

SOMMAIRE

I – DONNEES STATISTIQUES

- Statistiques Filière PC p 2
- Résultats des épreuves écrites p 3
- Tableau statistique des écoles de la Filière PC p 4

II – RAPPORT DES EPREUVES ECRITES

- Epreuve de Mathématiques 1 p 5
- Epreuve de Mathématiques 2 p 7
- Epreuve de Physique/Modélisation p 9
- Epreuve de Chimie p 15

Filière PC

Session 2018

	Inscrits		Admissibles		Classés	
	Total	%	Total	%	Total	%
Candidates	1116	38,68	992	40,13	897	40,42
Etrangers CEE	12	0,42	11	0,44	11	0,50
Et Hors CEE	83	2,88	53	2,14	45	2,03
Boursiers	1027	35,60	860	34,79	761	34,29
Pupilles	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3/2	2235	77,47	1920	77,67	1697	76,48
Passable	183	6,34	134	5,42	109	4,91
Assez Bien	686	23,78	589	23,83	510	22,98
Bien	1093	37,89	950	38,43	856	38,58
Très Bien	923	31,99	799	32,32	744	33,53
Spéciale PC	2265	78,51	1998	80,83	1800	81,12
Spéciale PC*	582	20,17	454	18,37	405	18,25
Autres classes	38	1,32	20	0,81	14	0,63
Allemand	94	3,26	81	3,28	73	3,29
Anglais	2718	94,21	2333	94,38	2091	94,23
Arabe	24	0,83	15	0,61	14	0,63
Espagnol	45	1,56	41	1,66	39	1,76
Italien	2	0,07	2	0,08	2	0,09
Portugais	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	2885		2472		2219	

Concours e3a – Filière PC

RESULTATS DES EPREUVES ECRITES

		présents					moyenne finale					écart type final				
épreuve		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
pc	Chimie	3149	2773	2706	2644	2644	9.98	9.52	9.69	9.62	9.45	4.20	3.97	3.74	3.43	3.82
	Mathématiques 1	3131	2769	2702	2662	2667	9.31	9.23	9.94	9.72	9.93	4.83	3.62	3.77	4.49	4.36
	Mathématiques 2	2655	2266	2058	1965	1827	9.86	9.75	9.41	9.23	9.67	4.36	4.42	4.75	4.41	3.85
	Physique-Modélisation	3143	2779	2713	2667	2672	9.03	9.55	9.07	9.52	9.42	3.93	3.89	4.70	3.83	3.96
e3a	Français-Philosophie	11367	10473	10404	10287	10233	8.76	8.74	9.29	9.29	9.26	3.69	3.48	3.73	3.84	3.83
	Langue Vivante Allemand	430	324	304	286	260	11.39	11.38	10.52	10.80	10.71	3.72	3.90	3.88	3.39	3.77
	Langue Vivante Anglais	9535	9109	9184	9195	9096	9.97	9.98	9.88	10.06	10.08	3.21	3.31	3.33	3.50	3.43
	Langue Vivante Arabe	1121	809	706	731	782	9.55	10.91	10.63	10.33	11.26	3.56	3.13	3.83	2.92	2.80
	Langue Vivante Espagnol	135	148	123	117	121	11.47	11.18	11.03	10.47	11.19	3.36	3.22	3.42	3.71	3.68
	Langue Vivante Italien	24	17	22	27	22	12.92	11.00	8.86	9.93	8.82	2.83	4.17	3.62	3.26	3.98
	Langue Vivante Portugais	8	3	1	3	5	12.17	11.67	11.67	7.00	10.33	1.83	1.67	.00	3.33	5.09
	QCM Anglais	11031	10253	10239	10245	10203	10.78	10.60	10.83	10.56	12.75	4.27	4.35	3.56	3.80	3.60

TABLEAU STATISTIQUES DES ECOLES FILIERE PC

Voir site du SCEI rubrique statistiques

<http://www.scei-concours.fr/statistiques/stat2009/pc.html>

Rapport sur l'épreuve de Mathématiques 1 PC

Présentation du sujet

L'épreuve consiste en trois exercices indépendants sur des thématiques différentes du programme (algèbre, analyse, probabilités). Le premier exercice est un exercice de réduction, il étudie le spectre de certaines matrices construites par blocs en partant de cas particuliers. Le deuxième exercice étudie les relations entre différentes séries entières dont les coefficients sont en relation avec la suite harmonique (en particulier la fonction dilogarithme). Le troisième est un exercice qui étudie les moments et la corrélation entre le maximum et le minimum de tirages uniformes indépendants dans un ensemble fini.

Commentaire général de l'épreuve et Analyse générale

Les sujets de chacun des exercices sont conçus pour être progressifs, avec des questions élémentaires, et de vérification des connaissances (concepts et théorèmes du programme), puis des questions plus difficiles. Il n'est pas attendu des candidats qu'ils traitent l'intégralité de chaque exercice et aucun ne l'a fait. Ce sont les calculs élémentaires bien menés, les questions de cours classiques, la logique de l'argumentation qui trient les copies, plus que les questions techniques abordées seulement dans quelques très bonnes copies. Des notes très correctes peuvent être obtenues en traitant correctement et précisément les questions élémentaires. Les correcteurs ont apprécié le soin apporté à l'écriture et à la présentation dans la plupart des copies, mais il reste néanmoins quelques copies particulièrement difficiles à déchiffrer.

Analyse des résultats par exercices

- Le premier exercice a été correctement abordé dans la majorité des copies. L'énoncé du théorème spectral a posé de nombreuses difficultés, l'énoncé étant souvent incomplet (oubli de la base orthonormée par exemple). Les questions 4, 5 et 6 sont souvent plutôt bien traitées, mais les candidats ne voient pas le lien entre la question 4 et la question 5, et font le calcul du polynôme caractéristique. Les calculs de déterminant par bloc montrent des confusions entre objets de natures très différentes. La fin de l'exercice 1 est rarement traitée de façon significative.
- Dans le second exercice, peu de candidats ont fait le lien entre la question 1 et la question 2. Ceux qui ont démontré la divergence de la suite $(h_n)_n$ ont souvent utilisé une comparaison avec une intégrale. Les questions sur les rayons de convergence de séries entières et

développements en séries entières sont bien réussies dans une majorité de copies. En revanche, la convergence des intégrales proposées a posé plus de problèmes. Les questions 10b et 10c sont rarement traitées avec la précision nécessaire (passages à la limite non justifiés le plus souvent.)

- L'exercice 3 est peu réussi. Seules les questions 3,4,5 et 7a, 7b ont été abordées par une part significative de candidats. L'espérance et surtout la variance de la loi uniforme ne sont pas bien connues. L'indépendance de variables aléatoires est un argument qui peine à être cité. On lit des confusions entre les variables et leurs lois de probabilités. Les questions d'informatique sont plutôt très bien traitées, à part des erreurs dans les indexations de listes.

Conseil aux futurs candidats

- Nous conseillons aux futurs candidats de bien connaître leurs cours, de le citer précisément lorsqu'on l'utilise et d'en vérifier soigneusement les hypothèses.
- Des petits calculs, des études de cas particuliers sont proposés pour s'approprier l'exercice. Ils méritent attention et doivent être traités avec soin.
- Soignez globalement votre travail : présentation, argumentation, code.

Épreuve de Mathématiques B PC 2018

Présentation de l'épreuve (durée 3h)

Le sujet porte sur l'étude des éventuelles solutions de l'équation $\ln(x) = ax$, a étant un paramètre réel ; pour un certaine plage du paramètre a on établit une formule qui exprime la plus petite solution de l'équation en tant que série entière du paramètre a . Cette formule a une longue histoire, inspiré par des travaux de Lambert de 1758, elle est découverte par Euler en 1779, puis redécouverte/redémontrée successivement par Eisenstein en 1844 et Jensen en 1902.

Le problème est divisé en quatre parties, la première partie étudie l'existence de solutions de l'équation $\ln(x) = ax$, la deuxième porte sur la résolution de l'équation fonctionnelle très classique $f(x + y) = f(x)f(y)$, la troisième partie étudie une suite de polynômes (polynômes d'Abel) et la dernière partie, plus longue, établit la formule mentionnée précédemment.

Commentaire général de l'épreuve

Le sujet n'étant pas trop long, toutes les parties ont été abordées. Le sujet fait appel à des connaissances diverses du programme d'analyse avec plus précisément des connaissances du programme de première année pour les trois premières parties et de deuxième année pour la dernière partie. Les candidats ayant des bases solides d'analyse s'en sont bien sortis ce qui a donné de bonnes, voire très bonnes copies. Le bilan est cependant, en moyenne, plus mitigé et parfois décevant avec des faiblesses surprenantes sur des notions basiques d'analyse notamment sur celles du programme de première année qui devraient être maîtrisées en fin de deuxième année.

Le jury a constaté dans un nombre important de copies un "papillonnage" alors que de très nombreuses questions nécessitent une imprégnation totale de l'énoncé. Dans la mesure où le sujet est relativement court, mieux vaut se limiter à traiter une moitié/deux tiers du sujet quitte à réserver un peu de temps en fin d'épreuve pour grappiller des points.

Les correcteurs ont déploré très peu de copies mal soignées et soulignent les efforts de présentation et de rédaction.

Analyse par parties

Partie 1

Une partie assez simple à condition de faire avec précision l'étude des fonctions auxiliaires ce qui a été fait par une moitié des candidats, trop peu comprennent qu'il fallait utiliser un théorème fondamental et précis (peu importe le nom qu'on lui donne si la référence est bien claire). La continuité sur un intervalle et la stricte monotonie étant des arguments essentiels et souvent très diffus.

La dernière question concernant les représentations graphiques de la fonction \ln et des droites d'équation $y = ax$ a été globalement bien faite mais a quand même posé des difficultés à une proportion non négligeable de candidats qui n'ont pas su représenter correctement les fonctions ou ont simplement passé la question.

Partie 2

Une deuxième partie très détaillée où les résultats attendus sont clairement énoncés. De la précision était attendue, tant pour effectuer les récurrences nécessaires que pour la bonne gestion des cas particuliers.

La stricte positivité de la fonction φ a été rarement bien traitée (question 3.a). A la question 3.b. beaucoup de candidats font une récurrence sur \mathbb{Z} . La fin n'est que rarement correcte, la continuité de la fonction et la convergence de la suite utilisée rarement bien dégagées.

Partie 3

Une troisième partie simple au début a été correctement traitée par les candidats, la dernière question plus difficile a été très rarement réussie.

Partie 4

Une quatrième partie qui utilisait plus nettement les notions de deuxième année, et qui révèle les capacités des candidats. L'équivalent demandé à la question 1.a. a été assez bien traité. Pour la question 1.b., la formule de Stirling est connue mais la convergence absolue de la série n'a pas été bien traitée, on se perd souvent sur l'usage des paramètres : série entière en a (avec un rayon de convergence) ou série de fonction en x ou simplement série numérique ? Le cas $a = \frac{1}{e}$ est en particulier rarement bien traité. De même, la question suivante où l'on doit étudier la continuité d'une série de fonctions est très rarement réussie.

Le produit de Cauchy est rarement bien cité et à la question 2.c. les candidats se précipitent vers le résultat demandé en omettant les arguments nécessaires. Le caractère \mathcal{C}^1 de la fonction F_a est là encore rarement correctement traité ; la suite a été assez peu abordée.

Dans l'ensemble les questions 1.b., 2.a. et 2.d. ont été décevantes, ce sont des questions tout à fait standard (convergence de série, continuité d'une série de fonction et caractère \mathcal{C}^1 d'une série de fonctions) auxquelles les étudiants sont préparés en deuxième année de cursus.

Conseils aux futurs candidats

- ne pas négliger certains chapitres du programme notamment ceux de première année qui peuvent ne pas avoir été revus en deuxième année.
- ne pas "papillonner" et prendre le temps de s'imprégner du sujet surtout si celui-ci est de longueur raisonnable.
- les correcteurs encouragent fortement la bonne présentation ainsi que la qualité de la rédaction des copies, un nombre de points non négligeable leur est consacré. Sont sanctionnées, par exemple, les copies dont les résultats ne sont pas soulignés, les copies comportant des fautes d'orthographe ou bien celles dont la rédaction est trop elliptique.

Epreuve de physique-Modélisation

Durée 4h

Présentation du sujet :

Ce sujet s'intéressait à deux types d'ondes : les ondes sonores et les ondes électromagnétiques dans les plasmas, dans le but d'étudier des phénomènes liés à la non-harmonicité des ondes réelles.

La première partie, après une mise en équation des ondes sonores (A) et une étude des ondes harmoniques (B), s'intéresse plus particulièrement aux sons émis par des instruments de musique. On aborde ainsi successivement l'étude et le calcul informatique des spectres (C), des résolutions de problèmes survenant lors de concerts (D), le choix d'une isolation phonique (F). On étudie également la base de données d'une école de musique (E). On s'intéresse dans cette première partie plutôt aux spectres discrets.

La deuxième partie commence aussi par la mise en équation de l'onde électromagnétique dans les plasmas (G) et l'étude des ondes harmoniques (H) dans le domaine de transparence et le domaine réactif. On envisage ensuite la propagation d'un paquet d'ondes (I) dans un milieu dispersif.

Le sujet se termine par une synthèse où l'étudiant est invité à discuter de problèmes rencontrés avec les ondes non harmoniques.

Commentaire général sur l'épreuve :

Ce sujet a été volontairement écrit avec de nombreuses questions proches du cours, afin de permettre aux étudiants ayant travaillé sérieusement toute l'année de faire la différence avec les autres. Ce choix a imposé de traiter qu'une partie assez restreinte, mais très importante, du programme de la filière.

Le sujet était également un peu long afin de laisser aux candidats la possibilité de passer certaines parties plus difficiles pour eux. Cela a été le cas notamment pour les résolutions de problèmes, ou les questions d'informatique, mais parfois aussi pour la mise en équation des ondes sonores.

La moyenne sur 20 a été, après traitement informatique, de 9,42 avec un écart-type de 3,96. Les copies corrigées ont des niveaux très hétérogènes, avec de très bonnes copies, où l'étude scientifique rigoureuse est associée à une rédaction claire, un français correct et une écriture compréhensible. Il y a malheureusement beaucoup trop de copies qui ne présentent aucune de ces qualités.

Pour corriger les défauts les plus notables et les plus graves constatés par les membres du jury, ceux-ci conseillent aux futurs candidats les actions suivantes :

Travailler régulièrement tout au long des années de PCSI et de PC, et considérer tout devoir donné par les professeurs comme un entraînement aux concours et pour cela, soigner l'écriture, l'orthographe, la grammaire et la rédaction comme si c'était le jour J.

Faire l'accord au pluriel (attention, les verbes ne s'accordent pas comme les noms et les adjectifs), différencier les infinitifs et les participes passés (en utilisant un verbe du deuxième ou troisième groupe par exemple), au minimum.

Mettre une flèche sur les vecteurs, et pas sur les scalaires ; ne pas égaliser un vecteur et un scalaire ; ne pas diviser par un vecteur ; connaître la nature vectorielle ou scalaire des opérateurs vectoriels.

Expliquer, même succinctement le passage d'une ligne de calcul à la suivante au lieu de les enchaîner sans organisation. « Donc », « alors », « d'où » voire le célèbre « du coup » ... permettent d'indiquer un lien direct de cause à effet ; « or », « de plus » ... permettent d'ajouter un nouvel argument, alors accompagné de son origine : « équation de Maxwell-Gauss », « équation (E) » ou autre. Conformément à ce qui est écrit sur la page de garde du sujet, l'absence de rédaction est fortement pénalisée, dès l'écriture du barème, où de nombreux points sont accordés pour l'explication ou la justification et non pour le résultat.

Répondre correctement aux questions nécessite de lire correctement l'énoncé (sur le sujet) mais également la question : « établir » une équation n'est pas la même chose que la « donner », répondre à une question qui demande des explications n'est pas la paraphraser.

De plus :

Toutes les vitesses ne sont pas interchangeables : la vitesse de l'onde n'est pas celle des particules de fluide, ni la vitesse quadratique moyenne. La pression atmosphérique n'est pas la surpression ni l'amplitude de la surpression. De même les durées (un temps de propagation n'est pas une période), les distances (la longueur d'un tuyau n'est pas la longueur d'onde) ou les surfaces (la surface du terrain n'a rien à voir avec la surface où on reçoit le son). Il y a encore d'autres exemples.

Toutes les grandeurs nommées « v » ou « V » ne sont pas forcément des vitesses, il y a des volumes, et ce n'est pas interchangeable.

Analyse par partie :

A/ Mise en équation

Partie très inégalement traitée, parfois passée par les élèves, alors que c'est la base du cours des ondes sonores. Justifier la linéarisation ne consiste pas à dire « en négligeant les termes d'ordre deux », mais nécessite au minimum de les identifier. Volume et vitesse sont deux grandeurs différentes, même si ils sont notés par la même lettre le plus souvent.

A1. La dérivée particulière (ou son expression) est évidemment nécessaire, il faut identifier les termes infiniment petits d'ordre 2 avant de les négliger, préciser les termes constants dont la dérivée est nulle, et ne pas perdre trop de temps à négliger la pesanteur et la viscosité que l'énoncé dit de négliger. Il faudrait que la différence soit plus visible entre p et ρ .

A2. Assez peu d'équations correctes, linéarisation non expliquée, utilisation fantaisiste des vecteurs.

A3. Encore plus mal traitée. La définition de χ_s est parfois fantaisiste. La linéarisation consiste en général à remplacer la dérivée par le rapport des petites variations sans rien expliquer.

A4. Inutile d'essayer d'établir l'équation d'onde sans avoir traité les 3 questions précédentes. Certains le font pourtant.

A5. L'équation de Laplace ne doit pas être utilisée sans être justifiée par le caractère adiabatique et réversible de la transformation. L'énergie cinétique d'agitation thermique n'est pas $\frac{1}{2} m \cdot c^2$. Dans l'application numérique, il faut évidemment convertir la masse molaire en $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Il est inadmissible de proposer une vitesse du son de $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ après 2 années de Prépa.

B/ Étude d'une onde harmonique

Cette sous-partie pouvait être partiellement traitée par les élèves n'ayant pas réussi la partie précédente grâce à l'équation d'onde donnée en partie A.

B1. Catastrophique pour la plupart des élèves. On ne peut pas répondre « elle est plane, progressive et harmonique parce qu'elle a la forme d'une OPPH », ni justifier toutes les affirmations par « elle est en $\omega t - kx$ ». Très peu d'élèves ont donné 4 explications correctes. Une onde plane ne se propage pas dans un plan.

B2. « Établir » nécessite de faire des calculs, pas de donner juste le résultat (certes connu). Le commentaire sur l'absence de dispersion et/ou d'absorption est très rare, et parfois le candidat prétend même le contraire.

B3. L'impédance acoustique ne peut pas avoir pour expression p_0 / v_0 , puisque c est une caractéristique intrinsèque du milieu tandis que p_0 et v_0 dépendent de l'onde étudiée.

B4. Nécessite la réponse à la question A5. Non, Z n'est pas en Ω .

B5. Un petit nombre d'élèves truande allègrement : « p est en Pa et v en m/s donc $p \cdot v$ est en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ». Ce comportement a évidemment été sanctionné. On ne peut pas répondre à une question d'analyse dimensionnelle sans donner l'unité (ou la dimension) de chaque terme et en expliquant comment on le sait : « p est une force surfacique qui s'exprime en $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ donc en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ».

B6. Si I est l'intensité sonore, on ne peut pas avoir $u = R \cdot I$, ni même $u = Z \cdot I$. Identifier la différence (10 ou 20 en préfacteur) est nécessaire pour pouvoir la justifier, mais pas suffisant.

B7. Il est interdit de multiplier deux champs en notation complexe ! p_0 n'est pas la pression atmosphérique, mais l'amplitude de la surpression. Elles n'ont évidemment pas la même valeur numérique.

L'ordre de grandeur de l'intensité d'un son fort est souvent connue, mais le reste est rarement correct.

C/ Spectre d'un instrument de musique

Certains élèves n'ont fait que la partie physique ou que la partie informatique.

En informatique, il ne faut pas utiliser une variable qui n'est pas définie auparavant, ni donner une valeur à un élément d'une liste pas encore créé. L'indentation est plutôt respectée.

C1. Répéter qu'un bruit contient tous les harmoniques ne rapporte pas de point. C'est de la simple paraphrase.

C2a. Beaucoup de bonnes réponses à cette question, mais on ne peut pas exprimer la période en cm (lus sur le graphe), et il est indispensable d'utiliser les 2 figures. Des erreurs dans le comptage du nombre de périodes. Des incohérences sur les chiffres significatifs.

C2b. Non, un spectre n'a pas autant de « pics » que l'enregistrement du son correspondant.

C3a. Citer le nom du critère ne suffit pas. Beaucoup de signes $<$, $>$ ou $<<$ au lieu de $f_e >$ $2 \cdot f_{max}$. Rarement f_{max} .

C3b. C'était une situation concrète qui était attendue, pas un mauvais choix de fréquence d'échantillonnage.

C4. L'informatique a été assez souvent mal traitée, voire passée.

C4a. Il faut tenir compte des rappels de Python de l'énoncé et ne pas improviser des écritures inadéquates des complexes.

C4b. Il fallait évidemment renvoyer une liste de termes, calculés chacun par une boucle, attention à placer correctement l'initialisation pour qu'elle soit faite à chaque nouveau terme de la liste. La fonction « sum » n'existe pas.

C4c. Inutile de déterminer la complexité d'une fonction qu'on n'a pas écrite, ni de donner une complexité sans la démontrer.

C5a. Il faut écrire une fonction qui fait ce qui est demandé, pas tout de suite la fonction TFR. Le reste de la division euclidienne est donné par %, pas par //.

C5b. La fonction doit être récursive.

C5c et C5d. Inutile de déterminer la complexité d'une fonction qui n'est pas écrite, ni de commenter deux complexités dont on n'a pas trouvé l'expression.

D/ Problèmes à résoudre lors de concerts

Cette partie a été volontairement passée par de nombreux élèves, ce qui est dommage car une explication succincte des phénomènes issue d'une bonne réflexion était rapidement valorisée par le barème, même si la réponse n'est pas complète. Il y a eu majoritairement des inepties sur ces questions.

D1. C'est l'effet Larsen, dû à une boucle infinie amplificatrice entre le micro et le haut-parleur. Non, augmenter l'amplitude n'augmente pas la fréquence. Non, le micro n'émet pas d'ondes sonores. Non, le chanteur ne diffracte pas les ondes et ne se comporte pas non plus comme un miroir. La comparaison entre la distance du chanteur au haut-parleur et la longueur d'onde n'a aucun sens ici.

D2. Il s'agissait seulement d'avoir une intensité pas trop élevée pour le premier rang, et pas trop basse pour le dernier. Quasiment aucun élève n'a vu que c'était dû à la nature sphérique de l'onde sonore émise par le haut-parleur. Certains ont divisé la puissance du haut-parleur par la surface du terrain de sport pour obtenir l'intensité. D'autres ont fait des hypothèses fantaisistes sur la diminution d'amplitude en fonction de la distance. D'autres ont utilisé la vitesse du son et sa fréquence pour déterminer une distance (qui n'est autre que la longueur d'onde) censée être la distance minimale du premier rang. Nous rappelons que toutes les distances ne sont pas interchangeables, ni les durées... Non, $d = v \cdot t$ n'est pas la solution à toutes les questions faisant intervenir une distance, une vitesse ou une durée.

D3. La question ouverte la mieux traitée, même si souvent mal expliquée, avec des applications numériques sans équations littérales. Rappelons qu'il faut donner un nom aux différentes grandeurs utilisées avant de les utiliser. Attention, si le deuxième chanteur apporte 3 dB de plus, ce n'est pas le cas du troisième, ni des suivants. 3 dB correspondant à un doublement de l'intensité sonore, donc du nombre de chanteurs.

E/ Base de données d'une école de musique

Le langage de l'algèbre relationnelle est quasiment inconnu des élèves, beaucoup de confusions pour le langage SQL

E1. SELECT n'est pas remplaçable par CHOICE, FIND, IMPORT ou autre.

E2. Une justification claire était attendue, et a souvent été donnée par les élèves ayant traité cette question. Pas de point sans justification.

E3. Près d'un quart des élèves ne comprend pas APRÈS ou INCLUS. WHERE n'est pas remplaçable par WHEN

E4. Peu d'élèves savent faire une jointure en donnant la condition de jointure ON.

(b) Il y avait 2 conditions à respecter.

E5. Très peu abordé.

F/ Isolation acoustique

Beaucoup d'élèves énoncent des résultats sans aucune justification numérique, ce qui est pénalisé.

F1a. $d = v \cdot t$ a encore été utilisé à tort et à travers, alors qu'un simple tracé aurait permis de retrouver la formule des fréquences propres. En l'absence (volontaire) d'indications de l'énoncé, le choix de conditions aux limites différentes à chaque extrémité a été accepté aussi bien que celui de conditions aux limites identiques. Très mauvaise gestion des chiffres significatifs.

F1b. Des erreurs malgré la simplicité de la question (*2 et *3 notamment).

F2. Trop peu de réponses argumentées par des valeurs numériques lues sur le graphe, ce qui est pourtant nécessaire.

F3. Même chose. Le but n'était pas de chercher le meilleur isolant, mais de trouver quel était l'isolant le moins cher qui permettait d'isoler suffisamment. Il fallait bien sûr regarder l'écart d'absorption entre le béton nu et les bétons isolés, et non l'absorption totale. Il était intéressant de s'intéresser à la pose d'un isolant phonique seul, même si la situation n'était pas envisagée sur le graphe à cause du prix plus faible.

G/ Mise en équation des ondes harmoniques

Même si la vérification des hypothèses est assez mal faite, la mise en équation est plutôt correcte.

G1a. Il est vain de partir de l'équation de Maxwell-Gauss pour répondre à cette questions, puisque le champ électrique n'est pas donné.

G1b. On ne peut pas comparer deux grandeurs qui n'ont pas la même dimension, comme les champs électrique et magnétique. On ne peut comparer que leurs effets, c'est-à-dire les forces.

G1c. Une application numérique du rapport des forces était demandée, pas la simple évocation de la faible masse de l'électron.

G1d. Il fallait utiliser le modèle du plasma, et non du conducteur ohmique : il n'y a pas de force de frottements dans un plasma dilué. Une intégration par rapport au temps n'est pas forcément une multiplication par t , cela ne marche que pour les constantes. A part ça et les forces non négligées alors que les questions précédentes le demandaient, un assez grand nombre de bonnes réponses.

G2. Beaucoup de bonnes réponses, mais certains élèves ne connaissent pas correctement les 4 équations de Maxwell.

G3. Mise en équation plutôt correcte, mais manque cruel d'explications du passage d'une ligne à l'autre, ce qui a été fortement pénalisé. Quelques truandages pour l'introduction de la pulsation de plasma et des erreurs de parenthèses. Certains établissent l'équation d'onde dans le vide, en supprimant allègrement la densité de courant électrique qu'ils se sont employés à trouver un peu plus tôt.

H/ Propagation des OPPH

H1. Établir, c'est monter, pas énoncer. Cependant, il ne faut pas repartir des équations de Maxwell, mais de l'équation d'onde, même si elle n'a pas été trouvée, puisqu'elle est fournie. L'identification des deux domaines n'a souvent pas été justifiée par la forme du vecteur d'onde et des solutions. Confusion entre les domaines.

H2. Il faut prendre le cas où le vecteur d'onde est imaginaire pur. Certains candidats disent que l'onde est évanescence alors que leur expression du champ électrique correspond à une onde progressive ou divergente.

H3. Les définitions des vitesses de groupe et de phase sont plutôt bien connues, mais leur calcul pose problème.

H4. Mauvaise lecture de l'énoncé pour un grand nombre de ceux qui ont répondu à la question : on ne demande pas de tracer un paquet d'onde (on est dans la partie OPPH, et c'est posé après), mais bien le graphe des deux vitesses en fonction de la pulsation.

I/ Propagation d'un paquet d'ondes émis par une antenne satellite

I1. La question porte sur la justification ou pas de l'utilisation des OPPH précédemment étudiées pour modéliser des ondes réelles. L'argument qui dit qu'on a pris des champs ne dépendant que de x est donc hors sujet.

I2. Pour le tracé, peu de réponses, mais presque toutes fausses : l'onde ne « sort » pas du paquet d'onde sous prétexte que les vitesses de groupe et de phase sont différentes ; la fréquence des oscillations ne change pas, pas plus que son amplitude puisque le milieu n'est pas absorbant ; le paquet d'onde ne s'étale pas et l'onde ne part pas non plus vers la gauche. Il faut plus soigner les figures.

Synthèse

Peu d'élèves ont proposé un commentaire et moins encore un commentaire pertinent s'appuyant sur les deux parties. « Les calculs sont plus compliqués quand ce n'est pas une OPPH » n'est pas une réponse recevable.

EPREUVE DE CHIMIE

Durée : 3 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème est structuré en deux parties indépendantes. La première partie, portant essentiellement sur la chimie inorganique, aborde quelques aspects de la chimie du cuivre. La seconde partie est consacrée à la synthèse du (-)-Diversonol.

La première partie propose dans un premier temps d'étudier l'hydrométallurgie du cuivre à travers différents documents permettant de comprendre le procédé industriel. Elle se poursuit avec l'étude de la structure cristalline du cuivre métallique et de l'équilibre binaire isobare solide-liquide d'un alliage cuivre-argent.

La seconde partie débute avec l'analyse des premières étapes de la synthèse du (-)-Diversonol. L'étude de cette synthèse permet de s'intéresser dans un second temps au procédé Wacker, adapté à la synthèse du (-)-Diversonol. La partie se termine sur les dernières étapes de la synthèse.

COMMENTAIRE GENERAL SUR L'EPREUVE

Le sujet de Chimie PC aborde des thèmes variés du programme des deux années de préparation : solutions aqueuses, cristallographie, thermodynamique chimique, chimie orbitale, chimie organique. Par ailleurs, le sujet, volontairement un peu long et constitué de nombreuses parties indépendantes, permettait aux candidats de ne pas être bloqués durant l'épreuve. Finalement le sujet permettait aux candidats ayant travaillé sérieusement au cours des années de préparation de montrer et mettre en œuvre les connaissances et compétences qu'ils ont acquises. Sur l'ensemble des copies, la grande majorité des questions ont ainsi été abordées et traitées.

La présentation des copies par les candidats a été dans l'ensemble soignée et des efforts d'orthographe et de syntaxe ont été constatés ce qui est très appréciable.

ANALYSE PAR PARTIE

Note : les pourcentages de réponses données sont calculés sur un échantillon de 200 copies

Partie A : Hydrométallurgie du cuivre

Cette partie repose sur l'étude de documents : description du procédé industriel d'hydrométallurgie du cuivre, diagramme potentiel-pH du cuivre, allure de courbes intensité-potentiel.

Si l'analyse du diagramme potentiel-pH a été traitée (A2. à A4.) correctement par 80% des candidats, la compréhension du procédé industriel s'est révélée plus problématique.

De nombreuses réponses manquent de précision. La plupart des candidats se limitent à des réponses vagues : « l'acide sulfurique attaque la gangue » (A1.), « le broyage facilite la réaction » (A2.) etc.

Les questions A7. et A8. ont été mal comprises des candidats (13 % de bonnes réponses) qui ont trop rarement exploité les valeurs de pH données. Les candidats ont pour la plupart calculé la quantité résiduelle en Fe^{3+} après ajout de chaux mais n'ont pas évoqué l'idée d'une surconsommation d'acide sulfurique en cas d'ajout excessif (et inutile) de chaux.

Les montages d'électroextraction (A9.) manquent trop souvent de cohérence : polarité du générateur, rôle des électrodes, sens du courant, présence d'un voltmètre, ampèremètre ou montage à trois électrode à la place du générateur etc. Les courbes intensité-potential ont été très peu exploitées (A10.).

La notion de résistance interne et des paramètres l'influençant semble inconnue des candidats (A11. et A12.).

On rappelle également aux candidats qu'une équation de réaction se doit d'être ajustée (A13.).

Partie B : Structure du cuivre métallique et alliages du cuivre

Cette partie a été bien traitée par une grande partie des candidats (40%). La plupart des candidats connaissent les résultats et les caractéristiques d'une maille CFC.

Il existe néanmoins des confusions entre coordinence et compacité (B1.) et entre compacité de la maille et masse volumique (B3). Les sites interstitiels sont correctement situés mais on constate de nombreuses erreurs dans le dénombrement des sites octaédriques (des oublis également du site octaédrique au centre de la maille).

De fréquentes erreurs de calcul, de conversion ou d'appréciation des ordres de grandeur ($10^{-10} \text{ m} < 10^{-11} \text{ m}$!) conduisent à des conclusions aberrantes. On rappelle que les sites tétraédriques ont un rayon toujours inférieur à celui des sites octaédriques (B5. et B6.).

Les zones du diagramme binaire sont bien identifiées par 63% des candidats mais les réponses manquent, encore une fois, trop fréquemment de précision. Il convient de préciser la nature (composition et état physique) et le nombre de phases, comme indiqué dans l'énoncé. À titre d'exemple, beaucoup de candidats se contentent de répondre : argent + cuivre liquide sans préciser si cela correspond à une phase unique ou deux.

40% des candidats savent que l'eutectique se comporte comme en corps pur mais peu le justifient par le changement d'état à température constante (à pression fixée) et l'influence de la pression sur les coordonnées de l'eutectique est peu évoquée.

De nombreuses erreurs ont été constatées à la question B10. car les candidats, se contentant de lire le cahier réponse et non l'énoncé, n'ont pas tenu compte du fait qu'on considérait le cas d'un alliage à 25% en cuivre.

Partie C : Formation du composé 6

À la question C1. la plupart des candidats citent à bon escient le rôle de base de l'ion carbonate mais ne le font pas intervenir correctement dans le mécanisme et ne reconnaissent une synthèse de Williamson. Malgré la précision de l'énoncé sur l'analogie iodométhane/diméthylsulfate, beaucoup de candidats écrivent des mécanismes fantaisistes faisant intervenir le cycle aromatique et l'atome de soufre.

Le jury s'étonne du manque de connaissances expérimentales des candidats (C2.). Les réponses manquent pour la plupart de précision. 85% des candidats se contentent d'indiquer que les étapes servent à purifier la phase organique sans préciser de quoi. Peu de candidats connaissent le nom d'un sel utilisé en pratique pour le séchage d'une phase organique.

Quelques imprécisions de langage sur l'analyse en spectroscopie infrarouge. On rappelle qu'une bande de vibration est attribuée à une liaison et non à une fonction chimique.

Par ailleurs, le vocabulaire acidité/basicité, nucléophilie/électrophilie n'est pas parfaitement maîtrisé des candidats pour lesquels il persiste certaines confusions (C4. et C5.).

Le mécanisme d'aldolisation (C6.) est connu de la plupart des candidats mais un grand nombre oublie l'étape ultérieure de crotonisation permettant d'expliquer correctement le spectre RMN (C7.). Des problèmes d'attribution des signaux devraient aiguiller les candidats vers d'éventuelles erreurs de structure, ce qui n'est pas forcément le cas.

Si l'hydrogénation catalytique (C8.) est plutôt bien connue des candidats (47%), la perte de la conjugaison de la fonction cétone a été peu évoquée (10% de bonnes réponses) pour interpréter les différences de spectre IR (C9.). La plupart des candidats ont attribué la première valeur donnée à la double-liaison C=C et non C=O.

La réaction de Wittig (C10.) est dans l'ensemble bien connue des candidats ainsi que les conditions de préparation de l'ylure de phosphonium.

À la question C10., le choix du solvant a rarement été justifié convenablement au regard du mécanisme proposé.

Partie D : À propos du procédé Wacker

À la question D11., seulement 7% des candidats ont correctement identifié le rôle du chlorure de cuivre (II). La grande majorité des candidats ont indiqué que CuCl_2 jouait le rôle de pré-catalyseur alors qu'il est bien indiqué dans l'énoncé que l'espèce catalytique ($[\text{PdCl}_4]^-$) est bien introduite dans le milieu.

Par ailleurs les réponses D2. et D3. manquent de cohérence. 50% des candidats reconnaissent une insertion (ou migration 1,2) mais beaucoup calculent une variation de nombre d'oxydation non nulle lors de l'étape (seulement 30% de bonnes réponses) !

L'influence d'un ligand chiral énantio-pur sur l'énantio-sélectivité de la réaction a été peu proposée (2%).

L'étude de l'influence des différents paramètres (pression, température, constituant gazeux inerte) sur la synthèse de l'éthanal (D6. à D8.) a été trop rarement conduite avec rigueur.

Nombre de candidats confondent constante d'équilibre et quotient réactionnel. En outre le principe de Le Chatelier est souvent cité (plus ou moins correctement) alors qu'il n'est pas au programme. Il en est de même pour la loi de Van't Hoff. L'influence de la température sur la cinétique de la réaction a rarement été évoquée.

Si l'association des orbitales de fragment aux orbitales moléculaires a été bien traitée par 33 % des candidats ainsi que l'identification de la HO et la BV de l'éthène, peu de candidats ont fait le lien avec la planéité de l'éthène, se contentant d'utiliser la théorie VSEPR (qui ne justifie que l'environnement plan de chaque carbone mais pas que l'ensemble des groupements soient dans un même plan).

À la question D12., les variations des niveaux d'énergie ne sont pas clairement représentées sur le diagramme. Le peuplement des orbitales du complexe (D13.) est généralement correct mais les notions de donation et rétro-donation sont très rarement évoquées par les candidats

pour interpréter l'évolution de la longueur de la liaison C=C de l'éthène. Enfin le caractère π -donneur du ligand Cl n'a été proposé que par 2% des candidats (D14.).

Partie E : Suite de la synthèse du (-)-Diversonol

Peu de candidats maîtrisent la rétrosynthèse (type de réaction, conditions expérimentales) (E1.) et une grande partie ne tiennent pas compte (ou ne comprennent pas) de l'indication de l'énoncé « en évitant des traitements acides ».

Par ailleurs le jury est surpris du peu de bonnes réponses (15%) à la question E2., montrant encore une fois le manque de connaissances expérimentales des candidats. L'indice D est souvent associé au caractère dextrogyre, 20, à un angle et l'unité indiquée est le plus souvent incohérente avec la loi de Biot ! Il existe également une confusion récurrente entre pouvoir rotatoire et pouvoir rotatoire spécifique d'une espèce. De même, à la question E3., beaucoup de candidats se sont limités à dire que la molécule était lévogyre sans répondre à la question posée. La relation de diastéréoisomérisation entre les composés 18 et 18' (E4.) est généralement identifiée mais rarement justifiée. Les conditions opératoires pour transformer un alcène en diol sont souvent incomplètes.

De même qu'à la question E1., la proposition d'une voie de synthèse (E5.) pose des difficultés à une majeure partie des candidats (4% de bonnes réponses).

Pour terminer, on rappelle que la représentation d'un mécanisme réactionnel (E7. et E8.) nécessite un formalisme rigoureux.

ANALYSE DES RESULTATS

Comme dans les précédentes sessions, le barème était adapté à la diversité et au grand nombre de questions. Néanmoins l'analyse de documents (hydrométallurgie de cuivre) a été globalement peu traitée par les candidats, qui préfèrent des questions plus « classiques » et plus proches du cours.

L'épreuve a permis de classer les élèves en utilisant l'ensemble de l'échelle de notation. Les notes obtenues reflètent une certaine hétérogénéité du niveau des candidats, les candidats maîtrisant les notions de base du programme obtenant des résultats tout à fait honorables. Le jury note également de très bonnes voire d'excellentes copies de candidats maîtrisant les aspects pratiques et théoriques de la chimie.

Le niveau d'ensemble est assez satisfaisant même si la restitution des connaissances est souvent superficielle et les raisonnements peu rigoureux dans de nombreuses copies.

Après un traitement mathématique ramenant le barème à 20, la moyenne de l'épreuve s'élève à 9,45/20 avec un écart-type de 3,82.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Les recommandations données par le jury lors des dernières sessions du concours restent toujours d'actualité. Parmi celles-ci, nous pouvons rappeler :

- La nécessité d'un **apprentissage approfondi du cours** : en particulier, doivent être connues parfaitement les définitions qui permettent d'avoir un langage scientifique clair et précis, les théorèmes et principaux résultats et les formules du cours avec leurs hypothèses, les démonstrations classiques, les réactions de la chimie organique avec leurs conditions expérimentales et leur mécanisme... ;

- La nécessité de l'**apprentissage des méthodologies** vues également en séances de **travaux pratiques**, car ne l'oublions pas, la chimie est une science expérimentale ;
- La nécessité de **lire consciencieusement les énoncés** et les protocoles expérimentaux afin de se les approprier ;
- La nécessité de l'apprentissage de l'honnêteté intellectuelle et de la **rigueur scientifique**, indispensables à de futurs ingénieurs ;
- La nécessité de maîtriser les bases de la langue française.