

PHYSIQUE

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

Seuils d'attribution des notes finales par matière

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 15	16 - 27	28 - 38	39 - 48	49 - 59	60 - 69	70 - 100

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 13	14 - 24	25 - 35	36 - 44	45 - 54	55 - 64	65 - 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

Commentaires généraux

La modération de l'ÉI pour la session d'examens de mai 2011 s'est très bien déroulée. La majorité des professeurs a apprécié les attentes de l'ÉI et les modérateurs étaient à la hauteur. Cela ne signifie pas que tout était parfait ; ainsi, un centre a attribué les notes en utilisant les anciens critères, Conception A et Conception B, et le travail d'un modérateur a fait l'objet d'une deuxième modération. De plus, il paraît de plus en plus évident que

beaucoup de centres n'évaluent que deux exemples de chaque critère, ne laissant aucune latitude aux candidats pour s'améliorer.

Il existe actuellement un corpus de questions incitatives pour les enseignants, utilisées de manière répétée par les centres. Le CPEL et les ateliers de formation des professeurs peuvent être tenus pour responsables de cette évolution positive. L'ÉI en physique commence à ressembler à une vieille paire de chaussures : confortable la plupart du temps mais qui montre des signes de fatigue.

De plus en plus de professeurs donnent aux candidats une liste de contrôle de l'ÉI, ce qui a des conséquences positives sur les niveaux de performance des candidats. Il s'agit là d'une bonne pratique, laquelle est encouragée. La liste de contrôle est simplement une reformulation des attentes à propos des critères.

La gamme des activités pratiques est toujours aussi étendue, tandis que le centre moyen possède un programme du BI adéquat et approprié. Le volet pratique de la physique du BI est assurément pris en compte.

Variété et pertinence du travail présenté

Il est clairement apparu que la plupart des centres proposent des programmes d'activités pratiques étendus, couvrant un large spectre de travaux de recherche. Le recours aux TIC est maintenant devenu pratique courante ; la plupart des rapports des candidats sont réalisés avec un traitement de texte et les graphiques sont présentés en utilisant le logiciel approprié. Le nombre d'heures attribué aux travaux pratiques ne semble pas constituer un problème et il est évident que le programme est bien couvert. On a rappelé aux professeurs que les recherches pouvaient porter sur de sujets ne figurant pas au programme.

Certains centres requièrent encore des candidats qu'ils formulent une hypothèse pour leurs recherches portant sur le critère conception. Bien que cette pratique ne soit pas pénalisée, elle peut inhiber le caractère ouvert de la conception réalisée par le candidat. De même, lorsque les candidats connaissent déjà la théorie et les équations pertinentes, évaluer la conception n'est pas toujours approprié.

Les professeurs doivent se montrer prudents lorsqu'ils fournissent la variable dépendante dans l'énoncé de la question de conception, car, dans certains cas, la variable indépendante a été aussi communiquée aux candidats. On a observé un certain nombre de cas où le candidat avait en fait deux variables indépendantes, comme la variation de la masse d'une balle lorsque sa taille varie. Les professeurs auraient dû relever cette erreur majeure et guider le candidat vers une approche plus productive. Une guidance globale est autorisée.

Le Projet du Groupe 4 semble être bien intégré dans les programmes de travaux pratiques. Ajoutons que quelques centres fournissent des preuves du projet, ce qui n'est pas requis (seule une indication de la date et des heures doit figurer sur le formulaire 4/PTP).

Résultats des candidats pour chaque critère d'évaluation

Conception

Les professeurs maîtrisent l'art de formuler des questions de conception. Toutefois, dans quelques cas, les énoncés n'étaient pas appropriés ; tel est le cas lorsqu'on demande aux candidats de concevoir une recherche pour mesurer la pesanteur ou pour confirmer la loi d'Ohm. De bons énoncés de conception devraient inciter les candidats à rechercher une fonction entre deux variables et non à rechercher une valeur spécifique. Il convient de rappeler aux candidats que pour satisfaire complètement au critère de conception, les variables doivent être définies (de vagues formulations telles que « Je vais mesurer le temps » doivent être clarifiées sur le plan de la manière dont ce sera réalisé). Des définitions opérationnelles aident aussi à concevoir une méthode. Cela découle de la possibilité de contrôler des variables.

Recueil et traitement des données

Les candidats ont tendance à se montrer plus performant avec le critère RTD. Les données brutes comportent toujours des incertitudes. Les modérateurs recherchent une brève description de la raison pour laquelle le candidat a attribué une valeur particulière à l'incertitude, ce qui s'applique aussi bien aux données brutes qu'aux données traitées. Les chiffres significatifs et la limite inférieure des appareils de mesure sont d'application ici. Lorsqu'ils évaluent le RTD, les candidats sont supposés avoir dessiné un graphique. Dans certains cas, un graphique eut été approprié, mais les candidats se sont limités à faire des calculs. Ces cas ne peuvent être crédités de l'appréciation « complètement » pour l'aspect 3 du RTD. Les professeurs doivent être avertis de cette attente. De même, il est important que le candidat (et non le professeur) décide des grandeurs à représenter sur le graphique et de la manière de traiter les données.

Conclusion et évaluation

Ce critère peut être celui pour lequel il est le plus difficile d'obtenir le maximum des points, en particulier pour l'aspect 1, et il est souvent surévalué par le professeur. Les candidats doivent dépasser les données disponibles pour fournir une justification basée sur une interprétation raisonnable des données. Une telle introspection pourrait conduire à s'interroger sur le sens physique éventuel à attribuer aux valeurs extrêmes du spectre des données, à l'origine d'un graphique ou à l'ordonnée à l'origine. Les candidats pourraient même donner une interprétation physique à la relation globale (peut-être sous la forme d'une hypothèse). Les professeurs doivent y être attentifs lorsqu'ils attribuent la mention « complètement » à l'aspect 1, car les modérateurs ont dû souvent modifier la mention « complètement » en « partiellement ». En définitive, si les candidats réalisent une activité de laboratoire de physique standard et bien balisée, et que le critère CÉ est évalué, il est alors peu probable qu'ils puissent révéler des faiblesses ou des améliorations. Le critère CÉ est mieux évalué lorsque les candidats doivent aussi établir eux-mêmes la conception et réaliser la recherche.

Recommandations pour la préparation de futurs candidats

- Les candidats doivent avoir une compréhension claire des critères de l'ÉI. Pour les y aider, les professeurs pourraient donner aux candidats une copie d'une ÉI vraiment bonne, à laquelle la mention « complètement » aurait été attribuée pour tous les aspects évalués.
- Les candidats doivent être entraînés à satisfaire à tous les aspects de l'ÉI. Le travail en groupe, la guidance du professeur et même une évaluation par les pairs peuvent aider. Bien sûr, dans ces circonstances, le professeur ne devrait pas noter l'ÉI pour une note finale sur le formulaire 4/PTP.
- Lors de l'évaluation d'une activité de travaux pratiques, il est important que le candidat travaille seul. Toutefois, cela ne signifie pas qu'un autre candidat ne puisse l'aider, comme, par exemple, en laissant tomber la balle d'une certaine hauteur pendant que le candidat mesure le temps de chute. Toutes les mesures doivent provenir du candidat soumis à l'évaluation. De manière occasionnelle, les modérateurs ont trouvé des recueils de données identiques, de sorte qu'ils font preuve de méfiance. De même, une recherche sur Internet ou dans une bibliothèque n'est pas un travail approprié.

Commentaires complémentaires

Un problème qui s'est posé à plusieurs reprises au cours de la session de mai 2011 a été la question de l'évaluation de l'aspect 3 du critère conception et le fait de disposer d'un nombre suffisant de données. Bien que les professeurs attendent de la part des candidats une référence explicite à ces éléments dans les aspects préliminaires de leur rapport, des indications manifestes peuvent souvent être trouvées dans la partie du rapport qui concerne le recueil et le traitement des données. Normalement, les candidats signalent les mesures répétées, mais s'ils omettent de le faire, alors que de manière évidente ils ont opéré plusieurs mesures et qu'ils ont mentionné une moyenne, ils seront quand même crédités des points (de même, en ce qui concerne l'étendue et le nombre de points de données graphiques). Si le tableau des données révèle un nombre suffisant de données et une étendue adéquate, les attentes en matière de conception seront considérées comme satisfaites. En l'occurrence, les modérateurs accordent aux candidats le bénéfice du doute et ne les pénalisent pas pour n'avoir pas fait exactement ce que le modérateur aurait souhaité voir. Au contraire, le modérateur recherche des éléments lui permettant de créditer le candidat.

La plupart des professeurs ont évalué des travaux appropriés et ont attribué des notes appropriées. En outre, les candidats ont accompli un travail important et ont produit de bons rapports de laboratoire de physique. Néanmoins, il convient de rappeler aux professeurs que les recherches relatives à la conception ne sont pas destinées à être des projets de recherche. Une recherche sur Internet n'est pas appropriée.

Normalement, les modérateurs confirment les notes attribuées par les professeurs, mais dans certains cas, ils ont haussé ou diminué des notes. Si l'on peut dégager une tendance, on peut dire que les professeurs tendent à surestimer le critère conclusion et évaluation (CÉ). Si les professeurs appliquent les critères de manière appropriée, le système de modération devrait

les appuyer. Les modérateurs ne sont pas là pour appliquer leurs propres théories ou leurs pratiques pédagogiques favorites, mais pour garantir que les centres utilisent les critères dans des limites acceptables en référence aux documents officiels. En d'autres mots, les modérateurs recherchent l'erreur systématique plus que l'erreur aléatoire dans l'application des aspects des critères.

Les sections suivantes contiennent les recommandations que les modérateurs de l'ÉI en physique suivent.

Quand les modérateurs diminuent la note

Conception

Le modérateur abaissera la note lorsque le professeur donne une question de recherche clairement définie et/ou lorsque les variables indépendante(s) **et** contrôlée(s) sont précisées. Le professeur peut fournir la variable dépendante (pour autant qu'il existe une gamme de variables indépendantes que le candidat doit identifier). Préciser au candidat l'objectif général de la recherche est une bonne chose si le candidat a modifié significativement l'énoncé ou la question (par exemple, en la précisant, en définissant les variables). Le modérateur va diminuer la note lorsqu'une fiche méthodologique est fournie au candidat, laquelle est suivie sans aucune modification, ou lorsque **tous** les candidats appliquent des méthodes identiques. Des manipulations de laboratoire standards ne sont pas appropriées à l'évaluation du critère conception.

Recueil et traitement des données

Le modérateur abaissera la note lorsque la photocopie d'un tableau où figurent déjà les titres et les unités est fournie au candidat, tableau qu'il n'a plus qu'à compléter. Si le candidat n'a pas relevé les incertitudes sur chaque donnée quantitative, le maximum attribué par le modérateur pour l'aspect 1 de ce critère sera « partiellement ». Si le candidat s'est avéré de manière répétée inconsistant dans l'utilisation des chiffres significatifs lors du recueil des données, le maximum que le modérateur puisse attribuer pour l'aspect 1 de ce critère sera « partiellement ». En physique, les données sont toujours quantitatives. Dessiner les lignes de champ au voisinage d'un aimant ne constitue pas une activité relevant du critère RTD.

Le modérateur abaissera la note lorsqu'un graphique dont les axes sont déjà légendés est fourni aux candidats (ou lorsque les candidats ont été informés des variables à utiliser pour tracer le graphique) ou lorsque les candidats doivent suivre un processus structuré par des questions pour réaliser le traitement des données. Pour l'évaluation de l'aspect 3 du critère RTD, les candidats sont sensés construire des graphiques. Pour que soit attribuée la mention « complètement », les points de données du graphique doivent être pourvus des barres d'incertitudes et l'incertitude sur la pente de la droite de meilleur ajustement doit être calculée.

Conclusion et évaluation

Si le professeur a fourni aux candidats des questions structurées pour les guider à travers la discussion, la conclusion et la critique, selon le degré de précision des questions du professeur et la qualité des réponses des candidats, la note maximale attribuée sera

« partiellement » pour chacun des aspects où le candidat a bénéficié d'une guidance. Le modérateur n'évalue strictement que l'apport du candidat. La différence entre les mentions « partiellement » et « complètement » pour l'aspect 1 du critère CÉ tient à la justification que donnent les candidats de leur interprétation des résultats expérimentaux. Il s'agit d'une tâche difficile qui peut impliquer le recours à une théorie physique.

Quand les modérateurs n'abaissent pas la note

Dans les cas décrits ci-après, le modérateur confirmera la position du professeur, car ils sont conscients de leurs propres attentes de la part des candidats.

Conception

Les modérateurs n'abaisseront pas la note lorsque les variables indépendante(s) et contrôlée(s) ont été clairement identifiées dans la procédure sans être données sous la forme d'une liste séparée (nous attribuons des notes pour le rapport complet et il n'y a pas d'obligation d'établir une notation séparée correspondant à chaque titre des aspects). Les modérateurs n'abaissent pas la note quand il y a une liste de variables dont le caractère dépendant ou indépendant apparaît clairement dans la procédure.

Les modérateurs n'abaissent pas la note quand des procédures similaires (mais non identiques mot pour mot) sont données pour une tâche réduite. Le modérateur fera un commentaire concernant la faible adéquation de la tâche sur le formulaire de commentaires sur l'évaluation interne 4/CÉI. Les modérateurs n'évaluent pas seulement la liste d'équipement, mais ils créditent l'identification claire de l'équipement selon une procédure méthodique. Il faut se rappeler que les modérateurs examinent le rapport complet. Ils n'insistent pas sur la mention du degré de précision des appareils figurant dans la liste. Cet aspect n'a jamais été spécifié aux professeurs et le concept du relevé des incertitudes est pris en considération par le critère RTD. Les modérateurs ne diminuent pas la note du professeur si des éléments de procédure habituels, comme le port de lunettes de sécurité ou d'une blouse de laboratoire, ne sont pas mentionnés. Certains professeurs considèrent que la liste de ces éléments lors de chaque activité est vitale, alors que d'autres estiment que ces éléments font tellement partie intégrante des activités de laboratoire qu'il est superflu d'en faire mention. Dans le cas présent, les modérateurs s'alignent sur la position du professeur.

Recueil et traitement des données

Dans un exercice global de recueil des données, comportant plusieurs tableaux de données, le candidat peut avoir été inconsistant avec les chiffres significatifs pour un point de donnée ou il peut avoir omis d'indiquer les unités dans le titre d'une colonne du tableau. Dans de tels cas, le modérateur ne sanctionnera pas ces erreurs mineures. Si le modérateur a conscience que le candidat a été attentif à ces éléments mais qu'il a commis une faute d'inattention, alors le modérateur peut encore accepter que la note maximale ait été attribuée, en vertu du principe selon lequel « ce qui est complet n'est pas forcément parfait ». Il s'agit d'un principe important, car de bons candidats répondant complètement à une tâche ouverte sont plus souvent injustement pénalisés que des candidats qui réalisent un exercice simpliste. La note d'un candidat ne sera pas diminuée s'il n'a pas inclus une (des) observation(s) qualitative(s) et si le modérateur ne considère pas qu'une telle observation eut été manifestement

pertinente. Le modérateur ne diminue pas la note si le titre d'un tableau manque, pour autant que la référence de ces données soit évidente. Souvent, les candidats effectuent le plus dur du travail pour le RTD et perdent un point dans la notation du professeur parce qu'ils n'ont pas indiqué le titre du tableau de données. Excepté dans le cas de recherches étendues, la référence d'un tableau est normalement évidente.

Les attentes en ce qui concerne le traitement des erreurs et des incertitudes en physique sont décrites dans le guide de matière et dans le matériel de soutien pédagogique. Les candidats du niveau moyen (NM) et du niveau supérieur (NS) sont évalués sur base des mêmes programmes de cours et des mêmes critères de performance.

Toutes les données brutes sont supposées inclure les unités et les incertitudes. La limite inférieure de toute échelle de lecture d'un instrument ou le chiffre significatif le plus bas de toute mesure est une indication de l'incertitude minimale. Les candidats peuvent commenter les spécifications du constructeur à propos de l'exactitude, mais ce n'est pas requis. Lors du traitement des données brutes, les incertitudes doivent être déterminées (voir le guide pédagogique, notes pour les enseignants 1.2.11).

Les candidats peuvent estimer les incertitudes dans des mesures complexes (\pm la moitié de l'étendue de la plage de lecture) et faire des suppositions éclairées à propos des incertitudes liées à la méthode de mesure. Si les incertitudes sont suffisamment faibles pour être ignorées, le candidat devrait le mentionner.

Les droites traduisant les écarts minimum et maximum devraient être représentées sur les graphiques, sur base des barres d'incertitudes (en utilisant les premier et dernier points de mesure) et seulement pour une seule grandeur. Cette procédure simplifiée devient plus compliquée lorsque les deux grandeurs représentées sur le graphique présentent des barres d'incertitude. Une autre analyse des incertitudes est attendue lorsque les graphiques ne sont pas linéaires.

Si le candidat a clairement essayé de tenir compte des incertitudes ou de leur propagation, les modérateurs confirmeront la notation du professeur, même s'ils ont le sentiment que le candidat aurait pu faire un effort plus conséquent. Si la propagation des incertitudes est traitée dans une partie de l'activité de laboratoire, le maximum des points peut être attribué, même si le calcul d'erreur n'est pas effectué en détail (lorsque le candidat a fait preuve du fait qu'il a envisagé l'incertitude, il peut être crédité de la mention « complètement »).

Les modérateurs **ne pénalisent pas** un professeur ou un candidat si le protocole n'est pas celui qui est enseigné. Ainsi, les incertitudes sur la balance à plateaux ont été fixées à $\pm 0,01$ g, alors que les professeurs peuvent estimer que cette valeur doit être doublée si la tare est prise en considération. La modération n'est pas le moment ni le lieu pour instaurer un protocole du BI privilégié.

Conclusion et évaluation

Les modérateurs appliquent souvent le principe selon lequel « ce qui est complet n'est pas forcément parfait ». Par exemple, si le candidat a identifié les sources les plus perceptibles d'erreur systématique, le modérateur peut confirmer la note du professeur, même s'il peut

identifier une source supplémentaire. Les modérateurs sont un peu plus critiques en ce qui concerne le troisième aspect, car les modifications proposées doivent réellement être en rapport avec les sources d'erreur citées. Si un modérateur estime que la tâche était trop simple pour être en adéquation avec l'esprit des critères, il fera un commentaire sur le formulaire 4/CÉI pour signaler l'inadéquation de la tâche, en justifiant dûment son appréciation. Ces données seront fournies sous forme d'une information en retour, mais la note du candidat ne sera pas forcément abaissée. En fait, cela signifie que des candidats pourraient obtenir des notes élevées en RTD dans le cadre d'un travail de peu d'importance comportant un nombre limité de données, mais si ces candidats ont satisfait aux exigences des différents aspects dans ce cadre réduit, le modérateur confirmera la note du professeur.

L'aspect qui constitue un véritable défi pour le critère CÉ, est la distinction entre les mentions « partiellement » et « complètement » pour l'aspect 1 : « Formulez une conclusion, en la justifiant, sur base d'une interprétation raisonnable des données ». Une justification peut consister en une analyse mathématique des résultats, en une appréciation des limites de l'étendue des données, mais il pourrait aussi s'agir d'une analyse incluant le sens physique ou la théorie, voire même une hypothèse (bien que la formulation d'une hypothèse ne soit pas requise). Il est difficile d'obtenir la mention « complètement » pour le critère CÉ (aspect 1), parce qu'il requiert des commentaires sérieux et réfléchis, commentaires qui dépassent le niveau de « les données révèlent une relation linéaire et de proportionnalité ».

Épreuve 1

Seuils d'attribution des notes finales

Niveau supérieur

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 10	11 - 14	15 - 19	20 - 23	24 - 26	27 - 30	31 - 39

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 7	8 - 9	10 - 12	13 - 14	15 - 16	17 - 18	19 - 28

Commentaires généraux

Une partie des questions est commune aux épreuves du NM et du NS, des questions additionnelles au NS assurant une couverture plus approfondie du programme.

Seul un faible pourcentage du nombre total de professeurs des centres qui ont pris part aux examens ont renvoyé des formulaires G2. Pour le NM, 179 réponses ont été reçues sur 663 centres et au NS, 197 réponses sur 643 centres. En conséquence, les opinions générales sont difficiles à évaluer, car les professeurs qui ont renvoyé les formulaires G2 pourraient être ceux qui se sont senti vivement concernés, d'une manière ou d'une autre, par les épreuves. Les réponses ont indiqué que les examens de mai 2011 ont généralement été bien accueillis, beaucoup de formulaires G2 reçus exprimaient des commentaires favorables. La grande majorité des professeurs qui ont émis des commentaires sur les épreuves ont estimé qu'elles contenaient des questions d'un niveau approprié, moins de 10% des répondants jugeant que le niveau était trop difficile.

À quelques exceptions près, les professeurs ont estimé que les épreuves couvraient le programme d'une manière satisfaisante à bonne. En ce qui concerne les commentaires relatifs à la couverture du programme, il convient de garder à l'esprit qu'il faut l'évaluer en conjonction avec l'épreuve 2. Plus de 97% des professeurs qui ont renvoyé des formulaires G2 ont jugé satisfaisantes à bonnes la présentation des épreuves et la clarté de la formulation.

Analyse statistique

La performance globale des candidats et la performance pour les questions individuelles sont illustrées dans l'analyse statistique des réponses. Ces données sont reprises dans les tableaux ci-après. Les nombres indiqués dans les colonnes A-D et dans la colonne « Pas de réponse » représentent le nombre de candidats ayant choisi les propositions correspondantes ou n'ayant pas répondu à la question.

La solution (l'option correcte) est repérée par un ombrage de la cellule.

L'*index de difficulté* (qu'il serait peut-être préférable d'appeler *index de facilité*) est le pourcentage de candidats qui ont fourni la réponse correcte (la solution). Un index élevé indique donc une question facile.

L'*index de discrimination* est une mesure de l'efficacité avec laquelle la question opère la discrimination entre les candidats ayant des aptitudes différentes. En général, un index de discrimination plus élevé indique qu'une plus grande proportion de candidats plus compétents a correctement identifié la solution, comparativement aux candidats plus faibles. Toutefois, cela peut ne pas être le cas lorsque l'index de difficulté de la question est soit élevé, soit faible.

Analyse des items de l'épreuve 1 du NS

Question	A	B	C	D	Pas de réponse	Index de difficulté	Index de discrimination
1	524	3872*	138	200	5	81,71	0,30
2	424	4246*	17	51	1	89,60	0,20
3	3555*	247	650	274	13	75,02	0,28
4	3904*	159	537	135	4	82,38	0,21
5	648	1622	1898*	563	8	40,05	0,40
6	2470*	485	770	1003	11	52,12	0,26
7	1073	434	2694*	532	6	56,85	0,47
8	1782*	1108	1213	619	17	37,60	0,37
9	291	262	1278	2905*	3	61,30	0,39
10	535	3205	231	763	5	0	0,00
11	2190*	197	1667	671	14	46,21	0,43
12	764	357	526	3082*	10	65,03	0,47
13	858	1095	1976*	806	4	41,70	0,48
14	503	1197	2750*	260	29	59,03	0,36
15	304	360	737	3322*	16	70,10	0,40
16	495	972	1506*	1734	32	31,78	0,28
17	385	181	865	3299*	9	69,61	0,43
18	484	1964	1956*	310	25	41,27	0,22
19	1038	1016	248	2435	2	21,44	0,35
20	3335*	769	296	317	22	70,37	0,43
21	1005	203	397	3106*	28	65,54	0,39
22	193	104	602	3833*	7	80,88	0,30
23	1727	2482*	383	135	12	52,37	0,50
24	872	1107*	2493	235	32	23,36	0,33
25	310	602	3132*	675	20	66,09	0,35
26	740	591	1194	2200*	14	46,42	0,25
27	725	140	100	3766*	8	79,47	0,34
28	1038	2412*	840	428	21	50,90	0,43
29	262	2823*	1382	257	15	59,57	0,36
30	2187*	670	1541	305	36	46,15	0,45
31	407	671	1324*	2324	13	27,94	0,26
32	676	1437	2494*	112	20	52,63	0,53
33	3583*	175	797	172	12	75,61	0,24
34	83	260	925	3466*	5	73,14	0,33
35	2587*	903*	388	851	10	73,64	0,28
36	427	2869	1068*	343	32	22,54	0,14
37	219	3764*	362	372	22	79,43	0,29
38	425	225	3732*	330	27	78,75	0,31
39	2475	951*	416	868	29	20,07	0,19
40	2655*	1116	778	155	35	56,02	0,46

Nombre de candidats: 4739

Analyse des items de l'épreuve 1 du NM

Question	A	B	C	D	Pas de réponse	Index de difficulté	Index de discrimination
1	487	220	164	3353*	3	79,32	0,23
2	829	2873*	157	359	9	67,69	0,39
3	542	1281	1000	1394	10	0	0,00
4	1644	1021	341	1214*	7	28,72	0,36
5	693	3404*	49	79	2	80,53	0,32
6	2751*	276	842	346	12	65,08	0,39
7	128	115	2911	1072*	1	25,36	0,31
8	645	2033	1060*	476	13	25,08	0,34
9	337	407	1557	1911*	15	45,21	0,34
10	1046*	561	1911	685	24	24,75	0,34
11	928	1913	395	977	14	0	0,00
12	1401	845	1121*	852	8	26,52	0,35
13	1975*	530	885	804	33	46,72	0,30
14	89	1325	2704*	105	4	63,97	0,45
15	695	1242	1971*	296	23	46,63	0,30
16	1036	637*	1342	1186	26	15,07	0,15
17	2849*	691	381	270	36	67,40	0,41
18	1020	469*	440	2291	7	11,10	0,14
19	1143	1408	1185*	423	68	28,03	0,23
20	1187	317	410	2284*	29	54,03	0,34
21	357	200	721	2937*	12	69,48	0,45
22	2344*	972	507	372	32	55,45	0,40
23	231	571	2592*	790	43	61,32	0,37
24	474	3162*	353	221	17	74,80	0,45
25	2819*	223	929	240	16	66,69	0,35
26	115	352	1036	2709*	15	64,09	0,37
27	1873*	776*	474	1078	26	62,67	0,33
28	510	2430	872*	382	33	20,63	0,04
29	1043*	1392	600	1116	76	24,67	0,36
30	862	1990*	367	962	46	47,08	0,40

Nombre de candidats: 4227

Commentaires sur l'analyse

Difficulté

L'index de difficulté est compris entre environ 20% au NS et 10% au NM (questions relativement « difficiles ») et environ 80% tant au NM qu'au NS (questions relativement « faciles »). La majorité des items se situaient dans l'intervalle de 30% à 70%. En conséquence, les épreuves donnaient amplement l'occasion à tous les candidats d'être crédités et, dans le même temps, elles donnaient une dispersion adéquate des points.

Discrimination

Toutes les questions présentaient un index de discrimination positif. Idéalement, l'index devrait être supérieur à environ 0,2. Cette situation a été réalisée dans 38 des 40 questions du NS et dans 27 des 30 questions du NM. Toutefois, un index de discrimination faible peut

ne pas être imputable à une question non fiable. Il pourrait indiquer une conception erronée généralisée parmi les candidats ou une question dotée d'un index de difficulté élevé.

Absence de réponse

Dans les deux épreuves, le nombre de questions restées sans réponses tend à augmenter à la fin de l'examen. Cela peut indiquer que les candidats n'ont pas eu assez de temps pour terminer leurs réponses ou que les candidats étaient moins sûrs d'eux dans la matière enseignée plus tard dans le cours, même si les professeurs n'ont pas formulé de commentaires à ce propos. De toute manière, cela ne fournit pas d'explication pour les questions restées sans réponses au début des épreuves. Il serait opportun de rappeler aux candidats que les réponses incorrectes ne sont pas pénalisées. Pour cette raison, les candidats devraient faire une proposition sensée et faire preuve d'intuition s'ils ne connaissent pas la réponse correcte. En général, certains « distracteurs » devraient être éliminés, ce qui réduirait la part de la conjecture.

Commentaires sur certaines questions

La performance des candidats dans les questions individuelles sont reprises dans les tableaux statistiques qui précèdent, de même que les valeurs des index. Pour la plupart des questions, ces données fournissent une information en retour suffisante à propos d'une question particulière. L'information en retour sera limitée à des questions spécifiques, c'est-à-dire celles qui illustrent un problème particulier ou qui ont suscité un commentaire sur les formulaires G2.

Questions communes aux épreuves du NM et du NS

NM Q8 et NS Q5

La réponse B a été la plus communément choisie dans les deux épreuves NS et NM. On peut seulement supposer que les candidats ont considéré la moitié du travail effectué entre 0 cm et 6,0 cm, plutôt que de considérer l'aire appropriée sous le graphique.

NM Q9 et NS Q9

Beaucoup de candidats ont choisi l'option C. Il faudrait insister sur le fait que les molécules d'un gaz parfait sont considérées comme ayant une énergie potentielle nulle. Cela a mis en défaut beaucoup de candidats, de même que dans l'épreuve 2, ce qui montre qu'il faut clairement rappeler cette propriété aux candidats.

NM Q11 et NS Q10

Comme l'ont fait remarquer beaucoup de professeurs, cette question ne comportait pas de réponse correcte, étant donné que le qualificatif « moyenne » avait été omis dans l'énoncé,

ce qui a conduit un nombre significatif de candidats à opter pour la réponse D. En conséquence, cette question a été supprimée dans les épreuves du NM et du NS.

NM Q12 et NS Q13

Beaucoup de candidats ont pensé que l'énergie cinétique pouvait être négative et ont choisi les options A ou B. Cette question a manifestement induit beaucoup de confusion, ce qui suggère que les candidats n'avaient pas vu préalablement des graphiques de l'énergie cinétique pour un MHS.

NM Q18 et NS Q19

Dans les épreuves des deux niveaux, les candidats ont choisi l'option D avec grand enthousiasme ! C'est un cas où les candidats ont été incapables de faire la distinction entre leur compréhension opérationnelle d'un concept et la manière dont les physiciens définissent une unité. Les définitions doivent être apprises.

NM Q25 et NS Q33

Les diagrammes de Sankey sont quantitatifs et les candidats devraient comprendre que la majeure partie de la production d'une centrale alimentée par du combustible fossile revêt la forme d'une énergie thermique.

NM Q27 et NS Q35

La réponse favorite était la réponse correcte, soit A. Cependant, beaucoup de professeurs ont fait remarquer que les propositions A et B pouvaient toutes deux être considérées comme correctes selon le sens que l'on attribuait à l'expression « conduit à » de l'énoncé. En conséquence, les deux réponses ont été acceptées comme correctes.

NM Q28 et NS Q36

Cette question est apparue comme une question facile, avec une réponse évidente (bien qu'incorrecte). L'indication que donne l'index de discrimination suggérerait que ceux qui ont donné la réponse correcte l'ont peut-être fait en choisissant au hasard. L'énergie potentielle de l'eau, mgh , dépend à la fois de h et de sa *masse*, laquelle est elle-même proportionnelle à h . De ce fait, la réponse correcte était la proposition C.

Question du NS

Q4

Beaucoup de professeurs ont argué du fait que comme le sens de F n'était pas précisé, les propositions A et D pouvaient toutes deux être considérées comme correctes. Toutefois, les données statistiques ont montré que les candidats avaient correctement identifié les forces comme agissant dans des sens opposés.

Q8

Il semble qu'une certaine confusion ait régné parmi les candidats qui ont choisi préférentiellement les propositions B et C. Il faut remarquer que l'*énergie totale* représente la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique lorsqu'il s'agit d'un satellite en orbite.

Q16

Il s'agit d'une question inhabituelle mais qui ne se situe certainement pas en dehors des spécifications du programme (11.2.2 et 11.2.4). Les candidats devraient savoir que la variation de fréquence induite par une surface réfléchissante en mouvement vaut le double de celle qui résulte du mouvement de la source.

Q18

Beaucoup de candidats ont opté à tort pour la proposition B. Un schéma simple décrivant une situation critique pour la lumière violette et la lumière rouge située côte à côte (les maxima occupant la même position) montrera que la lumière rouge ne sera pas résolue. La proposition correcte est donc C.

Q24

Beaucoup de candidats ont choisi C. Peut-être l'ont-ils fait « de manière automatique », sans lire attentivement la question. Peut-être, tout simplement, n'avaient-ils pas étudié les définitions.

Q26

La grande majorité des candidats a compris que la masse diminue au cours d'une réaction de fission ; les candidats ont donc évité de choisir les options A et B. Cependant, un nombre important de candidats a choisi la proposition C, ce qui montre qu'ils n'avaient pas bien compris que si l'énergie de liaison est définie comme positive, elle va *augmenter* lors d'une réaction de fission, alors que la masse *diminue*.

Q31

Beaucoup de candidats ont choisi D. Peut-être n'avaient-ils pas lu attentivement la question, car il devrait être clair que le spectre d'émission se rapporte aux niveaux d'énergie des électrons et n'a rien à voir avec les niveaux d'énergie *nucléaire*.

Q39

La plupart des candidats ont opté pour la proposition A, ce qui indique qu'ils n'ont pas opéré la distinction entre les facteurs d'échelle linéaire et surfacique.

Question du NM**Q3**

Beaucoup de professeurs ont fait remarquer très justement que le flux magnétique ne figurait pas au programme du NM. En conséquence, cette question a été supprimée.

Q4

Cette question possédait un bon index de discrimination, bien que A ait été la proposition la plus populaire. Les candidats plus faibles se sont laissés abuser par l'apparence du graphique et ont supposé que la vitesse diminuait ; la compétence qui consiste en la capacité de traduire un graphique en une réalité physique est l'une de celle qui doit être enseignée. Dans le cas présent, l'accélération est positive pendant tout le déplacement, ce qui indique que la vitesse doit augmenter.

Q7

Il devrait être clair pour les candidats que la variation de vitesse, c'est-à-dire l'accélération, est dirigée vers le centre d'un cercle. La majorité des candidats a cependant opté pour la proposition C, peut-être parce qu'ils ont simplement additionné les deux vecteurs représentés sur le schéma.

Q10

Les candidats doivent être capables d'opérer la distinction entre la capacité thermique et la chaleur *massique*. Comme ni l'une ni l'autre de ces deux grandeurs ne dépend de la température, le choix le plus fréquent des candidats, soit la proposition C, était clairement incorrecte.

Q13

Les candidats ont clairement compris que la fréquence de résonance n'est pas décalée (comme en C) et que l'amplitude des oscillations diminue très rapidement lorsque f s'éloigne de f_0 . Donc, la proposition A était correcte. Beaucoup de professeurs ont cependant argué du fait que les propositions A, B et D étaient toutes équivalentes, bien que représentées graphiquement à des échelles différentes. Ce n'est pas le cas, car l'origine de l'axe n'a été indiquée que sur l'axe y . Lorsque l'intersection des axes représente l'origine effective, les deux axes sont pourvus d'un zéro (comme dans la question Q12).

Q16

La réponse qui a eu le moins de succès était la réponse correcte. La question stipule que les électrodes sont maintenues sous une différence de potentiel constante. Comme l'énergie cinétique augmente aux dépens de l'énergie potentielle et comme l'énergie potentielle est donnée par la relation $q\Delta V$, il devait être évident que la réponse correcte était B.

Q19

Il paraît évident que les candidats ont choisi au hasard entre les propositions A, B et C, sachant que l'intensité du champ de gravitation doit être inférieure à 10 Nkg^{-1} . Certains candidats ont peut-être été perturbés par le changement d'unités, de km en m. Mais le fait de savoir que l'intensité du champ gravitationnel est l'accélération d'un corps en chute libre aurait dû conduire directement à la bonne réponse.

Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Les candidats devraient essayer de répondre à chaque question. Lorsqu'ils ne peuvent fournir la bonne réponse, ils devraient toujours choisir la proposition qui leur paraît la plus probable. Il conviendrait d'insister sur le fait que des points ne sont pas retranchés pour une réponse incorrecte.

L'énoncé devrait être lu attentivement. Il apparaît que certains candidats ne lisent pas l'entièreté de l'énoncé, mais qu'ayant saisi le sens général de la question, ils examinent les propositions de réponses. Les questions à choix multiples sont formulées de la manière la plus courte possible, de sorte que chaque terme est significatif et important.

La même attention doit être apportée à la lecture et à l'interprétation des graphiques. Les graphiques décrivent le comportement d'un système physique et les candidats devraient éviter d'opter immédiatement pour la réponse qui leur paraît « évidente », en se fiant à leur mémoire ou aux apparences.

Les candidats devraient s'attendre à recevoir des questions qui évaluent leur maîtrise des définitions. Ces dernières doivent être étudiées.

Une fois qu'ils ont choisi la réponse correcte, les candidats devraient vérifier que les autres propositions ne sont pas valables.

Les candidats devraient consulter le Guide pédagogique de physique pendant la préparation de l'examen, afin de clarifier les exigences requises pour réussir.

Les candidats peuvent s'attendre à ce que la proportion des questions couvrant un sujet donné soit proportionnelle au temps qui lui est consacré au cours, comme spécifié dans le programme. Un temps suffisant devrait être consacré à l'enseignement de thèmes, tels que le réchauffement climatique et l'effet de serre. La connaissance qu'ont la plupart des gens de ces sujets du programme n'est pas toujours suffisante pour pouvoir répondre aux questions relevant de ces domaines, qui ne sont pas dénués d'intérêt.

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 - 10	11 - 21	22 - 30	31 - 40	41 - 51	52 - 61	62 - 95

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 5	6 - 10	11 - 14	15 - 19	20 - 24	25 - 29	30 - 50

Un peu moins de 200 centres ont renvoyé des formulaires G2 pour chacune des épreuves au NS et au NM. Les responsables de l'attribution des notes finales ont instamment prié les centres de compléter et de renvoyer ces informations, lesquelles sont d'une extrême importance pour l'attribution des notes finales.

Aux deux niveaux, NS et NM, un nombre écrasant de répondants a trouvé que les épreuves étaient d'un niveau de difficulté approprié, seuls 10% des répondants ont estimé qu'elles étaient trop difficiles. Cette proportion se reflète aussi dans la comparaison avec l'épreuve de l'an dernier, puisque 20% des réponses considèrent que les examens de cette année étaient « un peu plus » ou « beaucoup plus » difficiles qu'en 2010, le même pourcentage de répondants les jugeant « un peu plus » ou « beaucoup plus » facile.

La clarté de la formulation n'a été trouvée mauvaise que par une très faible minorité des répondants (3 au NS et 1 au NM) et la présentation de l'épreuve n'a été considérée comme mauvaise que par 3% des répondants (au NS et au NM).

Les données statistiques de l'examen sont en accord avec ces perceptions des professeurs. La note moyenne des composantes est légèrement supérieure par rapport aux épreuves de mai 2010 (avec des écarts-types similaires) et tend vers le niveau de mai 2009.

Commentaires généraux

Les candidats n'ont pas été capables de reproduire fidèlement des définitions ou des notions et des démonstrations du niveau standard d'un manuel scolaire. Ces notions ne sont souvent pas bien connues et présentées d'une manière peu soignée.

Une incapacité à présenter le travail soigneusement est généralement constatée par les examinateurs dans un large éventail de domaines de compétences des candidats. Les candidats devraient faire un effort pour communiquer leurs connaissances en physique dans le contexte d'un examen, pour prendre conscience de la nécessité de produire des copies claires et de présenter convenablement les développements mathématiques.

Un élément particulièrement préoccupant est que les candidats continuent à négliger le fait que la correction de l'épreuve 2 se fait maintenant par lecture à l'écran. Les examinateurs prennent grand soin à lire toutes les parties d'une réponse, mais seuls le cadre prévu pour la réponse et une zone étroite autour de ce cadre sont initialement présenté au correcteur. Les candidats devraient indiquer clairement que des parties de réponse se trouvent en dehors du cadre prévu ou sur une feuille supplémentaire, de manière que les examinateurs soient informés et puissent s'y référer.

Les candidats continuent à ignorer les distinctions entre les termes autorisés utilisés dans les examens. Les injonctions « Exprimez... » et « Expliquez... » sont différentes et les candidats ne le perçoivent pas toujours. Dans les questions à caractère mathématique, les formulations « Montrez que... » ou « Déterminez... » doivent traduire une progression claire vers la réponse finale, agrémentée d'explications claires.

Un certain nombre de candidats commettent encore un grand nombre d'erreurs sur les unités et sur le nombre de chiffres significatifs à travers tout l'examen. Ils échouent dans l'un des aspects techniques importants de la matière.

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

L'équipe des examinateurs a identifié les domaines suivants :

- Les problèmes relatifs à l'analyse de données (par exemple, NS A1 (c)(iv))
- Les diagrammes des forces
- Le mouvement d'une charge dans les conducteurs et dans les isolants
- Les surfaces équipotentielles
- L'effet photoélectrique
- Les calculs relatifs aux dispositifs de transfert de charge
- Le mouvement orbital
- La polarisation des ondes électromagnétiques

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

C'est avec plaisir qu'ont été constatées la maîtrise des compétences suivantes :

- Les calculs de cinématique
- Les calculs relatifs aux gaz parfaits

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

De nombreuses questions étaient communes au NM et au NS. Les commentaires qui suivent respectent l'ordre de succession des questions dans l'épreuve du NS.

Section A

A1 [NS et NM] Question relative à l'analyse de données

Le contexte de cette question était évident.

- a) **[Seulement au NS]** Un très grand nombre de candidats ont soigneusement dessiné des courbes incluant toutes les barres d'erreurs. Certains ont contraint la courbe à passer par l'origine, mais cela n'a pas été pénalisé. Une minorité a représenté une droite (ce qui impliquait que les barres d'erreurs devaient être ignorées). Un nombre équivalent a représenté des courbes mal présentées ou obtenues en reliant simplement les points du graphique ; ces réponses n'ont pas été créditées.
- b) **[NM partie (a)]**
- (i) La plupart des candidats ont été capables d'identifier une (parmi plusieurs) raison pour laquelle la proportionnalité ne s'appliquait pas.
- (ii) Presque tous les candidats ont pu donner la valeur au point demandé avec une exactitude acceptable.
- c) **[NM partie (b)]**
- (i) Beaucoup de candidats ont tout-à-fait compris le traitement simple de combinaison des erreurs et ont fourni une solution correcte et bien expliquée.
- (ii) Les barres d'erreurs étaient généralement correctement dessinées, cependant dans quelques cas, les candidats ont représenté des barres de même longueur pour les deux points de données (généralement en utilisant la valeur fournie en (i)).
- (iii) Contrairement au point b), les raisons en faveur de la proportionnalité ont généralement été incomplètes et peu de candidats ont obtenu les points. Le fait

que la courbe passe par l'origine a souvent été ignoré.

(iv) Cette question a été mal résolue et la prestation de nombreux candidats s'est avérée décevante. Seule une moitié des candidats ont essayé de dessiner une droite sur le graphique (la question demandait « Utilisez le graphique... ») et se sont bornés à utiliser deux points du graphique sans faire référence à une courbe. Cette manière de faire n'a pas rapporté beaucoup de points, car les candidats n'ont donné aucune garantie que la paire de points choisie se trouvait sur la courbe. Des candidats ont encore aggravé les choses en donnant comme réponse à la question la valeur de a^2 , ignorant qu'il fallait encore extraire la racine carrée.

(v) La plupart des candidats ont pu utiliser la valeur de a qu'ils avaient déterminée (correcte ou non) et calculer k , mais en ignorant en général l'unité de k .

A2 [NS et NM] Cinématique

- a) Les réponses apportées questions de cinématique étaient très satisfaisantes, avec des explications claires et des réponses correctes. Toutefois, certains candidats ont ajouté 80 m à leur réponse, car ils n'avaient pas réalisé que la distance demandée était mesurée « à partir du point où elle [la pierre] a été lancée », à savoir le sommet de la falaise.
- b) Deux voies de résolution ont été observées : une approche directe dans laquelle les deux parties du mouvement sont considérées et additionnées et une méthode consistant uniquement en la résolution de l'équation quadratique $s = ut + \frac{1}{2}at^2$. Environ la moitié des candidats ayant utilisé cette seconde méthode sont arrivés à la réponse finale sans commettre d'erreur. La première méthode a été bien appliquée par la majorité des candidats qui l'ont utilisée.

A3 [NS et NM] Énergie interne et énergie thermique

- a) Peu de candidats ont pu reproduire la définition de l'énergie interne figurant dans le guide de matière et la relier à celle des molécules ou atomes constituant la substance en question. La compréhension de la notion d'énergie thermique était très limitée avec une incapacité généralisée à la décrire en termes d'énergie transférée. Des candidats sont manifestement en conflit avec ce concept.
- b) **[Seulement au NM]** La distinction entre l'énergie interne d'un solide et d'un gaz parfait n'est pas bien comprise par les candidats. L'accent est mis sur le terme « parfait », ce qui élimine tout problème d'énergie potentielle. Les candidats se sont révélés médiocres dans leurs descriptions et leurs explications.
- v) (b) **[NS]** et (c) **[NM]** Les trois sous-sections de cette question conduisait à la détermination de l'énergie finale lorsque du fer à haute température était plongé dans un récipient contenant de l'eau froide. Cette question a donné lieu à de la

confusion, tant en ce qui concerne les unités que les idées. Dans la partie (i), les unités K et °C étaient utilisés indistinctement. Dans la partie (ii), beaucoup de réponses, en l'occurrence 29°C, étaient présentées comme l'augmentation de l'énergie interne de l'eau. Dans la partie (iii), on trouvait des erreurs dans les unités de température et d'autres erreurs qui n'étaient pas anodines. Seulement la moitié environ des candidats ont réussi à résoudre complètement la partie (iii).

A4 [NS] et B1 partie 2 NM] Physique atomique et nucléaire

- a) La majorité des candidats connaissait la définition de l'unité de masse atomique, bien que certains aient simplement mentionné la conversion en eVc^{-2} ou aient omis de spécifier que la définition se référait à un atome de carbone-12.
- b) Cette question a été bien résolue. Les erreurs communes ont concerné les puissances de dix.
- c) (i) Bien que la majorité des candidats ait reconnu qu'un proton était produit, certains ont perdu des points en suggérant qu'il s'agissait d'un atome d'hydrogène. D'autres réponses incorrectes mentionnaient le neutron et le neutrino.
 (ii) Ce calcul s'est avéré difficile pour beaucoup de candidats. Il était courant d'observer que la valeur du déficit de masse était ajoutée à l'énergie cinétique initiale de la particule α au lieu d'être soustraite.
- d) **[Seulement au NM]**
 (i) Beaucoup de candidats ont pu donner correctement la signification du terme « isotope ».
 (ii) Les définitions de la demi-vie radioactive étaient bâclées, des parties essentielles de la définition étant omises ; une fois encore, les candidats n'avaient pas étudié cette définition. Le terme « masse » de l'isotope était couramment fourni comme réponse, sans considérer la présence des divers produits issus de la désintégration.
- e) **[Seulement au NM]**
 Le graphique était généralement correct mais très mal dessiné. La plupart des candidats ont utilisé une échelle adaptée qui était annotée de manière appropriée. La signification de la demi-vie est manifestement bien comprise, même si la définition classique n'est pas correctement connue.

A5 [NS] Les changements d'état d'un gaz

- a) (i) Un très grand nombre de candidats ont pu déterminer la valeur de R à partir des données fournies. Toutefois, certains ont trafiqué leur réponse pour arriver à la

valeur acceptée de 8,31 ! Il était courant de trouver comme unité $\text{Pa m}^3 \text{K}^{-1} \text{mol}^{-1}$, ce qui, bien qu'il s'agisse d'une valeur acceptable, montre que le candidat qui la mentionne n'a vraiment qu'une faible idée de la signification réelle de R .

(ii) La majorité des candidats a reconnu que le gaz doit être parfait pour que le calcul opéré en (i) puisse être effectué.

- b) Beaucoup de candidats ont pu dire que la température ne doit pas varier (transformation isotherme). Trop de candidats se sont contentés de reprendre le terme « isotherme » figurant dans l'énoncé, ce qui n'a pas été crédité. Toutefois, seul un petit nombre de candidats ont mentionné clairement que le système avait besoin de temps pour permettre à l'énergie de s'évacuer *dans l'environnement*.
- c) Cette partie de la question a été bien résolue, contrairement à des questions similaires lors d'examens récents. Les candidats sont capables d'expliquer le sens du flux d'énergie et ses conséquences pour le système en termes du premier principe de la thermodynamique. Néanmoins, trop de candidats ont été incapables d'utiliser le premier principe et ont répondu en termes généraux sur les variations de pression et de volume.

A6 [NS] La fem induite

- a) Les définitions du flux magnétique étaient très variées, allant d'une formulation complète avec l'équation appropriée et correcte (avec une définition claire de l'angle entre la normale à la surface et l'intensité du champ magnétique) à une vague tentative citant le flux sans considération pour l'orientation relative de la surface et du champ.
- b) (i) Beaucoup de candidats ont incorrectement identifié les valeurs 0 ms, 10 ms ou 20 ms comme le point où le couplage magnétique est maximum.
- (ii) Les candidats qui avaient une compréhension claire de la relation entre la fem et la vitesse de variation du flux sont arrivés directement et sans problème à la réponse correcte. Ceux qui n'avaient pas compris le sens physique ont calculé le gradient à 4,0 ms et n'ont pas été crédités des points.
- (iii) Le calcul de la valeur efficace de la fem induite a été bien effectué par la grande majorité des candidats.

Section B

B1 partie 1 [NS] et B2 partie 2 [NM] Charge électrique et résistance

- a) Dans cette question, d'évidentes méprises ont été constatées. Un grand nombre de candidats ont décrit le cuivre comme un isolant et les tiges en plastic comme des

conducteurs. Seul un nombre limité de copies ont mis l'accent sur le rôle de la main de l'observateur dans le flux des électrons de ou vers la Terre.

- b) (i) L'allure des lignes tracées était adéquate, mais le sens était souvent omis.
(ii) Le tracé représentant une surface équipotentielle possible était très mauvais. Dans leurs schémas, les candidats ont montré une compréhension médiocre de la relation.
- c) Beaucoup de candidats ont clairement et correctement déterminé la longueur de la résistance.
- d) (i) D'une manière très générale, les candidats ont été incapables de considérer l'augmentation de température dans la résistance métallique avec la dissipation de puissance, de sorte que l'identification d'une augmentation consécutive de la résistance du métal était généralement absente. Même les explications correctes à cette question étaient mal formulées.
(ii) La plupart des candidats ont pu montrer que l'intensité du courant valait 0,82 A ; cette question était assez simple.
(iii) Une large majorité des candidats a pu estimer correctement la résistance, en donnant les détails appropriés.

B1 partie 2 [seulement au NS] Mouvement orbital

- a) La déduction du fait que l'énergie cinétique d'un satellite est égale à la moitié de la valeur de son énergie potentielle a été mal réussie par environ la moitié des candidats. La démonstration peut commencer en égalisant la force centripète et la force gravitationnelle que subit le satellite et en opérant ensuite une substitution dans l'équation exprimant l'énergie cinétique, mais beaucoup de candidats n'y ont pas pensé. Un certain nombre d'entre eux ont presque opéré toute la démarche, mais n'ont pas réussi à atteindre l'étape finale où apparaît le facteur $\frac{1}{2}$.
- b) (i), (ii) et (iii) Cette succession de calculs pour obtenir l'énergie totale, la vitesse orbitale et la variation d'énergie du satellite a été mal réussie. Il s'agit d'une démarche classique et les candidats ne se sont pas montrés à la hauteur. À travers cette question, les candidats ont démontré que leur compréhension des questions d'énergie dans les champs gravitationnels était médiocre.

B2 partie 1 [NS] et B2 partie 1 [NM] Production d'énergie

- a) Beaucoup de candidats ont décrit l'énergie dégradée soit comme de l'énergie devenue inutile, soit comme de l'énergie perdue dans l'environnement, mais rarement les deux simultanément. Ces réponses ont été créditées de deux points.

- b) (i) Les brèves descriptions des processus et des variations d'énergie qui interviennent dans une centrale nucléaire étaient très médiocres. À de multiples reprises, les examinateurs ont dû accorder le bénéfice du doute. Certains candidats pensaient que l'U-235 était brûlé (comme un combustible fossile) pour convertir l'énergie. Ce n'est que rarement qu'une tentative a été faite pour décrire les procédés de manière consistante et beaucoup de réponses se sont focalisées exclusivement sur l'opération des turbines.
- (ii) De la même manière, les rôles de l'échangeur de chaleur et de la turbine ont été mal décrits et souvent, les réponses n'étaient qu'une répétition de ce qui avait été répondu en b)(i).
- c) Beaucoup de candidats ont pu citer un processus au cours duquel de l'énergie est dégradée, mais les réponses plus faibles étaient généralement vagues et dénuées de sens.
- d) Un grand nombre de solutions proposées étaient bonnes et fournissaient la valeur correcte, mais la méthode de calcul était en général mal présentée. La présentation des calculs est un domaine dans lequel les candidats continuent à se montrer faibles.
- e) Comme dans la partie d), il était rare de trouver une solution correctement formulée. Dans le cas de réponses incorrectes, les examinateurs ont constaté qu'il était difficile de comprendre ce que le candidat avait essayé de faire.

B2 partie 2 [NS] Les dispositifs de transfert de charge

- a) Les avantages et les inconvénients des systèmes digitaux/analogiques est une notion qui reste vague et qui n'est pas examinée en termes de la vraie nature de la question. Les candidats devraient s'appliquer à se concentrer sur l'objet de la question, car actuellement, les réponses qu'ils fournissent sont vagues et se rapportent à l'ensemble du domaine de la communication digitale.
- b) Très peu de candidats ont décrit l'émission d'une paire électron-lacune dans leur réponse ; il s'agit d'un aspect important du fonctionnement d'un dispositif de transfert de charge (CCD). La plupart ont seulement pu discuter du stockage de la charge résultant du mouvement de l'électron ou de la lacune dans le pixel. Les réponses étaient globalement très décevantes.
- c) (i) et (ii) Les deux calculs (la déduction du nombre de photons incidents et la détermination du rendement quantique) n'ont pas été bien faits ; dans certains cas, aucune tentative de résolution n'avait été entamée. Toutes les données nécessaires pour résoudre les deux parties étaient fournies dans l'énoncé principal de la question, ce qui peut avoir contribué à la faiblesse des réponses. Les candidats ne doivent pas s'attendre à recevoir uniquement les données relatives à

une partie de la question. La sélection correcte des données parmi un ensemble de grandeurs disparates est une compétence essentielle à ce niveau.

B3 partie 1 [NS] et B3 partie 1 [NM] Puissance et rendement

- a) (i) Les schémas étaient mal présentés et mal conçus. Cette question valait 4 points et les candidats auraient dû faire preuve de plus d'attention pour y répondre. Des points ont été attribués lorsque les descriptions, le sens et la longueur des vecteurs étaient appropriés. En particulier, les candidats devraient savoir que le terme « accélération » n'est pas équivalent à « force » et que « normal » signifie simplement « à 90° ». Le point essentiel concernant la force dont l'origine est sur la surface et qui est dirigée vers le haut est qu'il s'agit d'une force de réaction.
- (ii) Environ la moitié des candidats a réalisé que la variation de la quantité de mouvement était nulle, étant donné que la vitesse était constante.
- b) Beaucoup de candidats ont correctement effectué le calcul du rendement.
- c) Cette question a suscité des réponses en sens divers, allant de solutions excellentes, expliquées de manière complète, à des tentatives de réponses incohérentes, impliquant des éléments hors sujet, ou encore des essais de réponses qui se focalisaient sur la variation de l'énergie cinétique.
- d) Beaucoup de candidats se sont rendus compte que la méthode pour évaluer les forces consistait à déterminer la variation nette d'énergie et de diviser cette valeur par la vitesse, mais cette méthode présentait deux obstacles : déterminer les valeurs correctes de la puissance nette et de la vitesse. Un grand nombre de candidats n'ont pas réussi à déterminer l'une ou les deux valeurs cherchées, de sorte qu'ils n'ont pu répondre correctement à la question.

B3 partie 2 [NS] L'effet photoélectrique

- a) Les notes obtenues à cette sous-question ont été très mauvaises. Rares furent les candidats qui ont expliqué la réponse « en référence au modèle d'Einstein », comme il était demandé dans la question. Le rôle du photon ou son énergie n'ont été évoqués que de manière sporadique. Beaucoup de candidats ont démontré leur incompréhension de l'effet photoélectrique même. Certains croient que les électrons sont incidents et que les photons sont émis ; fait inquiétant, cette incompréhension était fort répandue. En conséquence, il s'est avéré difficile d'attribuer des points pour cette partie de question.
- b) (i) En général, les réponses fournies étaient correctes, mais souvent exprimées en joule plutôt qu'en eV comme demandé dans la question.

- (ii) Une fois de plus, les unités étaient souvent inappropriées, mais crédit a été attribué si l'unité utilisée en b)(i) était incorrecte. Beaucoup de candidats ont été capables de manipuler avec facilité l'équation d'Einstein.
- c) Presque tous les candidats ont suggéré que dans l'effet photoélectrique, lorsque la fréquence de la lumière incidente augmente, l'intensité restant constante, le maximum du courant produit augmente. Ils ont négligé le fait que l'énergie du photon dépend de la fréquence. Ceci est une preuve supplémentaire du manque de compréhension dont font preuve les candidats dans cette partie du programme.
- d) Les candidats ont souvent décrit ce qu'est l'onde de de Broglie ou ont formulé une équation à son propos, mais rarement les deux (comme le nécessitaient les réponses-types et la répartition des points).

B4 [NS] B1 partie 1 [NM] Le mouvement harmonique simple et les phénomènes ondulatoires

- a) La description de l'amplitude a été bien faite.
- b) (i) L'amortissement a été soit décrit en termes de perte d'énergie/d'amplitude au cours du temps, soit en termes de forces résistantes, mais rarement des deux façons.
- (ii) Des candidats se sont montrés quelque peu incertains dans la discussion à propos du signe négatif dans l'équation du MHS dans l'exemple du tube en U. Ils n'ont pas fait preuve de clarté à propos des termes figurant dans l'équation et sur le sens relatif des grandeurs vectorielles concernées.
- (iii) Un tiers environ des candidats ont pu utiliser l'équation figurant dans l'énoncé pour déterminer la valeur de la période. Beaucoup de solutions tournaient court après un calcul correct de ω , ce qui indiquait que le candidat était incapable d'opérer la conversion de ω en T .
- c) (i) La plupart des candidats ont pensé que la particule P se déplaçait vers le bas ou qu'elle se déplaçait le long de la courbe (vers le bas et vers la droite).
- (ii) Seuls les bons candidats ont pu se débrouiller en interprétant le graphique, en manipulant les équations appropriées et en utilisant ω pour arriver à une réponse correcte.
- (iii) La question demandait « Montrez que... » et la plupart des candidats n'ont pas été attentifs à cette demande, de sorte qu'ils ont fourni des solutions abrégées qui n'ont pas obtenu beaucoup de crédit. Des réponses qui commencent par « vitesse = distance ÷ temps » nécessitent de la part du candidat à la fois un traitement et une explication soignés s'il veut mériter un crédit. L'examineur attendait un traitement sur base de la relation $v = f \lambda$ dans laquelle le lien entre les deux grandeurs devait être clairement établi.

- (iv) Beaucoup de candidats ont omis cette partie. Parmi ceux qui ont essayé de répondre, environ la moitié l'ont fait correctement, les autres ayant eu tendance à placer X en $y = 0$.
- d) (i) Bien qu'il y ait eu beaucoup de tentatives pour expliquer que l'onde se réfléchissait à une extrémité de la corde et que cette onde réfléchie interférait avec l'onde incidente pour produire l'onde stationnaire, elles se sont généralement avérées insuffisantes et incomplètes. Certains candidats se sont entièrement focalisés sur la forme de l'onde stationnaire (ce qui n'était pas vraiment l'objet de la question). L'attribution de 3 points a été rare, l'attribution de 2 points a été plus commune.
- (ii) Les candidats se sont montrés très vagues sur la nature de la lumière polarisée (une description claire en termes de vecteurs du champ était requise), sur le déplacement de l'onde dans la corde et aussi sur la manière dont ce déplacement pouvait être utilisé pour décrire la nature de la lumière polarisée. Beaucoup de candidats avaient vu cette démonstration au laboratoire mais étaient incapables de la décrire clairement.
- e) Une grande majorité des candidats a calculé $90^\circ - \theta$ (d'après l'équation fournie dans le recueil de données) et a omis l'étape finale conduisant à la valeur de θ .

Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Les candidats devraient être encouragés à apprendre les définitions par cœur et être au fait des notions de base de la théorie mathématique.

L'équipe des examinateurs continue à recommander l'utilisation des examens passés (et des solutions-types associées) en guise de bonne préparation aux épreuves. Au vu des épreuves actuelles, il apparaît que les candidats doivent s'entraîner à sélectionner les données nécessaires appropriées dans un ensemble significatif de données fournies dans une question. Les candidats doivent aussi s'entraîner à fournir des réponses concises dans le cadre prévu à cet effet ou, si ce n'est pas possible, ils doivent préciser clairement l'endroit où se trouve la suite de la réponse.

Épreuve 3

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 - 18	19 - 23	24 - 29	30 - 34	35 - 60

Niveau moyen

Note finale :	1	2	3	4	5	6	7
Gamme de notes :	0 - 2	3 - 5	6 - 10	11 - 14	15 - 18	19 - 22	23 - 40

Commentaires généraux

La majorité des candidats a paru trouver l'épreuve accessible et les exemples illustrant une bonne compréhension de la matière sont nombreux. Aucun indice ne révèle que les candidats n'auraient pas disposé de suffisamment de temps pour mener l'épreuve à son terme.

L'information en retour fournie par les professeurs sur les formulaires G2, au NM et au NS, est résumée ci-après. Il faut toutefois signaler que seulement 27% des centres ont renvoyé des formulaires G2.

Niveau moyen

- 59% des répondants ont estimé que l'épreuve était du même niveau que l'an dernier, 10% l'ont trouvée plus facile, 27% un peu plus difficile et 4% beaucoup plus difficile. Globalement, 85% ont jugé que l'épreuve était d'un niveau approprié et 15% l'ont jugée trop difficile.
- La plupart des répondants ont estimé que la couverture du programme était satisfaisante ou bonne.
- Environ 45% ont trouvé la formulation satisfaisante et 55% l'ont trouvée bonne.
- Environ 32% ont trouvé la présentation satisfaisante et 68% l'ont trouvée bonne.
- Les options les plus populaires ont été A (la vue et les phénomènes ondulatoires), G (les ondes électromagnétiques), B (physique quantique et physique nucléaire) et E

(astrophysique). Les candidats ont choisi ces quatre options dans des proportions à peu près équivalentes.

Niveau supérieur

- Environ 58% des répondants ont estimé que l'épreuve était du même niveau que l'an dernier, 28% l'ont trouvée un peu plus difficile et 14% beaucoup plus difficile. Globalement, 91% ont jugé que l'épreuve était d'un niveau approprié et 9% l'ont jugée trop difficile.
- La plupart des répondants ont estimé que la couverture du programme était satisfaisante ou bonne.
- Environ 48% ont trouvé la formulation satisfaisante, 49% l'ont trouvée bonne et 3% médiocre.
- Environ 33% ont trouvé la présentation satisfaisante et 67% l'ont trouvée bonne.
- Les options les plus populaires ont été G (les ondes électromagnétiques), E (astrophysique) et H (relativité), dans des proportions à peu près équivalentes. Les options F (communications) et J (physique des particules) ont été nettement délaissées.

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

Cela semble être une règle de la part des candidats d'être plus à l'aise dans les calculs qui consistent à opérer une substitution directe dans une formule. Mais même dans une telle situation, certains candidats ont des problèmes avec les puissances de dix. La manipulation des proportions, comme les années précédentes, pose toujours des problèmes.

Les candidats éprouvent encore des difficultés lorsque les réponses sont étendues et qu'ils doivent faire la preuve de leur compréhension des concepts physiques pour expliquer un phénomène particulier. Cela est particulièrement sensible dans les questions qui commencent par l'injonction « Expliquez... », « Discutez... » et « Suggérez... ».

Outre ces faiblesses générales, l'équipe des examinateurs superviseurs a identifié les domaines suivants, dans lesquels les candidats ont été confrontés à des difficultés.

- La « vitesse » d'une onde stationnaire
- La résolution
- La mesure d'une demi-vie
- Les niveaux d'énergie nucléaire et l'argument en faveur de l'existence du neutrino
- Le grossissement angulaire

- La limite d'Oppenheimer-Volkoff
- La diffusion
- Les amplificateurs opérationnels
- Le réseau de téléphonie mobile
- La longueur propre
- Le principe d'équivalence et l'effet Doppler
- La mécanique relativiste
- L'expérience de Michelson-Morley
- La tomographie assistée par ordinateur
- Le synchrotron
- L'étrangeté
- La diffusion profondément inélastique

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

Les calculs mathématiques simples ont souvent été effectués correctement par une majorité de candidats. Il fut agréable de constater que les candidats étaient capables de choisir la formule correcte et d'opérer judicieusement les substitutions. Un bon nombre de candidats se sont avérés bien préparés et ont fourni quelques excellentes réponses qui traduisaient une bonne compréhension des concepts, particulièrement dans les options A, E et G.

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

Au NM seulement

Option A – La vue et les phénomènes ondulatoires

A1 Les ondes stationnaires

La plupart des candidats ont correctement établi la relation entre λ et L pour l'onde stationnaire représentée dans l'énoncé et ont correctement identifié deux ventres de l'onde.

Cependant, très peu de candidats savaient que le produit $f\lambda$ d'une onde stationnaire se réfère à la vitesse des deux ondes qui génèrent l'onde stationnaire en interférant entre elles.

A2 L'œil et la résolution

Peu de candidats savaient comment relier l'intensité à la puissance et ont donc très peu progressé dans la partie a) de cette question. De la même manière, la connaissance du critère de Rayleigh était souvent très fragmentaire, voir complètement absente. En conséquence, la question relative à la capacité de l'œil à résoudre des images au clair de lune et au soleil a été très mal résolue.

La fonction des bâtonnets et des cônes était bien comprise et beaucoup de candidats ont obtenu le maximum des points.

Option B – Physique quantique et physique nucléaire

B1 L'effet photoélectrique

Cette question a souvent été bien résolue, mais il faut encourager les candidats à présenter leur travail clairement et sans équivoque lorsqu'il leur est demandé de déduire une valeur particulière d'une grandeur.

B2 L'hypothèse de de Broglie

Une fois encore, de bonnes réponses ont été observées pour cette question. Il fut agréable de remarquer que beaucoup de candidats ont pu comprendre le rôle de la longueur d'onde de de Broglie dans le principe d'indétermination de Heisenberg.

B3 La désintégration radioactive

La première partie de la question a souvent été bien traitée, mais la brève description de la manière dont la demi-vie de l'azote-13 peut être mesurée était généralement d'un faible niveau, voire incorrecte.

Peu de candidats savaient que le caractère continu du spectre d'émission β et le caractère discret du spectre d'émission γ conduisent à l'idée de l'existence du neutrino.

Option C – Technologie digitale

Très peu de candidats ont choisi cette option et, parmi les quelques-uns qui l'ont fait, un certain nombre ont révélé qu'ils ne possédaient aucune connaissance préalable des sujets figurant dans l'option.

C1 L'échantillonnage digital

Les deux calculs de cette question ont eu raison de la plupart des candidats.

C2 Les appareils photo numériques

Les descriptions de la structure d'un dispositif de transfert de charge (CCD) étaient en général confuses et les tentatives de résolution des deux calculs se sont souvent avérées vaines.

C3 L'amplificateur opérationnel

Cette question est identique à la question F5 de l'option F ; le lecteur se reportera donc à cette dernière pour les commentaires relatifs à la question.

C4 Le réseau de téléphonie mobile

Cette question est identique à la question F2 de l'option F ; le lecteur se reportera donc à cette dernière pour les commentaires relatifs à la question.

Option D – Relativité et physique des particules**D1 La relativité**

Cette question est identique à la question H1 de l'option H ; le lecteur se reportera donc à cette dernière pour les commentaires relatifs à la question. La différence tient au fait que la question du NM ne portait pas sur des systèmes en accélération.

D2 L'horloge à lumière

Le principe de l'horloge à lumière était mal compris.

D3 Les quarks

Cette question est identique à la question J1 de l'option J ; le lecteur se reportera donc à cette dernière pour les commentaires relatifs à la question.

D4 L'étrangeté

Cette question est identique à la question J3 de l'option J ; le lecteur se reportera donc à cette dernière pour les commentaires relatifs à la question.

Questions communes au NM et au NS**Option E – Astrophysique****E1 Les propriétés d'une étoile**

Dans la partie a), une erreur répandue a consisté à dire qu'un amas galactique était un rassemblement de galaxies.

Dans la partie b)(i) le cheminement de beaucoup de candidats a été difficile à suivre. Les candidats devraient être avertis du fait que la formulation « Montrez que... » implique que chaque étape du développement soit clairement exposée.

Les calculs dans b)(ii) et (iii) présentaient les habituels problèmes de manipulation des proportions, ce que beaucoup de candidats trouvent difficile. Certains ont utilisé une longue démarche, en calculant le rayon du soleil, puis en substituant cette valeur dans la loi de Stefan-Boltzmann.

Dans la partie c)(i), le report d'erreur lors de la représentation de Betelgeuse sur le graphique du diagramme HR a permis à de nombreux candidats d'obtenir les points en ayant reporté sur le graphique des valeurs erronées calculées en b). Cependant, certaines valeurs incorrectes n'ont pas pu être placées sur le graphique, compte tenu de l'échelle utilisée dans le diagramme.

Dans la partie d), plusieurs candidats ont confondu des binaires spectroscopiques avec des binaires à éclipse.

E2 La densité de l'univers

Beaucoup de candidats ont correctement répondu à cette question.

E3 [seulement au NS] L'évolution stellaire

Beaucoup de candidats n'avaient pas d'idées claires à propos de la limite d'Oppenheimer-Volkoff et de la limite de Chandrasekhar. Les réponses faisaient souvent référence aux trous noirs et relativement peu de candidats ont opéré la distinction entre la masse des étoiles situées sur la séquence principale et la masse des noyaux résiduels.

E4 [seulement au NS] La constante de Hubble

Bien que cette question ait en général été bien résolue, l'erreur la plus commune a été de faire référence à des étoiles plutôt qu'à des galaxies et aussi d'omettre de citer une méthode connue pour déterminer les distances galactiques.

Beaucoup de bonnes réponses ont été enregistrées pour ce calcul, mais les problèmes habituels se sont posés lorsqu'il s'agissait de manipuler les unités de la constante de Hubble.

F1 La modulation

Il s'agissait d'une question très simple à propos des fondements de la modulation. Les réponses à cette question ont été très bonnes.

F2 [seulement au NS] Le réseau de téléphonie mobile

Cette question a été rarement bien résolue. Beaucoup de candidats ont mentionné que le rôle du central téléphonique était d'assigner une gamme de fréquences aux stations de base, ce qui est sans rapport avec la question.

F3 La transmission de signaux

Dans la partie a) beaucoup de candidats ont obtenu 2 points, mais peu ont signalé la diminution du courant continu (CC).

La partie b) de la question est apparue étonnamment difficile pour les candidats. Seule une minorité a compris le concept de transmission parallèle/simultanée de bits de données.

Dans la partie c), très peu de candidats ont correctement calculé le nombre minimum de bits de sortie. Toutefois, la fréquence d'échantillonnage a souvent été déterminée correctement.

La majorité des candidats a correctement identifié un inconvénient et un avantage liés à l'utilisation d'un câble coaxial plutôt qu'un câble de fibres optiques.

F4 La puissance d'un signal et l'atténuation

Le calcul de la partie a) a fréquemment été effectué correctement, mais la partie b) de la question s'est avérée beaucoup plus difficile pour les candidats ; ils ont éprouvé des difficultés pour opérer correctement la substitution des valeurs des exposants dans la formule logarithmique.

F5 [seulement au NS]. L'amplificateur opérationnel

Les candidats n'ont pas bien répondu à la partie a). Bien que quelques candidats aient ajouté correctement les deux connexions dans le schéma du circuit, ils ont souvent ajouté d'autres connexions qui rendaient le circuit inopérant. Les calculs ont souvent été faits correctement.

G1 Les propriétés des ondes électromagnétiques

Dans la partie a), beaucoup de candidats ont cité des propriétés communes à toutes les ondes.

Une erreur commune dans la partie b) a été de confondre les « bords » de l'image et les bords de la lentille. Très peu de réponses ont obtenu les 3 points attribués à la question.

Pour essayer d'expliquer brièvement pourquoi le ciel est bleu, beaucoup de candidats ont fait référence à l'absorption plutôt qu'à la diffusion.

G2 La lentille convergente

Le mot-clé « rapport » n'a pas été utilisé souvent lors de la définition du grossissement angulaire. Le second point, attribué pour la mention que les angles sont sous-tendus au niveau de l'œil, a rarement été attribué.

Dans la partie b)(i), beaucoup de candidats n'ont pas identifié une image virtuelle (négative).

Dans la partie b)(ii), peu de candidats ont fait la distinction entre le grossissement linéaire et le grossissement angulaire ou ont remarqué que l'image se trouve au punctum proximum de l'œil plutôt qu'à l'infini.

Dans la partie c), presque tous les candidats ont répondu que le grossissement pouvait être obtenu en utilisant deux lentilles ; ils n'ont pas réalisé qu'une lentille unique de distance focale arbitrairement courte peut donner un grossissement arbitrairement fort. L'attribution des 2 points que valait cette question a été rare.

G3 Les interférences lumineuses

La plupart des candidats connaissaient la signification du terme « cohérence », mais peu de réponses dans la partie b) ont fait référence à la différence de chemin parcouru. La partie c) a généralement été bien résolue, mais on suspecte les candidats plus faibles d'avoir obtenu par un choix chanceux le point attribué à la question (i).

G4 [seulement au NS] La diffraction des rayons X

D'une manière surprenante, pas mal de candidats ont omis de faire référence aux niveaux d'énergie pour expliquer pourquoi la longueur d'onde caractéristique dépend du matériau cible. Parmi ceux qui l'ont fait, beaucoup n'ont pas fait la distinction entre les niveaux d'énergie et l'écart entre les niveaux d'énergie.

Les calculs ont souvent été effectués correctement, mais il y avait peu de bonnes réponses pour la partie c), la majorité des candidats suggérant comme réponse une augmentation de la précision.

Au NS seulement.

Option H La relativité

H1 La relativité

Dans la partie a)(i) une conception erronée assez courante a été de considérer que Carrie mesure la longueur propre parce que le vaisseau spatial se trouve dans son référentiel ; le vaisseau spatial est en fait dans tous les référentiels. L'élément essentiel est que Carrie est immobile par rapport au vaisseau spatial.

Beaucoup de candidats ont correctement répondu à la question b) mais ils ont souvent converti le temps et les distances respectivement en secondes et en mètres, ce qui a introduit une complication inutile.

Des réponses correctes ont rarement été fournies pour la partie c), bien que cette question relève de la cinématique élémentaire : un signal animé d'une vitesse c poursuit Peter qui se déplace à la vitesse $0,4c$.

H1 d) [seulement au NS]

Le maximum des points a été habituellement obtenu par les candidats qui ont invoqué le principe d'équivalence et qui ont expliqué le déplacement de la fréquence en termes de mouvement dans un champ gravitationnel. Les explications en termes de déplacement par effet Doppler étaient souvent incomplètes ou incorrectes.

H2 La mécanique relativiste

Assez fréquemment, les candidats qui ont répondu de manière incorrecte à la question a) on bien résolu la question b). Néanmoins, beaucoup de candidats ont été confrontés avec la difficulté habituelle, à savoir les unités, et ont invariablement entamé la réponse a) en écrivant $EC = \frac{1}{2} mv^2$, avant d'être irrémédiablement perdus.

H3 L'expérience de Michelson-Morley

Le but réel de l'expérience ne semblait pas bien connu. Une méprise commune a consisté à considérer qu'elle visait à vérifier la relativité restreinte plutôt qu'à mesurer le mouvement de la Terre dans l'éther. La raison pour laquelle on faisait subir une rotation à l'appareil de mesure était rarement comprise. De ce fait, le résultat, de même que sa signification, ont échappé à beaucoup de candidats.

H4 [seulement au NS] L'espace-temps

Cette question a été en général bien résolue. Toutefois, dans la partie c), quelques candidats ont fait appel à l'analogie de la feuille en caoutchouc étirée.

Option I – Physique médicale

I1 L'audition

La seule partie de la question qui ait posé problème aux candidats est b)(ii). Un grand nombre de candidats ignoraient de quelle manière calculer le nombre de marteaux-piqueurs pneumatiques en action, alors que certains d'entre eux avaient correctement calculé le niveau d'intensité sonore en b)(i).

I2 Les ultrasons

Beaucoup de candidats ont correctement répondu à cette question. Néanmoins, l'erreur fréquente constatée en c) a consisté à faire référence à une différence de densité plutôt qu'à une différence d'impédance.

I3 La tomographie assistée par ordinateur

La majorité des candidats n'avait qu'une compréhension réduite des principes impliqués dans la tomographie assistée par ordinateur (CT).

I4 L'exposition aux radiations

Beaucoup de candidats n'ont pas réellement compris la différence entre exposition et dose absorbée.

Même si quelques candidats ont résolu complètement les calculs de la partie b), beaucoup d'autres candidats ne savaient même pas comment entamer le problème.

Option J – La physique des particules

Les candidats de certains centres avaient clairement été bien préparés dans cette option. En général cependant, l'option n'a pas été populaire et le plus souvent, les réponses aux questions étaient médiocres ou inexistantes.

J1 Les quarks

Il s'agit probablement de la question qui a été le mieux réussie dans cette option, beaucoup de candidats ayant obtenu le maximum des points attribués à la question.

J2 Le synchrotron

Les réponses fournies en a) ont généralement révélé une étude superficielle du sujet. La plupart des candidats n'avaient aucune idée du fonctionnement d'un synchrotron.

Les quelques candidats qui ont utilisé une approche de mécanique relativiste dans la partie b)(i) ont souvent répondu correctement. Les autres candidats ont rarement fait l'hypothèse que les protons se déplacent à une vitesse proche de la vitesse de la lumière *dans le vide*.

Dans la partie b)(ii), beaucoup de candidats ont reconnu que l'énergie requise pour séparer complètement des quarks augmente avec la séparation des quarks.

La partie c) a été bien résolue, même par les candidats les plus faibles.

J3 L'étrangeté

La partie a) s'est révélée problématique, mais beaucoup de candidats ont répondu correctement à la partie b).

J4 La diffusion profondément inélastique

Le concept de liberté asymptotique a mis en échec la majorité des candidats. Une simple description en termes de diminution de la force entre quarks lorsqu'ils sont contraints de se rapprocher était tout ce qui était demandé.

J5 L'univers primitif

Les parties a) et b) ont souvent été résolues correctement.

Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Les recommandations formulées par l'équipe des examinateurs incluaient les éléments suivants :

- Dans le cadre des cours, il faudrait donner aux candidats davantage d'occasions de résoudre les questions des épreuves passées et de consulter les réponse-types.
- Il faudrait fournir aux candidats des définitions claires et non ambiguës des grandeurs physiques.
- Les candidats devraient recevoir une liste des verbes d'action tels qu'ils sont spécifiés dans le programme et ils devraient bénéficier d'une aide quant à leur interprétation. Il est clair que beaucoup de candidats n'opèrent pas la distinction entre, par exemple, « Exprimez ... » et « Expliquez... ».
- Il faudrait encourager les candidats à présenter leurs développements de manière claire et logique lorsqu'il s'agit de calculs.
- Il faudrait insister auprès des candidats sur le fait que le nombre de points attribués à une question et l'espace prévu pour y répondre sont de bonnes indications de la longueur et du degré d'approfondissement de la réponse attendue.
- Un temps suffisant devrait être consacré à l'enseignement approfondi des options choisies. L'enseignement des options ne devrait pas être reporté à la fin du cours.
- Il faut noter que d'excellentes ressources dans le domaine de la physique des particules sont répertoriées sur le Centre pédagogique en ligne (CPEL).
- Il faut dissuader les candidats d'étudier les options seuls. Des indications montrent que ce fut le cas cette année dans les options C, D et J. Lire des livres de vulgarisation sur la relativité, la physique des particules et les cordes doit être encouragé, mais ces lectures ne doivent pas constituer la base de la préparation à un examen de physique.