie de la diffraction (NS)
- La physique du changement climatique
- Une compréhension du terme 'estimer'.

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

Il fut satisfaisant de voir les candidats faire preuve des compétences suivantes : -

- Manipulation des symboles pour prouver un rapport ou une formule donnée
- Utilisation des diagrammes de Sankey
- Calculs des lois sur les gaz et diagrammes  $pV$  pour un gaz.

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

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

### Section A

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

##### Remarque générale

Certains formulaires G2 suggérèrent que l'exigence pour les candidats du niveau supérieur d'être capables de prendre des logarithmes d'une expression avec puissances et d'indiquer le traitement graphique nécessaire pour déduire la valeur de l'exposant dépassait les limites du programme.

Les examinateurs estiment sincèrement que cette compétence analytique est une compétence qu'on peut attendre des candidats au NS et dans l'avenir, les centres peuvent s'attendre à voir figurer de temps à autre des questions qui nécessitent l'utilisation d'une analyse logarithmique.

Le contexte pour cette question était simple.

- a) Cette ligne fut bien exécutée par la plupart des candidats qui dessinèrent des courbes appropriées situées à l'intérieur des limites d'erreurs.



- b) Les réponses à cette question ne furent pas bonnes. La nature non linéaire des données fut reconnue comme la raison de la non proportionnalité aux temps longs. Très peu furent capables d'exprimer que, jusqu'à 120 s, bien que les données se situaient sur une ligne droite, cette ligne ne passait pas par l'origine et le rapport n'était donc pas *directement* proportionnel.
- c) Bien que beaucoup de candidats comprirent la base de la méthode, ils perdirent souvent un point parce que le traçage de la ligne était suffisamment médiocre pour pousser la réponse en dehors des limites d'erreurs imposées par les examinateurs.
- d) Les examinateurs espéraient voir des pentes déterminées à partir de lignes extrapolées des temps courts. En fait, la majorité des candidats utilisèrent des triangles seulement pour les 100 premières secondes et perdirent des points pour cette approche imprécise.
- e) Les réponses à cette question furent bonnes.
- f) [NS seulement]
  - (i) En dépit des commentaires sur les formulaires G2, beaucoup de candidats avec des capacités de tous les niveaux furent capables de prendre des logarithmes des deux côtés de l'équation et de les utiliser pour exprimer le graphique approprié à dessiner.
  - (ii) Encore une fois, beaucoup de candidats furent capables d'établir un rapport entre la pente de leur graphique bi-logarithmique et l'exposant dans la loi de puissance.
- g) NS et (f) NM : La plupart des graphiques esquissés étaient médiocres tout en méritant un point. Peu de candidats prirent la peine d'établir clairement un rapport entre ce graphique et le graphique imprimé plus haut, et la pente initiale et les valeurs finales furent au mieux approximatives.

## A2 [NS et NM] Résistance électrique

- a) (i) Il y eut très peu de définitions réellement claires de la résistance électrique. Beaucoup eurent recours à des expressions du langage des rues : La réponse 'tension sur courant' fut particulièrement fréquente. Il faudrait encourager les candidats à définir les symboles s'ils en utilisent et à exprimer clairement les équations.
- (ii) Seuls les candidats les plus faibles furent incapables de déterminer la résistance de la bobine chauffante.
- (iii) Il s'agissait d'une question 'montrez que' et on s'attendait à des explications complètes et au réarrangement de l'équation du recueil de données. Les candidats ne peuvent pas s'attendre à obtenir le maximum de points pour des réarrangements négligents ou peu soignés.

Beaucoup de candidats obtinrent le maximum de points pour cette question.

**A3 [NS et NM] Champs de forces**

- a) Beaucoup furent capables d'associer l'idée d'un champ de force à une région dans l'espace, mais peu indiquèrent le résultat de ce champ, c'est-à-dire une force sur une masse ou une charge etc. placée dans cette région.
- b) Les types de champs furent bien identifiés, les candidats au NS donnant généralement 2 bonnes réponses sur 3 et les candidats au NM donnant 3 bonnes réponses sur 5.

**A4 [NS] et B3 partie 1 [NM] Énergie de la houle**

- a) La plupart obtinrent un point sur deux pour cette question. Soit les candidats parlèrent de la conversion de l'énergie cinétique dans la vague en énergie cinétique dans le canard ou dans une autre partie en mouvement du convertisseur, soit ils se concentrèrent sur la conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique. Ils ont besoin d'être encouragés à considérer de manière holistique les questions comme celles-ci.
- b) Les deux questions ici : une question 'montrez que' et une question 'déduisez' donnèrent des réponses médiocres. Il était clair que beaucoup de candidats cherchaient une réponse à l'aveuglette sans savoir réellement ce qui se passait. Le niveau de présentation des réponses était exceptionnellement médiocre. Les candidats ne peuvent pas s'attendre à obtenir le maximum de points sans que chaque étape de leur argument soit présente.
  - (i) Il fut peu courant de trouver un énoncé clair que le changement du centre de masse de la vague était  $A$  et pas  $2A$ . Le facteur de  $\frac{1}{2}$  impliquant  $\lambda$  fut aussi mal manipulé.
  - (ii) Le rapport entre le moment d'arrivée de la vague et le nombre de vagues arrivant par seconde fut mal décrit par la plupart.
- c) Cette question nécessitait une estimation de la vitesse de la vague. Une question impliquant le terme 'estimez' nécessite souvent l'estimation d'une ou de plusieurs variables par les candidats. Beaucoup de candidats ignorèrent cela complètement et laissèrent la vitesse de la vague comme un symbole ; ils ne purent obtenir qu'une partie des points avec cette approche.
- d) Beaucoup de candidats reconnurent que le modèle grossier d'une onde carrée dans la question signifiait qu'il y avait une estimation trop grande du volume de la vague. Un grand nombre suggérèrent alors que c'était là une sous-estimation de l'énergie de la vague et ils perdirent un des deux points disponibles.

**A5 [NS seulement] Dispositifs CCD**

- a) Les énoncés de la signification du terme pixel étaient beaucoup trop vagues et ne faisaient pas référence au CCD comme le demandait la question.
- b) Bien que la majorité des candidats avaient une idée assez bonne des mécanismes à l'œuvre dans le pixel lorsque les photons le frappent, les explications étaient incomplètes et omettaient généralement une ou plusieurs étapes dans le processus.

- c) Beaucoup furent capables d'exprimer que l'emplacement du pixel était nécessaire ; d'autres réponses correctes étaient aussi possibles.
- d) Le CCD présente beaucoup d'avantages par rapport à un film photographique et les candidats furent bien capables de les exprimer.

## Section B

### B1

#### Partie 1 [NS et NM] Balle venant d'un fusil

- a) Moins de la moitié des candidats furent capables d'associer la force variable à une accélération variable, mais beaucoup plus exprimèrent que les équations cinématiques n'étaient applicables que dans des conditions d'accélération constante.
- b) (i) Une fois que les candidats eurent saisi qu'une force moyenne était nécessaire pour les deux dernières ms du graphique, ils rencontrèrent peu de problèmes. Les approches venant d'autres directions donnèrent des résultats beaucoup moins bons.  
(ii) Moins que la moitié des candidats reconnurent que l'aire sous le graphique était égale à la variation de la quantité de mouvement et les réponses à cette question furent très médiocres.
- c) (i) Une connaissance de la variation de la quantité de mouvement devrait conduire directement à une variation de la vitesse de la balle mais ce fut rarement le cas, les candidats tournant en rond et finissant généralement par n'obtenir aucun point à cause de leurs calculs confus et inexacts.  
(ii) Comme pour la partie précédente, la plupart des candidats furent incapables d'appliquer la physique comparativement simple nécessaire pour répondre à cette question et un très grand nombre d'entre eux essayèrent d'utiliser une approche *force x vitesse* mais ils furent déconcertés par la nécessité de prendre en compte à la fois une force moyenne et une vitesse moyenne.
- d) Il y eut beaucoup d'énoncés standard de la troisième loi de Newton mais la plupart des explications n'obtinrent que la moitié des points restants. Il fut rare de voir la paire action-réaction identifiée clairement et les autres explications furent généralement faibles et confuses.

#### B1 Partie 2 [NS seulement] Mouvement d'une particule chargée

- a) Beaucoup comprirent la base du calcul, mais trop souvent les calculs furent affectés par des omissions de facteurs de 2 et 4 dans la charge et la masse de la particule.
- b) (i) La valeur du champ électrique fut généralement bien calculée à part les erreurs de puissance de dix ; les unités exprimées furent souvent incorrectes.  
(ii) Encore une fois, l'accélération fut bien traitée à part les omissions des facteurs de 2 et 4 observées aussi dans la partie (a). Les candidats ne furent pas pénalisés deux fois pour ces erreurs.
- c) (i) Beaucoup réussirent à faire ce calcul très simple.

(ii) Beaucoup avaient une idée claire de ce qu'ils devaient faire et environ la moitié des candidats exécutèrent le calcul et la déduction sans erreur. Certains, après avoir évalué correctement la distance concernée, déduisirent le résultat opposé par suite d'un manque de réflexion sur le problème.

### **B1 Partie 2 [NM seulement] Combustibles fossiles**

- a) (i) La plupart purent exprimer la signification du terme 'combustible'.  
a(ii) à (d) sont les mêmes que B2 Partie 2 [NS].

## **B2**

### **B2 Partie 1 [NS seulement] Gaz parfaits**

- a) (i) Les suppositions ne furent pas exprimées clairement. Beaucoup de candidats citèrent l'élasticité supposée des collisions, oubliant que celles-ci étaient déjà mentionnées dans la question. La question demandait 'd'autres suppositions' et cela aurait dû fournir une piste  
(ii) Les 3 points attribuables auraient dû indiquer aux candidats qu'il fallait faire plus que discuter de l'énergie interne par rapport à l'énergie potentielle. Les discussions sur la nécessité d'utiliser l'énergie cinétique moyenne furent très rares.
- b) Les calculs dans les parties (i) - (iii) furent bien faites par une grande proportion des candidats.
- c) (i) Le graphique  $p$ - $V$  fut bien dessiné par beaucoup après ce qui était clairement une analyse soignée et une bonne compréhension des transformations subies par le gaz. Quelques candidats omirent de fournir une indication quelconque sur le sens dans lequel le cycle était effectué et ils en furent pénalisés.  
(ii) Les candidats n'identifièrent pas aussi bien les transformations pendant lesquelles le gaz effectue un travail sur son environnement externe, et il y eut des réponses multiples ou ambiguës.  
(iii) Beaucoup comprirent que l'aire sous la courbe était liée au travail effectué lors d'une transformation particulière, mais l'aire que le candidat considérait comme importante dans ce cas particulier n'était souvent pas indiquée clairement. Une telle ambiguïté fit perdre un point à ces candidats.

### **B2 Partie 2 [NS] B1 Partie 2 [NM] Combustibles fossiles**

- (a) Seuls les combustibles non dérivés furent acceptés. Le diesel n'est donc pas considéré par les examinateurs comme un combustible fossile.
- (b) Les explications des raisons pour lesquelles on dit des combustibles fossiles qu'ils sont non renouvelables furent médiocres. Le point essentiel est que la vitesse de consommation de ces combustibles est (considérablement) plus grande que la vitesse de formation. Ces combustibles vont donc s'épuiser. Les énoncés disant qu'"ils ne peuvent pas être réutilisés" sont évidents et ne méritent pas de point.
- (c) Le travail sur le diagramme de Sankey aurait pu être meilleur mais beaucoup obtinrent le maximum de points. Les candidats hésitèrent à révéler exactement

comment ils avaient déterminé l'efficacité et les examinateurs durent avoir recours à des examens du diagramme imprimé pour trouver une preuve que les candidats l'avaient utilisé. Encore une fois, il faut que les candidats rendent leurs méthodes de raisonnement plus évidentes.

- (d) Beaucoup trouvèrent difficile de donner trois raisons pour l'utilisation continue très courante des combustibles fossiles. La plupart donnèrent deux raisons et répétèrent une raison. Certains candidats donnèrent si peu de détails dans leurs réponses qu'ils ne purent obtenir de points. On peut difficilement donner un point pour 'Frais de transport' à moins que cela soit accompagné de détails.

### **B2 Partie2 [NM seulement] processus nucléaires**

- a) et (b) sont les mêmes que B4 Partie 1 [NS] (a) et (c).
- c) Trop de candidats montrèrent la particule alpha touchant le noyau d'or avant le recul.
- d) (i) La plupart connaissaient le nom de ce processus.
- (ii) Beaucoup de candidats furent capables de manipuler les puissances de dix et l'équation requise pour arriver à la réponse correcte.
- (iii) Les réponses à cette partie furent médiocres, beaucoup de candidats n'ayant pas d'idée claire sur la méthode ou les conversions nécessaires dans ce calcul.

### **B3**

#### **B3 Partie 1 [NS] et B2 Partie 1 [NM] Mouvement harmonique simple**

- a) Les candidats furent souvent capables d'indiquer la proportionnalité directe entre l'accélération et le déplacement et la différence de direction entre les deux comme conditions nécessaires pour un mouvement harmonique simple. Cependant, seulement la moitié d'entre eux furent capables d'établir un lien entre ces conditions nécessaires et le graphique.
- b) Environ la moitié furent capables de convaincre les examinateurs (il fallait encore une fois 'montrer que') qu'ils étaient capables de déduire les réponses. La présentation était universellement médiocre et les étapes dans l'argument n'étaient pas disposées logiquement.
- c) (i) Les candidats identifièrent souvent le rapport entre la direction de la propagation de l'énergie et la direction du mouvement du milieu. Il fut rare de voir un énoncé de ce que l'onde était réellement en termes d'oscillation du milieu.
- (ii) Le calcul fut souvent correct.

#### **B3 Partie 2 [NS seulement] Diffraction de la lumière**

- a) (i) Les descriptions furent incomplètes. La dispersion de la lumière fut mentionnée mais pas le caractère approprié de la dimension de l'ouverture de diffraction.
- (ii) L'ouverture dans cette question était très grande. Une largeur cohérente du maximum central n'était pas exigée par les examinateurs qui notaient les maxima secondaires en termes de la hauteur relative et la position des minima.

- (iii) Beaucoup de candidats effectuèrent bien ce calcul, particulièrement la première partie où ils avaient besoin de calculer l'angle pour le premier minimum. Après cela, une erreur de facteurs de 2 s'infiltra, qui fit que beaucoup n'obtinrent qu'une partie des points.
- b) (i) L'utilisation du terme 'résolues' fut décrite correctement par environ la moitié des candidats.
- (ii) Les résumés de la raison de la non résolution de deux lumières à une grande distance furent médiocres. Beaucoup de candidats n'arrivèrent même pas à indiquer clairement que l'effet dominant dans ce processus était la diffraction. Il était clair que cela n'était pas compris par beaucoup.

**B4****B4 Partie 1 [NS] B2 Partie 2 [NM] Processus nucléaires**

- a) La réaction nucléaire fut souvent exécutée correctement.
- b) **[NS uniquement]**
- (i) Beaucoup parvinrent à calculer la demi-vie mais il y eut de temps en temps des erreurs de puissance de dix.
- (ii) D'autre part, beaucoup de candidats commencèrent le calcul de l'émission sans pouvoir l'exécuter jusqu'au bout de sorte que les examinateurs ne purent attribuer de points que pour les premières parties du calcul tout entier.
- c) **NS (b)**
- (i) L'indication simple de l'angle de déviation ne fut bien effectuée que par environ un tiers des candidats. Une grande majorité des candidats ne parvinrent pas à construire la direction finale de la particule alpha en la prolongeant en arrière jusqu'à ce qu'elle rencontre la direction initiale extrapolée. Trop souvent, les candidats eurent recours à l'indication d'un angle entre l'origine et la trajectoire à un endroit où la particule allait encore subir une déviation.
- (ii) Environ la moitié des candidats reconnurent que le nouvel isotope d'or avait la même charge et qu'il n'y aurait donc pas de changement dans la déviation.
- d) **[NS uniquement]**
- Ce calcul fut mal exécuté, les candidats ne comprenant pas bien comment commencer.

**B4 Partie 2 [NS] B3 Partie 2 [NM] Albédo**

- a) La physique de l'absorption du rayonnement infrarouge fut décrite de façon médiocre. Les processus sous-jacents aux états de résonance et d'énergie de vibration des molécules de gaz ne furent pas souvent appréciés.
- b) Les candidats firent preuve d'un manque de clarté sur les processus atmosphériques exacts.
- c) Bonnes réponses en général.

- d) (i) Les candidats furent vagues quant aux directions dans lesquelles l'énergie était réfléchi et absorbée.
- (ii) Peu de candidats exprimèrent la signification de l'albédo comme un rapport. Trop souvent, les candidats se bornèrent à indiquer que l'albédo diminuait, sans donner d'explication claire de la façon dont les changements d'énergie réfléchi causaient cela.
- e) Beaucoup de candidats furent capables de bien effectuer ce simple calcul.
- f) Les raisons mentionnées furent faibles et se concentrèrent généralement sur la nature des estimations numériques dans la partie (e).

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Encore une fois, un thème commun fut le manque de précision dans les réponses écrites, particulièrement dans celles nécessitant une explication. Les arguments suivant logiquement des étapes pertinentes furent rares. Il faut encourager les candidats à être capables de définir les termes qu'ils utilisent et à définir les symboles s'ils en utilisent. Les candidats n'apprécient toujours pas la signification du verbe d'action au début d'une question ; "expliquez" exige une réponse plus détaillée que "exprimez". Les candidats doivent être prêts à fournir une ou plusieurs variables dans un calcul lorsque le verbe d'action est "estimez".

L'équipe d'examineurs recommande d'utiliser des épreuves antérieures (et les systèmes de notation associés) comme bonne préparation à l'examen. Non seulement, cela familiarisera les candidats au format de l'examen, mais cela permettra aussi à beaucoup d'entre eux de se faire une meilleure idée du niveau de détail requis et des compétences qui sont évaluées. Il faut aussi encourager les candidats à écrire clairement et lisiblement, à éviter d'utiliser un crayon et à toujours avoir une règle avec eux pendant l'examen.

## Épreuve 3 des niveaux supérieur et moyen

### Seuils d'attribution des notes finales par matière

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 5	6 - 11	12 - 19	20 - 25	26 - 31	32 - 37	38 - 60

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme de notes :</b>	0 - 3	4 - 6	7 - 10	11 - 14	15 - 19	20 - 23	24 - 40

## Remarques générales

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

Les commentaires des enseignants sur les formulaires G2 pour le NM et le NS sont résumés ci-après et sont basés sur un plus grand nombre de formulaires G2 que l'année dernière.

### Niveau moyen

- Une grande majorité des centres (90 %) trouvèrent cette épreuve d'un niveau similaire à l'année dernière, 7 % l'ayant trouvée beaucoup plus difficile (aucun centre ne l'ayant trouvée un peu plus difficile) et 3 % l'ayant trouvée beaucoup plus facile (aucun centre ne l'ayant trouvée un peu plus facile). Bien que ce jugement était certainement plus difficile à faire car il s'agissait de la première session portant sur le nouveau programme, les comparaisons faites pouvaient être justifiées car quelques-unes des options les plus populaires étaient encore similaires.
- Une majorité écrasante de 96% de centres trouvèrent le niveau de difficulté approprié, seulement 4 % ayant jugé l'épreuve trop difficile.
- Une majorité des centres évaluèrent cette épreuve de manière positive quant à sa couverture du programme (64 % la jugèrent bonne et 34 % la jugèrent satisfaisante, seulement 2 % l'ayant trouvée médiocre). Tous les centres trouvèrent la clarté de la formulation appropriée (bonne pour 73 %, satisfaisante pour 27 %) et approuvèrent la présentation de l'épreuve (bonne pour 82 % et satisfaisante pour 18 %).
- Le choix des options fut clairement inégal, les options A (Vue et phénomènes ondulatoires), E (Astrophysique) et G (Ondes électromagnétiques) étant les plus populaires. Un plus petit nombre de centres choisirent B (Physique quantique et physique nucléaire) ou D (Relativité et physique des particules) et très peu inclurent dans leurs choix les options C (Technologie numérique) ou F (Communication).

### Niveau supérieur

- 63 % trouvèrent l'épreuve du NS d'un niveau similaire à l'année dernière. Cependant, un pourcentage aussi élevé que 35 % trouvèrent l'épreuve un peu plus difficile, un petit pourcentage de 2 % l'ayant trouvée beaucoup plus difficile. Malgré cette comparaison, le niveau de difficulté fut jugé approprié par une grande majorité (87 %), 13 % l'ayant trouvé trop élevé.
- En ce qui concerne la couverture du programme, la clarté de la formulation et la présentation, aucun centre ne jugea l'épreuve médiocre. 70 % trouvèrent la couverture bonne, le reste l'ayant jugée satisfaisante. 67 % trouvèrent la clarté de la formulation bonne, les 33 % restants l'ayant trouvée satisfaisante, et 87 % jugèrent la présentation bonne, les 13 % restants l'ayant trouvée satisfaisante.
- Il y avait une différence marquée dans le choix des options. Un grand nombre de centres choisirent les différentes combinaisons de l'option E (Astrophysique), G (Ondes électromagnétiques) et H (Relativité), les options F (Communication), I (Physique médicale) et J (Physique des particules) étant clairement beaucoup moins



favorisées par les centres, seulement quelques écoles les ayant choisies dans des proportions similaires.

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

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

- Explication des concepts de physique d'une manière faisant preuve d'une bonne compréhension (par exemple polarisation, hypothèse de De Broglie, capacité, postulats de la relativité restreinte, décalage gravitationnel vers le rouge, phénomènes d'interférence, coefficient d'atténuation).
- Ondes stationnaires et modes de vibration
- Conclusions cohérentes tirées d'un ensemble de preuves mentionnées, comme dans les modèles de l'univers
- Application de la loi de Hubble pour estimer l'âge de l'univers
- Le mécanisme de la modulation d'amplitude
- L'utilisation de schémas fonctionnels pour décrire la transmission de signaux
- La solution de problèmes impliquant des circuits incorporant des amplificateurs opérationnels
- Une simple explication de la couleur bleue du ciel
- L'application de concepts fondamentaux de relativité à des situations spécifiques
- Réponses suffisamment approfondies et détaillées aux questions auxquelles est attribué un nombre de points supérieur à un. Cela était particulièrement vrai pour les questions impliquant les verbes d'action "expliquez", "résumez" et "décrivez"

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

Dans toute cette épreuve, les candidats firent preuve à maintes reprises d'une bonne technique pour résoudre les problèmes. Il convient de reconnaître leurs compétences mathématiques pour appliquer des formules et parvenir aux réponses correctes même lorsque cela n'était pas nécessairement accompagné par une compréhension cohérente.

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

### NM uniquement

#### Option A — Vue et phénomènes ondulatoires

##### A1 L'œil et la vue

Cette question donna des résultats mixtes, certains candidats ayant facilement obtenu le maximum de points tandis que d'autres passèrent à côté de la question avec des arguments hors de propos pour (b), essayant même de justifier le raisonnement de Jim. Il fut surprenant de constater qu'un pourcentage élevé de réponses ne parvinrent pas à répondre 'jaune' pour (a), bien que le programme demande spécifiquement de connaître le mélange de couleurs de la lumière.

##### A2 Ondes stationnaires

Les parties (b) et (c), demandant des réponses numériques, donnèrent de meilleurs résultats que la partie (a). Une grande proportion de candidats furent incapables de dessiner correctement le déplacement de la corde et ils eurent par conséquent des problèmes pour établir le rapport entre la longueur d'onde et la longueur comme étant  $4L$  en réponse à la partie (c). Bien qu'il eût été plus exact de mentionner spécifiquement que la corde à  $t = 0$  était à son déplacement maximum, cela ne semblait pas avoir été la raison des problèmes rencontrés par les candidats car les dessins incorrects étaient souvent associés à d'autres harmoniques que l'harmonique fondamentale (première harmonique).

##### A3 Effet Doppler

Même si certains candidats eurent des problèmes à comprendre la situation décrite, cette question fut celle qui donna les meilleures réponses dans cette option. Il y eut beaucoup de réponses correctes pertinentes et ceux qui comprirent la situation exécutèrent aussi avec succès les calculs mathématiques. Comme d'habitude, quelques-uns interprétèrent mal l'équation de Doppler.

##### A4 Polarisation

Les candidats eurent des difficultés à exprimer clairement la signification de la lumière non polarisée. Ils semblaient généralement savoir ce que c'était mais ils ne réussirent pas à utiliser un langage scientifique correct. Beaucoup répondirent correctement pour l'intensité transmise (partie b) mais ils eurent des difficultés à expliquer la raison. Très peu firent preuve d'une connaissance de l'utilisation de la polarisation pour la détermination de la concentration de certaines solutions (de sucre).

#### Option B – Physique quantique et physique nucléaire

##### B1 Effet photoélectrique

Il s'agissait là d'une question classique et fondamentale qui semblait faire une bonne discrimination, certains candidats n'obtenant aucun point alors que d'autres obtinrent le maximum de points. Un certain nombre d'élèves ne lurent pas la question assez

attentivement et reproduisirent le graphique classique de l'énergie cinétique maximum en fonction de la fréquence. Il y eut un bon nombre de calculs en eV bien exécutés en réponse à la partie (b), certains élèves ayant choisi un cheminement plus long, transformant le travail en joules.

### **B2 Nature ondulatoire et niveaux d'énergie quantiques**

Les candidats réussirent généralement mieux à répondre aux questions numériques (b) et (c) qu'à décrire dans un langage précis l'hypothèse de De Broglie. Il y eut beaucoup d'énoncés vagues en réponse à cette question. Cette analyse devrait attirer l'attention des enseignants, car elle semble indiquer le type de compétences qui sont plus développées et exercées pendant les cours. En général, les élèves devraient avoir plus souvent l'occasion de devoir définir, exprimer et décrire, et de le faire dans un langage correct. Cependant, dans les réponses à (c) (i), il y eut beaucoup de version différentes dans lesquelles les candidats appliquèrent la formule donnée dans la prémisse, certains n'étant pas familiers avec le calcul de l'énergie d'une transition d'électrons. Même ceux qui ne parvinrent pas à la valeur attendue de  $= 4.3 \times 10^{-19} \text{ J}$  réussirent à obtenir des points pour erreur reportée dans (c) (ii).

### **B3 Physique nucléaire et désintégration radioactive**

Comme cela semble être le cas pour beaucoup de ces questions, la plupart des candidats répondirent correctement aux questions numériques mais pas aux définitions. Même ceux qui furent loin de définir correctement la constante de désintégration tentèrent, généralement avec succès, de répondre aux parties (b)(i) et (ii).

## **Option C — Technologie numérique**

### **C1 Stockage des données**

Les parties (a) et (b) (i) de cette question donnèrent généralement de bonnes réponses, la partie (b) (ii) ayant donné lieu à quelques réponses erronées ou pas de réponse du tout, certains candidats ne semblant pas connaître comment l'information numérique est stockée sur un disque compact. Pour la partie (c), la plupart des candidats firent une suggestion correcte, mais beaucoup n'exprimèrent pas que c'était la production de nombres considérables de CD (et/ou de DVD) qu'il fallait associer à des questions environnementales.

### **C2 Capacité et dispositifs de transfert de charge (CCD)**

Beaucoup de candidats semblaient savoir ce qu'on entendait par capacité, même si certains n'obtinrent pas nécessairement le point à cause de leur tendance à répondre de manière descriptive. Ils connaissaient le mécanisme selon lequel la lumière produit une différence de potentiel de part et d'autre des pixels bien qu'ils ne s'exprimèrent généralement pas très clairement. La plupart des candidats furent capables d'exécuter les calculs en (c) et d'obtenir la réponse attendue de 0,065 mV.

### **C3 Amplificateurs opérationnels**

Très peu de candidats firent réellement preuve d'une bonne connaissance de cette section du programme. Même si quelques candidats furent capables d'obtenir le maximum de points pour la partie (a), faisant preuve de connaissances de base sur les amplificateurs opérationnels, très peu d'entre eux, si tant qu'il y en avait, obtinrent des points pour la partie

(b), ne manifestant généralement aucune compétence pour résoudre les problèmes impliquant des circuits incorporant des amplificateurs opérationnels.

## **Option D — Relativité et physique des particules**

### **D1 Simultanéité et mesure de la longueur**

Dans la partie (a), il fut courant de voir des réponses incomplètes, la référence à la vitesse de la lumière dans l'espace libre n'étant généralement pas mentionnée. La partie (b) était compliquée inutilement par l'inclusion regrettable du terme "sembleront". Cela sembla déconcerter les élèves qui tendirent à se concentrer sur la distance entre les lampes et Barbara, donnant souvent des arguments incohérents. La version révisée de l'épreuve sera formulée différemment, pour se concentrer sur la question de simultanéité, en demandant "pourquoi, selon Barbara, les lampes ne s'allumeront-elles pas simultanément".

Les réponses à la partie (c) furent généralement correctes, sans que le choix inhabituel des axes en (c) (iii) n'ait semblé être un désavantage, car soit les candidats obtinrent le maximum de points, soit ils interprétèrent clairement un graphique différent, dessinant des courbes s'approchant de  $c$  de manière asymptotique.

### **D2 interactions fondamentales et particules élémentaires**

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, et un bon nombre de candidats obtinrent beaucoup de points, faisant preuve de connaissances approfondies. La plupart des candidats oublièrent de mentionner le photon comme particule d'échange pour l'interaction électrofaible, probablement parce qu'ils lurent la question trop vite. Même si certains candidats eurent des difficultés et que seuls quelques-uns réussirent à obtenir la réponse attendue  $\approx 4 \times 10^{-27}$  s pour la partie (c), beaucoup de candidats savaient la raison pour laquelle les particules d'échange étaient connues comme des particules élémentaires et présentèrent des arguments corrects pour cela, mentionnant le principe d'exclusion de Pauli en expliquant pourquoi les quarks avaient une couleur qui leur était associée.

## **NM et NS combinés**

## **Option E — Astrophysique**

### **E1 Étoiles**

La plupart des candidats connaissaient les caractéristiques d'une supergéante rouge, même si le manque de langage précis affecta parfois le nombre de points, par exemple lorsqu'ils parlèrent de grandes ou de grosses étoiles sans mentionner de grandeur physique spécifique. La plupart obtinrent des points pour les constellations, donnant les caractéristiques principales de la formation d'une figure (reconnaissable) sur le ciel.

Même lorsque le type de questions "montrez que" semble encourager des tentatives incorrectes, une grande proportion de candidats montrèrent correctement la distance d'Antarès après avoir fait preuve d'une compréhension correcte à la fois des concepts de magnitude apparente et de magnitude absolue. Pour la partie (b) (iii), les parallaxes spectroscopique et stellaire furent toutes deux acceptées, mais quelques candidats ne spécifièrent aucune d'elles. Les candidats donnèrent aussi de bonnes réponses pour la partie

(c), beaucoup d'entre eux ayant obtenu le maximum de points, ayant raisonné avec assurance pour montrer le rapport de luminosité.

### **E1 [NS seulement]**

Malheureusement, les parties (d) à (f) de la question se concentraient sur une étoile qui, n'étant pas une étoile de la séquence principale, ne permettait pas d'utiliser le rapport masse-luminosité dans le recueil de données. Encouragés par l'intervalle donné dans la prémisse, obtenu d'après ce rapport, les candidats l'utilisèrent de manière cohérente pour le déduire, et ce raisonnement fut bien sûr accepté. Comme Antarès n'est pas une étoile de la séquence principale, elle sera remplacée pour la version révisée finale de l'épreuve. Les réponses 'étoile à neutrons' et 'trou noir' furent donc toutes deux acceptées comme possibilités pour son état évolutif final probable.

### **E2 Modèles de l'univers.**

Beaucoup de candidats connaissaient les modèles et firent preuve d'assurance en répondant à cette question. Certains candidats structurèrent leurs réponses de manière logique et obtinrent le maximum de points. Dans certains cas, un manque d'argument cohérent fit perdre des points aux candidats ; par exemple, après un énoncé initial mentionnant "infini et uniforme", ces qualités ne furent pas mentionnées dans l'argument d'une manière logique.

### **E3 [NS seulement] Loi de Hubble**

Encore une fois, les candidats obtinrent de meilleurs résultats pour leur estimation que pour leur suggestion. Dans la partie (a), beaucoup omirent de clarifier qu'on rencontre des difficultés pour les galaxies à de grandes distances ou quand leur vitesse de récession est grande. Dans la partie (b), quelques-uns ne reconnurent pas le besoin d'utiliser la valeur minimum de la plage fournie.

## **Option F – Communication**

### **F1 Radiocommunication**

Un petit nombre de candidats choisirent cette option. Ceux qui le firent se montrèrent tout à fait capables d'expliquer les différences entre les ondes porteuses et les ondes signal et aussi entre la modulation d'amplitude et la fréquence modulée. Cependant, il y en eut très peu qui estimèrent correctement que le rapport de fréquence était de 12 à 13 ou qui esquissèrent la forme de l'onde sinusoïdale comme on l'attendait d'eux, certains ayant simplement essayé de dessiner une onde depuis les valeurs positives jusqu'aux valeurs négatives, faisant preuve d'une mauvaise compréhension de la modulation.

Les candidats répondirent avec plus d'assurance à la question sur les avantages ou les désavantages de la modulation d'amplitude par rapport à la fréquence modulée.

### **F2 Transmission de signaux**

On trouva des réponses très médiocres à cette question sur la transmission des signaux. Beaucoup de candidats pensèrent que les éléments X et Y étaient des convertisseurs analogiques-numériques au lieu de convertisseurs parallèle-série / série-parallèle, et ils passèrent ainsi à côté de la question, très peu faisant preuve de connaissances, dans leurs

réponses à la partie (b), du concept de multiplexage temporel. Cependant, comme cela semble être la tendance dans toute l'épreuve, les candidats réussirent mieux lorsqu'il leur fallut résoudre des problèmes mathématiques, ayant peut-être été aidés par le fait que la plupart connaissaient bien le concept d'atténuation, qui fut généralement bien expliqué dans les réponses.

### **F3 [NS seulement] [NM C3] Amplificateurs opérationnels**

Il était évident que les candidats qui choisirent cette option n'avaient pas été suffisamment entraînés à résoudre des problèmes impliquant des circuits comportant des amplificateurs opérationnels. Même si la plupart savaient ce que c'était et répondirent bien à la partie (a), y compris le calcul correct d'un amplificateur inverseur (toutefois en exprimant très souvent, incorrectement, la réponse en  $\Omega$ ), presque aucun candidat ne réussit à résoudre le circuit sur l'utilisation d'un amplificateur opérationnel comme bascule de Schmidt non inverseuse.

### **F4 [NS seulement] Systèmes de téléphonie mobile**

Les candidats connaissaient généralement bien cette section et l'impact évident de ce sujet parmi les adolescents se manifesta par la gamme de réponses très imaginatives pour la partie (c) qui furent généralement acceptées (comme par exemple un candidat soulevant la question de l'utilisation de téléphones portables pour tricher dans les examens internationaux de physique et un autre candidat discutant très explicitement le contrôle parental).

## **Option G — Ondes électromagnétiques**

### **G1 Nature des ondes électromagnétiques**

Il fut surprenant de constater que la moitié des candidats eurent de grosses difficultés à produire une simple explication (comme cela est demandé spécifiquement par le programme) de la couleur bleue du ciel. Cette même moitié produisit des explications très erronées de la couleur noire du ciel diurne de la Lune, même si l'autre moitié de candidats l'expliquèrent correctement en termes du manque d'atmosphère.

### **G2 Interférence et lasers**

En général, les candidats connaissaient bien le concept d'interférence, bien que certains ne respectèrent pas le verbe d'action de la question et ne l'expliquèrent pas complètement, c'est-à-dire qu'ils ne donnèrent pas de description détaillée des causes, des raisons ou des mécanismes. Cependant, une assez grande proportion des candidats mentionnèrent correctement l'émission stimulée et l'inversion de population et identifièrent correctement la cohérence dans la partie (b)(ii). Le degré de complexité de la question (c) fut estimé n'être pas trop élevé et les réponses des candidats le confirmèrent généralement, car beaucoup se concentrèrent avec succès sur la réflexion de la lumière. Les réponses à la question (d) furent généralement correctes comme ce fut le cas dans toute l'épreuve pour la résolution de problèmes, même si, dans certains cas, les candidats n'obtinrent qu'une partie des points pour erreur reportée lorsqu'ils ne reconnurent pas correctement que la distance entre les maxima était 500 m.

### **G3 Instruments d'optique**

Ce fut la question de l'option qui obtint le plus grand nombre de points. Les candidats connaissaient généralement la définition du grossissement linéaire bien que quelques-uns n'indiquèrent pas de grandeur spécifique en exprimant le rapport (mentionnant uniquement l'image par rapport à l'objet). Les candidats répondirent correctement à la partie (b) mais quelques-uns ne tinrent pas compte de l'inclusion du terme 'grandeur' dans (b)(ii). En le formulant de façon variée, les candidats réussirent à exprimer ce qu'était l'aberration sphérique et suggérèrent comment la réduire.

### **G4 [NS seulement] Interférence avec lames minces**

Les candidats connaissaient bien ce sujet mais beaucoup d'entre eux oublièrent soit de tenir compte du changement de phase, concluant ainsi que la couleur serait rouge au lieu de bleue, soit de tenir compte de la différence de chemin pour montrer que seule une longueur d'onde parmi les différentes possibilités pour  $m$  produisait une valeur située dans les limites du spectre visible et ils n'obtinrent qu'une partie des points.

### **G5 [NS seulement] Rayons X**

Les candidats connaissaient l'appareil pour produire des rayons X même si l'addition de légendes ne semble pas être une habitude acquise uniformément. Ils furent moins précis pour expliquer les origines du spectre caractéristique, venant de l'enlèvement d'électrons de couches internes, les électrons d'une énergie plus élevée occupant l'espace laissé, et de l'émission consécutive d'un photon d'une énergie égale à la différence, ce qui fit qu'ils n'obtinrent qu'une partie des 3 points.

## **NS seulement**

### **Option H — Relativité**

#### **H1 [NM D1] Simultanéité et mesure de la longueur**

Dans la partie (a), il fut courant de voir des réponses incomplètes, la référence à la vitesse de la lumière dans l'espace libre n'étant généralement pas mentionnée. La partie (b) était compliquée inutilement par l'inclusion regrettable du terme "sembleront". Cela sembla confondre les élèves qui tendirent à se concentrer sur la distance entre les lampes et Barbara, donnant souvent des arguments incohérents. La version révisée de l'épreuve sera formulée différemment, pour se concentrer sur la question de simultanéité, en demandant "pourquoi, selon Barbara, les lampes ne s'allumeront-elles pas simultanément". Les réponses à la partie (c) furent généralement correctes, sans que le choix inhabituel des axes en (c) (iii) n'ait semblé être un désavantage, car soit les candidats obtinrent le maximum de points, soit ils interprétèrent clairement un graphique différent, dessinant des courbes s'approchant de  $c$  de manière asymptotique, comme cela était demandé par la suite dans la question H2. Dans la partie (d), les élèves semblaient être conscients que l'idée de symétrie était primordiale pour identifier ce paradoxe classique, et beaucoup de candidats parvinrent à obtenir le maximum de points.

## H2 Conséquences de la relativité restreinte

Bien que les axes auraient dû être inversés pour être cohérents avec la formulation de la question, les candidats ne semblèrent pas désavantagés et furent capables d'obtenir le maximum de points avec un point de départ non nul, un graphique raisonnablement linéaire au début, puis asymptotique jusqu'à  $c$ . Certains candidats n'obtinrent pas le premier point parce que le point de départ était juste à l'origine ou trop près de l'origine. Dans la partie (c), il y eut de bonnes manipulations/applications. Beaucoup ne connaissaient pas réellement la signification de l'équation de transformation de la vitesse et jonglèrent avec les symboles et les valeurs numériques, en espérant obtenir le bon résultat. Quelques-uns commencèrent leur raisonnement à partir de la vitesse relative d'approche mentionnée en supposant que la vitesse de l'antiproton était égale, pour parvenir à la vitesse initiale du proton et ils obtinrent bien sûr le maximum de points.

## H3 Décalage gravitationnel vers le rouge et trous noirs.

Très peu de candidats furent capables de décrire avec précision le concept du décalage gravitationnel vers le rouge. Ils réussirent généralement mieux à décrire la signification de l'espace-temps ou des trous noirs. Malheureusement, une valeur incorrecte de 14 s fut mentionnée dans l'épreuve d'origine et on accepta donc à la fois la réponse correcte de 12 s ou l'approche incorrecte utilisant  $2R$  comme la distance du trou noir pour parvenir à 14 s.

## Option I — Physique médicale

### I1 Audition

Le mécanisme de l'audition était bien connu des quelques candidats qui choisirent cette option. Même s'ils ne réussirent pas à s'exprimer avec précision dans leurs explications en réponse à la partie (b), ils obtinrent généralement des points en mentionnant l'adaptation d'impédance en réponse à la partie (c) ou en calculant la puissance créée par le son au niveau de la membrane du tympan.

### I2 Rayons X et techniques d'imagerie par ultrasons.

On rencontra souvent des définitions médiocres du coefficient d'atténuation, beaucoup de candidats ayant donné des définitions qualitatives/descriptives plutôt qu'opérationnelles. La partie (b) donna des résultats mixtes, quelques candidats étant incapables de manipuler des fonctions exponentielles. Il y eut de bons résultats pour la partie (c). Pour la partie (d), le facteur manquant de  $10^3$  pour la densité des tissus mous humains ne découragea pas les candidats qui furent capables de calculer l'impédance acoustique et de comparer la différence.

### I3 Radio-isotopes

Les candidats eurent beaucoup de difficultés à répondre à cette question, la partie (b) ayant cependant donné de bien meilleurs résultats, mais pas toujours complets. Cette section nécessitait une compréhension claire des définitions de termes apparemment similaires (demi-vie impliquée dans les deux cas).



## Option J – Physique des particules

### J1 interactions fondamentales et particules élémentaires

Les réponses à cette question furent généralement bonnes et les candidats obtinrent beaucoup de points, faisant preuve de connaissances approfondies. La plupart des candidats oublièrent de mentionner le photon comme particule d'échange pour l'interaction électrofaible, probablement parce qu'ils lurent la question trop vite. Bien que certains candidats eurent des difficultés et que seuls quelques-uns réussirent à obtenir la réponse attendue  $\approx 4 \times 10^{-27}$  s pour la partie (c), beaucoup de candidats connaissaient la raison pour laquelle les particules d'échange étaient connues comme des particules élémentaires et présentèrent des arguments corrects pour cela, mentionnant le principe d'exclusion de Pauli en expliquant pourquoi les quarks avaient une couleur qui leur était associée.

### J2 Accélérateurs de particules

Les candidats qui choisirent cette option semblaient connaître les complexités d'un cyclotron et obtinrent beaucoup de points pour cette question. Ils réussirent à positionner correctement les aimants et leur polarité mais ils eurent plus de difficultés à montrer que c'était de part et d'autre de l'intervalle entre les "D" que la différence de potentiel électrique alternative était appliquée. Dans la partie (d), le système de notation permettait l'acceptation de réponses basées sur un cyclotron ordinaire, la fréquence étant ainsi la même, ou sur un synchrocyclotron, la fréquence diminuant alors.

### J3 Électrons et positrons

Les candidats connaissaient bien le modèle standard et obtinrent souvent un nombre élevé de points, même si très peu de réponses à la partie (c) parvinrent à la valeur attendue de  $10^{10}$  K.

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

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

- Il faut donner plus d'occasions aux candidats, pendant le cours, de s'exercer à résoudre des problèmes du type posé dans l'examen et les alerter sur l'importance de formuler fréquemment des définitions d'une façon qui montre leur compréhension.
- Il faut fournir aux candidats la liste de verbes d'action spécifiée dans le programme et les aider à bien la comprendre. Il est clair que beaucoup de candidats ne reconnaissent pas la différence entre, par exemple, l'expression et l'explication d'une réponse. Le type de questions "montrez que" devrait aussi mériter une stratégie afin de montrer avec succès ce que demande la question.
- Lorsqu'ils utilisent un diagramme pour aider à répondre à une question, les candidats devraient être encouragés à faire attention à la précision de ce diagramme. Cela est particulièrement vrai lorsque le diagramme est la réponse demandée et la façon dont il est légendé devient donc essentielle pour montrer la compréhension.

- Il faudrait consacrer suffisamment de temps pour couvrir en profondeur les options choisies. Dans certains cas, les candidats ignorèrent une question complète d'une option donnée comme si le sujet n'avait pas été étudié en détail.
- Il convient de souligner constamment l'importance de lire les questions très très attentivement avant de commencer à écrire.
- Il convient d'accentuer les efforts sur l'acquisition de techniques d'examen simples mais essentielles, comme l'addition de légendes sur les graphiques, l'utilisation de légendes ou d'un autre moyen pour identifier les variables exprimées, la tentative de structuration des réponses conformément à la question posée et, si possible, à l'attribution de points.