

PHYSIQUE TZ2

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

Seuils d'attribution des notes finales par matière

Niveau supérieur

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 14 | 15 - 26 | 27 - 39 | 40 - 49 | 50 - 60 | 61 - 71 | 72 - 100 |

Niveau moyen

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 12 | 13 - 23 | 24 - 35 | 36 - 45 | 46 - 56 | 57 - 65 | 66 - 100 |

Évaluation interne

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

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

Niveau moyen

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

Remarques générales

La majorité des établissements scolaires répondent aux attentes du BI. Les enseignants comprennent les critères d'évaluation interne et notent d'une manière cohérente et appropriée. La révision de la notation ne fut pas nécessaire ou fut minime pour la plupart des établissements scolaires. Un grand nombre des formulaires 4/PSOW révèlent de très bons programmes pratiques.

Les candidats furent souvent évalués selon les trois critères dans la même recherche. Cela permet l'expérimentation et la révision possible des idées initiales sur la conception. C'est là une bonne pratique scientifique. L'évaluation des trois critères dans une seule et même

recherche permet aussi aux candidats de mieux apprécier ce qu'on attend d'eux en matière de conclusion et d'évaluation pour l'ÉI.

Il y eut plusieurs exemples de l'utilisation des TIC dans le travail évalué. C'est là une bonne chose et le BI encourage l'utilisation des TIC.

Certains enseignants demandent aux candidats une hypothèse dans la section Conception et, bien que cela ne soit pas pénalisé, aucune hypothèse n'est nécessaire. De plus, le manque d'hypothèse permet une recherche réellement ouverte. Peut-être qu'une interprétation physique (dans le même esprit qu'une hypothèse) pourrait avoir sa place dans le premier aspect du critère CÉ afin d'obtenir le niveau 'complètement'.

Par contre, il y a certaines tendances qui ont besoin d'être corrigées. Premièrement, un nombre important d'établissements scolaires ne notent que deux recherches ou ne notent chaque critère que deux fois. Parfois, il s'agit là des deux premiers travaux pratiques en laboratoire mentionnés sur le formulaire 4/PSOW. Cela est injuste pour les candidats qui devraient avoir un certain nombre d'occasions d'obtenir leurs deux meilleures notes pour l'ÉI. Deuxièmement, et cela est lié au premier point, il y a un certain nombre de candidats avec des totaux remarquablement bas attribués par les enseignants pour l'ÉI. Ceux-ci ont été vérifiés et re-vérifiés par les réviseurs de notation et ces notes basses sont réellement justifiées. Cela n'est pas encourageant. Les enseignants ont besoin de structurer l'enseignement de l'ÉI d'une façon qui permette aux candidats de progresser, d'apprendre en faisant des erreurs, et d'obtenir les meilleurs résultats possibles. En fait, le BI attend une bonne performance des candidats dans l'ÉI. Pour avoir des conseils sur ce point, consulter le *Guide pédagogique de physique* « Direction des travaux et authenticité », pages 20 et 21.

Une autre critique concerne les graphiques. Certains enseignants acceptent des graphiques qui ont des axes tracés à la main et des lignes numérotées estimées de même que des points de données estimés. Cela est inacceptable au niveau de l'enseignement secondaire. Les candidats doivent utiliser du papier pour graphiques imprimé pour les graphiques tracés à la main. Des logiciels de création de graphiques sont facilement disponibles sur Internet. Il faudrait donner à ces candidats une deuxième occasion de satisfaire le critère RTD. Cependant, la majorité des candidats utilisent un logiciel de création de graphiques avec succès.

Quelques enseignants n'ont pas d'idée très précise de ce qu'est le critère Conception. Par exemple, l'évaluation de la loi de Hooke, la confirmation de la loi d'Ohm, l'évaluation d'un travail de groupe etc. furent utilisées pour le critère Conception. Certains candidats reçurent l'incitation « Recherchez le rapport entre le courant et la tension pour un conducteur métallique, une lampe à incandescence et un électrolyte » qui fut ensuite évaluée selon le critère Conception. L'enseignant distribua aussi un polycopié avec toute la théorie et les équations pertinentes. Il s'agit là d'une recherche valable mais qui n'est pas appropriée à une évaluation selon le critère Conception.

Pour continuer cette dernière critique, les enseignants continuent encore d'évaluer le critère Conception pour une recherche qui est déjà totalement comprise par le candidat. Dans ces cas, le candidat connaît la théorie et les équations pertinentes. Si les enseignants évaluent les recherches selon le critère Conception où il y a une théorie standard indiquée dans les manuels de même que les équations pertinentes, telles que le pendule simple ou la résistance d'un fil, il est alors essentiel que les travaux pratiques en laboratoire soient attribués avant que la théorie pertinente ne soit étudiée en classe. Trop souvent, les candidats mentionnent l'équation pertinente (et il n'y a donc pas d'occasion réelle de sélectionner des variables).

Pour le critère RTD, il y eut plusieurs cas où l'enseignant avait donné au candidat des tableaux de données avec des unités, et des instructions sur ce qu'il fallait tracer sur le graphique. Il s'agit peut-être là d'un bon exercice mais qui n'est pas approprié à une évaluation selon le critère RTD.

Certains enseignants donnent le niveau 'complètement' pour l'aspect 3 de RTD alors que les graphiques n'apprécient pas les incertitudes ; des barres d'erreur et des pentes minimum et maximum devraient normalement être tracées pour les lignes de graphiques linéaires.

Variété et pertinence du travail présenté

La transition vers la structure révisée de l'ÉI se passa très bien. La majorité des établissements scolaires comprirent les exigences. Les enseignants continuent de progresser dans leur sélection de travaux pratiques en laboratoire appropriés à chaque critère.

Cependant, des problèmes se produisirent lorsque les enseignants attribuèrent 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 générale consiste à chercher une fonction ou un rapport entre deux variables. Les candidats ont besoin de prendre des décisions et différents candidats devraient produire des recherches légèrement différentes à partir d'une même incitation par l'enseignant. Bien qu'aucune hypothèse ne soit plus nécessaire pour de l'organisation d'une recherche, certains enseignants en demandent encore une des candidats. Il convient de noter que l'évaluation n'est pas concernée par l'hypothèse. Cependant, une certaine interprétation physique peut se produire dans la CÉ, et une hypothèse pourrait apparaître dans ce cas, mais elle n'est pas obligatoire.

Le recueil et la présentation des données furent bien exécutés. De temps en temps, les enseignants attribuèrent le maximum de points alors que des unités et des incertitudes étaient absentes, celles-ci étant bien sûr obligatoires. De temps en temps, les enseignants évaluèrent le critère RTD alors qu'aucun graphique n'avait été dessiné. Pour le critère RTD, on attend des candidats qu'ils traitent les données en dessinant des graphiques. Les enseignants ont besoin d'accéder à des recherches qui sont appropriées aux critères.

La majorité des établissements scolaires offraient 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 établissements scolaires couvrirent une vaste gamme de sujets, mais un certain nombre d'entre eux ne fournirent pas aux candidats l'expérience pratique sur les deux options étudiées. Il convient de rappeler aux enseignants que les recherches sur des sujets de physique qui ne font pas partie du programme peuvent être appropriées à l'apprentissage de compétences expérimentales. La majorité des établissements scolaires accomplirent le nombre d'heures requises. Cependant, il y eut quelques cas suspects où (par exemple) un établissement scolaire revendiqua avoir effectué 4 heures d'ÉI pour une expérience de la pensée sur la gravité, et où un autre établissement scolaire 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 candidats 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 à une évaluation. Des travaux pratiques standard en laboratoire avec un matériel de classe standard ne conviennent généralement pas à une évaluation selon le critère CÉ.

Résultats des candidats pour chaque critère d'évaluation

Conception

La majorité des établissements scolaires donnent des sujets de conception appropriés. Le facteur principal de réussite pour le critère Conception est l'incitation donnée par l'enseignant. Elle doit diriger un candidat vers une question de recherche tout en laissant le candidat penser pour lui-même. Les variables doivent être des définitions opérationnelles. Si une candidate dit qu'elle va mesurer la taille d'un cratère, elle doit alors 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 candidats.

Le contrôle des variables fut abordé correctement dans la plupart des cas mais les candidats 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 candidats abordent bien ces questions. De temps en temps, les enseignants notent cet aspect avec un descripteur trop élevé. Il convient de rappeler aux enseignants que les réviseurs de notation ne connaissent que ce qui est écrit dans le rapport du candidat.

Recueil et traitement des données

Les candidats ont tendance à obtenir les meilleurs descripteurs pour ce critère. Ce qu'on attend des candidats est indiqué clairement dans les descripteurs de l'ÉI. Il convient de rappeler aux enseignants que les attentes pour le traitement des erreurs, des incertitudes et des pentes des graphiques sont décrites en détail dans le programme du Guide pédagogique de physique. Dans certains cas, on a dit aux candidats ce qu'il fallait dessiner sur les graphiques. Il convient de rappeler aux enseignants de lire dans le Guide pédagogique de physique les clarifications sur ce qu'on attend des candidats pour le critère RTD. Quelques candidats tracèrent des graphiques à main levée. Le BI s'attend à ce que les candidats 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 candidats 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 droite 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 donne les détails de ce qu'on attend des candidats. Les candidats 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.

Lorsqu'une évaluation est faite selon le critère RTD, on s'attend à ce que les candidats construisent des graphiques. Cependant, il peut y avoir des exceptions à cette règle, dans lesquelles RTD est un critère approprié à évaluer mais un graphique n'est pas approprié. Par exemple, les candidats 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 pourrait 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 candidat issu d'un établissement 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 candidat 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' sans graphique pour l'aspect 3 de RTD.

Enfin, il y a un type d'expérience qui peut être ou ne pas être approprié au traçage d'un graphique. Dans une expérience pour mesurer la chaleur massique de l'eau, un candidat 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, dévoilant 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 candidat 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 candidats 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 du candidat devrait avoir impliqué un graphique.

Conclusion et évaluation

Pour obtenir le niveau 3 pour l'aspect 1 du critère CÉ, les candidats doivent 'justifier' leur interprétation raisonnable des données. Pour obtenir plus que 'partiellement', les candidats 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 candidats 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 candidats 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 à une évaluation selon le critère pertinent. Cela peut sembler évident mais il y a de nombreux cas où les candidats 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'ÉI d'un candidat, les candidats ont besoin d'un certain nombre d'occasions de s'exercer à faire un travail évalué afin de progresser et d'obtenir les meilleurs résultats possibles. Certains établissements scolaires notent seulement deux travaux, et cela est injuste pour le candidat.
- 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 aux enseignants de n'envoyer que les échantillons de travaux pratiques en laboratoire dont la notation doit être révisée. Certains établissements scolaires envoient des dossiers complets. Enfin, les candidats 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 candidats 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 matériel de soutien pédagogique est disponible sur les pages de physique du Centre de programmes en ligne (CPEL). Voir Évaluation, Évaluation interne, puis Matériel de soutien pédagogique. Ce matériel couvre des questions de conception, d'erreurs et d'incertitudes, et de CM et il comprend 10 travaux pratiques de candidats qui sont accompagnés de commentaires de réviseurs de notation.
- Les enseignants sont autorisés à répondre aux questions des candidats 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 candidats qu'en leur donnant des pistes d'enquête (sans répondre directement à leurs questions).

Pour l'évaluation du travail des candidats 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 candidats 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'ÉI de physique. En général, les réviseurs de notation maintiennent 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 alors les soutenir. La fonction des réviseurs de notation n'est pas d'appliquer leurs propres théories et pratiques favorites en tant qu'enseignants, mais de faire en sorte que les établissements scolaires 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** contrôlées. L'enseignant peut donner au candidat la variable dépendante (à condition qu'il y ait une variété de variables indépendantes à identifier par le candidat). Il est acceptable de donner aux candidats l'objectif général de la recherche si les candidats 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 le candidat a reçu une feuille de méthode qu'il suit sans aucune modification *ou* lorsque **tous** les candidats utilisent des méthodes identiques. Les recherches standard en laboratoire ne sont pas appropriées à 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 le candidat. Si le candidat n'a pas enregistré d'incertitudes dans aucune donnée quantitative, le maximum donné par le réviseur de notation est alors 'partiellement' pour le premier aspect. Si le candidat 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 recueil et traitement de données (RTD).

Le réviseur de notation révisera le descripteur à la baisse lorsqu'un graphique avec des axes déjà légendés a été fourni (ou lorsqu'on a indiqué aux candidats quelles variables porter sur le graphique) ou lorsque les candidats ont suivi des questions structurées afin d'effectuer le traitement des données. Pour une évaluation de l'aspect 3 du critère RTD, on attend des candidats 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 candidats à la discussion, la conclusion et la critique, alors, suivant la précision des questions de l'enseignant et la qualité

de la réponse des candidats, le descripteur maximum attribué est '*partiellement*' pour chaque aspect pour lequel le candidat a été guidé.

Le réviseur de notation juge uniquement la contribution des candidats. La différence entre un descripteur '*partiellement*' et '*complètement*' pour l'aspect 1 du critère CÉ implique la justification par les candidats de leur interprétation des résultats expérimentaux. C'est là une tâche difficile qui peut impliquer une théorie physique.

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

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

Conception

Les réviseurs de notation ne révisent pas 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 que, d'après les procédures, les variables qui sont indépendantes et les variables qui sont contrôlées apparaissent clairement.

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, le candidat 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 le candidat 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 du descripteur maximum en vertu de la règle que '*complètement*' ne signifie pas '*parfait*'. C'est là un principe important étant donné que les bons candidats qui effectuent de manière complète une tâche d'une certaine envergure sont pénalisés injustement plus souvent que les candidats abordant un exercice simpliste. Il ne faut pas réviser à la baisse si le candidat 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 candidats 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 auquel se rapporte 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 candidats 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 des unités et des incertitudes.

La valeur minimum de n'importe quelle échelle et le chiffre de poids faible dans n'importe quelle mesure est une indication de l'incertitude minimum. Le candidat 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 candidats peuvent estimer les incertitudes dans les mesures composées (\pm la moitié de la plage) et ils peuvent juger approximativement les incertitudes dans la méthode de mesure. Si les incertitudes sont suffisamment petites pour 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 le candidat 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 le candidat 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 le candidat 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 candidat 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 le candidat 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 au candidat. Cela signifie en fait que des candidats 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 la CÉ est la différenciation entre le descripteur 'partiellement' et le descripteur 'complètement' pour l'aspect 1 : « Présente une conclusion justifiée et basée sur une interprétation acceptable des données ». Une justification peut être une analyse mathématique des résultats, une analyse qui comprend une appréciation des limites de la gamme de données, mais elle pourrait aussi être une analyse qui comprend quelque signification ou théorie physique, même une hypothèse (bien qu'une hypothèse ne soit pas obligatoire). Il est difficile d'obtenir le descripteur 'complètement' pour 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.

Épreuve 1

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 10 | 11 - 15 | 16 - 20 | 21 - 24 | 25 - 29 | 30 - 33 | 34 - 40 |

Niveau moyen

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 7 | 8 - 10 | 11 - 14 | 15 - 16 | 17 - 19 | 20 - 21 | 22 - 30 |

Remarques générales

Une proportion des questions sont communes aux épreuves du NM et du NS. Les questions supplémentaires du NS couvrent une partie complémentaire du programme du tronc commun et des sujets du MCNS.

Une très petite proportion des centres renvoya des formulaires G2 ou des commentaires. Pour le NM, il y eut 18 réponses de 437 centres et pour le NS, il y eut 18 réponses de 236 centres. Il est donc difficile d'évaluer l'opinion des candidats et des enseignants sur les épreuves. Les quelques réponses reçues indiquent que les épreuves furent considérées être soit du même niveau que l'année dernière, soit légèrement plus difficiles. Le niveau de difficulté fut considéré comme approprié par la grande majorité. La majorité fut d'accord pour dire que la couverture du programme était satisfaisante ou bonne, que la clarté de la formulation des questions était satisfaisante ou bonne et que l'épreuve était bien présentée.

Analyse statistique

La performance globale des candidats et leur performance sur des questions individuelles sont illustrées dans l'analyse statistique des réponses. Ces informations sont données dans les tableaux ci-dessous. Les nombres dans les colonnes A à D et dans 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 a 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 NS

| Question | A | B | C | D | Blanc | Indice de difficulté | Indice de discrimination |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 3444 * | 89 | 665 | 49 | 1 | 81,07 | 0,22 |
| 2 | 20 | 114 | 215 | 3896 * | 3 | 91,71 | 0,13 |
| 3 | 518 | 2736 * | 769 | 192 | 33 | 64,41 | 0,47 |
| 4 | 530 | 3108 * | 482 | 124 | 4 | 73,16 | 0,46 |
| 5 | 207 | 3366 * | 311 | 343 | 21 | 79,24 | 0,36 |
| 6 | 2364 * | 349 | 551 | 974 | 10 | 55,65 | 0,31 |
| 7 | 141 | 3600 * | 414 | 87 | 6 | 84,75 | 0,23 |
| 8 | 69 | 845 | 315 | 3016 * | 3 | 71 | 0,31 |
| 9 | 1724 | 285 | 2073 * | 158 | 8 | 48,80 | 0,46 |
| 10 | 435 | 2429 * | 396 | 983 | 5 | 57,18 | 0,54 |
| 11 | 196 | 447 | 1265 | 2336 * | 4 | 54,99 | 0,39 |
| 12 | 752 | 820 | 330 | 2337 * | 9 | 55,01 | 0,53 |
| 13 | 2221 * | 680 | 981 | 332 | 34 | 52,28 | 0,37 |
| 14 | 535 | 63 | 3158 * | 485 | 7 | 74,34 | 0,29 |
| 15 | 561 | 222 | 3015 * | 430 | 20 | 70,97 | 0,38 |
| 16 | 2584 * | 442 | 90 | 1130 * | 2 | 60,83 | 0,10 |
| 17 | 432 | 1799 * | 1474 | 532 | 11 | 42,35 | 0,42 |
| 18 | 675 | 630 | 1582 | 1343 * | 18 | 31,61 | 0,18 |
| 19 | 2118 * | 440 | 1621 | 60 | 9 | 49,86 | 0,58 |
| 20 | 791 | 402 | 1296 | 1744 * | 15 | 41,05 | 0,37 |
| 21 | 381 | 3417 * | 189 | 253 | 8 | 80,44 | 0,28 |
| 22 | 356 | 2977 * | 495 | 411 | 9 | 70,08 | 0,46 |
| 23 | 662 | 2633 * | 597 | 346 | 10 | 61,98 | 0,47 |
| 24 | 296 | 722 | 2911 * | 304 | 15 | 68,53 | 0,46 |
| 25 | 2140 * | 1326 | 480 | 281 | 21 | 50,38 | 0,42 |
| 26 | 103 | 1436 | 626 | 2068 * | 15 | 48,68 | 0,25 |
| 27 | 526 | 1088 | 643 | 1981 * | 10 | 46,63 | 0,61 |
| 28 | 474 | 1469 | 422 | 1851 * | 32 | 43,57 | 0,32 |
| 29 | 2508 * | 1080 | 404 | 248 | 8 | 59,04 | 0,62 |
| 30 | 571 | 530 | 354 | 2784 * | 9 | 65,54 | 0,37 |
| 31 | 2029 * | 577 | 1330 | 298 | 14 | 47,76 | 0,39 |
| 32 | 396 | 909 | 2330 * | 593 | 20 | 54,85 | 0,43 |
| 33 | 18 | 1004 | 2960 * | 257 | 9 | 69,68 | 0,28 |
| 34 | 409 | 234 | 659 | 2919 * | 27 | 68,71 | 0,23 |
| 35 | 1015 * | 125 | 1262 | 1832 | 14 | 23,89 | 0,18 |
| 36 | 1573 * | 386 | 720 | 1538 | 31 | 37,03 | 0,42 |
| 37 | 481 | 902 | 1574 * | 1255 | 36 | 37,05 | 0,38 |
| 38 | 162 | 3420 * | 140 | 503 | 23 | 80,51 | 0,28 |

| | | | | | | | |
|----|-----|-----|--------|-----|----|-------|------|
| 39 | 877 | 555 | 2466 * | 300 | 50 | 58,05 | 0,27 |
| 40 | 894 | 620 | 2431 * | 262 | 41 | 57,23 | 0,45 |

Nombre de candidats : 4248

Analyse des questions de l'épreuve 1 du NM

| Question | A | B | C | D | Blanc | Indice de difficulté | Indice de discrimination |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 2610 * | 168 | 928 | 83 | 7 | 68,76 | 0,32 |
| 2 | 291 | 1004 | 926 | 1565 * | 10 | 41,23 | 0,32 |
| 3 | 63 | 178 | 344 | 3202 * | 9 | 84,35 | 0,24 |
| 4 | 961 | 2764 * | 46 | 24 | 1 | 72,81 | 0,24 |
| 5 | 1315 * | 388 | 730 | 1350 | 13 | 34,64 | 0,47 |
| 6 | 755 | 2224 * | 682 | 127 | 8 | 58,59 | 0,52 |
| 7 | 334 | 287 | 988 | 2176 * | 11 | 57,32 | 0,30 |
| 8 | 402 | 2551 * | 400 | 416 | 27 | 67,20 | 0,41 |
| 9 | 1652 * | 546 | 603 | 974 | 21 | 43,52 | 0,39 |
| 10 | 296 | 2890 * | 503 | 95 | 12 | 76,13 | 0,23 |
| 11 | 658 | 223 | 267 | 2642 * | 6 | 69,60 | 0,33 |
| 12 | 302 | 549 | 1396 | 1539 * | 10 | 40,54 | 0,41 |
| 13 | 566 | 1706 * | 450 | 1063 | 11 | 44,94 | 0,51 |
| 14 | 304 | 601 | 2560 * | 314 | 17 | 67,44 | 0,45 |
| 15 | 2476 * | 985 | 182 | 148 | 5 | 65,23 | 0,35 |
| 16 | 475 | 391 | 1851 | 1042 * | 37 | 27,45 | 0,29 |
| 17 | 659 | 353 | 445 | 2322 * | 17 | 61,17 | 0,50 |
| 18 | 415 | 1071 | 2033 * | 262 | 15 | 53,56 | 0,14 |
| 19 | 1560 | 508 | 836 | 870 * | 22 | 22,92 | 0,33 |
| 20 | 141 | 269 | 2990 * | 374 | 22 | 78,77 | 0,25 |
| 21 | 1094 | 413 | 203 | 2051 * | 35 | 54,03 | 0,37 |
| 22 | 430 | 889 | 2419 * | 306 | 22 | 56,61 | 0,46 |
| 23 | 1363 * | 1337 | 670 | 372 | 54 | 35,91 | 0,33 |
| 24 | 3100 * | 198 | 327 | 165 | 6 | 81,66 | 0,25 |
| 25 | 54 | 970 | 2444 * | 316 | 12 | 64,38 | 0,36 |
| 26 | 667 * | 250 | 942 | 1918 | 19 | 17,57 | 0,13 |
| 27 | 582 | 1406 * | 1161 | 628 | 19 | 37,04 | 0,21 |
| 28 | 1112 * | 387 | 680 | 1582 | 35 | 29,29 | 0,24 |
| 29 | 404 | 1783 * | 532 | 1027 | 50 | 46,97 | 0,29 |
| 30 | 441 | 748 | 1133 * | 1419 | 55 | 29,85 | 0,20 |

Nombre de candidats : 3796

Remarques sur cette analyse

Difficulté

L'indice de difficulté varie entre environ 23 % pour le NS et 18 % pour le NM (questions relativement 'difficiles') et environ 92 % pour le NS et 84 % 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, cet indice devrait être plus élevé qu'environ 0,2. Cela fut le cas pour toutes les questions sauf

3 pour les deux épreuves. 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.

Réponse 'blanche'

Dans les deux épreuves, le nombre de réponses blanches augmente pour les quelques dernières questions. Les enseignants n'indiquent pas que les candidats ont manqué de temps. Les examinateurs conseillent toujours aux candidats d'essayer de deviner la réponse au juger pour toute question sur laquelle ils ont des doutes. Il n'y a pas de pénalité pour une réponse incorrecte. Il est possible de réduire le degré de conjecture en éliminant certains des distracteurs.

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 qui firent l'objet de commentaires sur les formulaires G2.

Questions communes au NM et au NS

NM Q1 et NS Q1

Beaucoup trouvèrent cette question simple mais une minorité non négligeable dans les deux niveaux ne multiplia pas par 100 pour convertir en un pourcentage.

NM Q3 et NS Q2

Il est clair que beaucoup de candidats ne sont pas conscients de la nature vectorielle du déplacement et de sa seule dépendance des points de départ et de fin du mouvement.

NM Q6 et NS Q4

Les commentaires sur G2 mentionnèrent l'utilisation du terme « vue en plan ». Il s'agit là d'une expression standard utilisée dans ces examens lors d'années précédentes et que les candidats devraient connaître. Elle signifie que la vue de la situation est prise (verticalement) de dessus. Cependant, l'indice de difficulté indique qu'il n'y avait pas de doute dans les esprits de candidats très nombreux.

NM Q9 et NS Q6

Les rapports G2 firent référence au frottement agissant sur la boîte. Aucun frottement n'était mentionné dans cette question et ni les candidats ni les enseignants ne devraient présumer des difficultés alors qu'aucune n'est supposée exister. Bien qu'il puisse y avoir de petites perturbations d'énergie pendant l'accélération initiale de la boîte, lorsque le mouvement s'est établi à une vitesse constante, les conditions du gaz seront inchangées.

NM Q10 et NS Q7

Cela présenta peu de difficultés sauf pour ceux qui inversèrent l'équation.

NM Q12 et NS Q11

Encore une fois, les candidats du NM eurent plus de difficultés que ceux du NS et beaucoup pensèrent que le système de suspension d'une voiture avait besoin d'être amorti modérément.

NM Q13 et NS Q10

Bien que cette question ait présenté peu de problèmes aux candidats du NS, les candidats du NM furent beaucoup plus incertains au sujet du distracteur D (en fait x en fonction de t).

NM Q19 et NS Q20

Peu de candidats du NM répondirent correctement à cette question. Il était clair que beaucoup ne considèrent pas que la variation de l'intensité du champ électrique à l'intérieur de la sphère était différente de celle à l'extérieur ; beaucoup choisirent l'option A. Les candidats du NS eurent de meilleurs résultats et même les candidats dont les résultats étaient incorrects reconnurent généralement qu'il y avait un changement à la surface de la sphère, mais ils supposèrent que le champ électrique continuait à l'intérieur de la sphère à la valeur de sa surface.

NM Q22 et NS Q24

Les candidats répondirent bien à cette question bien qu'un nombre non négligeable ait choisi le distracteur B. Les candidats ayant choisi cette réponse confondent probablement nombre de protons et nombre de nucléons.

NM Q23 et NS Q25

Pour les deux niveaux, le distracteur B fut populaire, indiquant que ces candidats étaient perplexes à propos de la distinction entre les unités MeV et MeV c^{-2} .

NM Q25 et NS Q33

Les candidats semblent maintenant beaucoup plus assurés sur les distinctions entre les combustibles renouvelables et non renouvelables.

NM Q26 et NS Q35

Les statistiques de cette question montrent que seule une minorité des candidats comprend clairement la signification de 'masse critique'.

NM Q28 et NS Q36

C'était là une question difficile qui nécessitait un raisonnement clair. La clé du problème se trouve dans l'expression « *puissance électrique théorique maximum disponible* ». Cela dépend de la vitesse à laquelle de l'énergie peut être extraite par la turbine et cela dépend à la fois de la valeur de H_0 et de la pente du graphique (liée au débit auquel l'eau peut s'écouler).

NM Q30 et NS Q37

Les candidats eurent des difficultés à appliquer leurs connaissances de la Loi de Stefan-Boltzmann à un simple modèle climatique. Il est important qu'ils se rappellent que la matière du Thème 8 est fermement ancrée dans des lois et des principes physiques, et qu'il ne s'agit pas simplement d'une matière descriptive.

Questions du NS**Q9**

Trop de candidats ne réfléchirent pas attentivement à cette question et donnèrent la réponse standard pour l'aire qu'ils avaient évaluée souvent en classe. Cependant, il ne s'agissait pas là de la question standard !

Q17

Les candidats n'apprécièrent pas que les résistances soient simplement en parallèle. La fréquence des distracteurs choisis indique que beaucoup de candidats étaient perplexes. Ils auraient mieux fait de re-dessiner le réseau dans un format plus familier.

Q18

Beaucoup ne se rappelèrent pas qu'une vitesse constante de changement de l'intensité du champ magnétique entraînait une valeur constante de f.é.m. induite. D'autres oublièrent que la direction de la f.é.m. induite était telle à s'opposer au changement la produisant.

Q19

Un changement dans la fréquence de rotation entraîne deux changements dans la puissance de sortie d'une génératrice : un changement de f.é.m. et un changement de fréquence. Beaucoup de candidats en suggérèrent un mais pas l'autre.

Q31

Cette question est un sujet mentionné spécifiquement et directement dans le programme. Beaucoup la trouvèrent difficile, un nombre important de candidats ayant confondu les niveaux d'énergie atomique et nucléaire.

Questions du NM**Q2**

Les candidats devaient faire attention pour répondre à cette question – ce qui ne fut pas le cas pour beaucoup. Les réponses : trois, une ou aucune grandeur vectorielle sont toutes possibles et incorrectes. Il est probable que les candidats ne lurent pas attentivement cette question.

Q5

Un grand nombre de candidats mentionnèrent la force F appliquée sur la boîte, ayant oublié que l'énoncé que la vitesse était constante (et donc aucune accélération) était la clé indiquant que la force nette était zéro.

Q16

Beaucoup ne firent pas attention aux unités et donnèrent la grandeur correcte mais l'unité incorrecte.

Q27

Beaucoup de candidats pensent que les changements dans l'albédo de la Terre et la distance entre la Terre et le Soleil sont suffisamment importants pour causer les variations annuelles de l'énergie solaire incidente sur la surface de la Terre.

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.

Les candidats lisent probablement les questions rapidement et pas assez attentivement. Les questions sont posées de la manière la plus concise possible et cela signifie que tous les mots sont importants.

Trop souvent, les candidats sont confrontés à des sujets simples issus du Guide pédagogique et ils se révèlent néanmoins aussi mal préparés pour ceux-ci. L'épreuve 1 teste les énoncés d'évaluation aux niveaux des objectifs spécifiques 1 et 2. Cela implique des rappels simples de même que des déductions plus difficiles au sein des questions.

Comme cela est noté dans les questions spécifiques ci-dessus, la physique impliquée dans le Thème 8 n'est pas simple et les candidats se préparent de manière trop superficielle pour ce domaine d'étude. Les examens sur ce Thème sont censés couvrir la physique réelle à un niveau approprié et beaucoup de candidats n'ont pas reconnu la nécessité de développer des connaissances complètes au niveau requis.

Épreuve 2

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 9 | 10 - 18 | 19 - 30 | 31 - 40 | 41 - 50 | 51 - 60 | 61 - 95 |

Niveau moyen

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 4 | 5 - 9 | 10 - 13 | 14 - 18 | 19 - 23 | 24 - 28 | 29 - 50 |

Remarques générales

Il convient de noter que les remarques générales et spécifiques se rapportent toutes à des erreurs courantes et/ou à des aspects méconnus courants et que les examinateurs rencontrèrent d'excellentes copies d'examen dans lesquelles les candidats faisaient preuve d'une très bonne maîtrise des concepts de physique sous-jacents.

Il y eut très peu de réponses G2 pour les deux niveaux (15 pour le NS et 19 pour le NM) et il est donc difficile de tirer des conclusions significatives. Cependant, la majorité des réponses mentionnaient que les épreuves étaient d'un niveau similaire à l'année dernière et que le niveau de difficulté était approprié. Presque toutes les réponses indiquaient que la couverture

du programme était soit satisfaisante, soit bonne et qu'il en était de même pour la clarté de la formulation et la présentation des épreuves.

Les remarques générales des enseignants sembleraient indiquer que, dans l'ensemble, les épreuves du NM et du NS furent toutes les deux bien reçues.

Comme l'année dernière, le manque d'éléments de physique dans les réponses aux questions sur l'effet de serre et l'effet de serre accentué fut particulièrement préoccupant. Il ne suffit pas aux candidats de faire simplement preuve de bon sens combiné à des connaissances superficielles du contexte. Ce sujet a besoin d'être enseigné avec rigueur et pas de façon anecdotique. Les réponses telles que « les gaz absorbent le rayonnement et réchauffent ainsi l'atmosphère » ne montrent aucune compréhension de ce sujet.

Il convient aussi de noter que les candidats peuvent obtenir des points en apprenant les définitions correctes. Il était clair que la plupart des candidats n'étaient pas conscients de l'importance de définitions rigoureuses et concises. Les candidats devraient apprendre ces définitions dans le cadre de leur préparation à l'examen.

Dans cette épreuve, les réponses aux questions nécessitaient parfois des calculs et parfois des explications, disciplines qui impliquent des compétences différentes. Les calculs furent souvent bien exécutés, mais il était clair que beaucoup de candidats ne savaient pas comment s'exprimer clairement dans les explications et/ou les discussions et ils perdirent en conséquence un nombre important de points.

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

- Le rôle des pentes maximum et minimum
- L'effet de serre accentué
- La f.é.m.
- L'électromagnétisme
- Le mouvement harmonique simple
- Les spectres nucléaires
- L'explication claire des concepts et des processus
- La description et l'explication des phénomènes physiques d'une manière rigoureuse et logique
- L'expression précise et sans ambiguïté des définitions
- La présentation des calculs d'une manière facile à suivre pour les examinateurs

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

- L'exécution de calculs simples
- L'utilisation d'unités et/ou de chiffres significatifs corrects
- La lecture de données sur les graphiques.

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

A1 - Analyse des données

NS et NM

Peu de candidats eurent des difficultés à dessiner les barres d'erreur mais beaucoup semblèrent omettre le point de données à l'origine lorsqu'ils dessinèrent la droite de meilleur ajustement. Trop souvent, comme par le passé, les candidats interprètent « droite de meilleur ajustement » comme signifiant une ligne droite.

Les explications de la raison pour laquelle les données ne soutenaient pas une proportion directe furent souvent incomplètes, la référence au rôle des barres d'erreur étant souvent omise. D'autre part, beaucoup de candidats ne lurent pas attentivement la question qui demandait l'énergie et pas la hauteur.

NS

Les quelques enseignants qui firent des commentaires sur l'utilisation de graphiques logarithmiques doivent consulter les compétences mathématiques requises dans le Guide pédagogique. Peu de candidats apprécièrent la raison pour laquelle des lignes de pente maximum et minimum étaient données bien qu'ils trouvèrent souvent les pentes pour ces lignes. Très rares furent ceux qui reconnurent qu'une pente de 0,25 ne se situait pas dans la plage des pentes maximum et minimum.

NM

Les deux lignes furent souvent bien dessinées mais, encore une fois, les explications sur la théorie la mieux soutenue manquèrent de précision.

A2 NM seulement - Mouvement circulaire et réchauffement climatique

Beaucoup de candidats exprimèrent que la voiture accélérât à cause du changement de direction sans spécifier que c'était le vecteur vitesse qui changeait de direction. C'est là un autre exemple du manque de précision des candidats dans leurs réponses.

Ce problème fut souvent bien résolu et la plupart des candidats identifièrent correctement le gaz carbonique.

Plutôt que de décrire un mécanisme pour l'effet de serre accentué (voir le paragraphe 8.6.5 dans le Guide pédagogique), beaucoup de candidats décrivirent l'effet de serre. Une bonne description de celui-ci obtint 2 points.

A2 NS et B1 Partie 2 NM - Désintégration radioactive et énergie de liaison

Les descriptions de la désintégration radioactive manquèrent souvent de précision sans qu'aucune référence n'ait été faite à un processus spontané ou aléatoire.

L'équipe d'examineurs superviseurs regrette que, malgré toutes les vérifications et les contrôles, la désintégration bêta + fut demandée dans la question du NM. Pour faire en sorte que les candidats ne soient pas désavantagés par cela, toutes les combinaisons de $Z = 18$ ou 20 et neutrino/antineutrino obtinrent le maximum de points.

Dans le calcul, beaucoup de réponses divisèrent simplement 37216 par 40 et il y eut quelques réponses obscures pour expliquer pourquoi l'énergie de liaison de l'argon était plus grande que celle du potassium.

A3 NS et NM - Changement de phase et chaleur latente de vaporisation

Les différences entre l'évaporation et l'ébullition en référence à la température et à l'aire de surface étaient généralement bien connues et le calcul fut, lui aussi, souvent effectué correctement.

Bien que beaucoup de candidats aient réalisé que de l'énergie était perdue dans l'environnement, ils insistèrent, bien que la question indique le contraire, que cela entraînerait une valeur plus petite pour la chaleur latente de vaporisation. Ils n'apprécièrent pas que, à cause de la perte d'énergie, la valeur utilisée pour calculer la chaleur latente de vaporisation était plus grande que la quantité réelle d'énergie utilisée pour le changement de phase.

A4 NS seulement - F.é.m. induite et transformateurs

Le rôle joué par les lois de Faraday et de Lenz dans l'établissement d'un courant dans une bobine n'était pas bien compris. Comme pour les années précédentes, les candidats trouvent généralement difficile le sujet de l'électromagnétisme.

Trop de candidats pensèrent que la valeur efficace d'un courant variant dans le temps était la valeur moyenne de ce courant. L'idée que c'est une mesure de la dissipation d'énergie c.c. équivalente est un concept qui semble étranger à beaucoup de candidats bien que cela soit mentionné clairement dans le Guide pédagogique.

Beaucoup de candidats ne reconnurent pas non plus que la perte d'énergie dans un transformateur diminuait comme le carré de la tension.

A5 NS seulement - Ondes stationnaires

Beaucoup de candidats répondirent à toutes les parties de cette question et la plupart réussirent à obtenir au moins quelques points. L'erreur la plus courante était dans le calcul, les candidats n'ayant pas reconnu que la longueur d'onde était quatre fois la longueur du tuyau.

A6 NS seulement - Polarisation

La distinction entre lumière polarisée et lumière non polarisée manqua souvent de précision ; par exemple, « la lumière vibre dans toutes les directions..... »

Les esquisses furent souvent correctes mais elles ne furent souvent pas légendées.

B1 Partie 1 NS (a), (b) et (c) et NM B3 Partie 2 (a) (b) et (c) - Champs électriques et résistance électrique

Beaucoup de candidats furent capables de faire correctement la distinction entre un conducteur et un isolant en termes d'électrons, mais peu d'entre eux semblèrent réaliser que, si un courant électrique était dû au mouvement net d'électrons, une force était alors requise pour les déplacer et cette force était fournie par un champ électrique. Une allusion à ce fait était en fait fournie dans le calcul qui suivait, calcul qu'un nombre surprenant de candidats ne fit pas correctement.

B1 Partie 1 NS (d), (e), (f) et (g) et NM B2 Partie 2 (a), (b), (c) et (d)

Les définitions de résistance manquèrent souvent de contexte. On demandait aussi aux candidats du NM d'exprimer la loi d'Ohm et peu d'entre eux apprécièrent le lien entre la résistance d'un conducteur et une température constante.

Le calcul de la résistivité fut souvent bien exécuté de même que les calculs d'énergie. Cependant, les examinateurs rencontrèrent rarement une définition correcte de la f.é.m. Si

les candidats sont incapables de définir cette grandeur, il est alors improbable qu'ils puissent comprendre ce concept. Une simple définition comme l'énergie fournie par unité de courant donnerait aux candidats une idée claire de la nature de ce concept comme une propriété d'un dispositif fournissant un courant, comme une batterie, par exemple.

NM seulement B3 Partie 2 (d) et (e) - Champs électriques et gravitationnels

Beaucoup de candidats ne connaissaient pas les différences et les similarités entre les deux champs mais les calculs furent souvent exécutés correctement.

B1 Partie 2 NS seulement - Désintégration radioactive

Les descriptions de la façon dont le spectre de désintégration alpha fournissait des preuves des niveaux d'énergie nucléaire furent médiocres ou complètement incorrectes. Très peu de candidats comprirent que les différentes énergies alpha représentaient la désintégration en différents états d'énergie du noyau fille.

À part le point obtenu pour avoir exprimé que le spectre bêta était continu, peu de candidats obtinrent d'autres points en résumant comment le spectre d'énergie de désintégration bêta suggérait l'existence du neutrino. L'idée d'une différence d'énergie entre l'énergie maximum des bêtas et les énergies des autres bêtas échappa à la plupart des candidats.

Le calcul de la constante de désintégration était une question demandant de « montrer que » et, bien que ce ait souvent été exécuté correctement, beaucoup de candidats exprimèrent leur raisonnement d'une manière si désorganisée et incohérente que les examinateurs eurent souvent des difficultés à évaluer si les candidats savaient réellement ce qu'ils faisaient. On ne peut pas trop souligner l'importance d'un raisonnement clair et logique.

Les deux autres calculs furent souvent exécutés correctement.

B2 Partie 1 NS et NM - Oscillations et ondes

Un nombre assez grand de candidats dessinèrent la direction incorrecte pour l'accélération et les explications de la raison pour laquelle l'équation montrait que le bois exécutait un mouvement harmonique simple ne furent pas toujours claires.

Beaucoup firent preuve d'une grande confusion en essayant de montrer que la longueur du bois était 0,70 m. Beaucoup de candidats furent capables de déterminer une valeur correcte de la fréquence angulaire, mais furent incapables de passer à l'étape suivante.

Les diagrammes et l'addition de légendes furent souvent faits correctement de même que le calcul de l'accélération.

La vitesse des ondes fut souvent calculée correctement, mais des candidats commirent souvent l'erreur de mal interpréter l'axe de temps comme l'axe de longueur et de déterminer la longueur d'onde à partir de celui-ci, bien que la longueur d'onde ait été indiquée dans la prémisse de la question. Cela démontre clairement la nécessité de lire les questions attentivement.

Beaucoup de candidats n'apprécièrent pas que l'énergie dépendait du carré de l'amplitude.

B2 Partie 2 NS seulement - Gaz et transformations thermodynamiques

Les réponses à la façon dont les gaz réels différaient des gaz parfaits manquèrent souvent de précision ; par exemple, « ils n'obéissent pas aux lois des gaz » ou « il n'y a pas de forces entre les molécules d'un gaz parfait ». Dans la première réponse, les examinateurs cherchent la mention « pour toutes les valeurs de p , V et T » et dans la deuxième réponse « sauf lors d'un contact ».

Beaucoup de candidats furent capables d'exprimer clairement ce qu'on entendait par changement adiabatique et réussirent aussi à exécuter correctement les calculs.

Bien qu'un nombre important de candidats ait reconnu que l'énergie dégradée n'était plus disponible pour faire un travail utile, ils ne parvinrent souvent pas à expliquer pourquoi en termes de la dissipation de l'énergie. Les 2 points pour cette question et le terme de commande « expliquez » devraient avoir alerté les candidats sur le fait que la réponse nécessitait plus qu'un simple énoncé.

Bien que beaucoup de candidats aient été capables d'obtenir un point pour avoir reconnu que le deuxième principe de thermodynamique énonçait que l'entropie de l'univers augmentait, ils furent souvent incapables de développer leurs réponses. Les examinateurs cherchaient une compréhension que l'entropie était une mesure de désordre et que l'énergie dissipée entraînait une augmentation de la température de l'environnement et donc une augmentation du désordre.

B3 NS Partie 1 et B1 Partie 1 NM - Combustibles fossiles et effet de serre

La plupart des candidats furent capables d'exprimer correctement deux raisons pour lesquelles la consommation d'énergie du monde était fournie par des combustibles fossiles mais une erreur courante fut de donner le prix peu élevé comme une des raisons ; à elle seule, cette réponse n'a pas de sens.

Le concept du pouvoir calorifique était généralement bien connu et le calcul du taux de consommation fut souvent exécuté correctement.

Les descriptions de l'effet de serre accentué furent généralement médiocres, manquant de précision et de détails pertinents. Beaucoup de réponses furent anecdotiques. Peu de candidats mentionnèrent la direction aléatoire du re-rayonnement par les gaz à effet de serre.

Beaucoup de candidats pensèrent que l'albédo dépendait du degré de latitude et il y eut peu de réponses correctes pour montrer que l'intensité réfléchie depuis la Terre était d'environ 100 W m^{-2} . Les examinateurs cherchaient à trouver une compréhension que le rayonnement venant du Soleil était dispersé sur la surface de section transversale de la Terre. Cependant, un grand nombre de candidats obtint un point pour avoir calculé le pourcentage du rayonnement total réfléchi à cause de l'albédo moyen.

Il y eut beaucoup de confusion pour la conversion entre km et m dans le calcul de l'élévation du niveau de la mer.

B3 Partie 2 NS seulement - Potentiel électrique

Bien qu'un nombre important de candidats aient été capables de donner une définition complète du potentiel électrique, peu d'entre eux purent expliquer pourquoi le potentiel à l'intérieur d'une sphère chargée était constant ; les examinateurs cherchaient à trouver une compréhension que le champ électrique était le gradient du potentiel.

Les réponses pour la déduction d'une expression pour l'énergie totale de l'électron dans le modèle de Bohr furent médiocres mais un nombre non négligeable de candidats obtint des points pour erreur reportée pour leur estimation du rayon de l'orbite de l'électron.

B4 Partie 1 NS et B3 Partie 1 NM - Quantité de mouvement, énergie et puissance

Un nombre important de candidats connaissait ce que Newton entendait par action et réaction. Cependant, il y eut peu de bonnes discussions sur la conservation de la quantité de mouvement telle qu'elle est appliquée sur le système Terre-livre. Peu de candidats

apprécieraient que la force nette sur le système était toujours zéro et que, de ce fait, la quantité de mouvement totale du système était toujours zéro.

Pour trouver l'énergie dissipée par suite de la collision, beaucoup de candidats ne calculèrent pas la vitesse de la boule et de la pointe après la collision et ils n'obtinrent donc qu'une partie des points.

Les calculs de la force de frottement et du temps pris par la machine pour élever la boule à une hauteur de 1,6 m furent souvent corrects. Néanmoins, les candidats plus faibles ne surent pas souvent comment commencer et laissèrent vides les espaces pour la réponse.

B4 Partie 2 NS seulement - CCD et stockage des données numériques

La plupart des candidats savaient que l'effet photoélectrique était responsable de l'émission d'électrons depuis un pixel. Cependant, les résumés de la façon dont une image était formée étaient souvent confus et faisaient preuve d'une mauvaise compréhension du processus.

Il semblerait que soit les candidats savaient comment aborder le problème sur la différence de potentiel, soit ils ne le savaient pas et ils laissèrent alors l'espace pour la réponse vide.

Beaucoup de candidats ne lurent pas attentivement la question sur l'extraction de données stockées et, au lieu de parler de l'extraction de données, ils concentrèrent leurs réponses sur le stockage de données en général.

Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

- Faire attention aux termes de commande et au nombre de points attribués à une sous-question.
- Prendre le temps de lire complètement le questionnaire d'examen avant de commencer à répondre.
- Lire attentivement toutes les questions.
- Il faut donner aux candidats des définitions précises et sans ambiguïté des grandeurs physiques et ceux-ci devraient les apprendre.
- S'exercer à répondre à des questions d'épreuves d'examen antérieures.
- S'exercer à présenter les calculs de manière logique.
- Lorsqu'ils répondent à des questions commençant par « montrez » ou « déterminez », les candidats devraient toujours exposer leurs idées clairement aux examinateurs.
- Consacrer suffisamment de temps à l'enseignement des questions environnementales.

Épreuve trois

Seuils d'attribution des notes finales par composante

Niveau supérieur

| | | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Note finale : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Gamme de notes : | 0 - 5 | 6 - 11 | 12 - 20 | 21 - 26 | 27 - 31 | 32 - 37 | 38 - 60 |

Niveau moyen

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

Remarques générales

La majorité des candidats semblèrent trouver cette épreuve accessible, plusieurs ayant fait 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. Cependant, il convient de réaliser que moins de 25 % des centres renvoyèrent des formulaires G2.

Niveau moyen

- 50 % trouvèrent cette épreuve d'un niveau similaire à l'année dernière, 10 % la trouvèrent plus facile, 20 % la trouvèrent un peu plus difficile et 20 % la trouvèrent aussi beaucoup plus difficile. Globalement, 75 % trouvèrent cette épreuve d'un niveau approprié et 25 % la trouvèrent trop difficile.
- Environ 25 % trouvèrent la couverture du programme satisfaisante, 75 % ayant considéré la couverture bonne.
- 50 % trouvèrent la clarté de la formulation satisfaisante, 41 % la trouvèrent bonne et 9 % la trouvèrent médiocre.
- Environ 73 % trouvèrent la présentation bonne, 23 % la trouvèrent satisfaisante et aucun centre ne la trouva médiocre.
- Les options les plus populaires furent sans aucun doute, dans l'ordre mentionné, A (Œil, vue et phénomènes ondulatoires), G (Ondes électromagnétiques), E (Astrophysique) et B (Physique atomique, nucléaire et quantique). Les autres options furent insuffisamment représentées et ne furent choisies que par très peu de centres.

Niveau supérieur

- Environ 40 % trouvèrent cette épreuve d'un niveau similaire à l'année dernière, 40 % la trouvèrent un peu plus difficile et 20 % la trouvèrent trop difficile. Globalement, 65 % trouvèrent cette épreuve d'un niveau approprié et 35 % la trouvèrent trop difficile.
- Environ 47 % trouvèrent la couverture du programme satisfaisante et 30 % la trouvèrent bonne, tandis que 23 % la trouvèrent médiocre.

- Environ 47 % trouvèrent la clarté de la formulation satisfaisante, et encore 47 % la trouvèrent bonne, 6 % l'ayant trouvée médiocre.
- Environ 41 % trouvèrent la présentation satisfaisante tandis qu'un pourcentage supérieur à 59 % la trouvèrent bonne.
- Les options les plus populaires furent sans aucun doute E (Astrophysique), G (Ondes électromagnétiques) et H (Relativité) dans des proportions à peu près égales. Il y eut une absence très notable de copies d'examen ayant choisi l'option F (Communications) et peu de centres choisirent les options I (Physique médicale) et J (Physique des particules).

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

- La lecture attentive et précise de valeurs sur les graphiques.
- La production de réponses précises répondant aux exigences basées sur le verbe de commande présent dans la question.
- La fourniture de réponses suffisamment approfondies et détaillées aux questions auxquelles plus qu'un point est attribué. Cela était particulièrement vrai pour les questions impliquant les verbes d'action « expliquez », « discutez » et « décrivez ».
- Un manque de capacité mathématique dans le traitement de problèmes de rapport.
- Les ondes stationnaires et l'explication de leur variation en amplitude.
- La résolution appliquée à des situations spécifiques.
- L'énergie cinétique des électrons dans le modèle de la boîte.
- Les CCD et les calculs du rendement quantique.
- Les circuits impliquant des amplificateurs opérationnels.
- Le spectre du corps noir.
- La réfraction appliquée à des fibres optiques.
- La modulation et le signal d'information.
- La diffraction des rayons X appliquée à des mesures spécifiques.
- La limite d'Oppenheimer-Volkoff.
- La dose équivalente et le facteur de qualité de dose.
- Les chambres à bulles.

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

Les simples calculs mathématiques furent souvent bien exécutés par la majorité des candidats. En fait, il fut bon de constater que les candidats furent capables de choisir la formule correcte et d'y faire des substitutions correctement. Beaucoup de candidats semblaient bien préparés et capables de produire quelques réponses excellentes qui faisaient preuve d'une bonne compréhension des concepts, en particulier dans les options B, E, G et H.

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

NM seulement

Option A – Œil, vue et phénomènes ondulatoires

A1 La vision et l'oeil

Beaucoup de candidats furent capables d'obtenir le maximum de points ou un grand nombre de points pour cette question. La plupart exprimèrent clairement une fonction des cônes et des bâtonnets (même si beaucoup de réponses se limitèrent à mentionner la vision photopique ou scotopique) et la plupart furent capables de décrire correctement leur distribution sur la rétine, liant enfin cette distribution pour expliquer en (c) pourquoi un objet pouvait être vu le plus clairement sur le côté dans une lumière très faible. Certains candidats confondirent l'insensibilité à la couleur avec la vision noir et blanc.

A2 Ondes stationnaires

Les candidats semblaient bien connaître ce sujet mais on s'attendait à ce que plus d'entre eux réussissent à identifier ω comme 500π et donc à obtenir la fréquence de 250 Hz. L'approche mathématique pour montrer que la longueur de la corde était 2,0 m ne fut généralement pas expliquée de manière cohérente. Une question du type « montrez que » nécessite un raisonnement logique afin de pouvoir identifier la compréhension du candidat et cela ne fut pas toujours le cas.

A3 Diffraction et résolution

La plupart des candidats firent preuve des connaissances requises pour obtenir les points pour les questions (a) et (b), ayant lu le graphique correctement (graphique qui permettait une lecture précise de 0,0014 rad), ayant calculé le λ comme étant $5,6 \times 10^{-7}$ m ou ayant reproduit l'image sur la droite (ou sur la gauche) de celle montrée avec le maximum à cet angle mentionné. Cependant, la plupart eurent des difficultés à situer ces connaissances dans le contexte et à les appliquer à une situation typique comme celle présentée grâce à l'analyse du Very Large Array (VLA). Très peu de réponses donnèrent la valeur correcte de $1,1 \times 10^{17}$ m.

A4 Polarisation

Cette question donna lieu à une gamme de réponses allant de réponses excellentes à des diagrammes dessinés de manière négligée. Les candidats qui comprirent cette situation obtinrent facilement le maximum de points, d'autres ayant perdu des points particulièrement à cause de l'absence ou du manque de clarté des légendes pour identifier sans ambiguïté le graphique horizontal attendu à la moitié de l'intensité incidente comme U et une courbe commençant à I_0 avec un minimum à 90 degrés et un deuxième maximum à 180 degrés comme P.

Option B – Physique atomique, physique quantique et physique nucléaire

B1 L'effet photoélectrique

Cette question donna lieu à des réponses assez bonnes, beaucoup de candidats ayant obtenu le maximum de points. Bien que le barème de notation ait tenu compte des candidats qui calculèrent la vitesse maximum des électrons émis à partir de l'équation (car ils auraient pu être induits en erreur par la différence entre la pente et la valeur théorique de la constante

de Planck) leur donnant une valeur de $2,6 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$, le graphique est supposé représenter les résultats obtenus expérimentalement et il ne doit pas nécessairement refléter les résultats théoriques.

Les candidats étaient supposés utiliser uniquement le graphique, comme l'indiquait la prémisse « utilisez ce graphique pour », dans le cas de (b) (ii), et cela aurait dû produire la valeur attendue de $2,6 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$, ce qui fut souvent le cas.

B2 Aspects quantiques de l'électron

Cette question donna lieu à l'obtention d'une gamme de points très variable, du maximum de points à un seul point, car les candidats qui essayèrent d'y répondre obtinrent généralement un point pour la question (a), faisant preuve d'une compréhension du concept de quantification. Certains candidats donnèrent des réponses embrouillées à la question (b) (i), n'ayant pas montré clairement la valeur exprimée de la différence d'énergie en identifiant les valeurs appropriées pour $n = 1$ et $n = 2$. Le fait que la formule citée comprenait incorrectement π ne sembla présenter de désavantage pour aucun candidat, bien que le barème de notation ait permis la réponse correcte de $\Delta E_{\min} = 1,8 \times 10^{-17} \text{ J}$ pour ceux travaillant à partir du recueil de données. Ceux qui réussirent à répondre à la question (b) (i) obtinrent généralement $3,4 \times 10^{-8} \text{ m}$ pour la longueur d'onde, le barème de notation acceptant aussi $1,1 \times 10^{-8}$ pour ceux qui auraient pu vérifier le recueil de données pour (b) (i). La raison attendue en réponse à la question (c) sur l'aspect serré des lignes spectrales dans l'infrarouge plutôt que dans l'ultraviolet comme dans le spectre H réel fut mentionnée par la plupart des candidats préparés.

B3 Désintégration radioactive

La probabilité de désintégration par unité de temps (d'un noyau particulier) ou la constante de proportionnalité entre l'activité et le nombre de noyaux furent les définitions standard acceptées. La plupart des candidats qui obtinrent des points exprimèrent la première définition à peu près bien. Cependant, il y a toujours des candidats qui citent une équation mathématique pour des définitions sans identifier correctement les symboles utilisés. Pour la question (a) (ii), les réponses $9,4 \times 10^{10}$ et $9,6 \times 10^{10}$ furent toutes deux acceptées, car la différence entre ces réponses devenait négligeable à mesure que la constante de désintégration devenait plus petite. Les raisonnements à partir de la définition de la constante de désintégration ($\Delta N = \lambda N$) ou au moyen de l'équation ($\Delta N = N(1 - e^{-\lambda t})$) furent alors acceptés. Beaucoup expliquèrent assez bien pourquoi l'échantillon était montré comme contenant plus d'un isotope, mais moins de candidats réussirent alors à estimer la deuxième demi-vie comme étant dans les limites de la gamme acceptée de 0,65 / 0,75 secondes, en utilisant la partie extrême droite de la courbe produite principalement par la désintégration de ce deuxième isotope.

Option C – Technologie numérique

C1 Dispositifs de transfert de charge (CCD)

Pour une option qui ne fut pas choisie par un nombre important de candidats, ceux qui tentèrent d'y répondre firent preuve d'une bonne connaissance des CCD. Bien que beaucoup répondirent correctement pour les principes fondamentaux de leur fonctionnement, peu furent capables d'exécuter les mathématiques de base alors que les questions (b) (ii) et (b) (iii) étaient toutes deux des questions standard sur ce sujet ; cependant, un plus grand nombre de candidats réussirent à exprimer la tension équivalente en notation binaire, identifiant correctement la nature fondamentale de cette question.

C2 Système de téléphonie mobile

Dans une question classique sur ce sujet, les candidats furent capables d'obtenir des points avec les réponses possibles acceptées pour une station de base (recevoir/émettre des signaux radio depuis/vers des téléphones mobiles, communiquer avec un central téléphonique cellulaire, sélectionner parmi les fréquences qui lui sont attribuées par le central téléphonique cellulaire pour un appel particulier) et pour un central téléphonique cellulaire (permettre l'entrée dans le réseau, attribuer différentes fréquences aux stations de base, éviter les interférences, réacheminer les appels vers différentes stations de base).

C3 L'amplificateur opérationnel

Même pour les quelques candidats qui firent preuve d'une compréhension du graphique typique montrant la variation de la tension de sortie d'un amplificateur opérationnel non inverseur et de l'idée de saturation, la résolution/l'interprétation des circuits de base s'avéra être une tâche difficile ou impossible.

Option D – Relativité et physique des particules

D1 Cinématique relativiste

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, les candidats ayant fait preuve de leurs connaissances des définitions de base de la longueur propre et du temps propre, malgré un certain manque de précision dans leur formulation. La longueur d'un objet dans le système inertiel de cet objet ou la longueur telle que mesurée par un observateur au repos par rapport à cet objet furent les deux réponses possibles qui obtinrent des points. L'intervalle de temps entre deux événements se produisant au même endroit dans l'espace ou l'intervalle de temps le plus court entre des événements furent les deux réponses possibles acceptées pour la définition du temps propre. Les calculs impliquant la dilatation du temps ou la contraction des longueurs furent soit exécutés correctement par beaucoup, soit inversés par quelques-uns, ce qui leur fit soit gagner facilement 4 points, soit perdre facilement 4 points pour la question (b). Le barème de notation empêchait une perte injuste possible du point pour les chiffres significatifs en permettant la réponse de 4 m pour (b) (ii) au lieu de la réponse techniquement correcte de 4,00. L'identification correcte du laser B fut une confirmation satisfaisante de la compréhension des candidats dans leurs réponses à la question (c) (i). Le calcul de la différence de temps entre les allumages s'avéra plus difficile mais quelques candidats obtinrent au moins un point pour erreur reportée en montrant une soustraction (généralement $6,25 - 5$) au lieu de la version correcte ($6,25 - 4$) s'ils continuèrent à déterminer un intervalle de temps en divisant cette différence par la vitesse du vaisseau spatial.

D2 Quarks

Cette question était identique à la question J1 dans l'option J et nous reportons le lecteur aux commentaires faits sur cette question.

Questions communes au NM et au NS

Option E – Astrophysique

E1 Étoiles et galaxies

Cette question avait pour but d'évaluer la partie E.1.4 du programme (« Comparer les distances relatives entre les étoiles à l'intérieur d'une galaxie et entre les galaxies, en termes d'ordre de grandeur », Guide pédagogique de physique, page 107) de même que les compétences mathématiques de base requises comme cela est exprimé dans le programme,

dans la section de géométrie et de trigonométrie (« Rappeler les formules pour le calcul de la surface de triangles rectangles et isocèles, la circonférence et la surface de cercles, le volume de blocs rectangulaires, de cylindres et de sphères et l'aire de la surface de blocs rectangulaires, de cylindres et de sphères »), Guide pédagogique de physique, page 141. Cependant, pour la question (a), une partie (la moitié) des points fut attribuée aux candidats qui utilisèrent plutôt le cube du rayon, ne s'étant pas rappelés la formule pour le volume d'une sphère.

Ceux qui n'obtinrent pas de points firent aussi preuve d'une méconnaissance du concept de la densité, en divisant par une dimension linéaire. La plupart des candidats furent capables d'obtenir un point pour la question (b), soit en obtenant la valeur correcte de $(3,8 \times 10^{16})$, soit pour erreur reportée, en obtenant le rapport de leurs valeurs en (a).

E2 Luminosité, taille et distance des étoiles

Les candidats obtinrent beaucoup de points pour toutes les parties de cette question. Il fut satisfaisant de constater que la majorité des candidats firent preuve de toutes les compétences impliquées et d'une bonne connaissance des concepts évalués dans cette question (la lecture de valeurs avec différentes échelles sur un graphique, l'analyse de la luminosité, le calcul des rapports pour les rayons, l'établissement d'un lien entre la magnitude absolue et la magnitude apparente pour déterminer les distances et la suggestion de possibilités pour l'effet des nuages de poussières, et l'équilibre entre la pression gravitationnelle et la pression radiative) dans le cas de la sous-question (c) pour le NM seulement). Le barème de notation permettait une gamme de réponses dans le cas des valeurs à relever pour la luminosité et la magnitude absolue.

E3 Rayonnement fossile cosmique (CMB) et densité de l'univers

Cette question était très spécifique et la majorité des candidats semblèrent ignorer ou mal interpréter le graphique présenté ou régurgiter des idées sur le Big Bang sans répondre à la question. Très peu établirent un lien entre le graphique et la courbe du corps noir pour justifier ensuite avec des calculs les 3K mentionnés par beaucoup. Les problèmes associés à la détermination de la densité de l'univers furent mieux traités, l'existence de matière noire étant de loin la mention la plus populaire (mais la seule). Pour le NS, la plupart des candidats savaient que l'expansion/le refroidissement de l'univers rendaient possible la formation de noyaux et ils le mentionnèrent correctement.

E4 [NS seulement] - Rapport masse-luminosité et évolution des étoiles

Par rapport à l'année dernière, il y eut une nette amélioration du nombre de candidats ayant une idée claire de la limite d'Oppenheimer-Volkoff. Cependant, la moitié d'entre eux la confondirent encore avec la limite de Chandrasekhar et ils perdirent donc des points pour la question (b). Malgré cela, la plupart des candidats qui tentèrent cette option réussirent à exécuter l'analyse algébrique pour confirmer que l'étoile X était une étoile de la séquence principale.

E4 [NS seulement] - Loi de Hubble et expansion de l'univers

Terminant une option traitée avec succès, cette question fit généralement l'objet de bonnes réponses. Malgré le fait que certains candidats aient eu des difficultés à calculer le vecteur vitesse de récession, accepté comme étant $3,81 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ ou $1,27 \times 10^{-2} c$, environ la moitié des candidats choisirent correctement soit des céphéides, soit des supernovae comme méthodes pour déterminer les distances montrées sur le graphique présenté. Cependant, une

grande majorité d'entre eux furent capables de montrer l'âge de l'univers comme étant 10^{17} s en déterminant explicitement l'inverse de la pente du graphique.

Option F – Communication

F1 Modulation

Dans cette option qui fut celle la moins choisie, très peu de candidats qui la tentèrent furent réellement capables de dessiner le signal d'information qu'on attendait d'eux, où la fréquence correcte (avec trois oscillations au sein du diagramme présenté) était la caractéristique permettant d'obtenir le point. Un avantage de la modulation FM par rapport à la modulation AM fut mieux traité, au moins quelques candidats ayant donné les deux premières réponses possibles acceptées (meilleur rapport signal-bruit, plus grande largeur de bande ou majorité de la puissance dans les bandes latérales). Cependant, les candidats ne mirent souvent pas l'accent sur la nature « exprimez et expliquez » de la question (b) et n'obtinrent alors qu'un seul point.

F2 Échantillonnage

Il fut surprenant de constater que très peu des candidats qui tentèrent cette option furent capables d'exécuter un calcul de base, qui exigeait d'eux qu'ils déterminent le temps entre les échantillons comme l'inverse de la fréquence (0,125 ou 0,13 ms furent tous deux acceptés afin de ne pas désavantager les candidats par déduction pour chiffres significatifs), en déterminant la durée de l'échantillon comme $4 \times 4,0 \mu\text{s}$, puis qu'ils soustraient les deux, pour obtenir 0,109 (0,11 aussi accepté) ms.

F3 NM / F4 NS -Transmission de signaux le long d'une fibre optique

Comme pour la question F2, cette question semblait indiquer que les candidats ayant choisi cette option n'aimaient pas trop les calculs de base. Très peu de réponses appliquèrent la loi de Snell de manière cohérente pour déterminer l'angle critique comme étant de $62,2^\circ$, et même encore moins de candidats réalisèrent que l'angle de réfraction pour (a) (ii) devrait être de $90^\circ - 62,2^\circ$, ce qui faisait que l'angle d'incidence le plus grand était de $46,7^\circ$. Il y eut quelques bonnes réponses pour (b) mais environ la moitié des candidats furent incapables de réaliser (ce qui n'était pas nécessairement lié à cette option) que l'aire sous un graphique puissance-temps représentait l'énergie (dans ce cas, l'énergie du signal). Quelques candidats dessinèrent correctement la forme du signal après qu'il ait parcouru une grande distance (plus bas et plus large, avec une forme courbe), mais, encore une fois, très peu de candidats ou aucun ne réussit à déterminer la puissance du signal de sortie après qu'il ait parcouru une distance donnée dans la fibre.

F3 [NS seulement] - Système de téléphonie mobile

Cette question était identique à la question C2 dans l'option C et nous reportons le lecteur aux commentaires faits sur cette question.

F5 [NS seulement] - Amplificateur opérationnel

Cette question était identique à la question C3 dans l'option C et nous reportons le lecteur aux commentaires faits sur cette question.

Option G – Ondes électromagnétiques**G1 Lumière laser**

Les candidats firent preuve de bonnes connaissances de ce sujet dans leurs réponses à cette question ; ils furent généralement capables d'obtenir 2 points avec leurs références assez détaillées à l'inversion de population et à l'émission stimulée. Pour obtenir le maximum de points, il fallait donner plus de détails, en mentionnant particulièrement l'état métastable dans lequel les électrons restent plus longtemps que dans les états excités normaux. La plupart des candidats obtinrent les deux points pour leur réponse à la question (b), en ayant mentionné la cohérence monochromatique ou unidirectionnelle.

G2 NM G3 NS - Interférence

Bien qu'une gamme très diverse de diagrammes étranges ait été produite, une bonne proportion des candidats réussit à dessiner soit l'image d'interférence centrale typique, soit l'image d'interférence modérée par la diffraction, ces deux possibilités ayant été acceptées. Cependant, beaucoup de candidats perdirent des points faciles à obtenir en dessinant des diagrammes peu soignés où les minima ne touchaient pas clairement l'axe horizontal ou sur lesquels l'écartement des maxima n'était pas uniforme. Le calcul pour la séparation des franges claires fut bien exécuté par beaucoup. Cependant, beaucoup de candidats qui furent alors capables d'exprimer correctement l'effet du verre sur l'image furent incapables de l'expliquer correctement, obtenant généralement 1 point à la fois pour (b) (i) et pour (b) (ii).

G3 NML G2 NS - Le microscope composé

La plupart des candidats furent capables d'obtenir les deux points pour la question (a) (i) en déterminant correctement la distance comme étant de 120 mm. Même lorsque les candidats firent preuve de connaissances correctes des images réelles, quelques-uns perdirent le point pour la question (a) (ii) en exprimant que l'image était réelle parce qu'elle était formée de l'autre côté de la lentille, ce qui ne suffisait pas pour expliquer pourquoi, comme le verbe de la question le demandait. Dans leur réponse à la sous-question (iii), quelques candidats perdirent des points à cause de difficultés avec les signes ; même dans ce cas, les candidats obtinrent souvent des points pour le grossissement total au moins pour erreur reportée.

G4 (NS seulement) - Rayons X

Dans leurs réponses à cette question, les candidats firent preuve de connaissances correctes et d'une bonne compréhension, avec les problèmes habituels rencontrés pour dessiner des diagrammes soignés en faisant attention aux détails clés. La plupart des candidats obtinrent au moins un point pour la question (a), perdant le deuxième point à cause de crêtes non verticales ou de crêtes simplement trop larges. Pour le reste des questions, il fut satisfaisant de constater que les candidats obtinrent beaucoup de points, ce sujet ayant clairement été bien couvert par les enseignants. L'identification des deux mécanismes du spectre de rayons X et le calcul pour déterminer la constante de Planck furent exécutés correctement par un grand nombre de candidats. Cependant, beaucoup n'obtinrent aucun point ou n'en obtinrent qu'un pour la question (d), soit parce qu'ils ne réalisèrent pas qu'ils devaient inclure le facteur 2 pour obtenir la séparation des plans atomiques comme étant $2,39 \times 10^{-10}$ m, soit parce qu'ils interprétèrent mal la formule à appliquer.

Option H Relativité

H1 Systèmes de référence

La description d'un système de référence inertiel n'obtient généralement qu'un seul point, car les candidats eurent tendance à expliquer correctement l'aspect inertiel sans le faire pour le concept de système de référence, pour lequel on attendait la mention d'un système de coordonnées ou d'un ensemble de règles et d'horloges (c'est-à-dire une référence à l'idée du système de référence comme une façon d'enregistrer des événements). Les réponses aux questions (b) (i) et (ii) furent généralement bonnes, avec une tendance à ne pas souligner la réponse que le temps était le même que pour l'évènement dans S'. Beaucoup de candidats connaissaient bien l'expérience mentionnée par le programme dans H.5.5 au sujet de la désintégration d'un pion se déplaçant à grande vitesse en deux photons.

H2 Cinématique relativiste

Cette question était identique à la question D1 dans l'option D et on demande au lecteur de se reporter aux commentaires faits pour cette question.

H3 Mécanique relativiste

Très peu de candidats firent preuve d'une compréhension de cette partie du programme ou des compétences nécessaires pour déterminer la masse au repos d'upsilon (Y^0) pour obtenir les réponses acceptées de 9,49 ou de 9,50 $\text{GeV}c^{-2}$.

H4 Relativité générale

Les candidats connaissaient le principe d'équivalence d'Einstein, mais beaucoup perdirent le point à cause d'énoncés incomplets, les réponses acceptées devant mentionner soit un système de référence accélérant dans l'espace extra-atmosphérique (en a) étant équivalent à un système de référence au repos dans un champ gravitationnel de $g = a$, soit un système de référence inertiel dans l'espace extra-atmosphérique étant équivalent à un système de référence en chute libre dans un champ gravitationnel. Les suggestions des raisons pour lesquelles la fréquence du faisceau de lumière mesurée en F était plus basse que la fréquence mesurée en P furent généralement acceptées, soit en se concentrant sur le mouvement relatif entre l'observateur en F et le faisceau, soit selon le principe d'équivalence en se concentrant sur le photon qui dépensait de l'énergie.

La trajectoire de la lumière émise depuis X permet généralement aux candidats d'obtenir les deux premiers points, beaucoup de candidats ayant dessiné correctement une trajectoire courbe frappant en dessous de Y à la fois pour le système de référence en accélération et à cause du champ gravitationnel, mais n'ayant pas dessiné de ligne droite pour le système de référence en chute libre. Pour la question finale, les candidats identifièrent l'expérience mais ils dessinèrent des diagrammes peu clairs et pas légendés ou bien ils n'identifièrent pas correctement les deux mesures nécessaires pour identifier la courbure de la lumière.

Option I – Physique médicale

Encore une fois, cette option fut moins populaire auprès des candidats que lors des années précédentes.

I1 L'oreille et l'audition

Les quelques candidats qui choisirent cette option firent preuve de connaissances irrégulières sur l'oreille et l'audition. Quelques-uns eurent des difficultés à identifier la caractéristique fondamentale de l'amplitude comme la propriété physique liée à l'intensité du son. Un certain

nombre de candidats eurent des problèmes avec le calcul et le dessin de la variation du seuil d'audition en fonction de la fréquence, la traçant en dessous plutôt qu'au-dessus de la courbe donnée.

I2 Ultrasons

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, les candidats ayant fait preuve de bonnes connaissances de la définition de l'impédance acoustique et ayant donné une bonne explication pour faire concorder les impédances en utilisant un gel afin d'éviter les réflexions et de favoriser la transmission.

I3 Rayons X

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, avec une définition correcte de la couche de demi-atténuation et des calculs corrects pour obtenir 2200 m dans la réponse à la question (b) (i). Même ceux qui ne parvinrent pas à calculer le rapport correctement dans leur réponse à la question (b) (ii) étaient conscients de la protection fournie par l'atmosphère, même si le rapport calculé incorrectement montrait parfois que ce n'était pas le cas, et, les candidats durent alors expliquer cette contradiction pour obtenir des points. Cependant, le sujet de la dose équivalente ne sembla pas avoir été traité correctement car très peu furent capables de bien répondre à la question (d) (i), finissant par obtenir un point pour leur réponse à la question (d) (ii) en se concentrant sur la protection fournie par l'avion ou les vêtements.

I4 Radio-isotopes

Les réponses à cette question furent généralement bonnes, malgré quelques définitions imprécises de la demi-vie effective.

Option J – Physique des particules

Peu de candidats tentèrent cette option. Cependant, ceux qui le firent obtinrent généralement des résultats satisfaisants.

J1 Quarks

La plupart des candidats qui choisirent cette option connaissaient bien les quarks et furent capables d'utiliser le tableau pour déterminer correctement la teneur en quarks à la fois du méson et du baryon impliqués et les valeurs de spin possibles pour le méson (0 ou ± 1). Presque tous les candidats connaissaient le principe d'exclusion de Pauli même si certains candidats n'obtinrent pas de point à cause de leur manque de précision, mentionnant génériquement des particules plutôt que d'identifier leur application aux fermions. Les candidats connaissaient bien aussi les couleurs des quarks et déduisirent correctement la saveur du quark et les nombres quantiques de couleur dans leurs réponses à la question (d). Des diagrammes de Feynman (pour cette question et pour d'autres) furent généralement dessinés et/ou légendés beaucoup mieux que dans les examens précédents, bien que le nombre de candidats ayant tenté cette option n'ait constitué qu'un échantillon limité.

J2 La chambre à bulles

Les candidats répondirent bien aux questions (a) et (b), ayant identifié correctement les réponses standard attendues d'eux. Cependant, ce ne fut pas le cas pour les questions (c) et (d), beaucoup de candidats ne parvenant pas à résumer pourquoi le pion était en mouvement (parce que les trajectoires des photons n'étaient pas en face l'une de l'autre) ou suggérant la présence d'aimants au lieu de la collision avec des molécules dans la chambre comme la raison pour la forme de la trajectoire.

J3 Diagrammes de Feynman

Comme cela a été dit plus haut, et en soulignant la nature limitée de l'échantillon, les candidats ayant tenté cette option connaissaient bien les diagrammes de Feynman et semblaient les avoir étudiés de manière appropriée, contrairement à ce qui avait été mentionné dans le rapport antérieur sur ce sujet spécifique. Une méconnaissance courante était que les quarks se joindraient pour former des hadrons au lieu de réaliser que plus de quarks seraient formés.

J7 L'univers

Certains candidats donnèrent des explications assez bonnes et obtinrent au moins deux points.

Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

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

- Il faut donner aux candidats le plus d'occasions possible, pendant le cours, de s'exercer à résoudre des problèmes du type posé dans l'examen, d'examiner des épreuves antérieures et d'analyser en détail les barèmes de notation. Il faudrait aussi les guider de manière à ce qu'ils apprécient les similarités et les différences concernant le contenu du programme avec les épreuves d'examens de 2008 ou d'avant.
- Il faut fournir aux candidats la liste de verbes d'action spécifiée dans le programme et les aider à l'interpréter correctement. Il est clair que beaucoup de candidats ne reconnaissent pas la différence entre, par exemple, l'expression, la brève présentation et l'explication d'une réponse.
- Les candidats devraient connaître en détail et mémoriser les formules impliquées dans les compétences mathématiques requises indiquées dans le Guide pédagogique, car ces formules ne sont pas fournies dans le recueil de données.
- Lorsqu'ils utilisent un diagramme pour les aider à répondre à une question, les candidats devraient être encouragés à faire attention à la précision de ce diagramme. Cela est particulièrement vrai lorsqu'ils lisent des valeurs sur ces diagrammes et lorsqu'ils doivent y dessiner des caractéristiques spécifiques.
- Il faudrait consacrer suffisamment de temps pour couvrir en profondeur les options choisies. Il semblerait que certains candidats étudient au moins une option tous seuls, sans assez de discussions approfondies et significatives en classe.