

# Rapport sur l'épreuve PC Physique et Chimie e3a-polytech 2020

## PARTIE PHYSIQUE

Durée : 2 heures

### PRÉSENTATION DU SUJET

L'épreuve durait 4 heures et comportait deux parties totalement indépendantes : physique et chimie. La grande majorité des candidats ont abordé ces deux parties, on déplore néanmoins plusieurs copies totalement blanches en physique et certains n'ont même pas rendu la totalité des copies ce qui peut conduire à supposer des pages perdues et engendre un retard inutile dans le traitement de la correction.

Ce sujet en trois traitait quelques aspects du système GPS. La première partie reprenait essentiellement des notions de cours de 1ère année sur la trajectoire des satellites ainsi que quelques questions de culture générales scientifique sur l'application des satellites. La deuxième partie était destinée à estimer des ordres de grandeur de précision de mesure de durée et de distance puis de modéliser un quartz horloger par son circuit électrique équivalent. Le montage complet de l'oscillateur était prévu dans une première version du sujet mais a été supprimé au vu de sa longueur. La troisième partie reprenait une partie de cours de 2<sup>ème</sup> année sur la propagation d'un OEM plane dans un plasma pour en déduire l'influence de l'ionosphère dans les erreurs de mesure puis de proposer une méthode de correction effectivement utilisée dans le système GPS.

Dans l'ensemble, les différentes parties ont été abordées. On demandait plusieurs fois de retrouver des résultats du cours, ce qui doit être fait avec rigueur. De nombreuses applications numériques permettaient de quantifier les résultats et de tester les candidats sur leur sens physique et leur esprit critique. L'épreuve demandait également à plusieurs occasions d'exploiter certaines données dans le texte de l'énoncé, et ce de manière quantitative.

On rappelle qu'une certaine honnêteté de la part des candidats est requise dans les réponses attendues par les correcteurs : il est tout à fait contre-productif de tenter par n'importe quel procédé de retrouver un résultat donné dans l'énoncé en passant par des étapes « mathématiquement fausses ». Il faut également insister sur le fait qu'un minimum de clarté et de soin dans la rédaction est attendu ; de longs calculs qui n'aboutissent pas sans aucune indication sur ce qui est entrepris ne rapportent aucun point.

Après traitement informatique, la moyenne s'élève à xxx sur 20, avec un écart-type de xxx.

## ANALYSE DES DIFFÉRENTES PARTIES

### Partie A : Trajectoire des satellites

Q1 - Question élémentaire de cours de 1<sup>ère</sup> année, souvent TB , quelques idées saugrenues avec  $1/4\pi$  .. des r au cube et plusieurs erreurs de confusion entre le rayon r et l'altitude h .

Q2 - La démonstration de la trajectoire plane est rarement bien menée, on se contente souvent d'affirmer « la force ne dépend que d'un seul paramètre « r » , donc la trajectoire est plane » . Quand le cours est connu, les expressions de A et B sont données correctement.

Q3 - Etude de la fonction avec son minimum souvent bien traités. L'application numérique est par contre peu traitée, à cause de la question précédente où A et B n'ont pas été déterminés.

Q4 - Application numérique souvent fausse.

Q5 - Le cours donnant l'expression correcte de l'énergie mécanique  $E_m$  est rarement donné. Il y a souvent une erreur sur  $E_p$  puis dans la somme avec  $E_c$  quand on tente de retrouver la formule bien que la démonstration n'était pas demandée. Très rarement on a eu la bonne valeur numérique. Plusieurs fois, on a trouvé la remarque que  $E_m < 0$  était impossible puisque son minimum était 0.

Q6 - Souvent bien traité. Bien qu'on ait vu des calculs de dérivée bizarres tenant de justifier que la valeur optimale de  $\lambda$  était autour de  $45^\circ$  ou bien que sur le sol le satellite étant immobile son énergie cinétique devait être nulle.

Q7 - Très peu traitée.

Q8 - Très peu traitée, les rares tentatives ont se sont basées sur des différences d'énergie potentielle alors que l'altitude est quasi-constante pendant cette phase très courte dite de « boost ».

Q9 - Très peu traitée, des résultats fantaisistes de quelques secondes à plusieurs jours.

Q10 - La majorité savent qu'il y a une notion « d'immobilité » liée au satellite géostationnaire mais peu savent l'expliquer précisément et pensent qu'il peut rester « fixe » au dessus de de la France.

Q11 - Peu traitée.

## Partie B : Oscillateur à quartz

Q12 - Souvent très bien explicitée, quelques erreurs de conversion de J en eV

Q13 - Application évident et basique de  $v = d/t$  , souvent bien expliquée en se basant sur le nombre de chiffres significatifs du texte définissant la seconde.

Q14 - Bien traitée, en général, bien que certains se sont cru obligés de faire intervenir la vitesse d'un voiture sur l'autoroute et en déduire des conclusions farfelues.

Q15 - Assez souvent bien comprise et traitée, toujours en lien avec un nombre de chiffres significatifs dans la mesure d'une durée...

Q16 - Le calcul de la mise en parallèle du condensateur  $C_p$  avec le circuit série  $L - C_s$  a semblé insurmontable à la majorité des candidats et les expressions correctes des deux pulsations caractéristiques ont été rarement trouvés.

Q17 - Il s'agissait ici de véritables valeurs d'un quartz horloger qui ont été mesuré très précisément. On attendait simplement qu'on cite  $L$  et/ou  $C_s$  .

Q18 - La bonne valeur numérique a été rarement trouvée. On a parfois trouvé des propositions de comparaison avec une bande passante qui n'ont pas lieu d'être ici. En fait ce très faible écart relatif est lié à la relative stabilité et précision de l'oscillateur à quartz mais cela n'était nullement demandé aux candidats.

Q19 - L'idée correcte du traitement informatique pour arriver à synthétiser très simplement la seconde a été assez souvent citée.

## Partie C : Influence de l'ionosphère

Q20 - En général bien traitée, mais on a vu trop souvent des comparaisons fantaisistes sans aucun respect des unités du genre « la masse de l'électron est faible devant le champ électrique » , ou simplement « la valeur numérique de la masse de l'électron est très petite, donc on peut négliger son poids ». Les expressions correctes de la force électrique et magnétique sont parfois mal connues.

Q21 - Le cours qui permet d'aboutir à l'expression correcte de la conductivité a été en général bien traitée, mais trop rarement a été cité le transfert de puissance nul.

Q22 - Cours bien connu en général et équations de Maxwell avec démonstration pour arriver à  $k$  bien menée. Une des questions les mieux réussies.

Q23 - Souvent on se contente juste de dire que si  $z$  augmente, la densité de particules diminue.

Q24 - Application numérique juste en général, parfois avec une unité fautive. La bonne justification de la bande passante a été rarement donnée.

Q25 - La définition de la vitesse de phase est bien connue et l'expression de l'indice  $n$  souvent bien trouvée. On a vu trop rarement la remarque que  $n < 1$ , on se contente souvent de dire banalement «  $n$  dépend de  $f$  ».

Q26 - Le développement limité était donné dans l'annexe et a été souvent utilisé avec profit sauf l'application numérique.

Q27 - On a trouvé rarement les bonnes justifications du trajet. Comme il n'y avait que deux réponses possibles, en jouant à pile ou face, on répondait juste à 50%.

Q28 - Rarement abordée et très peu de bonnes démonstrations.

Q29 - Quelques tentatives suscitées par la facilité de lecture de la figure 6, mais rarement couronnées de succès.

Q30 - Très rarement abordée.

Q31 - On a eu la bonne surprise de trouver quelques bonnes idées mais assez peu fréquentes. Trop souvent, on trouvait des pages entièrement blanches sur cette partie.

## PARTIE CHIMIE

Durée : 2 heures

### PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet proposait aux candidats d'étudier différents aspects de la chimie du dihydrogène à travers trois parties totalement indépendantes et faisait appel à des connaissances des programmes de chimie de première et de deuxième année. La première « le dihydrogène, un vecteur d'énergie verte » (Q32-Q40) permettait d'aborder la problématique de la production et de l'utilisation du dihydrogène comme source d'énergie. Les candidats étaient amenés à y étudier un système combiné pile/électrolyseur nécessitant des connaissances sur la thermodynamique et la cinétique des réactions d'oxydoréduction. La seconde partie « stockage du dihydrogène : étude du phénomène d'adsorption » (Q41-Q49) s'intéressait aux phénomènes de physisorption et de chimisorption du dihydrogène sur une surface métallique au travers d'une réflexion qualitative sur les forces intermoléculaires impliquées et l'analyse quantitative d'un modèle cinétique. Enfin, la dernière partie « synthèse totale de la Japonilure » (Q50-Q62) avait pour objectif d'évaluer les candidats sur leurs connaissances en chimie organique (stéréochimie, écriture de mécanismes réactionnels, analyse spectroscopique...). Ils étaient amenés à y étudier la synthèse d'une phéromone nécessitant l'emploi du dihydrogène comme réactif.

## COMMENTAIRES GÉNÉRAUX ET CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Chacune des trois parties de l'épreuve de chimie était de difficulté progressive. Elles commençaient par des questions ou applications directes du cours (environ 40% du sujet), se poursuivaient par l'analyse de documents, de graphiques ou de modèles (environ 50% du sujet) et se terminaient par une question plus ouverte (**Q40**, **Q49** et **Q61**).

Il est rappelé aux candidats que la connaissance des capacités exigibles au programme est nécessaire à la réussite de l'épreuve. Elles sont, pour beaucoup, mal assimilées et en particulier celles du programme de première année.

Le barème comprenait des points pour récompenser les candidats ayant : traité des parties dans leur ensemble, rédigé leur copie avec soin (lisibilité, orthographe, syntaxe...) et rigueur (respect des chiffres significatifs...).

La démarche des candidats dans la résolution des questions plus ouvertes a été valorisée.

Le sujet complet comprenant deux parties (physique et chimie), il faut veiller à bien répartir son temps. Il est ainsi dommage d'observer que beaucoup de questions élémentaires n'ont pas été abordées.

### ANALYSE DES DIFFÉRENTES PARTIES

A. Le dihydrogène, un vecteur d'énergie verte

**Q32** - Cette question de cours a été bien traitée par la grande majorité des candidats.

**Q33** - Il était possible d'obtenir le résultat en combinant les demi-équations obtenues précédemment et en sachant que la réaction de fonctionnement associée à une pile est thermodynamique favorisée (conversion d'énergie chimique en énergie électrique) contrairement à celle d'un électrolyseur (conversion d'énergie électrique en énergie chimique). On rappelle qu'une équation bilan d'oxydo-réduction implique un transfert électronique, aucun électron ne doit donc y apparaître. L'identification du comburant et du combustible pour la pile pouvait être faite en exploitant l'indication du **document 1** « une telle pile peut donc, en théorie, fonctionner indéfiniment tant que l'on apporte le combustible à l'anode et le comburant à la cathode ».

**Q34** - Une très faible minorité des candidats a su exploiter le **document 1** et les réponses aux questions précédentes pour compléter le schéma correctement. Beaucoup ont cependant partiellement répondu à cette question mais souvent avec de nombreuses incohérences. Il n'est, par exemple, pas admissible d'invoquer  $H_{2(g)}$  ou  $O_{2(g)}$  comme porteur de charge dans les électrolytes alors même que ces espèces sont neutres.

**Q35** - La courbe intensité-potential a souvent été bien complétée. L'absence de paliers de diffusion n'a cependant été bien justifiée que par une minorité des candidats.

**Q36** - Cette question de cours a été moyennement réussie. Si beaucoup de candidats connaissent une méthode pour déterminer la constante d'équilibre d'une réaction d'oxydo-réduction, peu

arrivent à mener leur calcul jusqu'au bout sans erreur. Il est important de toujours vérifier la cohérence de son résultat, en particulier ici, une constante d'équilibre  $\ll 1$  est attendue pour la réaction associée à l'électrolyseur. On rappelle par ailleurs que cette grandeur est intrinsèque à la réaction considérée à une température donnée mais n'est en aucun cas modifiée par l'application d'une tension. De l'énergie électrique est apportée pour forcer la réaction.

**Q37** - Cette question a été bien traitée par la grande majorité des candidats. Il était appréciable qu'ils fassent apparaître  $U_e$  sur la courbe intensité-potentiel de la question **Q35** pour justifier leur réponse.

**Q38** - Seulement la moitié des candidats ayant abordé cette question a obtenu la totalité des points. L'équation de Nernst est pour beaucoup mal maîtrisée. Certains candidats n'ont pas su déterminer la valeur numérique  $E_{eq}(H^+/H_2) = 0 \text{ V}$  avec son unité. Il fallait pour cela noter que l'expérience décrite dans le **document 3** avait été réalisée en simulant la membrane échangeuse de protons par une solution d'acide chlorhydrique (acide fort) à  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Q39** - Les candidats ont souvent su déterminer le matériau le plus adapté pour l'anode et la cathode. La lecture graphique des surtensions a parfois posé problème (erreur de signe ou manque d'unité).

**Q40** – Cette question plus ouverte a été abordée par peu de candidats. En exprimant l'équation associée à une source non-idéale de tension sous la forme  $I = f(U_p)$ , on pouvait conclure que le modèle de Thévenin était valide dans la zone B. Les résistances internes se déterminaient à partir des pentes des droites dans cette zone en faisant attention aux unités. Les candidats ayant répondu à cette question ont souvent oublié de convertir les mV en V pour obtenir une résistance en  $\Omega$  et très peu ont invoqué l'effet Joule pour justifier le choix des couches catalytiques de  $0,7 \text{ mg.cm}^{-2}$  présentant la plus faible résistance interne.

#### B. Stockage du dihydrogène : étude du phénomène d'adsorption

**Q41** - Le nom et l'orthographe des interactions de Van der Waals ne sont pas connus par tous. La maîtrise des paramètres moléculaires (polarisabilité et polarité) dont elles dépendent est encore moins acquise.

**Q42** - La question de cours précédente ayant été très peu réussie, les candidats ont trop souvent invoqué une interaction au hasard sans justification. On attendait ici une discussion autour de la polarité/polarisabilité des systèmes pouvant interagir.

**Q43** - Cette question concluait l'étude qualitatif du phénomène de physisorption impliquant l'interaction de London entre deux systèmes apolaire/polarisable. Seulement de très rares candidats ont su rattacher l'évolution de l'énergie de stabilisation par physisorption à la polarisabilité de l'adsorbat.

**Q44** - Peu de candidats ont montré une compréhension claire du graphique. En se basant sur les notions vues pour la conception des profils énergétiques de cinétique chimique, il était possible de déterminer une énergie de  $80 \text{ kJ.mol}^{-1}$  pour passer d'une position stable (= fond d'un puits de

potentiel) de physisorption à une position stable de chimisorption dissociative pour laquelle on pouvait lire  $l_{Ni-H} = 0,16$  nm.

**Q45** - Cette question a souvent été bien traitée. Les unités dérivées du système international étant autorisées, le plus simple était donc d'utiliser celles mentionnées dans l'énoncé soit  $k_a$  en  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$  et  $k_d$  en  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Certains candidats ont perdu du temps en convertissant les Pa en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$  ou en  $\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**Q46** - L'équation différentielle du 1<sup>er</sup> ordre avec second membre constant a souvent été identifiée mais sa résolution pose problème à trop de candidats. La maîtrise des outils mathématiques de base est nécessaire pour la réussite aux épreuves scientifiques.

**Q47** - Les candidats ayant résolu l'équation différentielle sans erreur n'ont eu aucun problème pour répondre à cette question. Il était également possible d'y répondre sans l'avoir résolue en sachant qu'à l'équilibre thermodynamique  $v_a = v_d$ .

**Q48** - Cette question a été particulièrement mal traitée. Les candidats ne font pas la distinction entre la variance et le nombre de degré de liberté d'un système. Ici, l'identification des trois paramètres intensifs T, P(H<sub>2</sub>) et  $\theta$  et la relation les reliant, obtenue à la question précédente, permettaient de trouver une variance de 2. Si l'expérimentateur décidait de fixer la température du système (système isotherme), le nombre de degrés de liberté associé serait de 1.

**Q49** - Cette seconde question plus ouverte n'a été abordée que par une très faible minorité de candidats et la plupart d'entre eux n'ont pas proposé une démarche scientifique valorisable. Une possibilité était d'établir une forme linéaire des deux équations  $\theta_{eq} = f(P(H_2))$  associées aux phénomènes de physisorption et de chimisorption dissociative puis de tracer les courbes adaptées à partir des valeurs du **document 6**. Les résultats des régressions linéaires (coefficient de corrélation, ordonnées à l'origine, répartition visuelle des points expérimentaux autour de la droite modèle...) pouvaient ensuite être discutés en lien avec les deux modèles. Celui de physisorption rendait ici mieux compte des résultats expérimentaux.

### C. Synthèse de la Japonilure

**Q50** - Cette question a été abordée par quasiment tous les candidats et a souvent été partiellement bien traitée (stéréoisomères manquants, relations stéréochimiques manquantes ou fausses...). On rappelle que les mentions « stéréoisomères de configuration » ou « isomérisme Z/E » entre deux stéréoisomères, bien que correctes, ne sont pas considérées comme des relations de stéréoisomérisme, il était attendu les mentions « énantiomères » et « diastéréoisomères ».

**Q51** - La fonction acétal créée n'est presque jamais mentionnée. Beaucoup de candidats l'ont confondue avec la fonction éther-oxyde. Les propriétés de l'APTS ne sont en général pas connues alors que c'est un catalyseur acide souvent employé pour la réaction d'acétalisation. Malgré le rappel de sa formule dans le tableau introductif, certains candidats l'évoquent comme « aprotique » montrant ainsi leur méconnaissance de cette réaction.

**Q52** - Cette question a été bien traitée. Quelques rares candidats mentionnent tout de même la synthèse d'un organomagnésien à partir du cation  $Mg^{2+}$ .

**Q53** - L'équation bilan associée au couplage de Wurtz (impliquant le bromoéthane) a souvent été écrite correctement. Concernant une précaution opératoire à appliquer pour le limiter, beaucoup de candidats ne précisent pas quel réactif doit être introduit au goutte à goutte dans le ballon. Attention à bien lire les questions, mentionner la nécessité d'un milieu anhydre ici ne rapportait pas de points.

**Q54** - Beaucoup de candidats ne connaissent pas la réactivité des organomagnésiens sur les alcynes vrais. Les mécanismes sont trop souvent écrits avec un manque de rigueur.

**Q55** - Les pKa fournis à la page « données numériques » permettaient de justifier thermodynamiquement la formation de l'alcoolate **3'**. Peu de candidats ont identifié la nature du composé **3'**.

**Q56** - Cette question a été globalement bien traitée. L'emploi de  $LiAlH_4$  devait mettre les candidats sur la voie d'une réduction de **3** en **4**.

**Q57** - Le terme « lévogyre » a souvent été mentionné. On rappelle cependant que c'est le plan de polarisation de la lumière polarisée rectilignement qui tourne et non la lumière ou encore la molécule. La majorité des candidats a su identifier les stéréodescripteurs des deux carbones asymétriques du (-)-DET mais sans toujours le justifier en indiquant l'ordre de priorité associé à leurs substituants.

**Q58** - Le calcul du nombre (degré) d'oxydation n'est globalement pas bien maîtrisé. Certains candidats arrivent à conclure que la transformation est une réduction de **4** en **5** alors que la transformation mise en jeu est une époxydation.

**Q59** - La transformation de **7** en **8** consiste en la protection de l'alcool secondaire et la déprotection de l'alcool primaire de **7** afin de pouvoir réaliser une oxydation sélective de la fonction alcool primaire en acide carboxylique. Attention à ne pas confondre le groupement -TBS qui est protecteur avec le groupement -Ts qui est activateur.

**Q60** - Le mécanisme d'estérification n'est pas connu pour la plupart des candidats. En particulier très peu font intervenir les étapes clés d'addition nucléophile suivi d'une élimination. Certains candidats écrivent le mécanisme en milieu basique alors que l'APTS est utilisé. Seulement une minorité des candidats a indiqué la stéréochimie finale du composé **11**.

**Q61** - Cette question plus ouverte a été abordée par la moitié des candidats environ et a plutôt été bien traitée. On pouvait justifier l'identification des spectres avec le nombre total de protons entre les molécules **11** (22) et **12** (24). Pour savoir si la Japonilure avait belle et bien été obtenue, il fallait se pencher plus en détail sur la comparaison des spectres et identifier le signal associé aux protons de la fonction alcène.

**Q62** - Cette question a été bien traitée lorsqu'elle a été abordée.