

# Oral anormal – médecine-sciences 2020

Bonjour à toi, qui vient de se motiver à passer le concours ! Bon courage pour la préparation du dossier et des oraux !

Le document que tu as devant toi est un recueil de témoignages sur les oraux de l'année dernière. Il ne vise absolument pas à remplacer les rapports du jury qui sont publiés ici et qui servent de référence :

<https://www.enseignement.biologie.ens.fr/spip.php?article116>

Avant de parler des oraux, il faut tout d'abord vous présenter la première phase du concours : l'étude des dossiers. Les dossiers d'admissibilité sont composés de trois parties majeures

- Votre lettre de motivation, ancrée dans le concret : c'est elle qui est la clé de votre admissibilité. Il faut y mettre en valeur votre volonté, vos raisons pour la candidature, vos qualités et les possibilités que le programme vous offrira
- Vos résultats académiques (du Bac à la deuxième année) : il s'agit essentiellement de vérifier votre capacité de travail, déjà mise en lumière par votre réussite de la PACES
- Les lettres de recommandation : Il s'agit d'un pilier de votre candidature. Il importe donc plus d'avoir des lettres personnalisées de figures compétentes et qui vous connaissent (ex. profs de lycée) que d'avoir une farandole de lettres.

En plus de cela, le dossier contient un CV qui a pour but de mettre en valeur vos engagements scientifiques et extra-scientifiques.

Pour vous aider dans la préparation de votre dossier, l'AMPS (association des étudiants en médecine ou pharmacie dans un double cursus) devrait normalement proposer un tutorat pour les dossiers.

Les oraux pour l'admission au cursus médecine-sciences sont au nombre de 4 : un oral de biologie (coefficient 1,5), chimie (coefficient 1), physique (coefficient 1) et un entretien motivationnel (coefficient 2). Voici un tableau récapitulatif des programmes et des supports que nous conseillons pour la préparation :

	Biologie	Chimie	Physique
Programme officiel	Programme de PACES (BCPST sauf biologie végétale)	Programme de PACES + Programme de lycée	Programme de PACES + Programme de lycée
Support conseillé	Livre de BCPST (Biologie tout-en-un, Peycru, Dunod) en complétant avec des cours de PACES qui sont plus détaillés	Cours de PACES (Chimie fondamentale, Chottard, Editions Méthodes) en s'entraînant avec des livres de BCPST ou PCSI (Le lavoisier PCSI avec des exos types oraux des grandes écoles), les cours de Paul Arnaud  Sites d'exos : <a href="http://chimie-pcsi-jds.net/">http://chimie-pcsi-jds.net/</a>	Cours de PACES (Approche physique du transport de la matière dans les milieux biologiques, Urbach, Ellipses, Exercices corrigés de Feynman, la physique dans le mille pour la cinétique et les référentiels) avec des exercices de BCPST ou de PCSI

Cette année, les épreuves étaient un peu particulières. A cause de la crise liée au covid-19, les entretiens ont eu lieu à distance par visioconférence. Le format de certaines épreuves a donc légèrement changé. Je vous invite par conséquent à ne pas vous limiter à la lecture de ce document

mais également d'aller voir celui de l'année précédente pour avoir une idée du déroulement en présentiel.

## Table des matières

Entretien motivationnel.....	3
Epreuve de biologie.....	7
Epreuve de chimie.....	11
Epreuve de physique.....	19
Quelques contacts utiles .....	28

## Entretien motivationnel (coefficient 2)

L'entretien motivationnel, comme l'indique si bien son nom, a pour but d'apprendre à vous connaître, de voir votre motivation et vos envies. Il s'agit à mon avis de l'entretien le plus important des trois. Toutefois, cela ne veut pas dire qu'il faut que vous ne prépariez que celui-ci et changiez votre personnalité tout entière pour cet oral. Il s'agit d'être authentique et de faire sortir votre curiosité naturelle qui vous a amenée jusqu'ici.

### Comment se déroule l'épreuve ?

L'épreuve comporte deux parties : une première d'analyse d'article et une deuxième d'entretien sur vos motivations. Il s'agit du seul oral où le jury est composé de plusieurs personnes. Vous serez ainsi face à 5 chercheurs et médecin-chercheurs.

Dans un premier temps, un résumé d'un article scientifique vous est fourni. Vous avez 10 minutes pour réfléchir à ce résumé et préparer un petit point sur celui-ci. Puis l'épreuve commence. On vous demande tout d'abord de résumer rapidement l'article en question et une discussion sur l'intérêt de cette découverte, les méthodes utilisées et les limites éventuelles commence entre vous et le jury suit. Cette première partie comprend environ 10 minutes de l'épreuve.

Les 20 minutes suivantes sont dédiées à des questions sur votre motivation. Généralement, on vous demande de vous présenter et d'expliquer pourquoi vous êtes là. Puis des questions assez classiques sur votre CV et vos projets professionnels suivent. En voici quelques-unes qui sont assez redondantes et aux quelles vous pouvez préparer des petites réponses :

- Pourquoi ne pas avoir choisi une prépa BCPST ?
- Qu'est-ce qui fait d'après vous un bon chercheur ?
- Avez-vous prévu de faire une thèse précoce ?
- Quels cours souhaitez-vous prendre l'année prochaine ?
  
- Quels sont les thèmes de recherche qui vous intéressent ? (et les détailler)

### Témoignages

*L'entretien de motivation scientifique était mon premier oral. L'épreuve commence par 15 minutes de préparation pour la partie sur l'abstract d'article. J'ai eu un article sur la régulation de la protéine Tau par le cycle éveil / endormissement. 15 minutes, j'ai trouvé ça long, donc prenez bien votre temps pour lire l'abstract, puis réfléchissez à ce que vous allez dire et aux questions qu'on peut vous poser (un autre modèle animal par exemple ?). Ensuite, on passe à l'entretien en lui-même. Les dix premières minutes sont consacrées à l'article. On le présente puis on nous pose quelques questions. Les examinateurs sont très bienveillants et aident à réfléchir. Sur la partie entretien en elle-même on m'a posé les questions suivantes :*

- Pourquoi êtes-vous là ?
- Qu'est-ce que c'est pour votre « être normalienne » ?
- Aviez-vous prévu un stage en laboratoire cet été ?
- Pourquoi seriez-vous un atout pour la formation MS ?
- Pourquoi faire l'ENS en plus du double-cursus présent dans votre université ?
- Quels cours souhaitez-vous faire l'an prochain ?
- Quelle matière ne souhaitez-vous pas faire ?
- Quelles disciplines envisagez-vous de faire en médecine ?
  - o Pour cette question, s'il y a des sujets de recherche, réfléchissez-y avant, on peut vous demander ce que c'est !

L'entretien scientifique fut le dernier de mes 4 oraux. L'avantage des entretiens en visioconférences c'est avant tout que nous n'étions pas en face à face avec les 5 chercheurs (de l'ENS, l'Institut Pasteur et l'Institut Curie) qui font office de jury, ce qui est, avouons-le, est bien moins impressionnant qu'un entretien en présentiel. Les 10 premières minutes dédiées à l'analyse d'article se sont bien déroulées (comme pour la plupart des autres candidats il me semble). Ensuite a commencé l'entretien de motivation. J'ai alors dû répondre à des questions concernant mon projet, mes raisons d'intégrer l'ENS, ce que l'école peut m'apporter et sur ce que je pourrais à mon tour apporter à l'école. Cet entretien s'est particulièrement bien déroulé et c'est probablement grâce à lui que je suis là aujourd'hui. Préparez bien cet oral, à ne surtout pas négliger c'est à mon avis le plus **important**. Entraînez-vous à parler de vous et de ce que vous voulez faire, et surtout si vous êtes vraiment motivés, montrez le ! Ne vous en faites pas pour cet oral, le sujet principal, c'est vous-même, et vous êtes les mieux placés pour en parler !

.....

J'ai eu un article sur le lien entre l'endocytose des feuillettes bêta amyloïdes et les maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer. J'ai présenté l'article en suivant ce plan que j'avais pris dans les récits de l'oral aNormal des années précédentes :

- **Sujet de recherche** : Introduire le sujet en parlant de ce que l'on sait déjà
- **Problématiques** : Mettre en évidence ce qu'il reste à prouver, en somme, la question que se posent les chercheurs.
- **Méthodes** : Présenter les méthodes et techniques utilisées par l'équipe pour répondre à la question. Pour les manipulations non évoquées dans l'abstract, on peut proposer ce que l'on ferait pour répondre à leur problématique
  - o Il faut donc connaître les grandes techniques de laboratoire : Western Blot, PCR, méthodes d'édition du génome (clonage, création de KO, KD, KI, etc.), inhibition enzymatique, immunofluorescence, séquençage du génome, etc.
- **Résultats** : Présenter les résultats obtenus. Montrer la portée de leurs résultats : à quoi pourraient-ils servir, qu'apportent-ils au champ de la biologie ? Quels sont les enjeux sous-jacents ?
- **Limites** : Témoins et contrôles suffisants ? Pertinence du modèle dans son contexte ? Qu'auriez-vous fait à la place des chercheurs pour répondre à la problématiques et ses enjeux ? On peut alors évoquer les résultats auxquels on se serait attendu.
- **Ouverture** : On peut aborder ce qu'il reste à faire pour avoir une réponse.

On m'a ensuite posé des questions plus précises sur les méthodes expérimentales présentées dans l'article.

En ce qui concerne la partie motivation, le jury s'est beaucoup appuyé sur ma lettre de motivation. Ils m'ont demandé comment je me voyais dans 10 ans. Il m'a semblé qu'ils voulaient que j'ai un projet plutôt réaliste, puisqu'ils m'ont demandé si pour moi il était réellement envisageable de faire de la chirurgie et de la véritable recherche scientifique. On m'a également demandé si je souhaitais faire une thèse précoce. On m'a posé des questions sur les cours que j'aimerais prendre en dehors du département de biologie à l'ENS. Enfin, le jury m'a demandé si moi j'avais des questions à leur poser. J'avais beaucoup préparé cet oral, et j'avais préparé des réponses pour la plupart des questions qu'on m'a posé ce qui m'a permis d'être très à l'aise. Je conseille donc de bien relire sa lettre de motivation, et de bien parcourir le site de l'ENS.

.....

Après mon oral de biologie, j'avais presque abandonné tout espoir de réussir les épreuves (pas génial avant un oral de motivation) mais je n'ai pas baissé les bras et je me suis efforcée de donner le meilleur de moi-même pendant cet oral.

L'oral commence par la présentation d'un abstract sur le transport vésiculaire entre neurones que l'on vous fournit 10 minutes avant le début de l'épreuve. Lorsque je suis entrée dans la salle, les examinateurs m'ont tout d'abord demandé de faire un résumé de celui-ci. Il s'agit simplement de

rappeler le contenu de l'abstract et de donner quelques limites de l'article en question. Puis l'examinateur m'a posé des questions sur les implications de l'étude citée et les possibles applications de celle-ci.

Après environ 10 minutes, nous sommes passés à la partie entretien de motivation. Après m'avoir demandé de résumer rapidement ma motivation, le jury m'a posé des questions sur mes choix de modules, ma motivation à faire une thèse précoce, mon stage d'été et les qualités d'un bon chercheur. Ces questions sont très classiques et je vous conseille vivement de les préparer et de vous entraîner à y répondre de manière fluide mais authentique.

Le jury était bienveillant. Seules deux des 5 personnes présentes m'ont posé des questions et les légers traits d'autodérision que j'ai inclus dans certaines de mes réponses les ont fait rire.

.....

Mon abstract portait sur des bactéries du microbiote produisant du GABA. Ils ne m'ont pas interrompu et m'ont ensuite posé des questions sur des détails, je ne savais pas toujours répondre. Puis on est passés aux questions de motivation, allant de "pourquoi voulez-vous l'ENS" à "pourquoi avoir choisi la médecine plutôt qu'une prépa", en passant par "quels cours voudriez-vous prendre si vous étiez pris". Je pense qu'il faut vraiment préparer des réponses aux questions qui seront forcément posées, pour être sûr d'être clair et de dire tout ce qu'on veut dire. Ils posent tous les ans à tout le monde la même question « Quelle est pour vous la qualité principale pour un chercheur ? ». Moi c'est la dernière qu'ils m'ont posée, et je conseillerais de préparer à l'avance une réponse un peu développée : ça peut permettre de vraiment laisser une bonne impression à la fin de l'oral, même en ayant bégayé sur certaines questions avant !

.....

Cet oral était donc en 2 parties : une première consistant en une analyse d'abstract (résumé) d'article de recherche en biologie récent (~ 10 min de préparation + quelques min d'exposé + quelques min de questions), et une deuxième de questions sur la motivation personnelle à intégrer le cursus. Lors de mes premières lectures de l'abstract, je n'ai pas compris grand-chose à l'article, qui traitait de la création de pores dans des membranes lipidiques cellulaires par des rayonnements ionisants. Ensuite, j'ai commencé par en faire un bref résumé aux examinateurs ; je pense avoir été assez confus. J'ai ensuite eu plusieurs questions : Quelles sont les cellules sur lesquelles sont réalisées les expériences ? (C'était dans le titre de l'article, mais j'ai paniqué et je ne retrouvais pas l'information.) Quel intérêt d'utiliser ce type de cellules plutôt qu'un autre ? Quelles sont les potentielles applications en clinique d'un article aussi fondamental ? J'ai eu aussi plusieurs questions portant sur des détails de l'abstract. Il est difficile de se préparer spécifiquement à cette partie de l'oral ; je pense que le fait de lire quelques articles de grands journaux scientifiques (comme vous serez peut-être amenés à le faire durant votre 2<sup>e</sup> année de méd/pharma(/odonto ?), notamment si vous prenez des cours de M1) et de bien réviser la biologie pour l'épreuve de biologie suffisent largement, d'autant plus que le temps alloué est très court ; il faut rester synthétique et faire preuve d'imagination pour répondre aux questions ouvertes. On vous l'a sûrement déjà dit mais il faut monter que vous réfléchissez, pas seulement que vous savez : si vous avez même une vague hypothèse, dites-le. Voici quelques questions que j'ai eu durant la 2<sup>nd</sup>e partie (aucune question "piège" !) : Présentez-vous. Pourquoi venir à l'ENS ? Quels type de cours voudriez-vous y suivre ? Que vous a apporté l'École de l'INSERM ? (+ de la moitié des admis cette année venaient de l'Édl). Quelle est votre méthode d'apprentissage ? Préférez-vous travailler seul ou en groupe ? Sur quoi voulez-vous porter vos travaux de recherche plus tard ? Pouvez-vous citer un article qui vous a intéressé ? Avez-vous un stage prévu et qu'allez-vous y faire ? (Là j'ai bafouillé que j'avais un stage prévu mais virus oblige, je ne savais pas encore en quoi il consisterait car c'était au point mort.) Comment vous êtes-vous débrouillé pour trouver votre stage/pour aller visiter des labos en P2 ? (J'avais visité 3 ou 4 labos de neurosciences dans différents instituts, en contactant directement les chercheurs. Il faut y aller au culot.) Je vous conseille de faire une synthèse de toutes les questions d'Oral aNormal et de préparer des réponses assez précises). Et ne balancez pas des noms au hasard : si vous dites que tel laboratoire (France ou étranger) vous intéresse, soyez capable de dire en quoi. Encore une fois, il est impossible de dire qu'on a raté l'oral en sortant : j'étais déstabilisé parce que le jury restait de marbre quoi que je dise, et ne montrait aucune marque d'approbation (ce qui est normal). Le jury s'est déridé seulement quand je lui ai dit, en panique, que je n'avais presque plus de batterie et que je devais aller chercher mon chargeur (#CoViD). Je suis sorti un peu frustré de l'oral, je n'avais pas eu l'impression d'avoir réussi

*à monter ma motivation ni mon intérêt pour la recherche comme je l'aurais voulu et je n'avais pas compris fondamentalement l'article. J'ai finalement eu une bonne note (16/20). Donc ne désespérez jamais, surtout pas avant la fin de l'oral ! Mais entraînez-vous avant, parce que 30 min c'est trop court pour se perdre dans ses réflexions avant de répondre.*



## Epreuve de biologie (coefficient 1,5)

L'épreuve de biologie fait partie des deux épreuves les plus importantes du concours. Comme pour les épreuves de sciences « dures », il ne s'agit absolument pas de vérifier vos connaissances biologiques précises mais d'évaluer votre capacité de synthèse, d'explication et de réflexion face à un problème biologique.

### Comment se déroule l'épreuve ?

Normalement, l'épreuve se présente sous la forme d'un exposé suivi d'une discussion (cf. Témoignages des dernières années). Notre année, le temps de préparation a été supprimé et l'entretien a pris la forme d'un échange avec l'examinateur d'une trentaine de minutes.

L'examinateur a commencé par se présenter puis nous a demandé de nous présenter en évoquant en particulier notre domaine de recherche de prédilection. A la suite de cela, il nous a proposé trois sujets (parfois en lien avec le domaine cité). Nous avons ensuite expliqué présenté pendant 5-10 minutes le sujet en question avant que l'examinateur nous pose des questions plus précises sur les points évoqués.

Même si l'entretien était plus libre que d'habitude, nous vous conseillons quand même de bien avoir préparé un plan pour la présentation générale du sujet.

Le programme de biologie est officiellement une partie de celui de BCPST. Or le programme PACES reprend celui de BCPST. Vous pouvez donc soit travailler avec les cours de BCPST qui ont l'avantage d'être très structurés, soit avec ceux de PACES, qui ont l'avantage d'être plus détaillés.

Voici une liste de sujets relativement redondants :

- La mitochondrie
- Communication intracellulaire
- Communication intercellulaire
- Le cytosquelette
- Traduction et repliement des protéines
- Transcription et régulation de l'expression des gènes
- Le noyau eucaryote
- Le développement embryonnaire et les cellules souches

## Témoignages

*Mon deuxième entretien. Cette année le format était un peu particulier compte tenu du COVID. Il s'agissait d'une discussion sur un sujet parmi les 3 proposés. J'avais le choix entre diversité du génome et variabilité génomique, transcription et régulation de l'ARN et rôle du cytosquelette. J'ai choisi le premier sujet. Après avoir présenté rapidement le sujet, l'examinateur m'a fait notamment parler de CRISPR-Cas9 et des CAR-T-cells. La discussion a ensuite dévié vers le COVID-19. L'examinateur est très gentil et il guide beaucoup. Je n'ai pas eu besoin de faire des schémas, mais lors de vos révisions, je vous conseille d'en faire énormément car cela aide beaucoup !*

.....  
*J'avais le choix entre trois sujets : transport membranaire, structure et fonction du cytosquelette ou signalisation intracellulaire.*

*J'ai choisi comme sujet le transport membranaire, et j'ai du commencer par une introduction de 3-4 minutes environ où j'ai présenté très brièvement les caractéristiques d'une membrane biologique, et les différents échanges qu'il peut y avoir entre les cellules, et à l'intérieur d'une cellule. Par la suite, l'examinateur m'a posé des questions très variées : certaines très larges (présenter l'exocytose), d'autres très précises (donner des ordres de grandeurs de vitesse du transport). Par la suite, j'ai eu des questions davantage de réflexion : quel peut être l'effet d'une augmentation de température sur une membrane et plus précisément sur le cytosquelette, au niveau de la structure, de la fonction, de la vitesse de transport... Le professeur m'a expliqué qu'il n'y avait pas vraiment de bonne réponse,*

*puisque c'était une question controversée chez les chercheurs, mais qu'il attendait une petite démarche scientifique. Enfin, l'oral s'est terminé par des questions de réflexions sur le coronavirus : comment expliquer qu'il n'y ait pas eu une grande augmentation des cas après le déconfinement ? Était-ce une bonne idée de confiner les jeunes ? Quel peut être le mécanisme par lequel le virus entraîne une perte de l'odorat ? ...*

*Finalement, l'oral était une véritable discussion où d'abord, l'examineur a voulu vérifier mes connaissances de base, sans me demander trop de détails, puis il m'a aidé à élaborer une démarche scientifique pour répondre à diverses questions.*

.....  
*L'épreuve de biologie a été l'oral que j'ai le plus mal vécu. En sortant, j'ai voulu abandonner le concours. Mais il me restait encore deux épreuves : j'ai pris mon courage à deux mains et j'ai continué. Ces deux épreuves suivantes se sont bien mieux passées. Tant que la dernière minute de votre dernier oral ne s'est pas écoulée, rien n'est joué !*

*L'examineur de biologie est très attentionné. Il commence l'oral par se présenter puis vous demande de vous présenter rapidement et de citer vos domaines d'intérêt. Suite à cela, il vous propose trois sujets qui ont un lien avec celui-ci. Comme j'ai proposé l'immunologie, l'examineur m'a donné le choix entre « signalisation intercellulaire », « signalisation intracellulaire » et « auto-immunité ». J'ai choisi « signalisation intercellulaire ».*

*Suite à cela, il m'a demandé de rapidement présenter le sujet. J'avais préparé un plan pour le sujet choisi que j'ai donc rapidement repris (en environ 5-10 minutes). Puis l'examineur m'a demandé des exemples de facteur de signalisation impliqué dans la réponse immunologique. Nous avons donc discuté de l'activation des lymphocytes B, du rôle des LT CD4 et de la tempête cytokinique dévastatrice du Covid-19.*

*Je n'avais pas vraiment révisé tous les détails de ce sujet et ai répondu trop vaguement à certaines questions, ce qui semblait agacer l'examineur.*

*L'oral s'est terminé par une discussion sur la recherche actuelle sur le coronavirus et les travaux de l'examineur.*

.....  
*Sujet choisi : La mitochondrie*

*(rejetés : Traduction des protéines dans la cellule eucaryote ; Transcription et régulation de l'expression des gènes)*

*L'examineur m'a demandé de présenter rapidement la mitochondrie, puis il m'a posé des questions précises sur certains sujets (import des protéines dans la mitochondrie, génome mitochondrial, espace inter-membranaire...) et il s'est très vite écarté du cours pour poser des questions plus pointues (que se passe-t-il pour les mitochondries pendant la mitose, interagissent-elles avec le cytosquelette, comment les gènes de la bactérie endosymbiotique se sont-ils retrouvés dans le noyau, où se situent les mitochondries dans la cellule, peut-il y avoir des échanges intercellulaires de mitochondries...). L'examineur m'avait prévenu au début qu'il y aurait des questions dont je devais savoir la réponse, des questions dont je ne savais probablement pas la réponse, et enfin des questions dont personne n'avait la réponse, les deux dernières catégories servant à tester ma capacité à raisonner sur ce que je savais.*

*Au bout de 20 min, l'examineur m'a demandé de présenter un peu mon projet, cela m'a amené à évoquer l'immunologie et il a alors tout de suite embrayé sur les aspects immunologiques du COVID, me posant plusieurs questions sur ce qui se passe chez les patients asymptomatiques... Comme quoi ça peut dériver sur n'importe quoi !*

L'oral de biologie était mon premier des 4 oraux. J'étais assez confiant pour cet oral après avoir réussi à revoir l'ensemble du programme, plus quelques chapitres de bio de PACES et de P2. L'examinateur m'a proposé de choisir entre 3 thèmes : transcription, traduction et mitochondrie. Après une très rapide réflexion, j'ai choisi la transcription. Il m'a alors expliqué que notre entretien serait composé de trois types de questions, des questions de cours auxquelles il est absolument nécessaire de savoir répondre, des questions hors programmes pour lesquelles il n'attendait pas nécessairement de réponse correcte mais plutôt une réflexion, puis des questions à l'ordre du jour dans le domaine de la recherche. Je précise donc quelque chose que vous allez beaucoup lire entre les rapports du jury et les témoignages, mais ce qui compte avant tout, c'est votre **réflexion** ! Il vous faut maîtriser le programme, et savoir, à partir de vos connaissances, établir un raisonnement logique afin de répondre à des questions qui dépassent le programme. Finalement, après quelques questions élémentaires de cours, cet entretien s'est plus articulé comme une discussion à propos de phénomènes biologiques. En allant de l'utilité des introns dans la cellule, à la présence de Sars-cov2 dans le cerveau de patients contaminés. L'examinateur a été très agréable et j'ai fini cet entretien fier de moi. Mon conseil ultime, rester concentré, souriant, réfléchir, et surtout profiter de cette opportunité d'avoir une discussion passionnante avec un biologiste, que vous n'aurez peut-être pas la chance d'avoir de sitôt.

.....

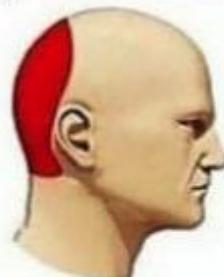
Rétrospectivement, c'était le meilleur de mes 4 oraux. Je n'ai eu à réaliser aucun schéma (c'est peut-être une particularité de cette année). L'examinateur m'a demandé quel thème de recherche m'intéressait ; quand j'ai répondu "neurosciences", il m'a dit qu'aucun sujet de sa liste n'avait de rapport avec cette discipline et m'a laissé le choix entre 3 sujets : Signalisation intracellulaire, Signalisation intercellulaire, et enfin Variabilité génétique et édition du génome, que j'ai choisi un peu par défaut. Il m'a d'abord été demandé de faire une brève introduction du sujet de 5 min environ (normalement c'est plus long, mais c'était particulier cette année), puis le reste de l'oral a consisté en des questions de la part de l'examinateur. J'ai dû décrire les différents types de variabilité génétique (question : quelle est l'ordre de grandeur de la fréquence des mutations pendant la réplication ? Hors de la réplication ? Dans l'ADN mitochondrial ?), tels les différents types de mutations somatiques et sexuelles et leur impact sur l'organisme et/ou sa descendance, ainsi que le fonctionnement des différents types de transposons. J'ai ensuite dû citer un exemple d'édition du génome (j'ai parlé de CRISPR-Cas9). J'ai dû expliquer le principe de CRISPR, et on m'a demandé si je connaissais des exemples d'application clinique (je n'en connaissais pas vraiment, seulement de vagues exemples en recherche). Comme exemple de conséquence de la variabilité génétique, j'ai eu le malheur de parler de la fabrication des lymphocytes et de leurs récepteurs (ce qui est au programme de P2 de ma fac). A partir de ce moment-là, l'examinateur a passé environ le dernier tiers de l'oral à me parler des relations entre immunologie et variabilité génétique, notamment en ce qui concerne les LB, les LT, leur mode de fabrication et d'activation, les allergies, etc. J'ai eu de nombreuses questions ouvertes sur la CoViD : l'examinateur voulait que je propose des pistes de réflexion plutôt que des réponses. Par exemple : Pourquoi pensez-vous que certaines personnes infectées sont asymptomatiques ? Sont-elles, à votre avis, aussi contagieuses que les autres ? N'ayant que très peu révisé l'immunologie pour les partiels de P2 (qui avaient eu lieu 1 mois avant), j'ai eu énormément de mal à faire des réponses cohérentes. L'examinateur restait stoïque. Finalement, à ma grande surprise, j'ai eu 17/20, probablement parce que je m'efforçais d'expliquer mon raisonnement et de proposer des hypothèses cohérentes, même fausses.

# Types of Headaches

**Migraine**



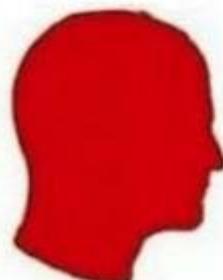
**Hypertension**



**Stress**



L'attente entre 2 oraux



## Epreuve de chimie (coefficient 1)

L'épreuve est une des trois épreuves scientifiques du concours. Elle a pour vocation d'évaluer votre capacité de raisonner sur un problème chimique ouvert. En effet, il ne s'agit pas de vérifier l'état de vos connaissances mais de mettre en valeur vos capacités de réflexion.

### Comment se déroule l'épreuve ?

Notre année, l'épreuve a eu lieu en distanciel et par conséquent, il n'y a pas eu de temps de préparation. L'examineur vous fournit un sujet et vous laisse quelques minutes pour lire l'énoncé et élaborer deux-trois pistes de réflexion pour répondre aux questions. Il s'agit après de lui expliquer votre réflexion pour arriver à une conclusion.

Les sujets de chimie sont souvent une suite de 2-4 questions, moins ouvertes que celles de physique. Il s'agit de problèmes plus guidés.

L'examen au contraire est impassible et n'interviendra que très peu pour vous aider dans votre réflexion.

L'épreuve de chimie se base officiellement sur le programme de PACES. Or comme vous le savez sûrement, celui-ci diffère très largement entre les différentes facs. Il s'agit donc plutôt du programme de prépa scientifique (BCPST, voire PCSI) de première année. Les grandes thématiques à maîtriser absolument sont les suivantes

- Atomistiques et liaisons chimiques
- Thermodynamique
- Stéréochimie
- Réactions acido-basiques
- Réaction d'oxydo-réduction
- Chimie organique (+++) : il s'agit de connaître et de savoir réfléchir sur l'ensemble des réactions vues en PACES ainsi que parfois sur des réactions de chimie inorganique (organomagnésiens très présents en prépa)

Quelques conseils pour cette épreuve

- Il faut bien s'entraîner à réfléchir sur des questions ouvertes (et non pas sur des QCMs comme en PACES) : n'hésitez pas à faire beaucoup d'exercices et des oraux blancs
- Entraînez vous à réfléchir à l'oral (plus difficile que l'on ne le croit)

## Témoignages

*La chimie était ma dernière épreuve, et celle que j'avais le plus hâte de passer car c'est une discipline que j'apprécie beaucoup ! Je me suis retrouvée face à un sujet très mignon et un enseignant me semblant très bienveillant et encourageant bien qu'assez peu bavard^^ mon sujet était :*



- Déterminer la géométrie de la molécule de  $CO_2$  ainsi que son moment dipolaire.*
- Déterminer le pH d'une solution aqueuse de  $CO_2$  (j'avais en données les 2 pKa des couples impliquant le  $CO_2$  et ses dérivés).*
- Déterminer le sens dans lequel la réaction va évoluer en cas d'augmentation de la température (j'avais en données les enthalpies de formation des deux espèces).*

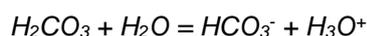
*Je vous propose une petite **correction** agrémentée de petits commentaires sur mon oral :*

*Je ne sais pas trop pourquoi, mais mon cerveau a décidé d'effacer le mot « linéaire » de mon esprit, ce qui est assez embêtant étant donné que c'est la bonne réponse. Le seul mot qui s'est affiché dans ma*

tête est le mot « plan », et c'est donc ce que j'ai dit spontanément. Or je savais bien que le dioxyde de carbone n'était pas du tout plan (car les deux liaisons pi CO se font obligatoirement dans deux plans différents étant donné qu'elles dérivent de deux orbitales p perpendiculaires du carbone), j'ai donc dessiné le CO<sub>2</sub> et toutes ses orbitales sur ma feuille afin de montrer à l'enseignant que je visualisais bien la chose mais que j'avais juste « perdu le bon mot ». Heureusement, pendant mon dessin je le voyais hocher la tête, ce qui m'a détendue et le mot « linéaire » est finalement sorti de ma bouche à temps.

Pour la seconde partie de la question, la molécule étant symétrique, le moment global est nul 😊. Si vous dessinez les vecteurs qui vont de la charge partielle positive vers la charge partielle négative pour chaque liaison CO, vous verrez qu'ils se compensent parfaitement (grâce à la linéarité héhé).

J'ai commencé par dessiner un axe de prédominance avec les pKa donnés et, comme je connaissais les bases dérivées du CO<sub>2</sub>, j'ai écrit dans chaque intervalle de pKa, « CO<sub>2</sub> », « HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> » puis « CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ». L'examineur m'a fait remarquer que mon espèce la plus acide, le CO<sub>2</sub>, ne comportait pas de protons, je l'ai donc remplacée par « H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> » en expliquant que cette espèce provenait de l'hydratation du CO<sub>2</sub>. Ensuite, j'ai écrit la formule de calcul du pH des acides faibles (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en est un) et j'ai demandé au professeur « Voulez-vous que j'emploie cette formule, ou bien que je la démontre ? », ce à quoi il a répondu « Faites au mieux ! » ce que mon cerveau a traduit par « Refaites la démonstration, et vous constaterez sans doute un petit couac ». J'ai donc écrit la réaction se déroulant dans le milieu (après hydratation du CO<sub>2</sub>) :



On remplit avec les concentrations initiales (on calcule préalablement celle de l'ion oxonium grâce à la Ke et on note c la concentration initiale en dioxyde de carbone aqueux), et on arrive à cette égalité :

$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}}[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{eq}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}^2}{[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{eq}}}$$

On trouve donc  $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log([\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{eq}}))$  et non pas  $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log(c))$

comme on nous l'a appris en PACES : cette formule néglige la diminution de concentration de notre acide faible, c'est ce que le professeur a cherché à me faire dire. J'ai trouvé cette partie très intéressante car je ne m'étais pas fait cette réflexion en PACES !

J'ai calculé l'enthalpie de la réaction et j'ai abouti à une valeur négative, donc à une réaction exothermique dans son sens direct, ce qui m'a paru logique (n'hésitez pas à dire ce genre de choses à haute voix) car on passe d'un état peu condensé à un état plus condensé. Comme une réaction évolue spontanément dans le sens endothermique quand on augmente la température, j'ai dit que le sens indirect allait donc être favorisé. L'enseignant a voulu évaluer ma certitude en me demandant « Vous êtes sûre que quand on passe d'un état peu condensé à un état plus condensé, c'est exothermique ? » (la réponse est oui, il faut être sûr de soi et ne pas se laisser déstabiliser : soyez des gaz rares, ne succombez pas à l'instabilité !). Il m'a ensuite demandé si je connaissais une loi reliant la constante d'équilibre d'une réaction et sa température, j'ai donc cité la loi de Van't Hoff. Il m'a incité à dériver cette loi selon T afin de pouvoir considérer un tout petit changement de température, et j'ai obtenu :

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{T^2}$$

Ce qui confirme que lorsque  $\Delta_r H^\circ < 0$ ,  $\ln K$  diminue lorsque la température augmente, donc K diminue lorsque la température augmente, donc la réaction évolue bien spontanément dans le sens indirect lorsque la température augmente 😊

Mon meilleur conseil, tous oraux confondus, sera : KIFFEZ votre oral, profitez de votre chance de pouvoir échanger avec ces enseignants-chercheurs, de profiter de leurs remarques (même les micro-détails correctifs qui ont leur importance !) et de discuter avec eux autour de votre projet. Si vous êtes là c'est que vous aimez la science et que cela vous fait plaisir d'en faire : montrez-le !!! et vive la chimie <3

.....  
J'ai eu un exercice de chimie organique. On avait du (2R, 3S) 2-bromo-3-deutéro-butane qui réagissait avec de l'éthanoate dans de l'éthanol. A la fin de la réaction, on obtient 3 isomères. On se place dans un milieu qui favorise uniquement un seul type de réaction. Quel est le mécanisme d'action de la réaction ? La correction en juste en-dessous !

Comme j'ai réussi à terminer en avance, on m'a demandé comment je pouvais expérimentalement déterminer le pH d'une solution. J'ai notamment parlé des indicateurs colorimétriques.

Correction : Tout d'abord, écrire la molécule en Cram et trouver le nucléophile, l'électrophile et le nucléofuge. Ensuite on essaye une SN1, une SN2, une E1 et une E2. Il ne faut pas oublier que les liaisons simples peuvent tourner et que le deutérium a plus ou moins les mêmes propriétés que l'hydrogène. Finalement, on obtient que c'est avec une réaction E2 qu'on obtient 3 isomères différents !

L'examinateur guide beaucoup.

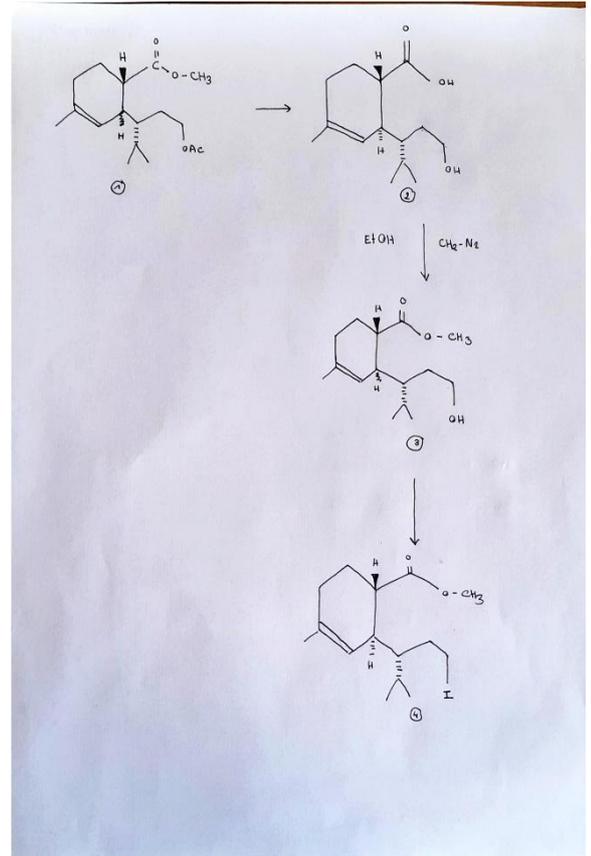
.....  
Pour l'oral de chimie j'avais revu tout le programme de PACES de façon à le maîtriser, et j'avais approfondi avec des exercices types de prépa. L'oral ne s'est pas trop mal passé avec un examinateur pas toujours très éloquent qui me laissait mener mon raisonnement avant de me reprendre si besoin. Nous sommes allés assez loin dans la réflexion chimique, ce qui était très intéressant. Il s'agissait en fait de la di-estérification d'un acide cyclique qui lui était dihydrogéné au cours d'une autre étape réactionnelle. La difficulté de cet oral ne réside pas dans les réactions (ici que des réactions au programme en PACES) mais dans la détermination du mécanisme réactionnel. Alors entraînez-vous à trouver des mécanismes et n'oubliez pas la chimie G (ça tombe aussi attention !).

.....  
J'ai eu un exercice de thermodynamique qui était le suivant :  $2 \text{ADP} \rightleftharpoons \text{ATP} + \text{AMP}$

- 1) La réaction a lieu à 300K, on met 1 mole d'ADP. A l'équilibre, on obtient 0,1 mole d'ADP. Calculer la constante d'équilibre de la réaction.
- 2) Que se passe-t-il lorsqu'on élève la température ? La variation d'entropie est négligée.
- 3) Calculer l'enthalpie libre de la réaction.
- 4) Quelle est l'évolution de la réaction lorsqu'on ajoute 0,15 mole d'AMP ?

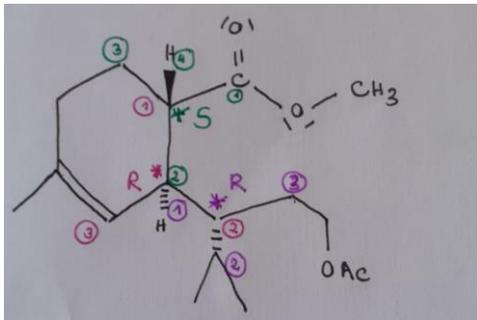
Pour chaque question, avant de me lancer dans les calculs, j'ai toujours essayé d'expliquer comment évoluait la réaction en partant des produits, des réactifs, et des paramètres modifiés, tout en utilisant le principe de Le Chatelier. Pour cet exercice, il fallait bien connaître l'ensemble des relations de thermodynamique, mais sinon l'exercice était assez basique. Pour ajouter un peu de difficulté, l'examinateur m'a demandé de représenter la molécule d'ATP et de proposer un mécanisme pour la réaction.

- Déterminez les carbones asymétriques de la molécule 1 et donnez-leur conformation absolue.
- Proposez un mécanisme pour la transformation du composé 1 en 2. Comment peut-on augmenter le rendement de cette réaction ?
- Proposez deux réactifs pour la transformation de 3 en 4 et expliquez le mécanisme de cette réaction
- Question Bonus : Quel est le rôle de  $\text{CH}_2\text{-N}_2$  dans la transformation de 2 en 3 ?

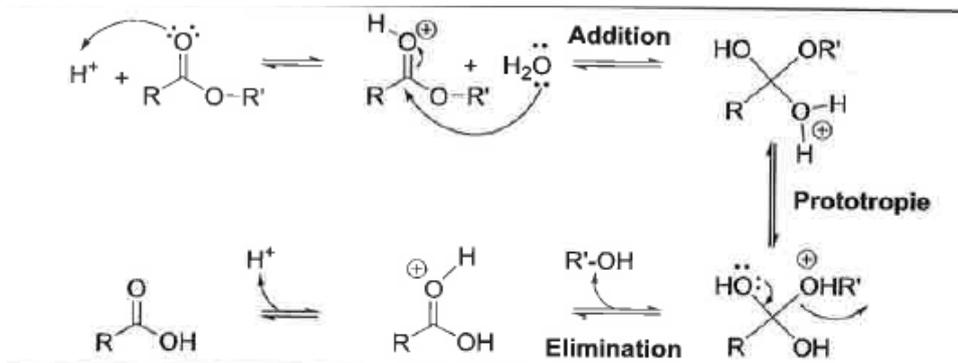


**Correction :**

- Conformation des carbones asymétriques :

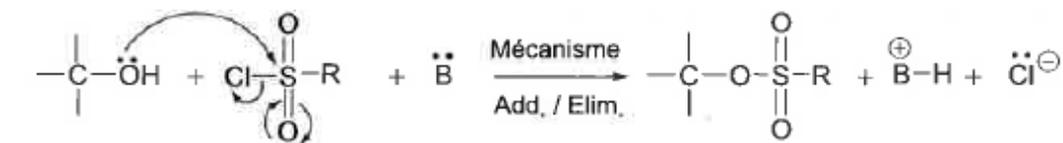
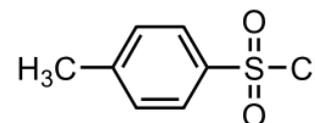


- On peut proposer un mécanisme d'hydrolyse d'ester dans des conditions acide :



Cette réaction est renversable et a donc un rendement relativement faible. Pour augmenter celui-ci, on peut proposer l'élimination au cours de la réaction du méthanol formé. On peut par exemple proposer la dissolution du méthanol dans un solvant hydrophobe.

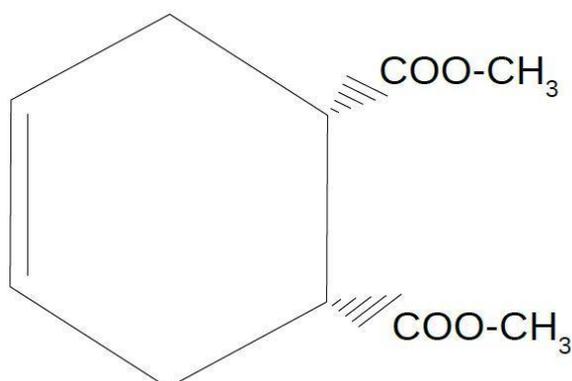
3. Le passage de 3 à 4 est une substitution nucléophile de -OH par -I. Un des réactifs doit donc être l'ion iodure. Or -OH est un groupe partant extrêmement mauvais. On doit donc l'activer, par exemple par la formation d'un ester sulfonique à partir du chlorure de tosylo :



L'ordre de la réaction de substitution nucléophile est 2 puisque l'électrophile est un alcool primaire.

4. La transformation de 2 en 3 est une SN. On peut proposer une attaque nucléophile par le groupe hydroxyle activé de la fonction acide carboxylique sur le méthyl de  $CH_2-N_2$ . Le diazote sera alors le groupe partant.

.....  
On considère le composé organique suivant :



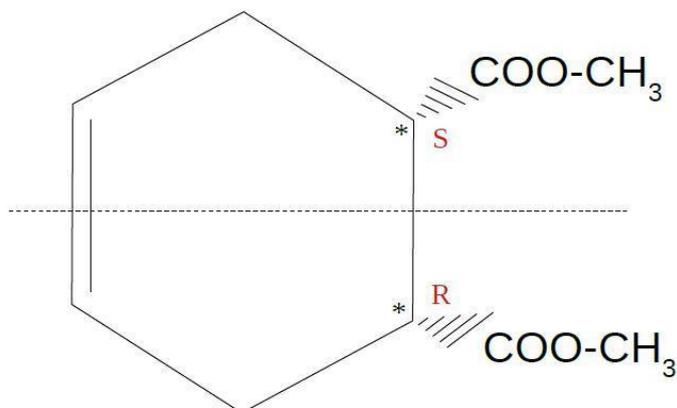
1) Donner les configurations absolues des carbones asymétriques. Cette molécule possède-t-elle une activité optique ?

2) Ce composé peut être obtenu par transformation d'un diacide aromatique. Proposez un mécanisme pour cette transformation.

\* 3) Comparaison du pKa de cette molécule avec les pKa de molécules proches (mais je n'ai pas noté les molécules et les pKa en question...)

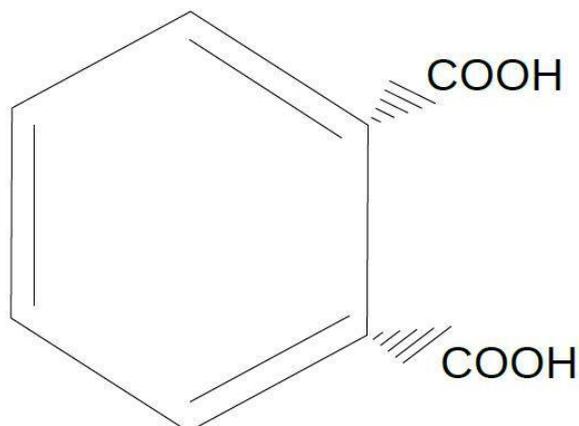
**Correction :**

1) Les 2 carbones portant les fonctions carboxyméthyles sont asymétriques. On montre avec les règles CIP que leurs configurations sont opposées :

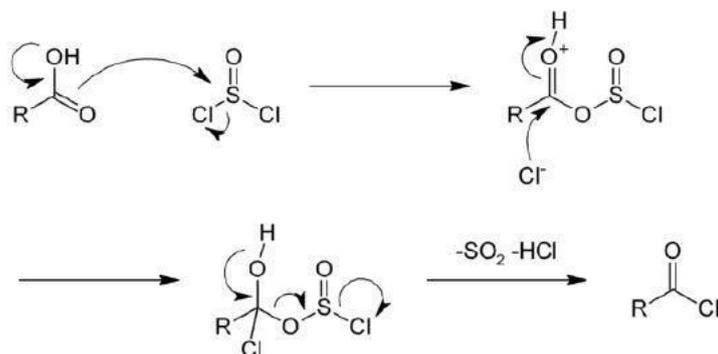


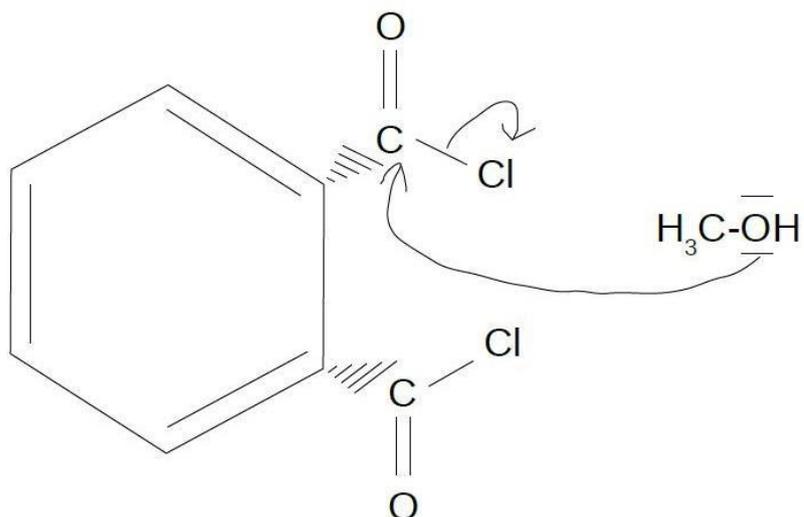
Cependant la molécule possède un plan de symétrie (projeté en pointillé ci-dessus) : malgré ses carbones asymétriques, elle est image d'elle-même dans un miroir et elle est donc achirale. Elle ne possède donc aucune activité optique.

2) Le diacide aromatique est le suivant :

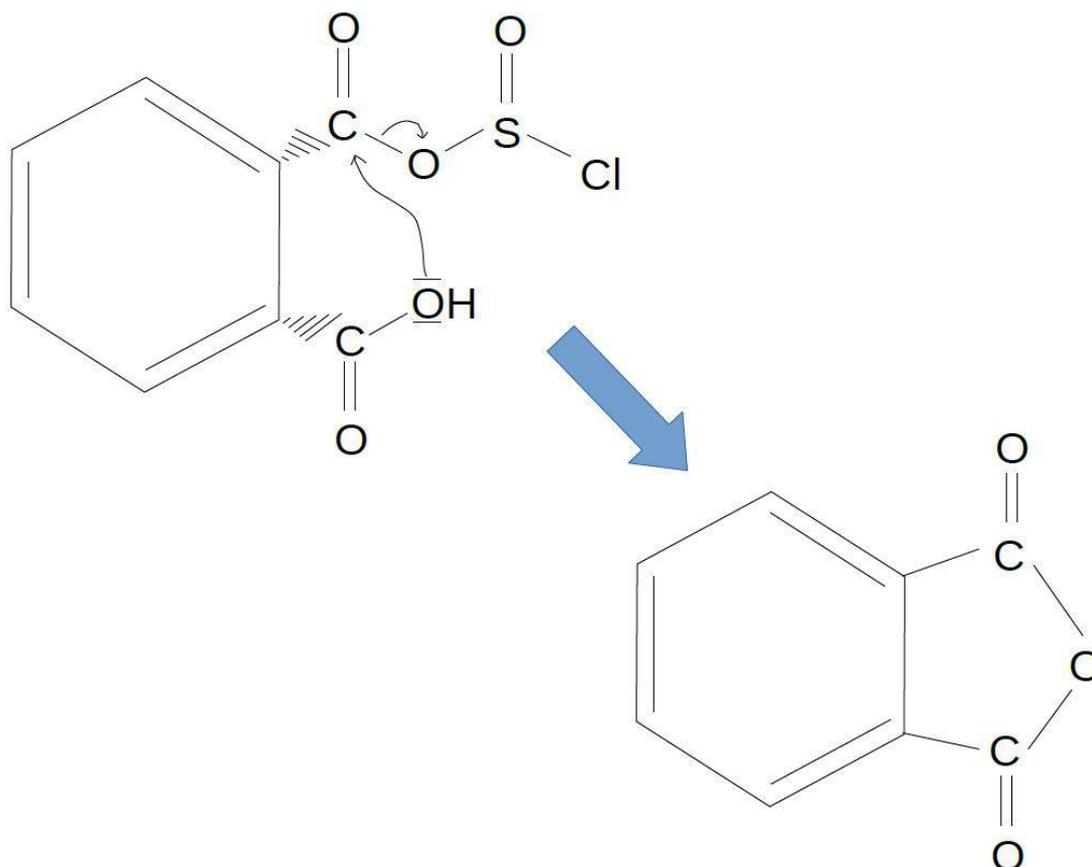


A partir de là je ne peux pas donner une vraie correction, mais si vous voulez vous pouvez regarder ce que j'ai proposé à l'examineur : pour la transformation, j'ai d'abord proposé une activation des acides carboxyliques en chlorures d'acyle avec du chlorure de thionyle  $\text{SOCl}_2$ , avant de faire une substitution par du méthanol sur les chlorures d'acyle.





L'examineur m'a alors fait montrer que plusieurs réactions parasites pouvaient se produire pendant l'acylation (je crois que c'était pour me montrer que mon idée n'était pas géniale), notamment la suivante :



Cette réaction est très favorisée, puisqu'elle est intramoléculaire et qu'elle produit en plus un cycle fermé à 5 atomes, très stable : autant dire que dans la réalité je n'aurais jamais obtenu la molécule qu'on demande. L'examineur m'a également demandé si le cycle formé était aromatique, et j'ai montré que non avec son aide.

Pour finir il m'a demandé comment je ferais pour le reste de la transformation (supprimer les 2 double liaisons dans le cycle aromatique), j'ai proposé une hydrogénation avec  $H_2$  et catalyseur (même si c'était peu probable que ce soit la bonne réponse vu qu'un cycle aromatique est très stable et ne cède pas ses doubles liaisons facilement). La dernière question qu'il m'a posée était si je connaissais un exemple de catalyseur pour l'hydrogénation. Je n'ai pas eu le temps de faire la question 3.

Je pense qu'en chimie il faut absolument faire des exercices de prépa, surtout en chimie organique (pour bien manipuler les concepts et les mécanismes), mais aussi sur acide/base et oxydo/réduction (titrages ++), et en thermodynamique (c'est globalement ce qui est tombé cette année). De ce que j'ai vu, les exercices qui tombent en chimie sont très proches de ce qui se fait en prépa BCPST, davantage qu'en physique.

.....

C'est l'oral que j'ai le plus mal vécu. J'ai fait les 2 premières question du sujet, qui en comportait 6. C'était un exercice très classique de titrage d'un acide faible par une base forte de niveau terminale S je pense. J'ai dû définir la composition du milieu à chaque étape du titrage, et tracer précisément la courbe de pH selon le volume de soude ajouté à la solution. La première question concernait une molécule à deux pKa très éloignés l'un de l'autre ; pour la solution de la 2<sup>ème</sup> question, les pKa étaient plus rapprochés : j'ai dû en déduire qu'il n'y avait pas réellement de plateau du fait de leur trop grande proximité, rendant le dosage très difficile. C'est très facile si vous vous êtes un peu entraînés mais j'ai un peu perdu mes moyens et j'avais peu révisé cette partie → mon seul conseil : révisez bien le chapitre A/B et les titrages dans des livres de terminale et/ou de BCPST1 (et apprenez par cœur les formules de pH dans les différentes conditions, avec leur conditions de validité). L'examineur avait l'air un peu agacé que j'avance si lentement malgré ses explications ; j'ai eu la moins bonne note de mes 4 oraux (12/20).

Oral 1



Oral 2



Oral 3



Oral 4



## Epreuve de physique (coefficient 1)

L'épreuve de physique, comme celle de chimie, vise à évaluer vos capacités réflexion devant un problème. Il s'agit d'une épreuve un peu moins guidée qui ressemble plus à un échange qu'à un oral fixe.

### Comment se déroule l'épreuve ?

L'épreuve ne comportait pas de temps de préparation notre année. L'examineur donnait simplement un peu de temps pour lire l'énoncé et préparer des pistes de réflexion (5-10 minutes). Il s'agissait après de présenter ses idées et de résoudre la question posée.

Il est important de cette épreuve de montrer vos capacités d'abstraction (ex. poser le problème sous forme de schéma) et de problématisation (ex. poser l'équation que l'on souhaite résoudre).

Gardez aussi en tête que le but de l'examineur n'est en aucun cas de vous piéger et qu'il vous accompagnera dans votre réflexion. Il est donc clé de bien savoir formuler ses idées à l'oral.

Le programme officiel de l'épreuve de physique est celui de PACES ainsi que de bonnes bases du programme de lycée. Les cours de physique de PACES différant largement entre les différentes facultés de France, voici une liste des chapitres à maîtriser absolument :

- Optique et autres ondes : Programme de lycée complété avec des exercices de première année de BCPST ou PCSI
- Mécanique du point (Force, Travail, Vitesse, Accélération, 2<sup>e</sup> loi de Newton etc) : Programme de lycée et de PACES (en particulier la résolution des équations différentielles) complété avec des exercices de première année de BCPST ou PCSI
- Mécanique des fluides (Principe fondamental de l'hydrostatique, loi de Poiseuille, transport membranaire et équilibre de Starling etc.) : programme de PACES

On rappelle qu'il est important de bien maîtriser les différents outils de résolution de problèmes physiques : trigonométrie, géométrie euclidienne de lycée, résolution d'équations différentielles, dérivation etc.

## Témoignages

*L'oral qui s'est le moins bien passé ! J'ai eu un exercice sur des chauve-souris. Il y a deux types de chauve-souris : la première catégorie émet des impulsions brèves pour localiser sa proie et la seconde émet des impulsions longues et utilise l'effet Doppler. Je vous mets les questions en dessous et la correction un peu plus bas !*

1. Questions sur la première catégorie de chauve-souris
  - a. Exprimer le temps que met l'onde pour détecter la proie
  - b. Quelles sont les contraintes sur la durée maximale de l'impulsion ?
  - c. Quelles sont les contraintes sur la distance maximale de la chauve-souris ?

### Correction :

1a. Je vous conseille de faire un schéma pour répondre à cette question.

L'onde voit aller jusqu'à la proie, puis revenir jusqu'à la chauve-souris. Donc  $T = \frac{2d}{c}$  où  $d$  est la distance entre la chauve-souris et la proie et  $c$  la célérité de l'onde.

1b. Il faut que la durée de l'impulsion  $\tau$  soit inférieure au temps qui est nécessaire pour que l'onde fasse l'aller-retour. Donc  $\tau < \frac{2d}{c}$ .

1c. Pour répondre à cette question, il faut se placer d'un point de vue énergétique. Quand la chauve-souris va émettre une impulsion, on peut supposer qu'elles vont être émises dans toutes les directions, selon la forme d'une sphère. Or, la circonférence d'une sphère c'est  $C = 4\pi R^2$ . Quand l'onde va se réfléchir sur la proie, cette dernière va aussi ré-émettre les ondes dans toutes les directions. Donc l'atténuation de l'onde se fait en  $\frac{1}{R^4}$ . En traçant l'atténuation en fonction du rayon, on peut supposer qu'il existe une distance maximale  $d_{max}$  à partir de laquelle l'onde n'est plus détectable.

Je n'ai réussi à faire l'exercice que jusqu'ici ! Il y avait ensuite des questions sur l'effet Doppler.

L'examineur est extrêmement gentil. N'hésitez pas à faire des schémas, ça aide beaucoup en physique.

.....

Le deuxième de mes oraux fût mon oral de physique. De tous les oraux, c'est celui que j'appréhendais le plus (comme la plupart d'entre nous). Pour bien commencer je n'ai pas réussi à connecter mon téléphone au site de visioconférence (cf. covid, vous n'avez pas oublié ?), ce qui m'a valu la perte de 5 grosses minutes et un énorme coup de stress. Après avoir bataillé avec les nouvelles technologies et les réglages de mon téléphone, l'examineur a affiché le sujet sur l'écran. Si je me souviens bien, il s'agissait d'un laser dont la lumière était déviée par les crêtes de compression d'une onde sonore. Pour préparer cet oral j'avais bien revu la mécanique, l'optique, l'élec, la radio, l'hydro, la méca des fluides, mais pas l'effet Doppler. Bien sûr je suis tombé sur un exercice sur l'effet Doppler ! Après quelques interminables minutes de préparation j'ai dû lamentablement avouer ne pas avoir saisi l'exercice. J'ai alors dû redémontrer l'effet Doppler dont j'avais oublié la formule. L'entretien a duré plus longtemps que prévu, et j'ai fini cet oral extrêmement déçu avec la crainte de ne pas réussir à intégrer à cause de ma triste performance en physique. Mon conseil, bien revoir le programme de première et terminale afin de ne pas se faire avoir comme moi, et si un de vos oraux ne se déroule pas comme prévu, voire très mal, dites-vous bien que ce que cherche l'examineur, c'est s'assurer que vous n'avez pas de grosse lacune. Je pensais avoir plus que raté cet oral, au final ce n'était pas si mal, et puis raté un oral ce n'est pas si grave, sinon je ne serais pas là pour vous en parler. Il y a 4 oraux, alors donnez tout à chacun d'entre eux, quoi qu'il se soit passé à l'oral précédent.

.....

C'était mon premier oral... et il s'est très mal passé. On m'a présenté un exercice sur les ondes sonores, où il fallait utiliser le phénomène d'interférence pour mesurer la célérité du son dans l'air. Pour cela, deux haut-parleurs étaient placés face à face à une certaine distance l'un de l'autre et un micro se déplaçait lentement entre les deux. En voyant des ondes et un déplacement, j'ai pensé à l'effet Doppler, ce que j'ai donc exposé à l'examineur. Il m'a demandé de nombreuses formules, que j'avais oublié sous l'effet du stress, avant de me dire qu'il ne pouvait pas y avoir d'effet Doppler puisque le micro se déplaçait lentement... J'étais donc totalement déstabilisée, et pour « m'aider » l'examineur a voulu reprendre avec moi la nature physique des ondes. Voyant que je ne pouvais pas expliquer la nature d'une onde sonore (qui est une variation de la pression de l'air), il m'a donc demandé d'expliquer des ondes plus faciles : les vagues, la lumière... et le temps de l'oral était fini, sans avoir pu commencer l'exercice. Voilà, on peut rater un oral, je ne me suis pas laissée abattre. J'ai laissé cet oral derrière moi et je me suis donnée à fond pour les 3 autres.

.....

La physique était ma toute première épreuve, j'étais donc à la fois stressée et impatiente, et je croisais les doigts pour que le sujet proposé m'inspire. L'écran s'est allumé, j'ai vu l'enseignant, qui m'a immédiatement paru sympathique et bienveillant, je lui ai présenté ma carte d'identité et mon plan de

travail, puis il a fait apparaître le sujet à l'écran. L'image était initialement petite, je ne distinguais donc pas clairement la photo qui était dessus, mais je voyais un animal semblant être en milieu marin. « Vous voyez l'image ? m'a demandé le professeur

Oui monsieur, je crois distinguer une espèce de poisson...

Ce n'est pas un poisson, non, c'est une seiche, c'est une sorte de calamar. Vous savez, si vous entrez à l'ENS, il va falloir développer quelques notions de zoologie haha, car on étudie beaucoup d'animaux différents ! »

Avec le recul, je sais que ce petit sermon avait vocation à détendre l'atmosphère, néanmoins sur le coup j'ai légèrement paniqué et j'ai balbutié quelque chose comme « Euh... oui bien sûr... oui oui une seiche euh... je connais ! Je connais cet animal haha ! » et, parallèlement à mes bégaiements, j'ai cliqué sur l'icône me permettant d'agrandir l'image, et j'ai très clairement constaté que l'animal présenté n'avait rien d'un poisson et tout d'une seiche.

Puis j'ai eu 10 minutes de préparation de l'exercice - dont je vous reconstitue l'énoncé ci-dessous - à la suite desquelles j'ai entamé la discussion avec l'enseignant.

« On considère une seiche se déplaçant dans les fonds marins à l'aide d'une poche de volume  $1L$  qu'elle emplit d'eau, puis vide par pulsion, entraînant un déplacement de l'animal. Exprimez la force de poussée déployée à partir du débit massique d'eau libérée, noté  $\mu$ , et de la vitesse d'éjection de l'eau, notée  $u$ . Effectuez une application numérique (ils fournissaient des données pour l'AN). »

#### Discussion :

À la fin des 10 minutes de préparation, l'enseignant m'a demandé de présenter mes réflexions. J'avais fait un schéma, sur lequel j'avais représenté un axe  $(Ox)(Oz)$ , la poche d'eau et la force d'éjection, selon l'axe  $(Ox)$ . J'ai précisé que ladite force n'avait pas de composante selon  $(Oz)$  car je considérais un mouvement horizontal. J'avais également fait une analyse dimensionnelle en utilisant les dimensions d'une force  $(MLT^{-2})$ , d'un débit massique  $(MT^{-1})$  et d'une vitesse  $(LT^{-1})$ , ce qui m'avait permis de supposer que le résultat attendu serait «  $F = \mu u$  », il me restait à le démontrer.

Tout d'abord, l'enseignant m'a fait réexpliquer les raisons pour lesquelles la composante verticale serait nulle : il m'a fait expliciter la notion de poussée d'Archimède, m'a demandé son expression, quelle grandeur elle traduisait (c'est une pression) et pourquoi elle s'appliquait du bas vers le haut (toutes les pressions correspondants aux « côtés » de l'objet se compensent deux à deux, sauf la surface supérieure et la surface inférieure, qui n'ont pas la même norme car la pression croît avec la profondeur). Il m'a ensuite demandé quelle force compensait la poussée d'Archimède et permettait à la seiche de rester dans un même plan horizontal (c'est simplement le poids). À ce moment-là, en me représentant les choses je me suis questionnée à voix haute sur la manière dont les mammifères marins faisaient pour pouvoir se maintenir dans divers plans horizontaux situés à diverses profondeurs, en d'autres termes comment ils pouvaient faire varier leur poids de façon à toujours compenser la poussée d'Archimède. Le professeur m'a alors fait réfléchir à ce sujet, pour finalement m'expliquer qu'ils possédaient des sortes de petites poches sphériques qu'ils pouvaient emplir d'eau pour augmenter leur poids. J'ai beaucoup apprécié cette partie de l'échange, car je percevais réellement la bienveillance de l'examineur ainsi que sa volonté de combler ma curiosité et mon intérêt plutôt que de rester cantonné à l'exercice dédié à l'examen.

Par la suite, le professeur a cherché à faire ressortir de mes souvenirs de Terminale S une situation similaire à celle de cette seiche qui éjectait de l'eau de sa poche. Pour ce faire, il a souligné l'importance

que je devais accorder à la définition du système que je voulais étudier. Initialement, je pensais que mon système serait la poche, ou bien plus globalement la seiche. Par analogie avec l'étude du décollage d'une fusée, qui est au programme de Terminale S, l'enseignant a corrigé mon erreur en me suggérant plutôt de considérer un système constitué de la seiche ET de l'eau contenue dans sa poche, au fil du temps (donc même quand l'eau est en train d'être éjectée). Il m'a aidée à comprendre que l'avantage de ce modèle résidait dans la facilité d'étude de celui-ci en termes de quantités de mouvement. Je m'explique :

Le système {seiche + eau initialement contenue dans la poche} n'est soumis qu'à des forces qui se compensent (voir plus haut), ce qui en fait un système pseudo-isolé. Or, dans un tel système, la somme des forces est nulle (l'enseignant m'a fait énoncer au passage la première loi de Newton), ce qui signifie que la quantité de mouvement se conserve ! En effet,  $dp/dt = \Sigma F = 0$  (personnellement, je me souvenais que  $p = mv$  et que  $dp/dt$  avait une grande importance, mais je ne me souvenais plus exactement ce à quoi c'était égal : par analyse dimensionnelle, j'ai vu que c'était homogène à une force, j'ai donc supposé que c'était égal à la somme des forces, ce que le professeur m'a gentiment confirmé :)). On peut alors écrire :

$$p_{\text{système}}(t) = p_{\text{système}}(t + dt)$$

$$p_{\text{seiche}}(t) + p_{\text{eau}}(t) = p_{\text{seiche}}(t + dt) + p_{\text{eau}}(t + dt)$$

$$m_{\text{seiche}}v_{\text{seiche}}(t) + m_{\text{eau}}(t)v_{\text{eau}}(t) = m_{\text{seiche}}v_{\text{seiche}}(t + dt) + m_{\text{eau}}(t + dt)v_{\text{eau}}(t + dt)$$

$$m_{\text{seiche}}v(t) + m_{\text{eau}}(t)v_{\text{eau}}(t) = m_{\text{seiche}}v(t + dt) + m_{\text{eau}}(t + dt)v_{\text{eau}}(t + dt)$$

Préalablement, le professeur m'avait fait exprimer la masse du système en fonction du temps : on trouve assez simplement  $m_{\text{système}}(t) = m_{\text{seiche}} - \mu t + 1$  (le 1 vient du fait qu'on considère la poche initialement pleine donc emplie d'un kg d'eau). On peut aussi noter que  $m_{\text{eau}}(t) = 1 - \mu t$ . On peut donc écrire :

$$m_{\text{seiche}}v(t) + (1 - \mu t)v_{\text{eau}} = m_{\text{seiche}}v(t + dt) + (1 - \mu(t + dt))v_{\text{eau}}$$

J'ai enlevé les « (t) » et « t+dt » derrière les  $v_{\text{eau}}$  car  $\mu$  est considéré constant, la masse volumique de l'eau est constante sur un axe horizontal et la surface  $S$  par laquelle l'eau est éjectée est constante (il n'y a aucune raison pour qu'elle ne le soit pas), donc  $v_{\text{eau}} = \frac{\mu}{\rho S} = \text{constante} = u$ .

On trouve alors :

$$m_{\text{seiche}} \frac{dv(t)}{dt} dt = \mu u dt$$

$$m_{\text{seiche}} \frac{dv(t)}{dt} = \mu u$$

$$\frac{dp_{\text{seiche}}(t)}{dt} = \mu u$$

Donc la somme des forces exercées sur la seiche, en d'autres termes la force de poussée à laquelle est soumise notre amie la seiche, en d'autres termes ce que l'on cherche, est bien égale à  $\mu u$ . Hip hip hip hurra !

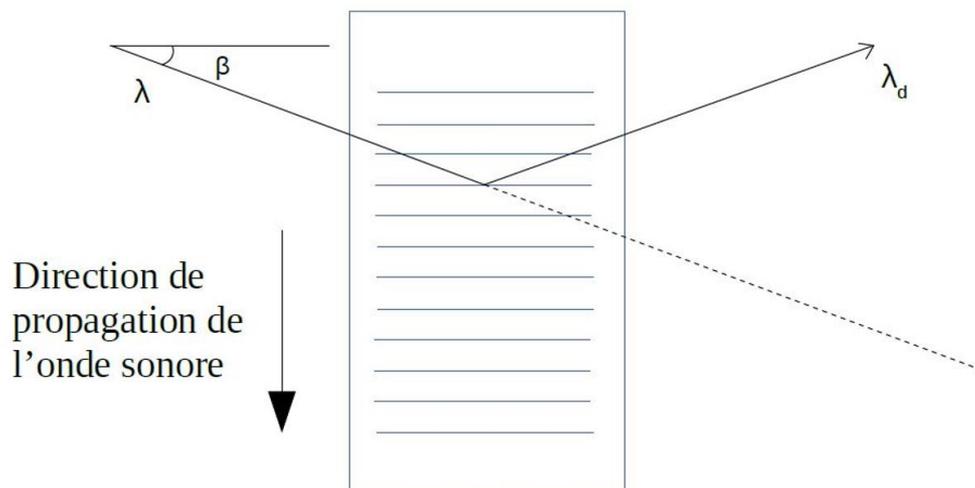
Je n'avais pas eu le temps d'arriver au bout de ces lignes de calculs, c'est pourquoi je ne peux pas vous proposer de correction pour l'application numérique, que je n'avais par conséquent pas faite, mais je ne pense pas que ce soit elle qui vous intriguait le plus 😊

En sortant de mon oral, j'avais l'impression d'avoir fait une contreperformance, d'avoir nécessité beaucoup trop d'aides de la part de l'enseignant... j'étais pessimiste vis-à-vis de cet oral. Néanmoins, quelques temps après, le recul nécessaire m'a permis de comprendre que, certes, j'aurais pu éviter plusieurs hésitations, mais que j'avais fort heureusement pu montrer, par mon attitude, que la physique m'intéressait réellement, que j'aimais réfléchir et que j'avais pris du plaisir à échanger avec le professeur et à écouter ses conseils. Alors mon petit conseil de fin sera : éclatez-vous ! Si vous êtes là c'est que vous aimez les sciences et que vous avez envie d'en faire très longtemps, alors profitez à fond de ces petites demi-heures qu'on vous offre afin de vous permettre de montrer votre intérêt et votre motivation à des enseignants qui s'intéressent à vous (les enseignants de physique et de biologie que j'ai eus ont pris quelques minutes de l'oral pour me demander de leur parler de mon projet, des structures dans lesquelles je pourrais faire un stage...), et qui sont là pour vous encourager et vous aider et certainement pas pour vous blâmer d'ignorer telle loi ou tel terme. Si vous avez bien travaillé au cours des dernières années et que vous aimez ce que vous faites, il n'y a aucune raison pour que la porte vous soit fermée 😊 allez les champions, make your dreams come true !

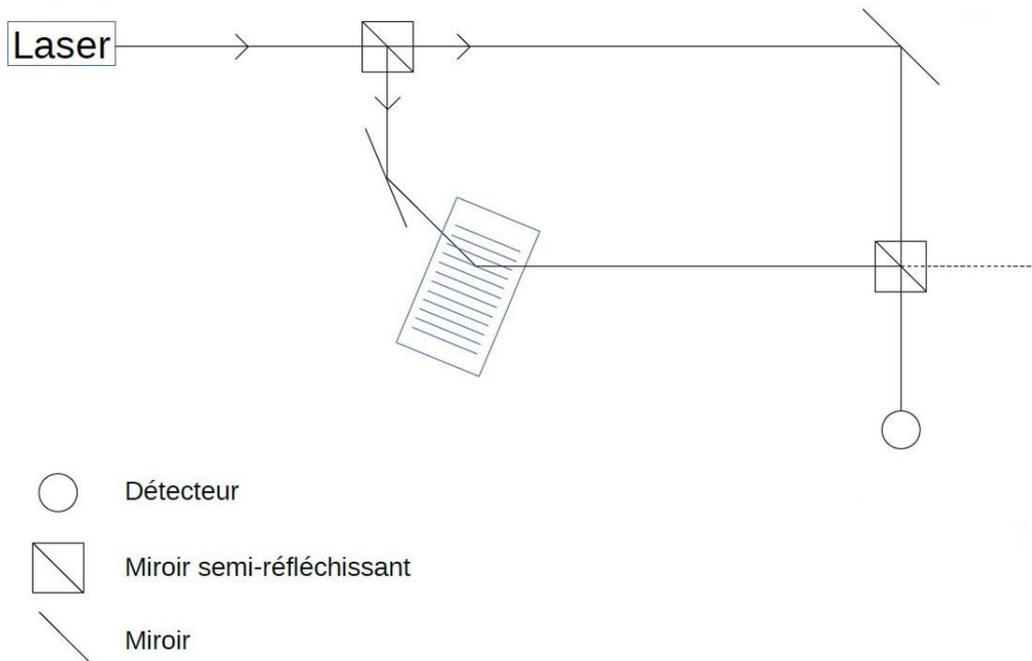
.....

### Vibromètre Laser

- 1) On étudie dans un premier temps la pièce optique schématisée ci-dessous, constituée d'un matériau transparent, dans lequel est entretenue une onde ultrasonore se propageant à une vitesse  $v$ , représentée par ses fronts d'onde (traits horizontaux) sur le schéma.



On dirige vers cet objet un laser de longueur d'onde  $\lambda$  formant un angle  $\beta$  avec l'horizontale. On observe alors un faisceau transmis (en pointillé) et un faisceau réfléchi comme représenté sur le schéma. Le faisceau réfléchi possède une longueur d'onde  $\lambda_d$  différente de  $\lambda$ . Donner l'expression de  $\lambda_d$  (on ne tiendra pas compte de la réfraction à l'interface air-objet).



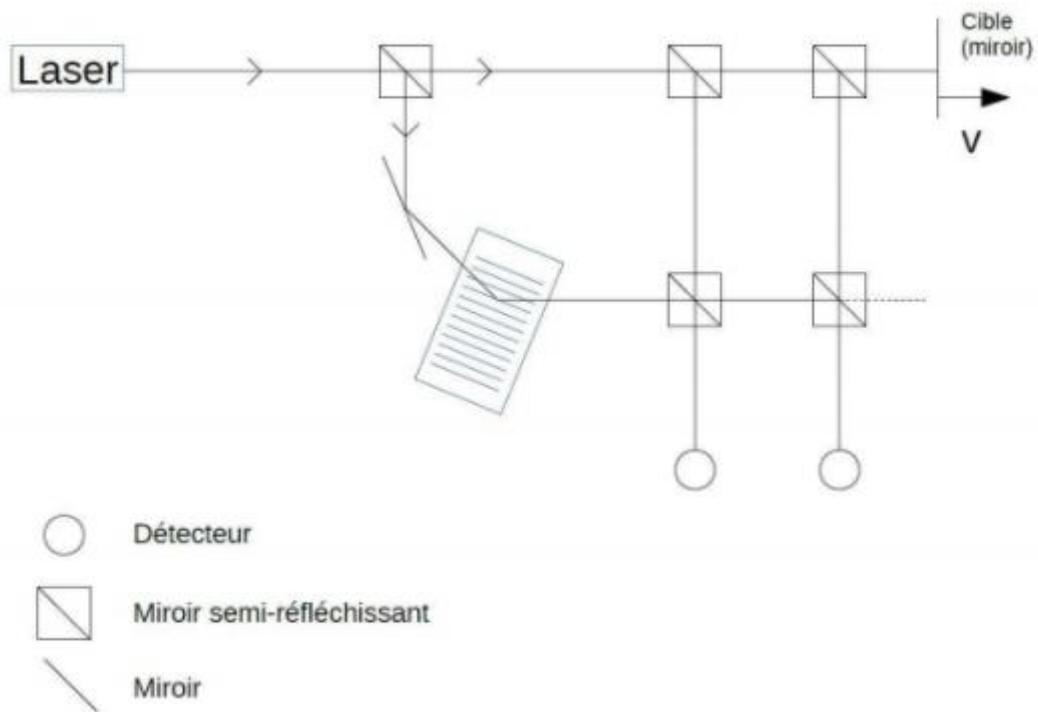
2) On s'intéresse désormais au montage optique suivant :

*(Il n'y avait pas de légende dans mon sujet, on savait seulement que le cercle était un détecteur, mais je vous l'ai rajoutée parce qu'ils n'évaluent pas sur ça et qu'ils me l'auraient dit si j'avais demandé)*

*L'expression du champ électrique porté par le faisceau laser, de fréquence  $\nu$  (nu) et de longueur d'onde  $\lambda$ , peut s'écrire :  $E(x,t) = E_0 \cos[2\pi(\nu t - x/\lambda)]$*

*Le détecteur est un dispositif sensible au carré du champ électrique qu'il reçoit. Montrer que le détecteur perçoit des clignotements, que l'on expliquera et dont on exprimera la fréquence.*

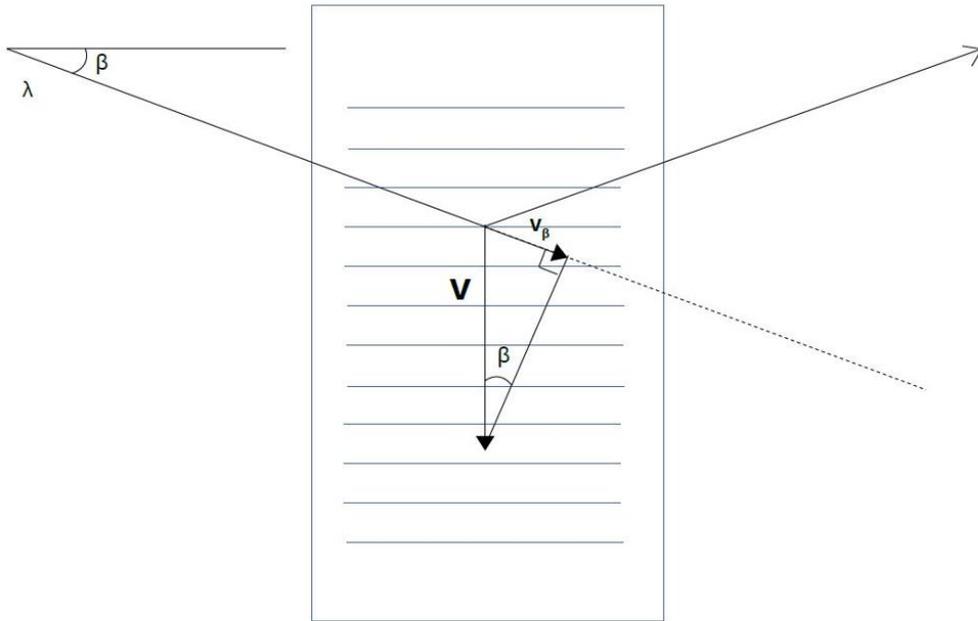
3) On s'intéresse au vibromètre constitué par le montage suivant :



Montrer que ce montage permet la mesure du déplacement de la cible.

**Correction :**

- 1) Il fallait ici voir qu'il se produit un effet Doppler lors de la réflexion du laser sur le front d'onde.



En effet, les fronts d'onde se déplacent verticalement à une vitesse  $v$ . Le faisceau laser se réfléchit sur les fronts d'onde en mouvement, et voit sa longueur d'onde augmenter par rapport au faisceau incident du fait de l'effet Doppler. Cet effet se traduit par une variation relative de la fréquence du laser, proportionnelle à la vitesse du front d'onde DANS LA DIRECTION DU LASER (représentée sur le schéma par  $v_\beta$ ) :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{2v_\beta}{c} \Leftrightarrow \frac{\Delta f}{f} = \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c}$$

$v_\beta$  est la composante de la vitesse du front d'onde dans la direction du laser, ce qui correspond à  $v \cdot \sin(\beta)$  (voir schéma).  $c$  correspond à la vitesse de la lumière et le facteur 2 traduit ici le fait qu'il y a un effet du point de vue du faisceau incident et aussi du point de vue du faisceau réfléchi. Sachant que  $f=c/\lambda$  on en déduit :

$$\begin{aligned} \frac{\frac{\Delta c}{c}}{\frac{\lambda}{\lambda_d}} &= \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c} \Leftrightarrow \frac{\frac{\Delta 1}{1}}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c} \Leftrightarrow \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_d}\right) \cdot \lambda = \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c} \\ \Leftrightarrow 1 - \frac{\lambda}{\lambda_d} &= \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c} \Leftrightarrow \frac{\lambda}{\lambda_d} = 1 - \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c} \Leftrightarrow \lambda_d = \frac{\lambda}{1 - \frac{2v \cdot \sin(\beta)}{c}} \end{aligned}$$

On remarque que quoi qu'il arrive  $\lambda_d > \lambda$ , ce qui est en accord avec le fait que le front d'onde se propage dans la direction du laser (les fronts d'onde s'éloignent de la source du laser). (Ce type de raisonnement,

qui montre à la fois qu'on a compris le phénomène et qu'on est capable de vérifier la cohérence d'une formule est apprécié des examinateurs, en tout cas l'a été du mien).

2) Dans ce montage, le laser est divisé en deux par le premier miroir semi-réfléchissant, avec un faisceau qui va passer par le réseau de la question 1 et un autre qui ne va pas être modifié. Ils se rejoignent au niveau du second miroir semi-réfléchissant. En notant  $E$  le champ électrique du laser initial,  $E_1$  le champ du faisceau non modifié et  $E_2$  le champ du faisceau modifié :

$$E_1 = \frac{1}{2} E = \frac{1}{2} E_0 \cdot \cos\left[2\pi\left(vt - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

$$E_2 = \frac{1}{2} E_0 \cdot \cos\left[2\pi\left(v_d \cdot t - \frac{x}{\lambda_d}\right)\right]$$

Le détecteur est sensible au carré du champ reçu, donc (en notant  $\phi = -x/\lambda$  la phase de l'onde) :

$$(E_1 + E_2)^2 = \left[\frac{1}{2} E_0 \cdot \left(\cos\left[2\pi\left(vt - \frac{x}{\lambda}\right)\right] + \cos\left[2\pi\left(v_d \cdot t - \frac{x}{\lambda_d}\right)\right]\right)\right]^2$$

Or :  $\cos(a) + \cos(b) = 2 \cos\left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$

Donc :  $(E_1 + E_2)^2 = [E_0 \cdot \cos(\pi[(vt + \phi) + (v_d \cdot t + \phi_d)]) \cdot \cos(\pi[(vt + \phi) - (v_d \cdot t + \phi_d)])]^2$

$$= [E_0 \cdot \cos(\pi[(v + v_d)t + (\phi + \phi_d)]) \cdot \cos(\pi[(v - v_d)t + (\phi - \phi_d)])]^2$$

Tout se passe donc comme si le récepteur percevait la superposition de 2 ondes, une onde de fréquence  $(v+v_d)$  et une onde de fréquence  $(v-v_d)$ . La superposition de ces 2 ondes produit des interférences qui ne sont constructives que périodiquement : le détecteur perçoit donc des clignotements périodiques.

Voilà, ma correction s'arrête là car je n'ai pas eu le temps de faire plus à l'oral, et que je ne sais pas comment trouver la fréquence des clignotements et encore moins comment résoudre la question 3... Cependant l'examinateur m'avait dit au départ qu'on irait probablement pas au bout.

Pour la première question j'avais oublié de projeter la vitesse de l'onde et le facteur 2. L'examinateur m'a aussi demandé si je connaissais le type de dispositif de la question 1, et voulait me faire dire que ça se comportait comme un réseau et que ça permettait de diffracter la lumière (je ne le savais pas). Je ne savais pas non plus la relation de trigo de la question 2 donc il me l'a donnée : bref ils demandent d'être capable de réfléchir au problème et de rebondir sur les éléments qu'ils donnent, pas de déballer la correction du premier coup !

A la place de la question 3, l'examinateur m'a fait finir par un calcul d'ordre de grandeur des fréquences des 2 ondes superposées de la question 2, notamment la plus petite des 2  $(v-v_d)$ , qui correspond au  $\Delta f$  de la question 1 :

$$(v - v_d) = f \cdot \frac{2 v_\beta}{c} \approx 10^{10} \quad (\text{avec des ordres de grandeurs pour les différentes grandeurs})$$

*Il voulait me faire dire que les fibres optiques peuvent transporter de l'information à cette fréquence, ce qui explique que le détecteur soit capable de percevoir un clignotement autour de cette fréquence (mais pas pour la fréquence  $(v+v_d)$  qui est beaucoup trop grande).*

*Je conseille vivement de revoir la physique du lycée (en la consolidant peut-être avec des exercices de BCPST), cette année comme la précédente, presque tous les exercices étaient basés sur la mécanique et l'optique du programme de Terminale !*

.....

*Mon sujet portait sur le principe des pinces optiques. J'ai dû d'abord faire des hypothèses sur le fonctionnement de ces pinces, puis rappeler la formule de la quantité de mouvement d'un photon (qui est différente de celle d'une particule massive, et que j'avais oubliée). Puis j'ai dû, en suivant les consignes de l'examinateur, tracer un schéma au tableau avec des vecteurs de quantité de mouvement. Pour réussir, il fallait notamment connaître les concepts suivants : quantité de mouvement d'une particule non-massive, loi de Snell-Descartes, et somme de deux vecteurs. J'ai aussi brièvement parlé de mon projet d'études ; j'ai expliqué en quoi j'étais intéressé par la physique. J'avais l'impression d'avancer assez lentement mais l'examinateur était très bienveillant et me guidait quand j'étais bloqué. Mon conseil, si vous voulez préparer ce sujet, est de chercher sur internet (ou dans le petit livre Physique et biologie, de J.-F. Allemand, qui m'avait été recommandé pour l'épreuve de physique de l'École de l'INSERM) les équations décrivant le principes des pinces optiques et les schémas les décrivant, tout en gardant en tête qu'on ne vous demandera que quelques équations simples (niveau lycée/PACES) et des analyses dimensionnelles, mais surtout des schémas. Il faut donc chercher à comprendre le sujet qualitativement avant tout. J'ai eu une note assez moyenne (13/20) car j'ai fait peu de questions du sujet.*



**Ton état  
avant la physique**



**Ton état  
après la physique**

## Quelques contacts utiles

Alain Bessis, directeur du cursus : [alain.bessis@bio.ens.psl.eu](mailto:alain.bessis@bio.ens.psl.eu)

Et les contacts de la promotion actuelle (toujours contents de répondre à toutes vos questions) :

- Alexandre Bertin ([alexandre.bertin@ens.psl.eu](mailto:alexandre.bertin@ens.psl.eu), Université de Bordeaux)
- Nicolas Besnardeau ([nicolas.besnardeau@ens.fr](mailto:nicolas.besnardeau@ens.fr), Sorbonne Université)
- Simon Charles ([simon.charles@ens.fr](mailto:simon.charles@ens.fr), Université de Paris)
- Sarah Charpy ([sarah.charpy@ens.psl.eu](mailto:sarah.charpy@ens.psl.eu)) Université de Paris)
- Lea Feldmann ([lea.feldmann2001@gmail.com](mailto:lea.feldmann2001@gmail.com), Lea Lotte sur Fb, Université de Paris)
- Sandia Hamache ([sandia.hamache@gmail.com](mailto:sandia.hamache@gmail.com) , Université de Paris)
- Louise Nassor ([louise.nassor@ens.psl.eu](mailto:louise.nassor@ens.psl.eu), Université de Rennes)
- Salomé Ouaknine ([salome.ouaknine@gmail.com](mailto:salome.ouaknine@gmail.com), Université de Paris)
- Alexandre Tolboom ([atolboom@edu.bio.ens.psl.eu](mailto:atolboom@edu.bio.ens.psl.eu), Université de St Etienne)

