

## PHYSIQUE TZ2 (IBAP & IBAEM)

### Seuils de classement des notes par matière

#### Niveau Supérieur

<b>Note finale:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes:</b>	0 - 16	17 - 28	29 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 100

#### Niveau Moyen

<b>Note finale:</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes:</b>	0-14	15-25	26-37	38-48	49-59	60-69	70-100

### Evaluation interne

#### Seuils de classement des notes par composante

##### Niveau supérieur

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

##### Niveau moyen

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

### Gamme et pertinence des travaux soumis

La révision des notes s'est bien déroulée cette année. Dans leur majorité, les écoles ont respecté les formalités, notamment les formulaires 4/PSOW correctement remplis, les documents du projet de groupe-4, les instructions du professeur et la feuille de couverture 4/IA. La majorité des écoles ont proposé des investigations pertinentes par rapport au critère EI fourni et la plupart des notes EI attribuées par les enseignants étaient cohérentes et se situaient à un niveau correct. Les écoles avaient des programmes de travaux pratiques riches et diversifiés avec suffisamment d'heures. On y trouvait la preuve d'un usage accru des TIC.

Dans quelques domaines des difficultés sont apparues.

- Des recherches inadaptées à l'évaluation comprenaient souvent le projet de groupe-4 qui implique un travail collaboratif et qui était parfois évalué comme s'il était réalisé par des individus. En règle générale, les cinq premiers critères EI ne devraient pas être appliqués au projet de groupe-4.
- D'autres exemples de recherches inappropriées impliquaient des exercices d'organisation où l'enseignant donnait une définition claire de la question de recherche. Il faut insister sur le fait que l'**organisation (a)** exige une incitation ouverte du professeur. Les enseignants peuvent proposer la variable dépendante mais il doit rester un certain nombre de variables indépendantes possibles. Les meilleures tâches de planification concernaient la relation ou la fonction entre variables, pas les valeurs spécifiques de grandeurs physiques ou la confirmation de lois connues.
- Un autre problème concernant l'**organisation (a)** est l'usage accru du Web pour les idées de recherche. Les enseignants devraient décourager cet usage car il conduit souvent à une forme de plagiat.
- Le critère d'**organisation (b)** était souvent évalué de façon inappropriée quand les élèves utilisaient des ensembles d'appareils ordinaires. Par exemple, déterminer la capacité calorifique massique d'un métal inconnu.
- Les exemples d'évaluation inadaptés aux rubriques **recueils de données**, leur **traitement et leur présentation** incluaient des expériences dans lesquelles l'enseignant disait à l'élève quelles mesures enregistrer, comment les enregistrer et également quelle courbe tracer. Cela a été fait par inadvertance en donnant à l'élève une équation ou occasionnellement une feuille de calculs. Des feuilles d'instructions où il faut remplir les blancs ne sont pas adaptées à l'évaluation.

## Résultats des candidats pour chaque critère d'évaluation

La planification des recherches était parfois surnotée par les enseignants car trop d'information avait été fournie et les notes des élèves ont dû être diminuées. Les relevés des mesures étaient parfois surnotés car les élèves et leurs enseignants omettaient l'appréciation des erreurs et incertitudes. En physique toutes les mesures impliquent un certain degré d'incertitude. Dans le traitement et la présentation des mesures, les élèves du niveau supérieur oublient que l'on attend les pentes maximale et minimale dans les graphiques linéaires. Dans la conclusion et l'évaluation, les élèves doivent bénéficier d'une appréciation claire sous chacun des trois aspects. CE est probablement le critère le plus dur pour obtenir la totalité des « complètement ». Les réviseurs de notation ont augmenté les notes de l'élève là où le professeur semblait penser qu'un « complètement » signifiait parfait. Pour obtenir un « complètement », chaque aspect doit être traité mais des fautes peuvent être commises et « complètement » ne signifie pas parfait.

Des détails spécifiques sur la révision des notes des travaux EI proposés par les écoles figurent ci-dessous.

## A. Cas où les réviseurs abaissent les notes.

### Organisation (a) :

- La question de recherche, l'hypothèse, et/ou les variables indépendantes et contrôlées sont données par le professeur. L'aspect correspondant doit se voir attribuer l'appréciation « aucunement ». Un but général est acceptable si l'élève a modifié de façon significative l'incitation du professeur ou la question (par exemple, il l'a précisée).
- Le réviseur de notation réduira le deuxième aspect à « partiellement » quand l'hypothèse n'a pas été expliquée ou que l'explication entre clairement en contradiction avec le niveau théorique qu'un élève moyen de physique au BI peut raisonnablement maîtriser.

### Organisation (b) :

- L'élève suit sans modification une fiche de méthode qui lui est remise *ou tous* les élèves utilisent une méthode identique. La notation adaptée est a, a, a = 0.
- Il apparaît clairement que l'on a dit aux élèves de quels appareils et matériels ils auraient besoin. Le maximum qui peut être attribué est a, c, c = 2.

### Recueil de données :

- On donne aux élèves un tableau photocopié avec les titres et les unités. La note maximale est p, a = 0. Si l'élève n'a pas relevé les incertitudes dans aucune donnée quantitative, alors le maximum qui peut être accordé pour le premier aspect est « p ».
- L'élève a été incohérent de façon répétitive dans l'usage des chiffres significatifs au moment du recueil des données, alors « p » est le maximum qui peut lui être accordé sur le second aspect.
- En physique, les données sont toujours quantitatives. Par exemple, tracer des lignes de champ autour d'un aimant ne constitue pas un recueil de données.

### Traitement des données et présentation :

- Un graphique avec des axes déjà étiquetés est fourni aux élèves ou bien on a dit aux élèves quelles variables représenter ou les élèves suivent un questionnaire structuré pour mener à bien le traitement des données. Le maximum que le réviseur peut attribuer est c, n = 1.
- S'il n'y a pas de preuve que les erreurs ont été reportées le long de la chaîne de calcul (niveau supérieur seulement), ou qu'une erreur totale aléatoire a été estimée (niveau moyen), le maximum de la note révisée est c, p = 2. Une courbe de meilleur ajustement est suffisante pour satisfaire les exigences sur le report des erreurs et incertitudes.

### Conclusion et évaluation :

- Si l'enseignant fournit un questionnaire structuré pour amener l'élève à discuter, conclure et évaluer, la note maximale est « partiellement » dans chacun des aspects pour lesquels l'élève a été guidé. Le réviseur juge uniquement les apports de l'élève.

- Dans le cas d'une évaluation limitée, par exemple, l'élève indique, pour toute critique qu'il a manqué de temps. Il reçoit souvent l'appréciation c, c, c = 3 mais cela ne vaut au plus que c, a, p = 1

## B. Cas où les réviseurs n'abaissent pas les notes.

Dans les cas suivants, le réviseur va dans le sens des enseignants dans la mesure où ils sont conscients de leurs propres attentes vis-à-vis des élèves.

### Organisation (a) :

- La variable dépendante a été donnée par le professeur ou bien l'élève n'a fait aucune référence à une variable dépendante.
- Le réviseur est en désaccord avec la justification de l'hypothèse mais il a le sentiment que c'est une application valable d'une connaissance au niveau du BI.
- Une erreur en physique n'est pas pénalisée.
- La justification de l'hypothèse est simpliste mais c'est la seule possible dans le cadre de la tâche. Dans ce cas, le réviseur va dans le sens de l'élève mais fournit un retour d'information à l'enseignant sur le caractère peu adapté de la tâche.
- Les variables indépendantes et contrôlées ont été clairement identifiées dans la procédure mais ne sont pas données sous la forme d'une liste séparée.
- Il y a une liste des variables et la procédure fait clairement apparaître celles qui sont indépendantes et celles qui sont contrôlées.

### Organisation (b) :

- Des procédures similaires mais non identiques sont données pour une tâche limitée. Le réviseur fait un commentaire sur le caractère peu convenable de la tâche sur un formulaire 4/IAF.
- Les réviseurs ne notent pas seulement une liste d'équipements mais accordent des points pour un équipement clairement identifié au cours d'une procédure pas à pas.
- Les réviseurs n'insistent pas sur la précision plus ou moins grande des appareils. Le principe du report des incertitudes est abordé au cours du recueil de données.
- Les instruments de protection habituels tels que les lunettes de sécurité ou les blouses ne sont pas listés. Certains enseignants considèrent comme vital de les lister à chaque fois alors que d'autres les considèrent comme partie intégrante de tout travail de laboratoire et supposent qu'ils ont été utilisés. Les réviseurs acceptent cette dernière attitude.

### Recueil de données :

- Les élèves ont été incohérents avec le nombre de chiffres significatifs pour une seule mesure ou ont oublié les unités dans une tête de colonne dans un exercice de large recueil de données comprenant éventuellement plusieurs tableaux de données. Si le réviseur estime que l'élève a montré qu'il était attentif à ce point et qu'il n'a commis qu'une seule négligence, le réviseur peut être favorable à la note maximale selon le

principe que « complètement » ne signifie pas « parfait ». C'est une question importante car de bons élèves répondant complètement à une tâche complexe sont, de façon injuste, pénalisés plus souvent que les élèves répondant à un exercice simpliste.

- L'élève n'a inclus aucune observation qualitative et le réviseur ne peut faire état d'aucune observation de ce type qui aurait été manifestement pertinente.
- Il n'y a aucun titre au tableau alors que les données qui y figurent sont sans ambiguïté. Sauf pour les recherches complexes, l'identification des données dans le tableau est normalement évidente et le titre « Données brutes » est suffisant. Encore une fois « c » ne signifie pas parfait.

#### **Traitement des données et présentation :**

- Les attentes en matière de traitement des erreurs et incertitudes en physique sont décrites dans le Guide de Cours et dans TSM1.
- On n'attend pas des candidats au niveau moyen qu'ils traitent les incertitudes dans les calculs. Cependant, ils peuvent faire état d'une incertitude minimale sur la base du dernier chiffre significatif d'une mesure et peuvent également faire état de la précision mentionnée par le constructeur de l'appareil de mesure. Ils peuvent estimer les incertitudes dans des mesures complexes ( $\pm$  un demi – intervalle) et faire des estimations raisonnables des incertitudes liées à la méthode de mesure. Si les incertitudes sont suffisamment faibles pour être ignorées, le candidat doit l'indiquer.
- Les candidats au niveau supérieur doivent être capables d'exprimer les incertitudes sous la forme de fractions et de pourcentages. Ils doivent également être capables de reporter les incertitudes après un calcul. Les pentes maximale et minimale doivent être portées sur les graphiques en utilisant les barres d'incertitudes (y compris les premier et dernier points) pour une seule variable.
- Dans le cas du recueil de données et du traitement et présentation des données, si l'élève a clairement tenté de reporter ou d'estimer les incertitudes (selon qu'il s'agit du NS du NM), les réviseurs acceptent la note attribuée par l'enseignant même s'ils peuvent avoir le sentiment que l'élève aurait pu faire un effort de précision.

#### **Conclusion et évaluation :**

- L'élève a identifié les sources d'erreurs systématiques les plus raisonnables. Le réviseur accepte la note proposée par l'enseignant même si le réviseur peut en identifier une autre.
- Les réviseurs sont plus critiques sur le troisième aspect : les modifications doivent effectivement être en relation avec les sources d'erreur citées. Si le réviseur a le sentiment que la tâche était trop simple pour répondre à l'esprit du critère, des commentaires sur le caractère inadéquat de la tâche doivent être donnés en retour sur l'imprimé 4/IAF accompagnés de toutes les justifications mais le réviseur n'abaissera pas nécessairement la note de l'élève. En conséquence les élèves pourraient obtenir une note élevée en RD ou TPD pour quelque travail bref sur des données limitées mais s'ils ont satisfait aux exigences des différents aspects dans ce cadre limité, le réviseur peut accepter la note proposée par l'enseignant.

## C. Révision de notation et TIC

Le BI encourage l'acquisition de données même dans les travaux évalués. Le principe clé à respecter est que les élèves doivent être évalués sur la base de leur contribution personnelle à la tâche évaluée. Dans ce but, le réviseur doit être guidé par l'enseignant qui sait exactement ce que les élèves avaient à faire. Le réviseur applique les normes habituelles concernant les attentes sur la présentation des résultats (unités, incertitudes, etc.) et les graphiques (courbes de meilleur ajustement, étiquettes des axes, échelles adéquates, etc.).

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

- Les élèves et les enseignants doivent soigneusement étudier les critères EI quand ils s'engagent dans des travaux pratiques évalués. Il faut se souvenir que le travail pratique évalué n'est qu'un sous-ensemble de tout le travail relatif à l'EI auquel les élèves doivent être soumis.
- Les projets du groupe 4 ne sont pas appropriés pour l'EI au regard des cinq premiers critères.
- Les TIC sont encouragées tant pour les travaux pratiques évalués que pour les travaux pratiques ordinaires.
- La recherche sur le Web pour l'Organisation (a) ne doit pas être encouragée. Les élèves doivent réfléchir par eux-mêmes à la question soulevée par le professeur.
- Un petit nombre d'écoles concernées par le groupe 4 fournissent leurs données sur CD ROM. Dans deux cas sur deux, il a été impossible de lire le CD. Les professeurs doivent s'assurer que les données sur CD ROM sont facilement lisibles.
- Le système international d'unités (SI) doit être utilisé chaque fois que possible. Une école a mesuré les forces en dynes et une autre a mesuré les distances en pouces. Les élèves ne sont pas pénalisés pour cela.
- On attend des courbes sur papier millimétré ou produites à l'aide d'un ordinateur. Un petit nombre d'écoles fournissent encore des axes tracés à la main et des points grossièrement reportés.
- Les enseignants sont encouragés à lire et étudier ce rapport.

## Autres commentaires

La majorité des enseignants ont clairement compris les exigences de l'EI et procurent à leurs élèves des travaux pratiques riches et divers. Bien que certaines écoles aient vu leurs notes révisées à la baisse et d'autres à la hausse, à l'évidence, les critères de l'EI ont été appliqués de façon cohérente. On rappelle aux enseignants qu'en mai et novembre 2008 se dérouleront les dernières sessions d'examen selon les règles actuelles de l'EI. Les enseignants ont besoin de se familiariser avec les nouveaux critères et exigences de l'EI pour la première session d'examen de mai 2009.

## Commentaires généraux sur les sujets d'écrit

Les sujets à questionnaires à choix multiples du BI sont conçus pour comporter des questions testant la connaissance des faits, des concepts et de la terminologie et de l'application de ces notions. Les objectifs de l'évaluation sont spécifiés dans le guide. Il faut noter que les questions à choix multiples permettent de tester les définitions et les lois sans faire appel à la mémoire pure mais requièrent la compréhension des concepts sous-jacents.

Même si les questions peuvent impliquer des calculs simples, la compétence en calcul peut être évaluée de façon plus appropriée dans les questions des sujets 2 et 3. Les calculatrices ne sont donc ni nécessaires ni permises dans les sujets 1.

Dans les sujets 2 et 3, on demande quelquefois aux candidats d'écrire quelques courts paragraphes de façon à pouvoir évaluer leur compréhension du thème abordé. A en juger par de nombreuses réponses, il est clair que les candidats ont été entraînés à donner des définitions et à réaliser des calculs mais ont une faible compréhension de la physique mise en jeu. C'est ce manque de compréhension qui empêche les candidats d'obtenir des niveaux d'appréciation élevés.

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

## Épreuve 1

### Seuils de classement des notes par composante

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 23	24 - 26	27 - 29	30 - 39

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0-7	8-11	12-16	17-18	19 - 21	22 - 23	24 - 29

## Remarques générales

Une part des questions est commune aux sujets NM et NS avec des questions supplémentaires dans les sujets NS pour assurer une couverture plus étendue du programme.

Seule une petite proportion du nombre total des enseignants ou du nombre total de centres qui ont choisi l'examen ont renvoyé des G2. Par exemple, pour le G2, il y a eu 79 réponses sur 380 centres. En conséquence, les opinions générales peuvent être difficiles à évaluer puisque ceux qui envoient des G2 peuvent être ceux qui ont une opinion forte sur les sujets.

Les réponses ont montré que les sujets de mai 2007 ont été généralement bien reçus. La majorité des enseignants qui ont fait des commentaires sur les sujets ont eu le sentiment qu'ils contenaient des questions d'un niveau approprié. Cependant, une minorité significative a estimé que les deux sujets étaient plus exigeants. De tels changements dans les exigences peuvent être pris en compte quand les seuils de classement sont établis. A quelques exceptions près, les enseignants ont estimé que les sujets couvraient bien le programme. Lors des commentaires sur la couverture du programme, il faut garder à l'esprit que le jugement doit être fait en conjonction avec le sujet 2. La plupart des enseignants ont estimé que la présentation des sujets était satisfaisante ou bonne.

## Analyse statistique

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

Les nombres dans les colonnes A-D et « Sans réponse » sont les nombres de candidats choisissant l'option correspondante ou laissant la question sans réponse. La réponse correcte est indiquée par un astérisque (\*). L'indice de difficulté (qui mériterait être appelé indice de facilité) est le pourcentage de candidats qui ont donné la réponse correcte. Ainsi, un indice élevé indique une question facile. L'indice de discrimination indique dans quelle mesure la question discrimine bien entre les candidats d'aptitudes différentes. En général, un indice de discrimination élevé indique que, par rapport aux candidats les plus faibles, une plus grande proportion des candidats les plus capables ont choisi la bonne réponse. Cela peut cependant ne pas être le cas pour des valeurs basses ou élevées de l'indice de difficulté.



## Analyse par item de l'épreuve 1, NS

Question	A	B	C	D	Sans réponse	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	123	2745*	270	51	1	86,05	0,13
2	1797*	551	445	367	30	56,33	0,53
3	91	2242*	254	588	15	70,28	0,48
4	295	263	1765*	859	8	55,33	0,48
5	1933*	354	258	637	8	60,60	0,46
6	304	147	157	2577*	5	80,78	0,33
7	464	2570*	115	37	4	80,56	0,13
8	1225*	620	857	483	5	38,40	0,15
9	638*	120	2321	110	1	20	-0,03
10	84	2349*	265	489	3	73,64	0,42
11	1492*	666	265	757	10	46,77	0,35
12	171	38	2717*	264		85,17	0,24
13	179	353	1030	1611*	17	50,50	0,51
14	1744*	152	85	1205	4	54,67	0,34
15	1224	1492*	292	159	23	46,77	0,53
16	156	2209*	323	493	9	69,25	0,48
17	51	501	2544*	90	4	79,75	0,27
18	860	726	326	1256*	22	39,37	0,41
19	2227*	272	383	296	12	89,81	0,44
20	260	90	1844	995*	1	31,19	0,10
21	261	1697	71	1154*	7	36,18	0,09
22	175	2788*	51	174	2	87,40	0,20
23	509	386	2149*	138	8	67,37	0,46
24	105	245	2661*	175	4	83,42	0,26
25	1314	1468*	203	191	14	46,02	0,34
26	369	431	1063	1317*	10	41,29	0,19
27	352	843	1672*	298	25	52,41	0,59
28	2375*	767	20	24	4	74,45	0,17
29	874	195	427	1683	11	0	0,00
30	143	2112*	111	821	3	66,21	0,33
31	713	328	483	1648*	18	51,66	0,39
32	280	279*	205	2415	11	8,75	0,04
33	423	168	2136*	453	10	66,96	0,42
34	2529*	363	180	107	11	79,28	0,38
35	396	694	1712*	360	28	53,67	0,49
36	223	966	1454*	508	39	45,58	0,28
37	1132	1432	185	422*	19	13,23	0,19
38	227	2257*	463	224	19	70,75	0,45
39	204	328	1866*	744	48	58,50	0,32
40	2060*	637	231	241	21	64,58	0,39

Nombre de candidats : 3190

## Analyse par item de l'épreuve 1, NM

Question	A	B	C	D	Sans réponse	Indice de difficulté	Indice de discrimination
1	503	578	1232*	425	17	44,72	0,40
2	118	2108*	464	63	2	76,52	0,19
3	1066	329	477	861*	22	31,25	0,23
4	1233*	618	390	497	17	44,75	0,56
5	457	360	1190*	737	11	43,19	0,51
6	69	68	157	2458*	3	89,22	0,21
7	404	220	164	1962*	5	71,22	0,38
8	436	2084*	178	52	5	75,64	0,21
9	1089*	428	651	578	9	39,53	0,24
10	618*	256	1748	129	4	22,43	0,01
11	457	93	1958*	244	3	71,07	0,31
12	2273*	352	82	46	2	82,50	0,35
13	916*	594	361	872	12	33,25	0,30
14	844	728	396	766*	21	27,80	0,36
15	1578*	264	599	299	15	57,28	0,52
16	403	2112*	123	87	30	76,66	0,16
17	325	2172*	83	173	2	78,84	0,39
18	151	587	288	1709*	20	62,03	0,43
19	1332	1013*	272	133	5	36,77	0,38
20	326	1930*	145	335	19	70,05	0,40
21	544	358	1696*	139	18	61,56	0,45
22	452	518	781	973*	31	35,32	0,18
23	206	2081*	152	302	14	75,54	0,34
24	1837*	68	68	766	16	66,68	0,27
25	401	1009	952*	335	58	34,56	0,43
26	418	200	1259	852*	26	30,93	0,42
27	568	366	513	1258	50	0	0,00
28	1531*	345	483	362	34	55,57	0,64
29	633	227	1431*	405	59	51,94	0,51
30	428	213	1826*	214	74	66,28	0,39

Nombre de candidats : 2755

## Commentaires sur l'analyse

**Difficulté.** L'indice de difficulté varie depuis environ 9% dans le NS et 22% dans le NM (questions relativement « difficiles ») à environ 87% en NS et 89% en NM (questions relativement « faciles »). La majorité des items se sont situés dans l'intervalle 30% à 70%. Les sujets ont ainsi largement fourni aux candidats la possibilité d'obtenir des points tout en donnant une répartition satisfaisante des notes.

**Discrimination.** A une exception près, toutes les questions présentent un indice de discrimination positif. De façon idéale, l'indice devrait être supérieur à environ 0,2. Ceci a été réalisé dans la majorité des questions. Un indice de discrimination faible peut cependant ne pas résulter d'une question non fiable. Il peut indiquer une représentation fautive commune aux candidats ou une question présentant un indice de difficulté élevé.

*Sans réponse.* Dans les deux sujets, le nombre de «sans réponse » tend à s'accroître vers la fin du test. En dépit d'un manque de commentaire des enseignants à ce sujet, cela peut indiquer que les élèves n'ont pas eu assez de temps pour compléter leurs réponses. Même si c'est le cas, cela n'explique pas les « sans réponse » au début du sujet. Il faut rappeler aux candidats qu'il n'y a pas de pénalité pour des réponses incorrectes. C'est pourquoi si la réponse correcte n'est pas connue, il faut essayer de deviner la réponse qui paraît raisonnable. En général, certains « distracteurs » permettent d'éliminer des options, réduisant ainsi la part de hasard.

## Commentaires sur certaines questions

La performance des élèves sur les questions individuelles est fournie plus haut dans les tables statistiques en même temps que les indices. Pour la plupart des questions, cela seul fournit une information en retour suffisante quand on considère une question spécifique. C'est pourquoi les commentaires ne seront donnés que sur des questions choisies, c'est-à-dire celles qui illustrent un problème particulier ou bien celles où un problème peut être identifié.

### Questions communes NM et NS

#### NM Q5 et NS Q4

Les candidats doivent reconnaître que l'équation s'applique à des situations où l'accélération a une grandeur constante en grandeur et direction.

#### NM Q10 et NS Q9

Croire qu'une diminution de l'énergie potentielle gravitationnelle est toujours associée à un accroissement de l'énergie cinétique est une fausse représentation largement répandue. Si le tuyau est plein d'eau, ainsi que le montre le schéma et que son diamètre est constant ; la vitesse de l'eau entrant dans le tuyau doit être la même que celle qui sort du tuyau. Ceci fournit une intéressante occasion de discuter sur la conservation de l'énergie.

#### NM Q14 et NS Q18

De façon surprenante, l'indice de difficulté pour cet item était bas. La réponse juste était, en fait simplement l'expression par laquelle toute échelle de température est définie.

#### NM Q22 et NS Q26

Cet item n'est pas centré sur le condensateur à armatures planes et parallèles. Ce qui est exigé des candidats est une compréhension du concept de conservation de la charge et de charges induites.

#### NM Q27 et NS Q29

Cet item a été retiré du test. Il est dommage qu'au cours de la traduction en espagnol une ambiguïté ait été introduite.

**Questions NS****Q5**

Le vecteur représentant la force  $Q$  dans l'option A aurait dû être vertical. Ce n'était pas tout à fait le cas. Cependant, l'erreur ne semble pas avoir désavantagé les candidats. La seule réponse correcte possible est A.

**Q17**

Il y a eu quelques commentaires de la part de trios enseignants au sujet de la netteté du schéma. L'indice de difficulté a quand même été élevé.

**Q20**

Les candidats ne semblent pas avoir réalisé que les pentes des isothermes n'étaient pas les mêmes aux hautes et basses températures.

**Q32**

Le guide ne spécifie pas une forme d'onde sinusoïdale à propos de la valeur efficace. Puisque l'intensité du courant est toujours  $I_0$ , la valeur efficace est  $I_0$ .

**Q36**

Le guide spécifie le dispositif expérimental. Cela inclut certains moyens pour que l'énergie thermique soit dissipée. Dans cet exercice, le texte de présentation se rapporte au refroidissement et la seule réponse faisant référence à l'énergie thermique est la bonne !

**Questions NM****Q3**

Cet item a un indice de difficulté très bas. On peut y voir la raison dans une fausse représentation répandue au sujet de la loi d'Ohm et de ses applications aux circuits.

**Q24**

Les candidats doivent bien comprendre ce que l'on entend par résistance. Il est clair que beaucoup avaient été conduits à croire que la résistance est obtenue par la pente du graphique  $V-I$ .

**Q30**

Il faut bien comprendre que l'énergie nucléaire concerne le noyau et non les niveaux d'énergie des électrons "gravitant" autour du noyau. Ce sont des parties du programme et de l'examen qui sont apparues difficiles pour les candidats.

## Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats

Les candidats doivent tenter de répondre à chaque item. Quand ils ne peuvent pas donner la bonne réponse, ils doivent choisir l'option qui leur apparaît la plus vraisemblable. Il faut insister sur le fait qu'une réponse incorrecte ne donne pas lieu à une diminution de la note.

Le texte introductif à la question doit être lu soigneusement. Il apparaît que certains candidats ne lisent pas tout le texte et passent rapidement aux options en s'étant assurés du sens général. Les questionnaires à choix multiples sont maintenant aussi courts que possible. En conséquence tous les mots sont significatifs et importants.

Une fois qu'ils ont pris leur décision sur la réponse correcte, les candidats devraient vérifier que les autres options ne sont pas possibles.

## Épreuve 2

### Seuils de classement des notes par composante

#### Niveau supérieur

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0 - 11	12 - 23	24 - 34	35 - 44	45 - 54	55 - 64	65 - 95

#### Niveau moyen

<b>Note finale :</b>	1	2	3	4	5	6	7
<b>Gamme des notes :</b>	0 - 4	5 - 9	10 - 14	15 - 20	21 - 26	27 - 32	33 - 50

Les commentaires G2 qui ont été reçus ont vraiment apporté une aide au moment où l'on a examiné les difficultés du sujet de cette année. Le petit nombre de formulaires reçus pour les deux sujets signifie qu'il faut être prudent quand on cherche à tirer une conclusion définitive. Cependant la majorité des enseignants a estimé qu'aux deux niveaux, le sujet a été d'un niveau équivalent à ceux des dernières années. Environ 40% des centres ont estimé que les sujets ont été légèrement plus difficiles que ceux de l'an dernier. Pourtant, les statistiques ne confirment pas cette vision avec des notes moyennes identiques pour chaque année et aux deux niveaux Nm et NS. La grande majorité a estimé que la couverture du programme, la clarté de la rédaction et la présentation des deux sujets était satisfaisante ou bonne.

## Remarques générales

De nombreux candidats ont trouvé qu'il était difficile de réaliser une bonne performance sur ces sujets même s'ils ont senti qu'il y avait de nombreuses notes accessibles à ceux qui peuvent éprouver des difficultés avec les aspects plus conceptuels du cours. Ainsi qu'on l'a constaté l'an dernier, les candidats ont souvent perdu des points sur des définitions qui manquaient de précision ou qui ont été exprimées dans un langage non scientifique. En fait la

précision a été un problème tout au long des sujets. Par exemple et comme l'an dernier, un nombre significatif de candidats ont perdu quelques points relativement faciles du fait de courbes de meilleur ajustement inacceptables dans les questions sur l'analyse des données (A1). Il faut insister auprès des élèves qu'une courbe de meilleur ajustement n'est pas nécessairement une ligne droite. Il y a de nombreux autres types de courbes.

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

L'équipe d'examineurs a identifié les parties suivantes :

- La différence entre proportionnel et affine
- Le tracé des courbes de meilleur ajustement
- La définition des f.é.m. et la loi d'Ohm
- Les calculs sur les circuits
- La représentation des forces agissant sur un solide
- Déterminer la résultante des forces
- Différence entre les ondes stationnaires et les ondes progressives
- Le principe de superposition
- La résonance
- L'induction électromagnétique (NS)
- Vitesse de dérive des électrons
- Définition du champ de force gravitationnel (NS)
- Calculs de rendement des machines thermiques (NS)
- Mesure de la période radioactive (NS)

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

Comme l'an dernier, on a constaté avec plaisir la maîtrise des habiletés suivantes :

- Substitution mathématique dans une équation donnée
- Manipulation de symboles pour établir une relation donnée ou une formule
- Capacités calculatoires
- Décroissance radioactive

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

Il y avait de nombreuses questions en commun entre les niveaux NM et NS. Les commentaires ci-dessous sont présentés dans l'ordre d'apparition des questions NM et NS.

## Section A

### A1 [NS et NM] – Question d'analyse de données

#### Commentaire général

De nombreux formulaires G2 ont suggéré que cette question serait difficile pour les élèves compte tenu de son caractère inhabituel. Ce fut loin d'être le cas car les candidats obtenaient souvent de bonnes notes et même les plus faibles gagnaient quelques points.

Il faut se souvenir que la question d'analyse de données traite de situations qui ne sont pas familières aux élèves.

- (a) Cela a été généralement bien fait, beaucoup de candidats reconnaissant que les courbes doivent être linéaires. La signification du statut de l'origine n'était pas toujours mentionnée.
- (b) Cette question a obtenu de bonnes réponses. « L'instrument a un défaut » était une réponse fréquente. Peu de candidats reconnaissaient la difficulté intrinsèque à localiser la position du zéro du fait du conteneur dans lequel l'essence est stockée.
- (c) (NS seul) Les meilleurs candidats ont éprouvé peu de difficultés à décrire et utiliser cette procédure standard.
- (c) NM ; (d) NS
  - (i) Il y a eu souvent de bonnes réponses.
  - (ii) Les réponses ont souvent été médiocres. Beaucoup de candidats tracent une ligne droite qu'ils incurvent pour passer à l'origine.
  - (iii) Même si une ligne droite avait été dessinée en (ii), des points tenant compte d'une erreur antérieure ont souvent été attribués ici, quand les candidats reconnaissaient que leur droite ne passait pas par l'origine ou à travers toutes les barres d'erreur.
- (d) NM ; (e) NS La plupart des candidats sont capables de réécrire l'équation pour mener à bien le calcul. Peu de candidats ont choisi une valeur suffisamment grande du rayon pour obtenir une valeur admissible pour l'énergie.

### A2 [NS et NM] Circuits électriques

- (a) Peu de candidats ont été capables de définir une f.é.m. ou d'énoncer la loi d'Ohm correctement. Dans le cas de la f.é.m., les définitions mélangent souvent des unités et des grandeurs, par exemple, « l'énergie par coulomb ». Il faut aussi dire avec insistance aux élèves que la loi d'Ohm n'affirme pas que la différence de potentiel est proportionnelle à l'intensité du courant.
  - (ii) [NM seul] De nombreux candidats ont estimé de façon incorrecte que la résistance était la pente de la courbe.
- (b) (i) – (iii) De nombreux candidats ont obtenu la note maximale ici.

- (c) Cette question n'a pas été souvent réussie. Une faute répandue a été de comparer la résistance de la charge dans le premier circuit et la résistance totale du second circuit. Une autre faute a été d'omettre la résistance interne dans le second circuit.

### A3 [NS et NM] Rayons X

- (a) De nombreux candidats ont été capables de tracer un spectre de rayons X acceptable. Mais il était également évident que le spectre n'était nullement familier à certains candidats.
- (b) (i) La question a souvent été résolue mais les candidats ont fréquemment tenté d'utiliser l'équation de De Broglie.
- (c) (ii) De nombreux candidats ont calculé la valeur correcte mais n'ont pas réussi à expliquer leurs calculs.

## Section B

### B1 [NS et NM] Modèle réduit d'hélicoptère

- (a) De nombreux candidats connaissaient et étaient capables d'énoncer une version de la troisième loi de Newton même s'ils étaient peu nombreux à être capables d'aller au-delà pour montrer comment elle conduit au principe de la conservation de la quantité de mouvement.
- (b) De nombreux candidats ont compris que l'air soutient l'hélicoptère mais tous n'ont pas fait le lien avec la troisième loi de Newton et l'équilibre.
- (c) Presque tous les candidats ont obtenu le point ici.
- (d) Et (ii) La plupart des candidats ont échoué à calculer la masse de l'air et la vitesse de variation de la quantité de mouvement.
- (e) Le lien entre cette question et la réponse à d (ii) était souvent fait et de nombreux candidats ont gagné des points ici malgré l'existence d'une erreur antérieure.
- (f) De nouveau des points ont été attribués malgré l'existence d'une erreur antérieure.
- (g) Les schémas des forces s'exerçant sur un solide étaient souvent médiocres avec diverses forces fictives telles que la poussée vers l'avant.
- (h) Les explications sur l'existence d'une force vers l'avant agissant sur l'hélicoptère sont souvent inventives mais rarement correctes. Une part importante de travail incorrect et inapproprié a pu être observée chez des candidats qui mélangeaient les schémas de force et d'accélération. On a rarement observé une résolution correcte ou un triangle correct accompagné d'une explication correcte.
- (i) **[NM seul]** Beaucoup de candidats ont réalisé que l'hélicoptère subissait une résistance à l'avancement mais peu ont été capables d'expliquer que cette force s'accroissait avec la vitesse de l'hélicoptère.
- (i) – (j) **[NS seul]**
- (i) Cette question a généralement reçu une réponse correcte.
- (j) (i) Cette question a généralement reçu une réponse correcte.



(ii) En toute rigueur, il aurait fallu répondre que CD et AB correspondaient à des transformations adiabatiques. Cependant la grande majorité des candidats a compris que quelque chose devait se passer durant les trajets BC et DA. Il apparaissait clairement que d'autres candidats n'avaient aucune compréhension de la situation. A cet égard, l'équipe des examinateurs n'a pas estimé qu'un quelconque candidat ait pu être désavantagé par l'omission.

## B2

### B2 Partie 1 [NS et NM] Ondes

- (a) La seconde condition a souvent échappé aux candidats.
- (b) De nombreux candidats ont confondu amplitude et déplacement en décrivant le principe de superposition.
- (c) (i) Bien que la réponse ait été souvent bonne, il y a eu quelques réponses très hasardeuses.  
(ii) Un nombre très satisfaisant de candidats ont reconnu l'importance des positions stationnaires des nœuds mais il y a eu quelques réponses où l'on affirmait que l'onde se déplace si vite qu'elle semble stationnaire.
- (d) (i) Le fait que la résonance se traduise par un accroissement de l'amplitude a échappé à de nombreux candidats même s'ils sont venus correctement à bout de leur calcul en (ii).  
(ii) La question a souvent reçu une bonne réponse.

#### (e) [NS seul]

- (i) De nombreux candidats ont réalisé que les ondes pouvaient donner des battements mais n'ont pas réussi à réellement décrire ce que l'on entendait.
- (ii) Beaucoup de candidats étaient capables de calculer la fréquence de deux ondes et connaissaient la relation entre les fréquences et la fréquence de battement.

### B2 Partie 2 [NS seul] Etoile à neutrons

- (a) Il manquait souvent une référence à une petite masse ou une masse ponctuelle de test.
- (b) (i) La relation était souvent déduite correctement mais sans explication.  
(ii) Le calcul était souvent correct.
- (c) Le lien entre l'intensité du champ gravitationnel et l'accélération centripète échappait souvent, de nombreux candidats ne menant à bien qu'une partie de la question.

### B2 Partie 2 [NM seul] Décroissance radioactive

- (a) (i) Le proton et le neutron étaient souvent identifiés correctement en tant que nucléons.  
(ii) Peu de candidats ont écrit des explications complètes et bien que la question énonçât que les réponses devaient être en termes de nucléons et de forces entre

eux, toute référence à l'interaction nucléaire forte manquait dans beaucoup de réponses.

- (b) (i) Il y a eu souvent de bonnes réponses.
- (ii) La conversion de l'unité de masse atomique en joules s'est révélée souvent problématique.
- (c) Les réponses ont souvent été bonnes mais les candidats faibles ont omis d'expliquer leur réponse.

### B3

#### B3 Partie 1 [NS et NM] Gaz et liquides

- (a) De nombreux candidats ont bien répondu mais plusieurs n'ont donné qu'une différence exprimée de deux façons différentes. Le mot « moyenne » était souvent omis quand on mentionnait la distance entre molécules.
- (b) De nombreux candidats ont réalisé que les molécules ont des énergies cinétiques différentes mais n'ont pas réussi à reconnaître la signification du verbe d'action « expliquer »
- (c) La capacité calorifique était souvent confondue avec la capacité calorifique massique.
- (d) (i) Il y a eu généralement de bonnes réponses.
- (ii) Le calcul était souvent correct.
- (iii) Le calcul était souvent correct.

#### B3 Partie 2 [NS seul] Conduction électrique courants induits

- (a) Très peu de candidats comprennent le concept de vitesse de dérive.
- (b) (i) Il y a eu très peu de réponses correctes en (i) et cela a conduit par voie de conséquence à des réponses inexactes en (ii).
- (ii) L'explication a mis en échec de nombreux candidats.
- (c) (i) Bien que la loi de Faraday ait été citée correctement, elle a rarement été appliquée correctement pour répondre à la question (ii).
- (iii) En dépit de réponses faibles au reste de cette question, de nombreux candidats ont réussi un calcul ou bien les deux.

#### B3 Partie 2 [NM seul] Conduction électrique et la force sur un conducteur dans un champ magnétique

- (a) (i) De façon surprenante, la réponse a souvent été incorrecte.
- (ii) Très peu de candidats comprennent le concept de vitesse de dérive.
- (b) (i) De façon surprenante, la réponse a souvent été incorrecte.
- (ii) La relation a souvent été correctement déduite.
- (c) (i) et (ii) Ces deux parties ont souvent obtenu de bonnes réponses.

**B4****B4 Partie 1 [NS seul] Décroissance radioactive**

- (a) (i) Le proton et le neutron ont été souvent correctement identifiés en tant que nucléons.
- (ii) La structure en quarks des nucléons a été bien sue.
- (iii) Peu de candidats ont écrit des explications complètes et bien qu'il ait été demandé une réponse en termes de nucléons et de forces entre eux, toute référence à l'interaction nucléaire forte était souvent absente.
- (b) (i) Il y a eu souvent de bonnes réponses.
- (ii) De nombreuses réponses ont omis la référence à la conservation de l'énergie et/ou au spectre bêta.
- (iii) La conversion de l'unité de masse atomique en joules s'est révélée souvent problématique.
- (c) (i) et (ii) La technique pour mesurer la demi-vie d'isotopes à longue période n'a pas été bien comprise. Peu de candidats ont vu que l'activité décroît peu avec des mesures faites en un temps raisonnable et donc la connaissance du nombre initial d'atomes dans l'échantillon est nécessaire.

**B4 Partie 2 [NS seul] Frottement**

- (a) Il a eu généralement de bonnes réponses.
- (b) Peu de candidats font référence aux surfaces en contact et beaucoup laissent entendre que le frottement statique est toujours supérieur au frottement dynamique.
- (c) Il a eu généralement de bonnes réponses.
- (d) De nombreux candidats ont pensé que le bloc se déplacerait avec une vitesse constante.

**Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats**

Alors que les candidats à l'examen de cette année ont semblé bien réussir dans les calculs, on a généralement constaté le manque de précision dans les réponses écrites, particulièrement celles qui requièrent une explication. Les arguments qui font le lien logique entre les différentes étapes étaient absents. Les candidats devraient être encouragés à acquérir la capacité de définir les termes qu'ils utilisent. Un nombre significatif de candidats (particulièrement au niveau moyen), apparaissent insuffisamment préparés à cet examen. Pour ces candidats, l'expérience n'a pas pu être gratifiante ou encourageante. Les candidats devraient être alertés sur la signification des verbes d'action qui démarrent une question ; « expliquer » réclame une réponse plus détaillée que « énoncer ».

Il a été recommandé dans le passé par l'équipe des examinateurs de travailler à partir des sujets passés (et le barème de notation associé) comme une bonne préparation pour l'examen. Non seulement cela habituera les candidats au format de l'examen mais

beaucoup d'entre eux doivent pouvoir acquérir une meilleure connaissance du niveau de détail requis ainsi que les habiletés qui sont évaluées. Certains candidats ont répondu sur des feuilles séparées et n'ont rien écrit sur la feuille de réponses elle-même. Cela incluait la recopie de graphiques qui a dû leur consommer beaucoup de temps. De telles situations auraient pu être évitées s'ils s'étaient entraînés sur les sujets passés. Il faut encourager les candidats à écrire de façon claire et lisible, à éviter l'usage du crayon de papier et à disposer toujours d'une règle durant l'épreuve.

## Épreuve 3

### Seuils de classement des notes par composante

#### Niveau supérieur

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

#### Niveau moyen

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

### Remarques générales

Les candidats semblent trouver le sujet faisable avec des exemples de bonne compréhension des contenus. Il n'y a pas de preuve que les candidats aient manqué de temps pour terminer leur travail.

L'information en retour des enseignants dans les formulaires G2 pour le NM et le NS est résumée dans les lignes qui suivent. Toutefois, il faut réaliser que moins de 25% de centres ont retourné un formulaire G2.

#### Niveau moyen

- 76% ont trouvé le niveau du sujet équivalent à celui de l'an dernier, 10% l'ont trouvé plus facile et 14% plus difficile. Au total, 96% ont trouvé le sujet d'un niveau adapté, 3% l'ont trouvé trop difficile et 1% l'ont trouvé trop facile.
- Environ 24% ont trouvé la couverture du programme satisfaisante, 6% l'ont trouvée médiocre et 70% l'ont trouvée bonne.
- Environ 31% ont trouvé la qualité de la rédaction satisfaisante, 68% l'ont trouvée bonne et 1% l'ont trouvée insuffisante.
- Environ 17% ont trouvé la présentation satisfaisante et 83% l'ont trouvée bonne.
- Comme les années précédentes, les options les plus choisies ont été A (mécanique) et H (optique).

### Niveau supérieur

- Environ 77% ont trouvé le niveau du sujet équivalent à celui de l'an dernier, 6% légèrement plus facile et 17% l'ont décrit comme légèrement plus difficile. Dans l'ensemble, 96% ont trouvé le niveau de difficulté convenable, 2% l'ont trouvé trop aisé et 2% trop difficile.
- Environ 34% ont trouvé la couverture du programme satisfaisante, et 66% l'ont trouvée bonne.
- Environ 34% ont trouvé la qualité de la rédaction satisfaisante, 64% l'ont trouvée bonne et 2% l'ont trouvée médiocre.
- Environ 18% ont trouvé la présentation satisfaisante et 82% l'ont trouvée bonne.
- Comme les années précédentes, les options les plus choisies ont été H (optique), F (astrophysique) et G (relativité).

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

L'équipe d'examineurs a identifié comme difficiles les parties suivantes :

- Définition et application du concept de potentiel gravitationnel.
- Expliquer les concepts en physique de manière à montrer la compréhension (par exemple, expliquer le temps propre, les transformations galiléennes, le fond diffus cosmologique et les phénomènes de diffraction).
- Comparaison des spectres de rayons X.
- Relation entre les lignes des spectres atomiques et les niveaux d'énergie correspondants.
- L'application du second principe de la thermodynamique à une situation réelle.
- Le mécanisme complet d'une réaction nucléaire en chaîne.
- Les bases de la tomographie assistée par ordinateur.
- Les phénomènes liés à la vitesse de la Lune autour de la Terre.
- Comparaison des modèles atomiques de Thomson et de Rutherford.
- Lien entre résolution et diffraction.
- Fournir une vision approfondie et détaillée dans les questions valant plus d'un point. C'était particulièrement vrai dans les questions impliquant les verbes d'action « expliquer », « discuter » et « décrire ».

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

Les calculs mathématiques simples étaient souvent bien faits par la majorité des candidats. De nombreux candidats ont semblé bien préparés et capables de produire quelques

excellentes réponses qui ont montré une bonne compréhension des concepts, particulièrement dans les options de mécanique, astrophysique et optique.

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

### NM seul

#### Option A – Mécanique

##### A1 Mouvement d'un projectile

De très nombreux candidats ont été capables d'obtenir la note maximale sur cette question montrant un bon raisonnement physique. Il y a eu cependant quelques erreurs dues au traitement médiocre des chiffres significatifs. Le calcul de la hauteur maximale du mur a posé des problèmes à certains qui étaient incapables d'aller jusqu'à la deuxième partie du calcul après avoir correctement déterminé l'instant de passage à la hauteur du mur. Certains candidats n'ont pas réalisé que les temps de trajet de l'origine au mur étaient les mêmes.

##### A2 Équilibre dans le contexte d'une grue

Beaucoup de candidats ont su que la résultante des forces agissant sur un solide en équilibre est nulle mais ont ensuite échoué à énoncer un résultat similaire pour le moment des forces, souvent répétant d'une autre façon la condition sur les forces. Il y a eu de nombreuses solutions justes et bien expliquées dans le calcul des distances de la seconde partie.

##### A3 Potentiel de gravitation

Cette question a causé plus de difficultés aux candidats, beaucoup démarrant avec une définition erronée du potentiel gravitationnel en un point. Les échecs ici comprenaient les définitions de l'énergie mécanique totale du corps ou de la force agissant sur lui. Beaucoup n'ont pas su faire référence au potentiel à l'infini. Le graphique du potentiel gravitationnel a aussi donné lieu à des difficultés. Beaucoup de graphiques ont montré un comportement asymptotique sur les deux axes (au lieu du seul axe des distances). Peu de candidats ont montré une courbe coupant l'axe du potentiel : c'était aussi asymptotique. En général la qualité des représentations était médiocre avec des comportements asymptotiques dessinés sans aucun soin. Les candidats feraient bien de soigner davantage de tels graphiques.

L'impact du météorite sur la Lune a été habituellement bien traité mais certains ont repris les calculs depuis le début et ont commis des erreurs. Les candidats ont souvent négligé de prendre la racine carrée dans la dernière partie du calcul. Les facteurs qui peuvent accroître la vitesse d'impact ont été médiocrement énoncés. De façon surprenante, la partie finale qui demandait simplement des suggestions pour les changements de l'énergie avec la distance a provoqué d'évidentes confusions quant à la vraie nature et au sens des changements d'énergie.

**Option B – Physique quantique et physique nucléaire****B1 Spectres de rayons X**

Beaucoup ont été capables de mener à bien le calcul de routine de la longueur d'onde minimale des rayons X mais ont tenté avec un succès faible de modifier le graphique intensité - fréquence. En dépit d'une allusion évidente, (avec un axe des x prolongé), presque tous ont échoué à faire le lien entre le doublement de la différence de potentiel accélératrice et le changement de la fréquence maximale des rayons X.

**B2 Spectres atomiques**

Les explications de la relation entre les spectres de raies atomiques et les niveaux d'énergie de l'atome ont été faibles et incomplètes. Les relations essentielles ne sont pas stabilisées dans les esprits des candidats. Presque toutes les copies contenaient un calcul satisfaisant de l'énergie du photon. Seule environ une moitié des candidats a pu identifier à la fois les transitions entre les niveaux d'énergie et la direction dans laquelle cette transition se produit.

**B3 Radioactivité**

La plupart des candidats ont été capables d'identifier l'antineutrino de l'électron dans la décroissance du carbone 14 et ont été capables d'énoncer la classe de particule à laquelle appartient un rayon bêta. Les calculs de la constante radioactive et de l'âge d'un bol dans une expérience de datation au carbone ont également été couronnés de succès. Cependant peu ont été capables de donner une description complète et juste de la détermination de la demi-vie d'un nucléide à longue période. Les descriptions ont cédé à la facilité et ont habituellement été fondées sur un travail expérimental impliquant un isotope à durée de vie courte, travail que le candidat a pu avoir vu pratiquer.

**Option C - Complément sur l'énergie**

De nombreux candidats ont été confiants dans leur description d'une transformation adiabatique. Cependant beaucoup ont commis des confusions sur le graphique et identifié à tort le sens des transformations dans le réfrigérateur. La transformation isobare a été correctement identifiée par beaucoup mais le sens de l'écoulement d'énergie a donné lieu à plus de difficultés avec de nombreuses réponses fausses même si l'on tient compte du report d'erreur antérieure pour ceux qui ont donné au départ un sens incorrect à la transformation. La plupart ont reconnu que le travail échangé pendant un cycle de transformations était égal à l'aire délimitée sur le graphique par un cycle et pouvaient ensuite poursuivre en calculant correctement et dans des limites acceptables le travail échangé.

**C2 Fission nucléaire**

Les réponses à cette question directe et principalement descriptive ont été décevantes. Les candidats ont souvent régressé vers des affirmations incomplètes et peu significatives du point de vue de la physique. Ils n'ont pas réussi à concevoir ce que voulaient réellement les examinateurs. Dans la première partie, on demandait aux candidats de dire brièvement si une réaction nucléaire de fission constitue une source d'énergie renouvelable ou non. La plupart ont énoncé leur point de vue sans justification. C'était inacceptable. De même, la grande majorité a donné un très faible avantage à la fission nucléaire sur la combustion des combustibles fossiles et a généralement remporté un des deux points disponibles. Très peu

de discussions sur la réaction en chaîne ont mentionné la production d'énergie qui faisait clairement partie de la question. Les calculs ont rarement mérité la note maximale avec un travail confus et mal présenté. Approximativement un tiers des candidats a mené à bien le calcul jusqu'à la solution correcte. Le rendement de 23% présentait une difficulté particulière pour beaucoup.

### **NM et NS ensemble.**

#### **Option D – Physique biomédicale**

##### **D1 Facteurs d'échelle**

On attendait de bonnes réponses à cette question mais, de façon surprenante, un petit nombre de candidats ont été capables de progresser réellement dans la résolution de ce problème. La combinaison d'un cube et d'un carré dans la question était trop exigeante pour beaucoup.

##### **D2 Intensité du son**

Bien que beaucoup aient écrit abondamment au sujet de l'oreille, les réponses ont été peu consistantes et beaucoup n'ont pas réussi à rester dans le sujet. L'oreille moyenne n'a pas été décrite comme le dispositif *accroissant* les variations de pression et les mécanismes en action dans la cochlée n'ont pas été compris. Le rôle des changements dans la cochlée dans la discrimination de la parole a été décrit à un niveau très simpliste et les candidats ont manqué de clarté en décrivant ce qui produit une faible discrimination de la parole.

##### **D3 Absorption des rayons X**

Les mécanismes d'atténuation dans les rayons X ont été bien énoncés. Cependant, peu de candidats ont été capables de décrire correctement la tomographie assistée par ordinateur ou en quoi ses images diffèrent de celles fournies par les rayons X conventionnels.

##### **D4 [NS seul] Taux de métabolisme**

Les réponses ont été superficielles. Il y avait quatre points à gagner mais les candidats n'ont souvent pu en obtenir que deux ou trois. Beaucoup de candidats ont mentionné et (mieux) décrit la taux de métabolisme basal, mais les autres pertes d'énergie impliquées dans le métabolisme n'ont été que faiblement prises en compte.

##### **D5 [NS seul] Radio-isotopes en médecine**

Alors que le calcul direct de la demi-vie effective a été bien mené par tous, la partie descriptive du reste de la question a montré que les candidats sont beaucoup moins à l'aise avec les concepts qui sous-tendent les idées de demi-vie effective, physique et biologique. Les descriptions ont été faibles et incomplètes.

#### **Option E – L'histoire et le développement de la physique**

##### **E1 Le mouvement des planètes**

Les descriptions du mouvement rétrograde ont souvent échoué à inclure l'information importante que le mouvement des planètes se déroule sur un fond d'étoiles fixes. Dans la seconde partie, les candidats ont dessiné une aide visuelle acceptable sur le schéma mais



n'ont pas réussi à l'intégrer dans leurs explications. Il y avait deux questions pour tester la compréhension du mouvement de la Lune par rapport à la Terre, un sujet qui n'a pas fait l'objet d'un examen depuis un certain temps. Les candidats ont été à la peine ici, très peu reconnaissant que la Lune fait un tour autour de son axe au cours d'une révolution autour de la terre. De même, peu ont semblé comprendre que la Lune se déplace sur son orbite autour de la Terre d'environ  $1/28$  h par 24 heures et par conséquent se lève à un endroit différent chaque jour.

## **E2 Les lois de la gravitation de Newton**

De nombreux candidats savent ce que signifie l'universalité de la loi de la gravitation mais sont moins assurés quand il s'agit d'expliquer la contribution que Newton apporta à l'acceptation des lois de Képler.

## **E3 Détermination de $e/m_e$ par Thomson**

Il a été demandé aux candidats de décrire brièvement comment était mesurée la vitesse dans cette expérience et beaucoup ont donné des réponses presque complètes. Certains cependant ont une très faible idée de l'expérience et de ses détails. Les schémas donnés étaient médiocres et manquaient de détails et de qualité.

## **E4 Modèles du noyau**

Bien que beaucoup de candidates aient eu des idées raisonnables sur les modèles de Thomson et de Rutherford, souvent les points essentiels étaient omis ou vagues. Il n'était souvent pas fait mention dans les réponses des échelles relatives des deux modèles et il était rare qu'un candidat donne une description complète du noyau dans le cas de Rutherford.

## **E5 [NS seul] Le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène**

Les succès et limitations du modèle de Bohr étaient clairs et bien connus mais beaucoup de candidats n'ont pas pu montrer le calcul classique de la constante de Rydberg. Savoir qu'il fallait donner à  $n$  les valeurs de 1 et  $\infty$  dans cette question a été un échec et beaucoup ont échoué dans les calculs. C'est un calcul classique qui aurait dû être accessible à plus de candidats. Inévitablement, les idées de De Broglie et de Schrödinger ont été confondues et beaucoup de candidats n'ont tout simplement pas réussi à répondre à la question qui demandait expressément de décrire brièvement comment des orbites stables peuvent exister sans contredire la théorie électromagnétique.

## **Option F – Astrophysique**

### **F1 L'éclat des étoiles**

Cette option démarrait avec une simple définition de la luminosité que la plupart ont donnée correctement. Certains ont donné « énergie » et « puissance par unité de temps » et ont fait visiblement des confusions. De même beaucoup ont été capables de citer un facteur qui conditionne la luminosité. Un bon nombre de candidats ont pu ensuite continuer pour obtenir la note maximale quand ils ont pu décrire brièvement la raison de la variation périodique de la luminosité des céphéides ; ils ont compris à la fois la physique des changements dans les étoiles variables et ses conséquences dans les changements de luminosité. Il y a eu des réponses agréables et bien présentées sur le calcul de la distance d'une étoile. Beaucoup

d'élèves ont expliqué le calcul du rapport et sont arrivés de façon convaincante à une réponse juste. Les échecs provenaient habituellement de candidats qui ont cherché à travailler à partir des données provenant des seules étoiles de type B.

## **F2 Cosmologie**

La plupart ont obtenu l'un des deux points disponibles pour le spectre du corps noir. L'erreur la plus répandue a été l'incapacité de reconnaître que la courbe est non seulement plus haute mais que le maximum est déplacé vers les courtes longueurs d'onde. Le reste de cette partie a demandé une claire compréhension du rayonnement du fond diffus cosmologique, comment il est apparu et ce qui peut être déduit de sa présence. Les réponses ont été confuses et filandreuses. Ce thème n'était pas clair dans l'esprit des candidats. La partie finale de la question demandait de représenter la taille de l'Univers en fonction du temps pour un Univers ouvert, plat et fermé. Les réponses ont été très faibles. Presque tous les candidats ont fait converger les courbes au début plutôt qu'au temps présent. Les formes des courbes étaient médiocres et non convaincantes. Les élèves n'ont pu se remémorer qu'à moitié les détails fins de ces courbes. La question testant la connaissance de la densité requise dans le cas d'un Univers fermé a été bien traitée mais certains n'ont pas su reconnaître que la gravité est responsable de cette fermeture.

## **F3 [NS seul] Galaxies**

De nombreux candidats n'ont pas su reconnaître l'influence de la gravitation dans la formation d'une galaxie. Très peu de candidats ont été capables d'obtenir la note maximale en décrivant un amas géant de galaxies et il était clair que beaucoup rencontraient le terme pour la première fois. Le calcul de l'âge de l'Univers a été bien mené.

## **F4 [NS seul] Evolution stellaire**

La plupart avaient une idée de la limite de Chandrasekhar mais certains ont été incapables de l'exprimer avec suffisamment de clarté pour obtenir un point. Il était important d'indiquer si l'étoile doit se situer au-dessus ou en dessous de la limite pour évoluer vers l'étape de la naine blanche. Par ailleurs, de très nombreux candidats ont été capables de décrire les évolutions des grandes étoiles jusqu'à l'état d'étoile à neutrons ou de trou noir bien que certains aient oublié de mentionner le rôle de la supernova dans cette formation.

## **Option G - Relativité**

### **G1 Dilatation du temps**

Les réponses de nombreux candidats à la question sur la longueur propre suggèrent qu'ils avaient une certaine compréhension du concept. D'un autre côté, le temps propre a été souvent mal défini et décrit. Les calculs qui suivaient relatifs à la décroissance du muon ont été bien faits mais avec de nombreuses erreurs sur les chiffres significatifs. La seconde partie a souvent comporté un calcul correct de  $\gamma$  mais se traduisait par un échec dans l'application correcte de ce chiffre. La dilatation du temps a été mal expliquée dans le contexte du muon, la plupart des commentaires décrivant la dilatation du temps en général. Les candidats ont mal lu la question.

## **G2      Changement de masse relativiste**

Les représentations de la variation de masse de l'électron avec la vitesse ont souvent été si négligentes qu'elles ont fait perdre des points. L'essentiel de la physique est que la masse non nulle de l'électron croît asymptotiquement vers une valeur de  $v/c$  égale à 1. Les candidats ont fait commencer cet accroissement à des valeurs de  $v/c$  qui étaient trop basses et les tracés de l'asymptote étaient souvent capricieux. Les candidats doivent être vraiment plus attentifs à dessiner des représentations qui montrent les caractéristiques essentielles clairement. Les parties calculatoires ont été menées à bien par beaucoup.

## **G3      Simultanéité**

Dans ce qui était manifestement une question bien révisée beaucoup ont eu une idée claire de l'essentiel de la physique mais l'ont exprimé de façon médiocre. Très peu ont suggéré que les lumières observées devaient être allumées simultanément mais en aucun cas ceux qui connaissaient la réponse n'ont été capables d'obtenir la note maximale.

## **G4      [NS seul]      Espace-temps et trous noirs**

Les candidats ont eu une bonne idée de ce que l'on entend par trou noir dans cette partie recherchée de l'option et ont été capables de bien l'exprimer. Cependant, la relation entre le rayon de Schwarzschild et la masse du trou noir n'a pas bien été reconnue et par conséquent, la question a été mal traitée.

L'effet d'un trou noir sur un objet s'approchant de lui sur une trajectoire ne conduisant pas à une collision a été bien décrit par beaucoup. Cependant, les conséquences complètes de la façon dont a été perçue la provenance de l'attraction gravitationnelle à partir de la déformation de l'espace-temps n'ont pas, en général, été clairement décrites. En particulier, les candidats ont souvent reconnu en quoi la courbure de l'espace-temps conduit à un chemin courbe parce que c'est la plus courte distance dans l'espace-temps incurvé. Malgré cela, ils n'ont pas réussi à expliquer en quoi le mouvement qui en résulte est estimé être équivalent à une force que nous décrivons comme gravitationnelle.

## **Option H Optique**

### **H1      Indice de réfraction**

Les tracés de rayons dans le cas relativement facile de la profondeur réelle et apparente ont été décevants. Les schémas ont été tracés de façon grossière, quelquefois sans l'aide d'une règle. Souvent les candidats n'ont pas su montrer un quelconque changement significatif de direction du rayon lorsqu'il quitte l'eau. Il est important de faire des schémas clairs et sans ambiguïté. Presque tous les candidats ont continué et réussi une tentative de calcul de la profondeur de la piscine. Des critiques similaires peuvent être faites sur les schémas indiquant les rayons qui entrent dans l'œil du plongeur. Souvent, les angles d'incidence et de réflexion ne présentaient aucune relation entre eux. A ce niveau, il est important que les candidats fassent la preuve de leur connaissance des faits élémentaires par un tracé acceptable des schémas.

### **H2      Lentille convergente**

Les tracés de rayons ont souvent montré une physique correcte mais, encore une fois, la qualité du travail laisse beaucoup à désirer. Seule une minorité n'a pas su mener à bien la

construction de l'image virtuelle finale. Les définitions du *punctum proximum* ont été souvent imprécises et ont révélé un manque complet de compréhension de la vraie signification de cet important paramètre. Environ la moitié des candidats ont été capables de mener à bien un calcul complètement correct de la distance entre l'objet et la lentille. L'insuccès dans le choix du signe dans l'équation de la lentille ou dans le calcul de la distance correcte de l'image pour la situation en question a été une erreur répandue. Beaucoup de candidats ont compris la signification de l'aberration de sphéricité et de l'aberration chromatique et leur ont associé correctement des conditions d'apparition. Cependant, des descriptions claires de l'aspect de l'image présentant ces deux aberrations ont été relativement rares et souvent confuses. Les candidats qui ont compris l'aberration de sphéricité ont souvent poursuivi en proposant une technique de réduction appropriée.

### **H3 [NS seul] Diffraction et résolution dans un télescope**

Les bonnes réponses à cette question ont été vraiment rares. La figure de diffraction a été souvent médiocrement légendée et le diamètre du maximum central sur la plaque a été souvent confondu avec le rayon. Cependant les candidats ont été plutôt bons dans le calcul de la résolution du télescope et donc dans la séparation des étoiles. Les descriptions dans les changements d'aspect des images ont été souvent vagues et difficiles à suivre. Des candidats ont eu du mal à exprimer leurs idées.

## **Recommandations et conseils pour la préparation de futurs candidats**

Les recommandations de l'équipe des examinateurs comprennent les idées suivantes :

- Il faut donner aux candidats plus d'occasions dans les cours de pratiquer des problèmes dans le style de l'examen.
- Il faut fournir aux candidats la liste des verbes d'action tels qu'ils sont précisés dans le programme et les aider à comprendre cette liste. Il est clair que beaucoup de candidats ne connaissent pas la différence entre, par exemple, énoncer et expliquer dans une réponse.
- Quand ils utilisent un schéma en appui à une réponse, les candidats devraient être encouragés à faire plus attention à la précision du schéma. C'est particulièrement vrai des tracés de rayons car beaucoup de candidats n'ont pas utilisé de crayon affûté et /ou une règle.
- Un temps suffisant devrait être consacré à l'étude en profondeur des options choisies.