



Secrétariat général

Direction générale
des ressources humaines

Sous-direction du recrutement

Concours du second degré – Rapport du Jury

Session 2012

**AGRÉGATION
SCIENCES PHYSIQUES
Option physique -chimie
Concours interne**

**Rapport de jury présenté par Jean-Marc BERROIR
Professeur des Universités**

RAPPORT DU JURY DES CONCOURS D'AGREGATION INTERNE ET DU CAERPA DE SCIENCES PHYSIQUES OPTION PHYSIQUE ET CHIMIE

SESSION 2012

0. Sommaire
1. Composition du jury 2012
2. Avant-propos du président
3. Épreuves et programmes 2012
4. Déroulement des épreuves 2012
5. Informations statistiques sur la session 2012
 - Épreuves écrites
 - Épreuves orales
 - Répartition des candidats par académie
 - Répartition des candidats par sexe
 - Répartition des candidats par âge
6. Énoncé de la composition de physique 2012
7. Solution de la composition de physique 2012
8. Rapport relatif à la composition de physique 2012
9. Énoncé de la composition de chimie 2012
10. Solution de la composition de chimie 2012
11. Rapport relatif à la composition de chimie 2012
12. Rapport sur les épreuves orales de physique 2012
13. Rapport sur les épreuves orales de chimie 2012
14. Épreuves et programmes 2013
15. Informations sur les épreuves orales 2013

1. COMPOSITION DU JURY

BERROIR Jean-Marc	Professeur des universités, Paris, Président
DESBIOLLES Pierre	Inspecteur général de l'éducation nationale, Vice-président
MAUHOURAT Marie-Blanche	Inspectrice générale de l'éducation nationale, Vice-présidente
DE TOURRIS Rodolphe	Professeur agrégé, Paris, représentant de l'enseignement privé
AUZELY-LEXA Catherine	Professeure agrégée, Versailles
BAUDIN Jean-Bernard	Professeur des universités, Paris
BOISGARD Rodolphe	Maître de conférences, Bordeaux
BOYER David	IA-IPR, académie de Bordeaux
CAVELIER Marc	Professeur agrégé, Rennes
ÉDARD Florence	Professeure de chaire supérieure, Poitiers
LENOBLE Florence	Professeure de chaire supérieure, Paris
LÉVÊQUE Thierry	IA-IPR, académie de Nancy-Metz
PLAIDY Olivier	Professeur de chaire supérieure, Bayonne
PRIEUR Jacques	IA-IPR, académie de Nantes
REYDELLET Laure-Hélène	Professeure agrégée, Neuilly/Seine
RÉMY Sophie	Professeure de chaire supérieure, Limoges
ROBERT Vincent	Professeur des universités, Strasbourg
ROLLEY Étienne	Professeur des universités, Paris
SANZ Marie-Noëlle	Professeure de chaire supérieure, Paris
SIMON Christiane	IA-IPR, académie d'Amiens

2. AVANT-PROPOS

Le rapport du jury des concours de l'agrégation interne et du CAERPA de sciences physiques, option physique et chimie, de la session 2012 est mis en ligne sur le serveur du ministère de l'éducation nationale : <http://www.education.gouv.fr/siac/siac2> ainsi que sur le site <http://www.agregation-interne-physique-chimie.org>. Ce rapport est donc rapidement accessible à tous ceux, candidats et formateurs, concernés par ces concours de promotion interne.

Pour le concours public, le nombre des postes offerts en 2012 est stable par rapport l'année 2011 (35 postes) mais en très forte baisse par rapport aux années antérieures (45 postes offerts de 2006 à 2010). Pour le CAERPA, 9 postes ont été mis au concours en 2012, contre 8 en 2011. En conséquence, la sélectivité des deux concours est toujours aussi forte en 2011. Les ratios « nombre de candidats présents à au moins une épreuve » sur « nombre de postes » sont de 27,9 pour le concours public et de 19,8 pour le CAERPA (à comparer à 25,6 et 21,9 en 2011). Sur l'ensemble des deux concours, 1155 candidats ont composé à l'écrit. Ce chiffre, en nette augmentation par rapport à 2011 (1070), confirme les observations faites durant les sessions antérieures, et montre à l'évidence le succès d'un concours conçu tant pour contribuer à la promotion interne des professeurs en exercice que pour participer à leur formation continue. A l'issue des épreuves écrites, 84 candidats ont été déclarés admissibles (72 pour le public et 12 pour le CAERPA). La barre d'admissibilité, identique pour les deux concours, est cette année de 27,6 / 40, ce qui reflète le bon niveau de l'ensemble des candidats admissibles. Ceci a été confirmé par les épreuves orales, à l'issue desquelles l'ensemble des postes offerts au concours public a été pourvu. Pour le CAERPA, seuls 7 postes sur les 9 offerts ont été pourvus. La barre d'admission est de 50,4 / 80 pour le concours public et pour le CAERPA.

L'âge moyen des candidats admis est cette année de 37,6 ans, ce qui est légèrement supérieur aux valeurs observées en 2011, 2010 et 2009 (35,5, 36,1 et 35). 26 % des admis ont 40 ans ou plus, ce qui là aussi est légèrement supérieur aux années précédentes. Comme les années précédentes, on observe que de nombreux candidats, qui ont fait le choix d'une immersion professionnelle immédiate après leur succès au CAPES, se présentent au concours interne dès qu'ils remplissent les conditions statutaires requises, en ayant pour nombre d'entre eux continué à préparer les concours externes de l'agrégation. Bien qu'il soit trop tôt pour l'affirmer avec certitude, la légère augmentation de l'âge moyen des candidats admis résulte sans doute d'une meilleure prise en compte des compétences professionnelles acquises par les candidats au fil des années d'exercice de leur métier d'enseignant. Si l'on souhaite que l'agrégation interne joue réellement son rôle de promotion interne et de formation en n'étant pas seulement une opportunité supplémentaire de devenir agrégé pour de jeunes candidats n'ayant pas réussi l'agrégation externe, il faut aller plus loin dans cette direction. C'est l'objectif des réformes importantes apportées aux épreuves de la session 2013 qui seront évoquées ci-dessous et décrites en détail dans la suite de ce rapport.

Force est aussi de constater que le déséquilibre des genres parmi les admis est toujours présent et même encore plus affirmé que les années précédentes. Une fois de plus, la répartition entre hommes et femmes au sein des admis (79% d'hommes et 21% de femmes sur l'ensemble des deux concours) ne reflète absolument pas les proportions constatées dans la profession (45% des certifiés de sciences physiques sont des certifiées). Il semble même cette année que les femmes réussissent moins bien le concours, puisque la répartition hommes-femmes des candidats ayant composé aux

épreuves écrites (66% d'hommes et 34 % de femmes) est sensiblement différente de celle des admis. On peut sans doute mesurer là la difficulté pour de jeunes femmes à se lancer dans la préparation régulière d'un concours exigeant. Là aussi, on peut espérer qu'un concours davantage axé sur la prise en compte des compétences professionnelles et favorisant les candidats plus expérimentés permette d'améliorer cette situation.

Fort des constats ci-dessus, le jury a décidé de faire évoluer le concours, et ce avec un double objectif :

- valoriser d'avantage les compétences professionnelles acquises par les candidats lors de leur carrière d'enseignant de sorte que le concours joue réellement le rôle d'un concours interne,
- profiter du concours pour susciter chez les candidats une réflexion approfondie sur la pratique de leur métier. L'agrégation interne doit permettre de parfaire la formation des professeurs en exercice, sur un plan disciplinaire bien sûr, mais également sur les plans pédagogiques et didactiques.

Depuis quelques années, une composante pédagogique a ainsi été introduite dans les épreuves écrites. Les « questions pédagogiques » représentent une fraction significative de la note (entre 1/4 et 1/3 de la note globale), il convient donc de ne pas les négliger lors de la préparation des épreuves et lors de leur passation. Dans la continuité de cette initiative, des modifications importantes seront apportées aux épreuves de la session 2013. Pour les épreuves écrites, ces modifications sont mineures et consistent simplement à faire figurer explicitement dans les programmes de référence les programmes de collège qui viendront s'ajouter à ceux, déjà mentionnés, des classes de lycée et des classes post-baccalauréat. Les modifications apportées aux épreuves orales sont plus importantes, en particulier pour l'épreuve de leçon qui voit sa structure profondément remaniée. Les sujets des épreuves orales sont eux aussi totalement renouvelés. L'ensemble de ces modifications sont décrites en détail dans les parties 14 et 15 de ce rapport.

Malgré les modifications importantes apportées aux épreuves des sessions à venir, le rapport du jury est un outil d'information, de travail et de conseil pour les futurs candidats ainsi que pour les centres de préparation. Le lecteur trouvera dans ce rapport un ensemble de commentaires et de conseils qu'il conviendra de lire avec attention. Les épreuves écrites font ainsi l'objet d'une correction détaillée, certaines questions faisant l'objet de recommandations ou de commentaires plus précis. Pour les épreuves orales, un rapport circonstancié sur les épreuves de la session 2012 est fourni. Les remarques générales qui y sont formulées par le jury restent évidemment d'actualité pour les sessions futures. Les attendus du jury concernant les nouvelles épreuves orales sont précisées section 15.

Comme les années précédentes, il convient d'attirer l'attention des candidats sur le fait qu'en se présentant à un concours, ils se trouvent en compétition les uns avec les autres, et qu'il en résulte obligatoirement une comparaison de leurs prestations individuelles. Toute autoévaluation à la fin d'une épreuve (ou toute évaluation formulée par un observateur extérieur au jury) est ainsi vaine, car non fondée sur une vue globale des prestations de l'ensemble des candidats. Cette remarque doit en particulier inciter ceux d'entre eux qui sont persuadés d'avoir échoué à une épreuve, à ne pas baisser les bras et à terminer le concours. L'expérience montre en effet, d'une part que des candidats admissibles avec un écrit moyen sont reçus dans les tous premiers rangs à l'issue des épreuves orales (voir section 5), et d'autre part que ne pas briller à l'une des épreuves orales n'empêche pas d'être admis.

Le jury rappelle que la réussite aux concours nécessite une préparation active, durant toute l'année scolaire. Il invite les candidats à mener de front la préparation aux épreuves écrites d'admissibilité et

la préparation aux épreuves orales d'admission. Il est parfaitement illusoire de penser que l'on peut réussir à l'oral en ne s'y préparant que quelques jours avant les épreuves. Aussi est-il conseillé avec insistance aux candidats qui ne disposent pas dans leur établissement d'un environnement sur lequel ils peuvent s'appuyer pour conforter leur préparation, de suivre les formations académiques ou universitaires assurant cette préparation.

Le jury a corrigé d'excellentes copies et a assisté, lors des épreuves d'admission, aussi bien pour les leçons que pour les montages, à des prestations remarquables. Il reconnaît et apprécie à leur juste valeur les efforts consentis par l'ensemble des candidats et félicite tout particulièrement les professeurs quadragénaires qui, ayant relevé le défi, ont réussi le concours ; l'un des lauréats est âgé de 49 ans, ce qui montre bien que l'on peut réussir le concours, même lorsque la formation initiale est bien loin derrière soi. Le jury mesure les sacrifices que la préparation du concours représente et les difficultés rencontrées à mener de front l'exercice normal du métier et cette préparation. Il espère que les modifications apportées aux épreuves pour les sessions à venir inciteront les professeurs très expérimentés à se présenter plus nombreux au concours en leur offrant de meilleures perspectives de réussite. Il encourage également les candidats qui n'ont pas été récompensés lors de cette session à renouveler leurs efforts. Il va de soi qu'il ne faut pas se laisser décourager par une ou plusieurs tentatives infructueuses. L'expérience montre que la persévérance est la plupart du temps récompensée.

3. EPREUVES ET PROGRAMMES SESSION 2012

EPREUVES

Les épreuves écrites d'admissibilité comportent :

- une composition sur la physique, de durée 5 h (coefficient 1) ;
- une composition sur la chimie, de durée 5 h (coefficient 1).

Les épreuves orales comportent :

- une leçon (coefficient 1) ;
- un montage (coefficient 1).

Le tirage au sort conduit le candidat à traiter :

- soit une leçon de physique et un montage de chimie,
- soit une leçon de chimie et un montage de physique.

Des précisions sur le déroulement des épreuves orales sont données en section 4 de ce rapport.

PROGRAMMES

Le programme des épreuves écrites et orales de la session 2012 est publié dans le BO spécial n°1 du 27 janvier 2011.

I Épreuves écrites

Ces épreuves sont envisagées au niveau le plus élevé et au sens le plus large du programme défini ci-dessous.

1. Composition sur la physique et le traitement informatisé de l'information

Elle porte sur les enseignements de physique des programmes de physique-chimie appliqués à la rentrée scolaire de l'année où est ouvert le concours

- des classes
 - de seconde générale et technologique,
 - de première
 - de classe terminale S, y compris l'enseignement de spécialité
- des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles : PCSI, MPSI, MP, MP*, PC, PC*, PSI, BCPST 1ère et 2ème année

2. Composition de chimie avec exercices d'application

Elle porte sur les enseignements de chimie des programmes de physique-chimie appliqués à la rentrée scolaire de l'année où est ouvert le concours

- des classes :
 - de seconde générale et technologique
 - de première S, de terminale S, y compris l'enseignement de spécialité
 - de première et terminale sciences et technologies de laboratoire (STL), spécialités : physique de laboratoire et des procédés industriels (PLPI), chimie de laboratoire et des procédés industriels (CLPI)
- des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles : PCSI, MPSI, MP, MP*, PC, PC*, PSI, BCPST 1ère et 2ème année

3. Agrégation interne de sciences physiques 2012 : épreuves et programme

II Épreuves orales

1. Leçon

Dans le cas d'une leçon de physique, le programme est celui de la composition d'écrit n°1 ; les leçons de physique sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau des deux premières années (niveaux L1 et L2) des licences spécialisée en physique ou en physique-chimie. Dans le cas d'une leçon de chimie, le programme est celui de la composition d'écrit n°2 ; les leçons de chimie sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau des deux premières années (niveaux L1 et L2) des licences spécialisée en chimie ou en physique-chimie.

2. Montage

Le niveau est celui des classes post-baccalauréat des lycées.

Les sujets des leçons et montages de physique et de chimie de la session 2011 sont précisées ci-dessous ;

Leçons de physique

Le libellé de chaque titre n'implique pas que le candidat traite le sujet de la leçon de manière exhaustive, il lui est cependant demandé d'en présenter les résultats essentiels au niveau requis ; il est invité à justifier les choix faits et à aborder les applications inhérentes au sujet de la leçon.

1. Caractère galiléen approché du référentiel géocentrique et du référentiel terrestre.
2. Énergie mécanique d'un point matériel.
3. Énergie mécanique d'un système matériel.
4. Mouvement dans un champ de forces centrales newtonien.
5. Système isolé de deux points matériels en interaction.
6. Rotation d'un solide autour d'un axe dont la direction est fixe.
7. Actions de contact entre deux solides.
8. Statique des fluides.
9. Dynamique des écoulements parfaits.
10. Premier principe de la thermodynamique.
11. Deuxième principe de la thermodynamique.
12. Machines thermiques.
13. Diffusion thermique.
14. Dipôle électrostatique.
15. Le champ électrostatique.
16. Le champ magnétostatique.
17. Induction électromagnétique : cas d'un circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps.
18. Induction électromagnétique : cas d'un circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire.
19. Énergie du champ électromagnétique.
20. Vibrations transversales sur une corde.
21. Ondes sonores dans les fluides.
22. Ondes dans un milieu dispersif.
23. Rayonnement dipolaire électrique (les composantes du champ électromagnétique rayonné à grande distance seront admises).
24. Réflexion-réfraction d'une onde électromagnétique à l'interface entre deux diélectriques. Lois de Descartes.
25. Miroirs sphériques et lentilles minces.
26. Interférences en optique. Notion de cohérence.
27. Diffraction de Fraunhofer.

28. Réseaux plans en optique.
29. Oscillateur harmonique, avec ou sans amortissement.
30. Résonance.

Montages de physique

Rappel : Chaque candidat a le choix entre deux sujets.

Pour chacun des sujets de la liste ci-dessous, il conviendra de présenter au moins une expérience quantitative menée à son terme et, dans la mesure du possible, de présenter des applications. L'utilisation de l'ordinateur interfacé, pour l'acquisition et le traitement des données expérimentales, est à privilégier.

1. Dynamique newtonienne.
2. Transitions de phase.
3. Ondes acoustiques.
4. Formation des images en optique.
5. Spectrométrie optique.
6. Polarisation de la lumière.
7. Condensateurs.
8. Bobines ; transformateurs.
9. Capteurs.
10. Induction, auto-induction.
11. Production et mesure de champs magnétiques.
12. Transducteurs électromécaniques.
13. Régimes transitoires en électricité.
14. Oscillateurs électriques auto-entretenus.
15. Filtres actifs et passifs.
16. Amplification en électronique.
17. Analyse harmonique. Synthèse d'un signal périodique.
18. Modulation d'amplitude et modulation de fréquence.
19. Conversions alternatif-continu et continu-alternatif en électricité
20. Moteurs électriques.
21. Oscillateurs couplés.
22. Mesure de longueurs d'onde.
23. Mesure de fréquences.
24. Mesure d'impédances.
25. Mesure de puissance et d'énergie.
26. Interférences.
27. Diffraction.
28. Ondes stationnaires.
29. Résonance.
30. Propagation d'une onde.

Leçons de Chimie

Le libellé de chaque titre n'implique pas que le candidat traite le sujet de la leçon de manière exhaustive, il lui est cependant demandé d'en présenter les résultats essentiels au niveau requis ; il est invité à justifier les choix faits et à aborder les applications inhérentes au sujet de la leçon.

1. Mécanismes réactionnels en cinétique homogène.
2. Caractères généraux de la catalyse (catalyse hétérogène exclue).
3. Lecture et utilisation des diagrammes d'Ellingham. Applications.
4. Réactions de complexation ; applications en analyse quantitative.

5. Lois de déplacement des équilibres : influence de la température et de la pression, de l'introduction d'un constituant actif et d'un constituant inactif.
6. Lecture et utilisation des diagrammes binaires liquide/vapeur isobares.
7. Aspect thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction en solution aqueuse.
8. Réactions de précipitation ; applications en analyse quantitative.
9. Réactions acido-basiques ; applications en analyse quantitative.
10. Cristaux métalliques : description, propriétés.
11. Cristaux ioniques.
12. Lecture et utilisation des diagrammes binaires solide/liquide.
13. Classification périodique des éléments : construction, évolution de quelques propriétés.
14. Structure électronique et géométrique des molécules : liaisons covalentes localisées et délocalisées dans les modèles de Lewis et de Gillespie.
15. Applications des diagrammes potentiel-pH.
16. Applications des courbes intensité-potential.
17. Applications de la spectroscopie RMN du proton.
18. Réaction de Diels Alder : caractéristiques et modélisation.
19. Stéréochimie des molécules organiques.
20. Liaison carbone-halogène : réactions de substitution.
21. Liaison carbone-halogène : réactions d'élimination.
22. Alcools et alcoolates : réactions de substitution et d'élimination.
23. Préparation et réactivité des organomagnésiens mixtes.
24. Alcènes : réduction et oxydation.
25. Hydrocarbures aromatiques : aromaticité. Substitution électrophile aromatique sur le benzène.
26. Substitution électrophile aromatique : benzène substitué, cas d'un hétérocycle.
27. Polymérisation en chaîne : polymérisation radicalaire, polymérisation anionique. Structure moléculaire des polymères en chaîne, conséquences.
28. Composés carbonyles : préparations, réactions d'addition nucléophile.
29. Réactivité spécifique des composés carbonyles énolisables et des α -étones.
30. Synthèses et réactivité des dérivés d'acide.

Montages de chimie

Rappel : Chaque candidat a le choix entre deux sujets.

Pour chacun des thèmes de la liste ci-dessous, il conviendra de présenter au moins une expérience quantitative menée à son terme et, dans la mesure du possible, de présenter des applications.

1. Dosages de produits de la vie courante.
2. Piles électrochimiques et électrolyses.
3. Constante de formation d'ions complexes.
4. Produit de solubilité.
5. Equilibres acido-basiques en solution aqueuse.
6. Vitesse de réaction et catalyse.
7. Indicateurs de fin de dosage.
8. Influence du pH, de la complexation, de la solubilité sur le pouvoir oxydant ou réducteur.
9. Diagramme potentiel-pH du fer.
10. Spectrophotométrie UV-visible.
11. L'azote et ses composés en chimie inorganique.
12. Le zinc et ses composés.
13. Notion d'équilibre chimique.
14. Les halogènes (fluor exclu)
15. Le dioxygène et l'eau oxygénée.
16. Oxydants minéraux.

17. Réducteurs minéraux.
18. Alcènes et alcynes (éthylène et acétylène exclus).
19. Aldéhydes.
20. Cétones.
21. Alcools.
22. Amines.
23. Organométalliques.
24. Substitutions électrophiles.
25. Substitutions nucléophiles.
26. Acides carboxyliques et dérivés.
27. Acides aminés, amides, polypeptides, polyamides.
28. Méthodes de séparation des constituants d'un mélange en chimie organique.
29. L'eau en chimie organique.
30. Produits organiques contenus dans les substances naturelles. Séparation et identification.

4. DÉROULEMENT DES ÉPREUVES

SESSION 2012

ÉPREUVES ÉCRITES

Les épreuves écrites se sont déroulées les 26 et 27 janvier 2012.

ÉPREUVES ORALES

Conditions matérielles et généralités

Les épreuves d'admission se sont déroulées au Lycée Saint-Louis à Paris du 16 au 22 avril 2012. La délibération du jury et la proclamation des résultats ont eu lieu le 23 avril 2012.

Les candidats admissibles reçoivent une convocation pour une série d'oral, comportant deux épreuves.

La série commence par un tirage au sort le premier jour. Chaque candidat tire un numéro, auquel correspondent deux enveloppes contenant les sujets :

– leçon de physique (coefficient 1) et montage de chimie (coefficient 1)
ou bien

– leçon de chimie (coefficient 1) et montage de physique (coefficient 1).

Ces enveloppes sont ouvertes par le candidat au début de chacune des épreuves, qui commencent dès le lendemain du tirage au sort. Lors de la session 2011, les horaires ont été les suivants :

Ouverture du sujet	6 h 00	7 h 20	8 h 40	11 h 30	12 h 50	14 h 10
Début de l'épreuve	10 h 00	11 h 20	12 h 40	15 h 30	16 h 50	18 h 10

Une épreuve se déroule de la façon suivante :

- ouverture du sujet tiré au sort : un sujet obligatoire pour les leçons, et un sujet à choisir parmi deux proposés pour le montage ;
- 4 h de préparation à l'épreuve ;
- 1 h 20 d'épreuve, dont 50 min pour l'exposé d'une leçon ou la présentation d'un montage, le reste du temps pouvant être utilisé par le jury pour les questions.

L'usage des calculatrices personnelles n'est pas autorisé.

Les épreuves sont publiques.

Il est demandé aux candidats de se munir d'une pièce d'identité en cours de validité ainsi que d'une blouse pour les épreuves de chimie.

A la fin du tirage au sort, les candidats peuvent visiter les bibliothèques et les collections de matériel de physique et de chimie.

Le matériel ainsi que les livres et documents, doivent être envoyés ou déposés (éventuellement par les candidats eux-mêmes) au plus tard avant le début de la première épreuve de la première série. Pour le matériel il est nécessaire de fournir un inventaire complet de ce qui est apporté, ainsi qu'une notice de fonctionnement pour chaque appareil. L'ensemble doit être récupéré le jour de la proclamation des résultats.

Les équipes techniques

Pour le tirage au sort et pour chacune des deux épreuves orales, le candidat est accueilli par une équipe technique constituée de techniciens et de professeurs préparateurs.

L'équipe technique offre aide ou assistance. Elle n'intervient ni dans le choix des expériences, qui est de la seule responsabilité du candidat, ni dans l'interprétation des résultats obtenus par celui-ci.

➤ **Les techniciens** restent à la disposition du candidat tout au long de l'épreuve pour lui fournir les livres et les appareils dont il a besoin. Ils apportent les indications nécessaires au bon fonctionnement du matériel (sécurité notamment) et participent à la mise en œuvre de celui-ci en effectuant les branchements nécessaires.

Les appareils sont accompagnés d'une notice que le candidat peut consulter.

Les techniciens assistent le candidat dans la prise en main du matériel, en particulier, dans celle des appareils dont la diffusion est récente (spectromètres dits « de poche » ou « USB », flexcam, webcam, tableau numérique, vidéoprojecteurs...) et dans celle des outils informatiques ou numériques. Cependant, une connaissance minimale de ces derniers est indispensable au candidat. Tous ces outils, qui sont une aide très appréciable pour les expériences, sont d'une utilisation aisée. Néanmoins, il est possible qu'un candidat soit dérouté par un matériel précis auquel il est peu habitué et les techniciens le font alors bénéficier de leur savoir-faire.

Pour les leçons de physique ou de chimie, les techniciens fournissent au candidat une aide à sa demande et en respectant ses indications. Ils aident à la réalisation des expériences de cours que les candidats ont prévues pour illustrer leur propos.

La situation est différente au montage où il s'agit d'avantage d'une assistance. En effet, le candidat, qui est évalué notamment sur son habileté expérimentale et ses capacités à effectuer des mesures, doit réaliser lui-même les expériences. Les techniciens l'assistent dans la mise en œuvre des protocoles expérimentaux en particulier lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures répétitives.

➤ **Les professeurs préparateurs** ont pour mission de coordonner les travaux de l'équipe technique dans la préparation de chacune des deux épreuves. Leur rôle est également de veiller au bon fonctionnement des appareils durant la préparation. Ils peuvent proposer du matériel spécifique et, plus généralement, des solutions aux problèmes que les candidats peuvent rencontrer.

➤ **Les équipes techniques** (techniciens et professeurs préparateurs) n'ont pas de contact avec le jury. Celui-ci ignore les conditions dans lesquelles se sont déroulées les quatre heures de préparation.

5. INFORMATIONS STATISTIQUES

35 places ont été mises au concours de l'agrégation interne, et 9 au CAERPA.

Les tableaux ci-dessous donnent les informations générales relatives aux candidats du concours 2012, et les comparent aux données correspondantes des dix dernières sessions.

Agrégation Interne

Année	Postes	Inscrits	Présents*	Taux de présence	Admissibles	Admis
2002	51	809	619	76,5%	102	51
2003	52	873	674	77,2%	101	52
2004	52	1044	833	80,6%	100	52
2005	54	1121	814	75%	106	52
2006	45	1373	957	69,7%	102	45
2007	45	1374	953	69,4%	101	45
2008	45	1353	962	71,1%	100	45
2009	45	1321	938	71,0%	94	45
2010	45	1484	964	65,0%	97	45
2011	35	1685	895	53,1%	71	35
2012	35	1546	975	63,1%	72	35

CAERPA

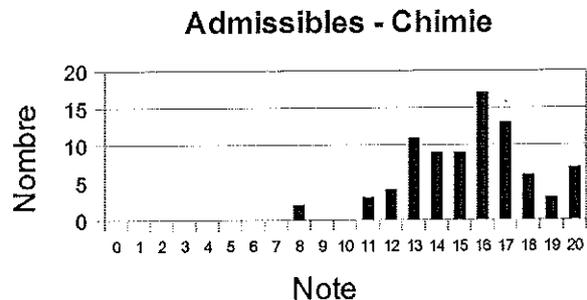
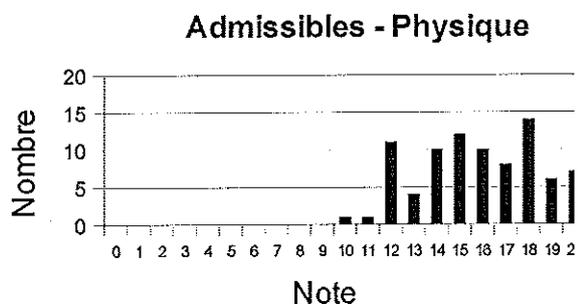
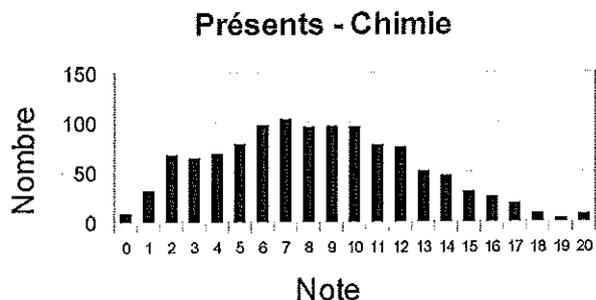
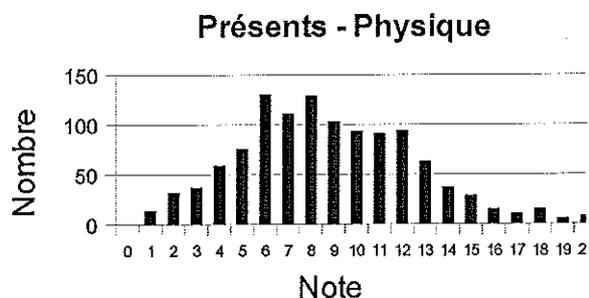
Année	Postes	Inscrits	Présents*	Taux de présence	Admissibles	Admis
2002	10	184	137	74,4%	13	7
2003	10	157	115	73,2%	12	4
2004	9	171	135	78,9%	14	7
2005	10	190	131	69%	10	4
2006	10	252	167	66,3%	6	2
2007	9	226	159	70,3%	7	4
2008	7	251	155	61,7%	8	4
2009	8	227	147	64,8%	14	8
2010	11	276	167	60,5%	9	4
2011	8	365	175	47,7%	13	8
2012	9	269	178	66,2%	12	7

* Présents à au moins une épreuve

ÉPREUVES ÉCRITES

	Agrégation interne	CAERPA
Composition sur la physique :		
Moyenne	8,43	7,74
Ecart-type	3,79	3,80
Note maximale	20,00	20,00
Moyenne des candidats admissibles	15,32	15,64
Ecart-type des admissibles	2,56	2,75
Composition sur la chimie :		
Moyenne	7,97	7,71
Ecart-type	4,23	4,06
Note maximale	20,00	18,30
Moyenne des candidats admissibles	15,26	14,59
Ecart-type des admissibles	2,53	2,89
Barre d'admissibilité	27,6	27,6
Nombre d'admissibles	72	12

Les figures ci-dessous présentent les distributions des notes obtenues à chacune des épreuves écrites par l'ensemble des candidats aux deux concours.



ÉPREUVES ORALES

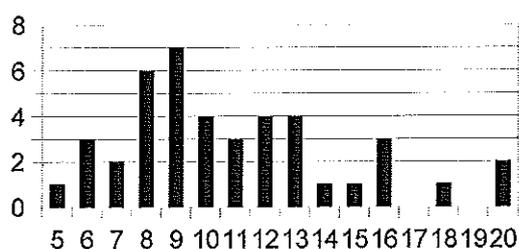
Résultats des candidats aux épreuves orales :

Nature de l'épreuve	Moyenne des candidats présents aux épreuves orales	Ecart-type
Leçon de physique	10,86	3,69
Leçon de chimie	10,29	3,80
Montage de physique	10,31	3,63
Montage de chimie	10,24	4,05

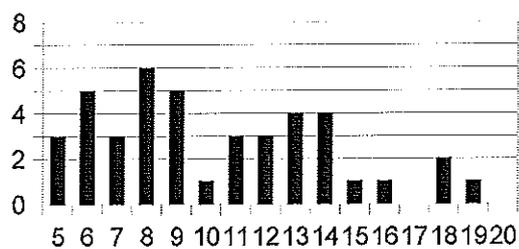
	Agrégation interne	CAERPA
Barre d'admission	50,4	50,4
Nombre d'admis	35	7

Distribution des notes des candidats présents aux épreuves orales :

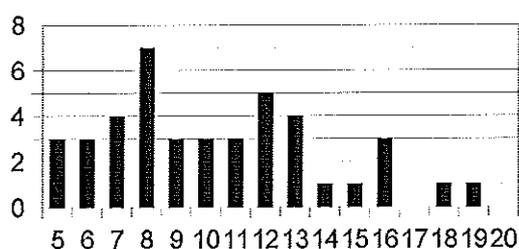
Leçon de physique



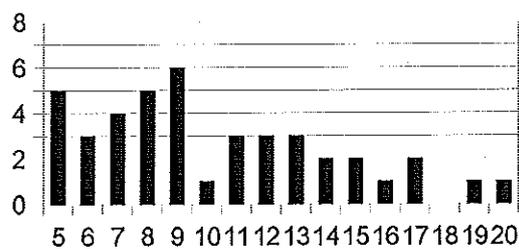
Leçon de chimie



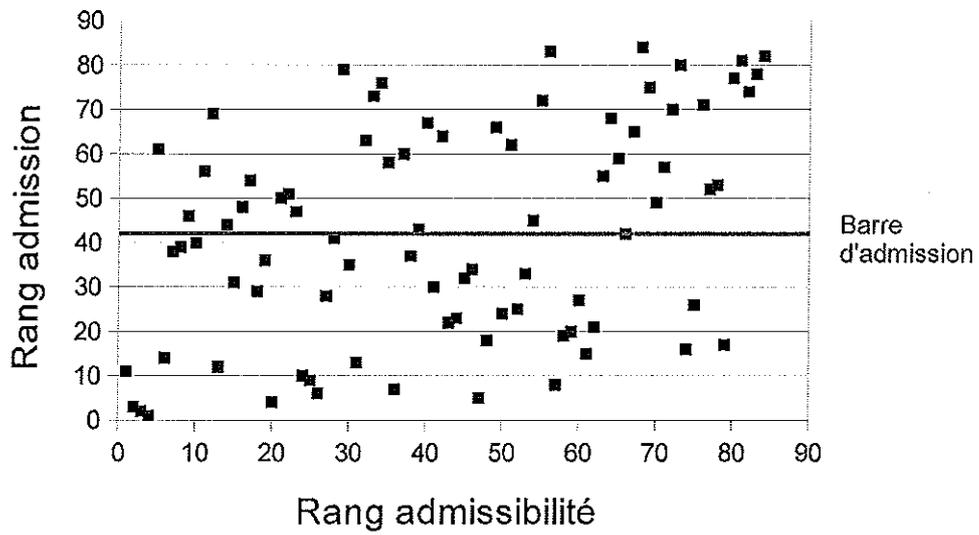
Montage de physique



Montage de chimie



CORRÉLATION ENTRE LES RÉSULTATS DÉFINITIFS ET CEUX DE L'ADMISSIBILITÉ



RÉPARTITION DES CANDIDATS PAR ACADÉMIE

AGRÉGATION INTERNE

Académie	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
AIX-MARSEILLE	67	36	3	1
BESANCON	19	15	2	0
BORDEAUX	47	29	3	3
CAEN	31	24	1	0
CLERMONT-FERRAND	20	13	1	0
DIJON	33	19	3	1
GRENOBLE	64	35	5	4
LILLE	118	87	8	3
LYON	82	45	4	3
MONTPELLIER	72	44	2	0
NANCY-METZ	60	37	2	2
POITIERS	30	21	2	1
RENNES	44	27	2	0
STRASBOURG	59	42	3	1
TOULOUSE	52	34	3	2
NANTES	53	35	1	1
ORLEANS-TOURS	66	32	1	1
REIMS	31	17	0	0
AMIENS	46	31	0	0
ROUEN	38	22	0	0
LIMOGES	14	8	1	1
NICE	49	30	4	1
CORSE	16	11	0	1
REUNION	42	33	1	0
MARTINIQUE	19	11	0	0
GUADELOUPE	22	13	0	0
GUYANE	7	3	0	0
NOUVELLE CALEDONIE	7	2	1	1
POLYNESIE FRANCAISE	9	3	0	0
MAYOTTE	10	8	0	0
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	319	215	19	8

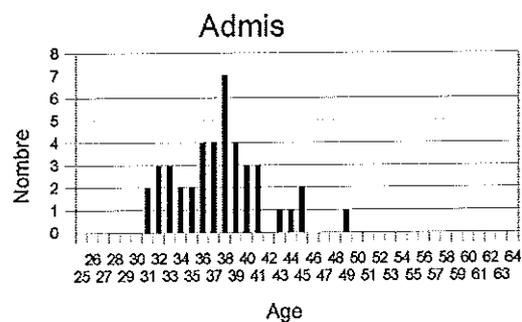
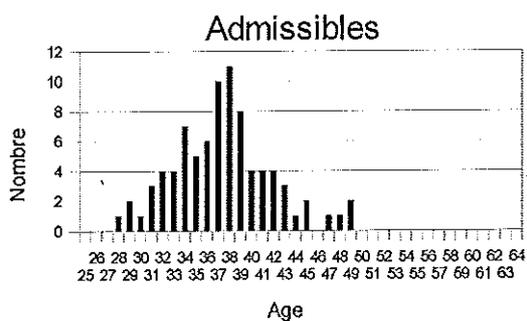
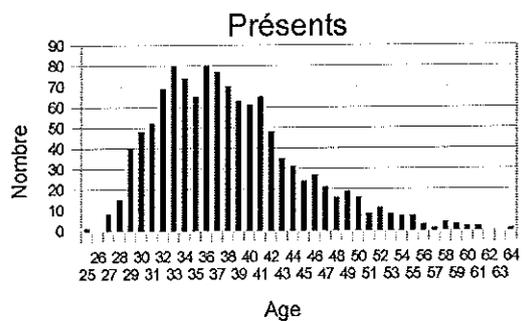
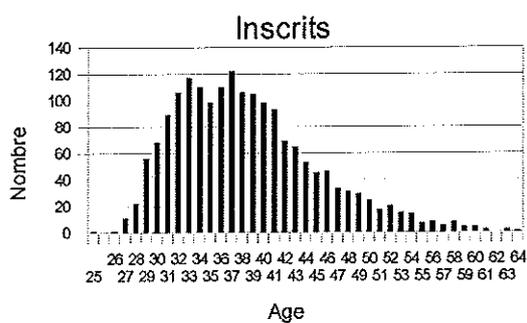
CAERPA

Académie	Inscrits	Présents	Admissibles	Admis
AIX-MARSEILLE	10	6	0	0
BESANCON	4	3	0	0
BORDEAUX	16	10	1	1
CAEN	2	2	0	0
CLERMONT-FERRAND	7	5	0	0
DIJON	9	8	0	0
GRENOBLE	9	5	1	1
LILLE	32	26	2	0
LYON	19	11	2	1
MONTPELLIER	6	2	0	0
NANCY-METZ	13	7	1	0
POITIERS	2	1	0	0
RENNES	18	11	1	1
STRASBOURG	7	7	0	0
TOULOUSE	11	8	0	0
NANTES	23	16	1	1
ORLEANS-TOURS	2	2	0	0
REIMS	9	6	0	0
AMIENS	4	1	0	0
ROUEN	3	1	0	0
LIMOGES	2	1	0	0
NICE	3	3	0	0
MARTINIQUE	2	2	0	0
GUADELOUPE	4	2	0	0
GUYANE	2	1	0	0
NOUVELLE CALEDONIE	1	1	0	0
POLYNESIE FRANCAISE	4	0	0	0
CRETEIL-PARIS-VERSAIL.	45	32	3	2

RÉPARTITION DES CANDIDATS PAR SEXE

2012	AGREGATION INTERNE			CAERPA		
	présents	admissibles	admis	présents	admissibles	Admis
HOMMES	661	60	28	110	8	5
	67%	83%	80%	61%	67%	71%
FEMMES	321	12	7	70	4	2
	33%	17%	20%	39%	33%	29%

RÉPARTITION DES CANDIDATS PAR AGE



Quelques aspects de la physique de la Terre

Un corrigé

A Première partie - L'étude physique des séismes

A.1 Les ondes sismiques

A.1.1 Ondes mécaniques au lycée

1. Ondes longitudinales : ondes de compression dans un ressort, ondes sonores.

Ondes transversales : déformation d'une corde, ondes à la surface de l'eau présentes par exemple dans une cuve à ondes, hola dans un stade, échelle de perroquet.

On qualifie l'onde de transversale lorsque la perturbation se fait dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation.

Une onde est longitudinale lorsque la perturbation se fait dans la même direction que la direction de propagation de l'onde

2.

a) Exemple de séance de TP :

- Matériel : un émetteur d'onde ultrasonore avec générateur (émission de salves), deux récepteurs, un support gradué, un oscilloscope
- Manipulations : l'émetteur émet des salves. Les deux récepteurs sont positionnés côte à côte, sur un support permettant de mesurer leur distance. On recueille à l'oscilloscope les signaux reçus par chacun des deux récepteurs. On vérifie que quand ils sont à même distance de l'émetteur, les signaux sont confondus. Puis on mesure le décalage temporel Δt entre le début de chaque signal reçu en fonction de la distance d entre les deux récepteurs quand on déplace un des deux récepteurs.
- Exploitation : tracer la courbe Δt en fonction de d , en déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.
- Si possible, passer dans l'eau (si on a le matériel nécessaire) pour montrer que la célérité dépend du milieu.

b) Autres exemples :

- Même manipulation mais avec des ondes sonores (émission d'un clap et réception par deux micro).
- Utilisations de vidéos montrant des ondes dans un ressort, ou sur un échelle de perroquet ou dans une cuve à ondes.

c) Prérequis : onde progressive, définition de la célérité.

d) Objectifs visés : mesurer un retard à l'oscilloscope, relier ce retard à la propagation et en déduire la célérité.

3. Le séisme de Honshu

L'observation de l'heure du début du signal permet de voir que la secousse arrive avant à Taipei qui est plus près : il y a propagation de l'onde sismique.

Le signal relevé à Taipei a une amplitude plus importante que le signal enregistré en Guadeloupe : l'onde s'atténue en se propageant.

Informations qualitatives : le séisme a eu lieu à 5h46 à Honshu, le début du signal est détecté à 5h51 à Taipei : $c \simeq \frac{2360 \cdot 10^3}{5 \times 60} \simeq 8 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$.

et à 6h10 en Gaudeloupe : $c \simeq \frac{13500 \cdot 10^3}{25 \times 60} \simeq 9 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$.
L'ordre de grandeur est le même.

On peut aussi utiliser la date à laquelle le signal est maximal. Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur.

A.1.2 Étude de la propagation des ondes P

4. La longueur de la tranche située au repos entre x et $x + dx$ devient :

$$(x + dx + \xi(x + dx, t)) - (x + \xi(x, t)) \simeq \frac{\partial \xi}{\partial x}(x, t) dx + dx$$

Son allongement est donc : $\frac{\partial \xi}{\partial x}(x, t) dx$.

Remarque : dx est choisi petit devant la distance caractéristique de variation de $\xi(x, t)$, notée L^* , et on travaille au premier ordre en dx/L^* .

5. L'allongement relatif de la tranche élémentaire étudiée est : $\frac{\partial \xi}{\partial x}(x, t)$.

La force cherchée est donc :

$$\vec{F}(x, t) = ES \frac{\partial \xi}{\partial x}(x, t) \vec{u}_x$$

6. La tranche située au repos entre les plans d'abscisse x et $x + dx$ est soumise à $\vec{F}(x + dx, t)$ à son extrémité $x + dx$ et à $-\vec{F}(x, t)$ à son extrémité x (principe des actions réciproques). Le principe fondamental de la dynamique appliquée à cet élément s'écrit :

$$dm \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}(x, t) \vec{u}_x = \vec{F}(x + dx, t) - \vec{F}(x, t)$$

avec $dm = \rho S dx$.

En projection sur \vec{u}_x :

$$\rho S \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}(x, t) dx = ES \frac{\partial \xi}{\partial x}(x + dx, t) - ES \frac{\partial \xi}{\partial x}(x, t) \simeq ES \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}(x, t) dx$$

au premier ordre en dx/L^* .

Après simplification par $S dx$, on obtient :

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$$

7. C'est une équation de d'Alembert à une dimension.

8. La célérité des ondes de compression dans le barreau est : $v_P = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$.

9. Le module d'Young est homogène à une pression c'est-à-dire à une force par unité de surface donc : $[E] = ML^{-1}T^{-2}$. Finalement :

$$\left[\frac{E}{\rho} \right] = \frac{ML^{-1}T^{-2}}{ML^{-3}} = L^2T^{-2}$$

La grandeur : $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ est bien homogène à une vitesse.

10. Les discontinuités de vitesse correspondent à un changement de milieu : le globe terrestre est constitué de différentes couches de natures différentes. On en observe essentiellement quatre : une couche superficielle (la croûte), le manteau (solide, jusqu'à une profondeur de l'ordre de 3000 km), le noyau externe (liquide, entre 3000 km et 5000 environ) puis la graine (solide).

Dans la couche superficielle, la célérité des ondes sismiques est de l'ordre de la dizaine de kilomètres par seconde, ce qui correspond aux valeurs déduites des enregistrements précédents.

A.2 Les sismographes

A.2.1 Le système solide - ressort en classe de Terminale S

11.

a) Activité expérimentale :

- mesurer l'allongement d'un ressort vertical quand on lui suspend une masse, étude de l'allongement en fonction de la masse, le tracé de la courbe donnant l'allongement en fonction de la masse permet de déterminer la valeur de k ;
- enregistrement de la position d'un mobile autoporteur relié à un ressort, mesure de la période ou traitement de la vidéo (par Avimeca par exemple) : tracé de la courbe donnant l'accélération en fonction de la position. La pente donne la valeur de k .

b) Connaissances : expression de la tension d'un ressort en fonction de l'allongement, deuxième loi de Newton.

c) Compétences : tracer une courbe expérimentale, déterminer la pente de la droite obtenue et en déduire la valeur à mesurer ; réaliser et exploiter un enregistrement vidéo.

12. Séance de cours en Terminale S sur la résonance mécanique :

- Projection de films présentant des phénomènes de résonance (par exemple le « ChinookGround-Resonance » : un hélicoptère au sol est soumis à des oscillations forcées dues à la rotation des pales, disponible à l'adresse suivante :

http://pedagogie.ac-toulouse.fr/sc_phy/site_php/spip.php?article188.

- Manipulation : un ressort vertical auquel on suspend une masse et dont l'extrémité supérieure est reliée à un vibreur. La masse trempe dans une éprouvette remplie d'eau dans un premier temps.

Détermination préalable de la fréquence propre de l'oscillateur.

On fait varier la fréquence du vibreur, on observe les mouvements de la masse. Quand la fréquence du vibreur est proche de la fréquence propre du système solide-ressort, on constate que les mouvements sont de grande amplitude.

On montre des enregistrements faits au préalable permettant de mesurer l'amplitude des oscillations en fonction de la fréquence du vibreur. On trace la courbe correspondante.

- Définition du phénomène de résonance.
- Facteur influençant celle-ci, acuité de la résonance. On recommence l'expérience en remplaçant l'eau par de l'huile. On observe les modifications.
- Retour sur des exemples pratiques. Quand faut-il éviter la résonance (amortisseur de voiture par exemple) ?
- Éventuellement : ouverture vers des résonances dans d'autres domaines : tuyaux sonores et instruments de musique (en enseignement de spécialité), circuits électriques.

A.2.2 Sismographe simple

13. Préliminaire : à l'équilibre, le solide (Σ) est soumis à son poids et à la tension du ressort :

$$\vec{0} = -mg\vec{u}_z + k(L_1 - L_0)\vec{u}_z$$

avec $L_1 = h - z_1$. On en déduit :

$$z_1 = h - L_0 - \frac{mg}{k}$$

Étude dans le référentiel non galiléen lié au boîtier :

Le référentiel lié au boîtier (noté \mathcal{R}_S) est en translation rectiligne non uniforme par rapport au référentiel galiléen \mathcal{R} .

La force d'inertie d'entraînement ressentie par le solide (Σ) s'écrit : $\vec{f}_{ie} = -m\vec{a}_e = -m\frac{d^2 Z_S}{dt^2}\vec{u}_z$.

Le principe fondamental de la dynamique appliqué au solide (Σ) dans le référentiel lié au boîtier s'écrit :

$$\overrightarrow{ma(M)}_{/\mathcal{R}_S} = m\vec{g} + k(L(t) - L_0)\vec{u}_z - \lambda\frac{dz}{dt}\vec{u}_z - m\frac{d^2 Z_S}{dt^2}\vec{u}_z$$

En projection sur \vec{u}_z , on obtient :

$$m\frac{d^2 z}{dt^2} = -mg + k(h - z - L_0) - \lambda\frac{dz}{dt} + m\omega^2 Z_0 \cos(\omega t)$$

En soustrayant la relation à l'équilibre établie en préliminaire, on en déduit :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\lambda}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = \omega^2 Z_0 \cos(\omega t)$$

C'est bien de la forme voulue avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ et $Q = \frac{m\omega_0}{\lambda} = \frac{\sqrt{km}}{\lambda}$.

Étude dans le référentiel fixe :

On peut également mener l'étude dans le référentiel galiléen \mathcal{R} . Dans ce cas, le principe fondamental de la dynamique s'écrit :

$$\overrightarrow{ma(M)}_{/\mathcal{R}} = m\vec{g} + k(L(t) - L_0)\vec{u}_z - \lambda\frac{dz}{dt}\vec{u}_z$$

avec $\overrightarrow{a(M)}_{/\mathcal{R}} = \frac{d^2 \overrightarrow{OM}}{dt^2} = \frac{d^2(z(t) + Z_S(t))}{dt^2}\vec{u}_z = \frac{d^2 z}{dt^2} - \omega^2 Z_0 \cos(\omega t)\vec{u}_z$. On retrouve bien évidemment la même équation.

ω_0 est homogène à une pulsation : $[\omega_0] = \left(\frac{MLT^{-2} \times L^{-1}}{M}\right)^{1/2} = T^{-1}$.

Q est sans dimension : $[\lambda] = \frac{MLT^{-2}}{LT^{-1}} = MT^{-1}$ a la même dimension que le produit $m\omega_0$.

ω_0 est la pulsation propre de l'oscillateur, Q son facteur de qualité.

14. On passe en notation complexe : $\underline{x}(t) = X_0 \exp(i(\omega t + \varphi)) = \underline{X} \exp(i\omega t)$. En injectant dans l'équation du mouvement, on obtient :

$$(-\omega^2 + i\omega\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2)\underline{X} = \omega^2 Z_0$$

donc :

$$\frac{X}{Z_0} = \frac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + i \frac{\omega \omega_0}{Q}} = \frac{u^2}{1 - u^2 + i \frac{u}{Q}}$$

avec $u = \frac{\omega}{\omega_0}$.

On prend le module de cette relation :

$$\frac{X_0}{Z_0} = \left| \frac{X}{Z_0} \right| = \frac{u^2}{\sqrt{(1 - u^2)^2 + \frac{u^2}{Q^2}}}$$

15. Quand u tend vers 0, $\frac{X_0}{Z_0}$ tend vers 0, ce que l'on retrouve sur le graphe.

Quand u tend vers l'infini, $\frac{X_0}{Z_0}$ tend vers 1, ce que le graphe confirme.

Ce filtre laisse passer les hautes fréquences et coupe les basses fréquences : c'est un filtre passe-haut.

Remarque : pour un facteur de qualité élevé (voir question suivante), on peut aussi considérer ce filtre comme un filtre passe-bande, même si cela ne correspond pas à son utilisation courante.

16. $Y(\xi) = (\xi^2 - 1)^2 + \frac{\xi^2}{Q^2}$ puis :

$$Y'(\xi) = 4\xi(\xi^2 - 1) + 2\frac{\xi}{Q^2}$$

La dérivée de la fonction $Y(\xi)$ s'annule en $\xi = 0$ ou $\xi = \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}$. La première solution correspond à u infini, ce qui traduit le fait que les courbes représentées sur le graphe ont une asymptote horizontale en l'infini. La seconde solution n'existe que si $Q > Q_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$. Dans ce cas, $Y(\xi)$ présente un minimum donc $X_0(u)$ un maximum : il y a résonance.

Donc, si Q est inférieur à $Q_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$, il n'y a pas de résonance, ce que montre le graphe.

17. On souhaite que le mouvement du solide restitue ceux du sol donc que : $X_0 = Z_0$. Il faut pour cela que $\omega \gg \omega_0$. Dans ces conditions, le solide (Σ) reste pratiquement immobile dans le référentiel galiléen, le ressort est si souple que le solide (Σ) ignore les mouvements du sol.

18. Si on choisit un facteur de qualité proche de la valeur critique Q_0 , la réponse du sismographe reproduit le mouvement du sol dès que ω est environ égale à $3\omega_0$ alors que pour un facteur de qualité plus faible, il faut une fréquence beaucoup plus grande pour que la courbe soit confondue avec son asymptote. La valeur Q_0 semble donc être le meilleur choix. Il correspond de plus à un temps d'amortissement du régime transitoire le plus court : les deux critères sont donc compatibles.

19. À l'équilibre, l'allongement du ressort est : $\Delta L = \frac{mg}{k} = \frac{g}{\omega_0^2}$. Sachant que $\omega^2 \gg \omega_0^2$,

on en déduit : $\Delta L \gg \frac{g}{4\pi^2 f^2}$ où f est la fréquence enregistrée. En prenant $f = 1$ Hz, on trouve $\Delta L \gg 25$ cm. Si on veut par exemple un facteur 3 entre ω et ω_0 , on obtient $\Delta L \simeq 2,3$ m : le sismographe est très encombrant !

Les sismographe construits selon ce modèle avaient des dimensions impressionnantes (masse de plusieurs centaines de kilogrammes, taille de plusieurs mètres).

A.2.3 Sismographe de LACOSTE

20. Le disque est soumis à son poids et à la tension du ressort. À l'équilibre :

$$\vec{\Omega A} \wedge (m\vec{g} + k\vec{AB}) = \vec{0}$$

ou encore :

$$(\ell \cos \theta \vec{u}_y + \ell \sin \theta \vec{u}_z) \wedge (-mg\vec{u}_z + k(-\ell \cos \theta \vec{u}_y + (d - \ell \sin \theta)\vec{u}_z)) = \vec{0}$$

ce qui donne :

$$k\ell \cos \theta (d - \ell \sin \theta) + k\ell^2 \sin \theta \cos \theta - mg\ell \cos \theta = 0$$

qui se simplifie en :

$$(kd - mg) \cos \theta = 0$$

21. À l'équilibre, $mg = kd$ ou $\cos \theta = 0$. On veut que $\theta = 0$ soit position d'équilibre, il faut donc que $mg = kd$. Cet équilibre est indifférent : le moment des forces en O est nul quel que soit l'angle θ , il reste nul tout au long du mouvement de la masse m .

22. Maintenant :

$$\vec{AB} = (-\ell \cos \theta + d \sin \alpha)\vec{u}_y + (d \cos \alpha - \ell \sin \theta)\vec{u}_z$$

L'énergie potentielle élastique associée au système disque-ressort s'écrit :

$$\mathcal{E}_{P,\text{ressort}} = \frac{1}{2}kAB^2 + \text{cste}_1$$

Tous calculs faits, on trouve :

$$\mathcal{E}_{P,\text{ressort}} = -k\ell d (\sin \alpha \cos \theta + \cos \alpha \sin \theta) + \text{cste}_1$$

23. $\mathcal{E}_{P,\text{pesanteur}} = mg\ell \sin \theta + \text{cste}_2$.

24. On veut que $\frac{d}{d\theta}(\mathcal{E}_{P,\text{ressort}} + \mathcal{E}_{P,\text{pesanteur}})(\theta = 0) = 0$ donc que : $-k\ell d \cos \alpha + mg\ell = 0$, ce qui donne bien : $\cos \alpha = \frac{mg}{kd}$.

25. L'énergie potentielle du système est :

$$\mathcal{E}_P = -k\ell d (\sin \alpha \cos \theta + \cos \alpha \sin \theta) + mg\ell \sin \theta + kd\ell \sin \alpha$$

en choisissant l'origine des énergies potentielles en $\theta = 0$.

Au voisinage de $\theta = 0$, elle s'écrit :

$$\mathcal{E}_P = -k\ell d \left(\sin \alpha \left(1 - \frac{\theta^2}{2} \right) + \theta \cos \alpha \right) + mg\ell \theta + kd\ell \sin \alpha = \frac{1}{2} kd\ell \sin \alpha \theta^2$$

La conservation de l'énergie du système permet d'écrire :

$$\frac{1}{2}m\ell^2 \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \frac{1}{2}kd\ell \sin \alpha \theta^2 = \mathcal{E}_0$$

où \mathcal{E}_0 est une constante. Après dérivation par rapport au temps et simplification par $\frac{d\theta}{dt}$, on obtient :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{kd \sin \alpha}{m\ell} \theta = 0$$

Remarque : on peut aussi commencer par dériver l'équation traduisant la conservation de l'énergie puis effectuer ensuite le développement limité au voisinage de $\theta = 0$. Dans ce cas, le développement limité se fera à l'ordre 1 et non 2 en θ .

26. On retrouve l'équation d'un oscillateur harmonique de pulsation : $\omega_1 = \sqrt{\frac{kd \sin \alpha}{m\ell}}$. Or $\sin \alpha = \cos \alpha \tan \alpha = \frac{mg}{kd} \tan \alpha$. On en déduit la relation demandée :

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{g \tan \alpha}{\ell}}$$

27. Le mouvement du disque (D) reproduira celui du sol pour des pulsations ω telles que $\omega \gg \omega_1$. On peut ajuster ω_1 grâce à l'angle α et la choisir suffisamment faible pour enregistrer des secousses sismiques de plus grande période qu'avec le premier sismographe étudié.

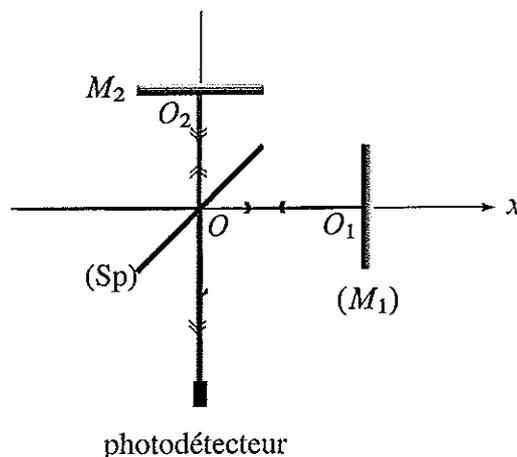
Si on veut $\omega \simeq 3\omega_1$ comme précédemment : $2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g \tan \alpha}} \simeq 30$, c'est-à-dire : $\frac{\ell}{\tan \alpha} \simeq 200$. Si on prend par exemple $\ell = 1$ m, on obtient $\alpha \simeq 0,3^\circ$.

A.2.4 Un sismographe optique

28. La puissance d'un laser Hélium-Néon utilisé par le professeur est de l'ordre de 1 mW. L'extension spatiale transverse du faisceau est de l'ordre du millimètre. La puissance par unité de surface (ou éclairement) est donc de l'ordre de :

$$\mathcal{E}_0 \sim \frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3 \text{ W.m}^{-2}$$

29.



30. Les deux ondes qui interfèrent ont chacune subi une transmission et une réflexion au niveau de la séparatrice. Leur éclairement est donc : $\mathcal{E}_1 = RT\mathcal{E}_0$. La conservation de l'énergie de l'onde au passage de la séparatrice impose : $R + T = 1$.

L'éclairement des ondes qui interfèrent est de la forme : $\mathcal{E} = R(1 - R)\mathcal{E}_0$.

31. Cet éclaircissement est maximal pour $R = 0,5$. Cette valeur permet d'avoir le signal le plus lumineux possible.

32. La différence de marche entre les ondes qui interfèrent au niveau du photodétecteur est : $\delta = 2e_{12}$. La formule de Fresnel des interférences à deux ondes s'écrit :

$$\mathcal{E} = 2\mathcal{E}_1 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} 2e_{12} \right) \right)$$

Or $\mathcal{E}_1 = R(1 - R)\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{4}$. On en déduit :

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_0}{2} \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} 2e_{12} \right) \right) = \mathcal{E}_0 \cos^2 \left(\frac{2\pi e_{12}}{\lambda} \right)$$

A.2.5 Le déplacement du miroir

33. Dans le référentiel non galiléen lié au support, le miroir (M_1) est soumis à la force de frottement fluide et à la force d'inertie d'entraînement. Le principe fondamental de la dynamique appliqué au miroir (M_1) dans le référentiel \mathcal{R}_S lié au support s'écrit :

$$\overrightarrow{ma(M_1)}_{/\mathcal{R}_S} = -f \frac{dy}{dt} \vec{u}_x - m \frac{d^2x}{dt^2} \vec{u}_x$$

En projection sur \vec{u}_x , on obtient :

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{f}{m} \frac{dy}{dt} = -\frac{d^2x}{dt^2}$$

34. On passe en notation complexe. Il vient :

$$\underline{Y} = \frac{\omega^2 X_M}{-\omega^2 + i\omega \frac{f}{m}} = Y \exp(-i\varphi)$$

avec $Y = |\underline{Y}|$ et $\varphi = \arg \left(-\omega^2 + i\omega \frac{f}{m} \right)$

Il vient :

$$Y_M = \frac{X_M \omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{f}{m} \right)^2}}$$

et : $\tan \varphi = -\frac{f}{m\omega}$ avec $\cos \varphi < 0$ et $\sin \varphi > 0$ donc $\varphi \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi \right]$ donc

$$\varphi = \arctan \left(\frac{-f}{m\omega} \right) + \pi$$

L'énoncé comportait une erreur de signe dans l'expression de φ . Il en a été tenu compte dans la correction, les candidats n'ont pas été pénalisés.

A.2.6 Le signal enregistré

35. L'épaisseur e_{12} de la lame d'air équivalente est maintenant $e_{12} = d_0 + y(t)$ donc, d'après ce qui précède, l'intensité délivrée par le photodétecteur est :

$$I(t) = I_{\max} \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} (d_0 + y(t)) \right)$$

36. On lit la période du signal T sur les courbes. On trouve : $T \simeq 0,2$ s. C'est la période de $y(t)$ donc celle de la secousse sismique. La fréquence de celle-ci est donc $f = \frac{1}{T} = 5$ Hz.

37. $I(t)$ est de la forme : $I(t) = I_{\max} \cos^2(\Psi(t))$ où

$$\Psi(t) = \frac{2\pi}{\lambda} (d_0 + y(t)) = \frac{2\pi}{\lambda} (d_0 + Y_M \cos(\omega t - \varphi))$$

Sa dérivée par rapport au temps s'écrit : $\frac{dI}{dt} = -2I_{\max} \cos(\Psi(t)) \sin(\Psi(t)) \frac{d\Psi}{dt}$. Elle vaut 1 ou 0 quand $\cos(\Psi(t))$ ou $\sin(\Psi(t))$ sont nuls (ça correspond au maxima et minima globaux de la fonction). Elle présente un extremum local quand $\frac{d\Psi}{dt} = 0$, c'est-à-dire quand $\sin(\omega t - \varphi) = 0$ donc quand $y(t) = \pm Y_M$.

Quand $y(t) = \pm Y_M$, le miroir rebrousse chemin. Entre ces deux positions, sur les figures où au niveau de ces positions l'intensité du signal est nulle ou maximale (figures 1, 3 et 6), on compte 4 franges ce qui correspond à $2 \times (2Y_M) = 4\lambda$, d'où $Y_M = \lambda$.

Autre méthode : sur les autres figures (2, 4 et 5), les extrema locaux de $I(t)$ correspondent à une intensité :

$$I_1 = I_{\max} \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} (d_0 + Y_M) \right)$$

et

$$I_2 = I_{\max} \cos^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda} (d_0 - Y_M) \right)$$

Connaissant d_0 , la mesure de I_1/I_{\max} ou de I_2/I_{\max} permet de déterminer Y_M .

Comme on connaît ω et f/m , on peut en déduire l'amplitude X_M de la secousse sismique.

B Deuxième partie - L'origine du champ magnétique terrestre

B.1 Variations temporelles du champ magnétique terrestre

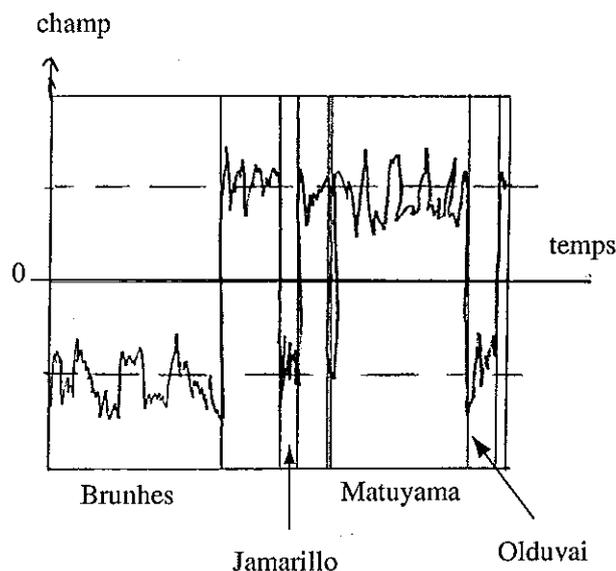
38. Ces deux courbes nous informent que la polarité du champ magnétique terrestre change aux cours des temps géologiques.

Ses inversions sont désordonnées.

Au cours d'une période où le sens du champ ne change pas, l'intensité du champ géomagnétique varie également de manière aléatoire.

Le changement de polarité est beaucoup plus rapide que la durée pendant laquelle le champ géomagnétique garde un signe constant.

39. L'allure de la courbe ressemble à :



B.2 Observation expérimentale d'une dynamo turbulente

B.2.1 L'expérience VKS2

40. VKS : Von Karman Sodium.

41. L'expérience VKS2 a mis en évidence la génération d'un champ magnétique par un écoulement turbulent de sodium liquide ainsi que les inversions aléatoires de la polarité de ce champ.

42. Démarche scientifique :

- Interrogation : quelle est l'origine du champ magnétique des planètes, étoiles, etc. ?
- Modèle théorique : la dynamo.
- Simulations numériques insuffisantes.
- Reproduction en laboratoire : étude préalable, réalisation de l'expérience, mesures.
- Amélioration, ouverture.

43. Le fluide utilisé dans cette expérience doit être bon conducteur de l'électricité, liquide à la température de l'expérience avec une viscosité et une masse volumique qui permettent d'obtenir de grands nombres de Reynolds cinétique et d'atteindre la valeur critique du nombre de Reynolds magnétique. Le sodium répond à ses exigences comme nous le verrons dans la suite du problème.

44. Le sodium brûle spontanément dans l'air et réagit très vivement avec l'eau. Les conditions dans lesquelles se déroulent l'expérience sont donc très particulières.

45. Les sondes de champ magnétique fonctionnent sur le principe de l'effet Hall (avec des semi-conducteurs). Il faut une sonde par direction donc trois sondes pour mesurer les trois composantes du champ magnétique.

46. 1 tesla = 10000 gauss.

47. Les chercheurs ont fait tourner les turbines à des vitesses différentes pour simuler la rotation d'ensemble de la planète.

48. Le reversement de la direction du champ et ses variations aléatoires sont mis en évidence par cette expérience, de même que le fait que la durée de retournement du champ est très faible devant la durée pendant laquelle le champ garde un signe constant.

B.2.2 Le nombre de Reynolds cinématique

49. Le terme $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v}$ est l'accélération de la particule de fluide, composée de l'accélération locale : $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t}$ et de l'accélération convective : $(\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v}$.

$-\text{grad} P$ est la densité volumique des forces de pression, $\vec{j} \wedge \vec{B}$ la densité volumique des forces de Laplace et $\eta \Delta \vec{v}$ la densité volumique des forces de viscosité.

50. Le nombre de Reynolds cinématique permet de comparer l'ordre de grandeur de $\rho \left\| (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} \right\|$ et celui de $\eta \left\| \Delta \vec{v} \right\|$. Le premier correspond au transport convectif de quantité de mouvement, le second au transport diffusif, ce qui est bien la signification donnée dans l'encadré à la fin de l'article.

51. Il faut trouver l'ordre de grandeur de la vitesse et de la taille de l'écoulement. Pour la taille, on peut prendre le rayon de la cuve, à savoir $L \sim 0,3$ m (on note par \sim l'ordre de grandeur) et pour la vitesse de rotation d'un point à la périphérie de la cuve, à savoir ΩL où Ω est la vitesse de rotation, de l'ordre de 1000 tours par minutes, c'est-à-dire : $U \sim \frac{1000 \times 2\pi}{60} \times 0,3 \simeq 30 \text{ m.s}^{-1}$. On en déduit : $\text{Re} = \frac{30 \times 0,3 \times 900}{6 \cdot 10^{-4}} \simeq 10^7$: c'est bien l'ordre de grandeur donné dans le texte.

Attention, la valeur donnée dans l'énoncé pour la viscosité du sodium comporte une erreur d'un facteur 10.

B.2.3 Le nombre de Reynolds magnétique

52. L'équation de Maxwell-Ampère s'écrit, avec l'approximation suggérée par l'énoncé :

$$\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} = \mu_0 \sigma (\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$

Or, d'après l'équation de Maxwell-Faraday, $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.

On prend le rotationnel de l'équation de Maxwell-Ampère. Il vient :

$$\text{rot}(\text{rot} \vec{B}) = \mu_0 \sigma \left(\text{rot}(\vec{E}) + \text{rot}(\vec{v} \wedge \vec{B}) \right)$$

Or $\text{rot}(\text{rot} \vec{B}) = \text{grad}(\text{div} \vec{B}) - \Delta \vec{B} = -\Delta \vec{B}$ puisque $\text{div} \vec{B} = 0$.

Finalement :

$$-\Delta \vec{B} = \mu_0 \sigma \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \text{rot}(\vec{v} \wedge \vec{B}) \right)$$

ou encore :

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \vec{\text{rot}}(\vec{v} \wedge \vec{B}) + \frac{1}{\mu_0 \sigma} \Delta \vec{B}$$

53. Le nombre de Reynolds magnétique compare l'ordre de grandeur de $\|\vec{\text{rot}}(\vec{v} \wedge \vec{B})\|$ et celui de $\frac{1}{\mu_0 \sigma} \|\Delta \vec{B}\|$. En effet :

$$\frac{\|\vec{\text{rot}}(\vec{v} \wedge \vec{B})\|}{\frac{1}{\mu_0 \sigma} \|\Delta \vec{B}\|} \sim \frac{UB/L}{B/\mu_0 \sigma L^2} = \mu_0 \sigma UL$$

54. $Rm = \mu_0 \sigma UL \simeq 4\pi 10^{-7} \times 10^7 \times 30 \times 0,3 \simeq 100$. C'est un peu grand mais la vitesse caractéristique est sans doute un peu surestimée.

B.3 Alternateur en classe de troisième

55. Exemple d'activité de découverte :

- description sommaire d'un alternateur (le professeur réalise quelques expériences qualitatives permettant de dégager le principe général d'un alternateur) ;
- appropriation des connaissances par les élèves (questionnaire, visite d'une centrale suivie d'exposé ou d'affiches) ;
- recherche d'informations (document écrit ou recherche au CDI sur des sites appropriés) décrivant les différentes centrales électriques par l'intermédiaire d'un schéma de principe du fonctionnement de chacune. La consigne est de rechercher quelle source d'énergie va permettre le fonctionnement de cette centrale et d'identifier l'organe qui va permettre la transformation de cette énergie en énergie électrique : l'alternateur.

Les compétences évaluées doivent être en rapport avec l'activité de découverte proposées (différents item des compétences 3, 4 et 7 essentiellement).

56. Exemple de démarche d'investigation :

- **Matériel à prévoir** : aimant - bobine- fer doux- multimètres ou oscilloscopes-fils de connexion-lampes adaptées aux dynamos. Il facilitera la mise en œuvre d'expériences visant à comprendre le fonctionnement de la dynamo.
- **Prérequis** : les élèves savent que le point commun à toutes les centrales électriques est l'alternateur et que l'énergie reçue par l'alternateur est convertie en énergie électrique.
- **Situation déclenchante** : en partant d'un alternateur de bicyclette et d'instruments de mesure mis à votre disposition, imaginez les échanges entre les membres d'un groupe de techniciens et d'ingénieurs qui doivent bâtir un alternateur permettant d'obtenir une tension la plus élevée possible.
- **Phase de travail en groupe** : le professeur suit le travail des groupes avec pour objectif de ne pas donner des solutions toutes prêtes mais de favoriser les initiatives qui mèneront vers un résultat. Il demande aux élèves de produire sous la forme d'un schéma leurs idées d'expériences avant d'en autoriser la réalisation.
- **Discussion - mise en commun** : les différentes propositions sont mises en commun et discutées.
- **Institutionnalisation** : trace écrite, réponse aux questions posées par la situation déclenchante.

B.4 Modèle de la dynamo auto-entretenu

57. Le disque conducteur, en mouvement dans le champ magnétique, est le siège d'un phénomène d'induction. Il apparaît une force électromotrice entre les points O et C , égale à la circulation de

$\vec{v} \wedge \vec{B}$ le long de OC . \vec{v} est selon \vec{u}_θ , \vec{B} selon \vec{u}_z donc $\vec{v} \wedge \vec{B}$ est selon \vec{u}_r , dans le même sens que l'élément de longueur \vec{dl} le long de OC : la fem induite est positive, le courant induit circule dans le sens du courant I représenté sur la figure et crée un champ magnétique dans le même sens que le champ initial. Le champ induit accroît le champ initial : le phénomène s'amplifie et la génération spontanée du champ est donc possible à partir de légères perturbations qui assurent le démarrage du processus. Si le sens de rotation du disque est inversé, la vitesse est dans l'autre sens donc la fem induite est négative de O à C , le courant induit est dans l'autre sens et le champ induit s'oppose au champ initial. La génération spontanée du champ magnétique n'est pas possible.

58. La distribution de courant est invariante par rotation autour de l'axe Oz , le champ magnétique ne dépend pas de l'angle θ .

Soit un point M n'appartenant pas à l'axe Oz . Le plan contenant le point M et l'axe Oz est un plan d'antisymétrie de la distribution de courant, le champ magnétique est donc dans le plan engendré par les vecteurs \vec{u}_r et \vec{u}_z , il n'a pas de composante orthoradiale.

59. M s'exprime henry (H).

$$\begin{aligned} M &= \frac{\Phi_{1 \rightarrow 2}}{I_1} = \frac{1}{I_1} \int_{P \in (C_2)} \vec{B}_1(P) \cdot \vec{dS}_P \\ &= \frac{1}{I_1} \int_{r=0}^{r=R_2} \int_{\theta=0}^{\theta=2\pi} \vec{B}_1(P) \cdot (dr r d\theta) \vec{u}_z = \frac{2\pi}{I_1} \int_0^{R_2} r B_{1z}(r, d) dr \end{aligned}$$

60. La fem induite s'écrit :

$$e_{OC} = \int_{M \in OC} (\vec{v}(M) \wedge \vec{B}) \cdot \vec{dl}_M = \int_0^a \omega r B_z(r, d) dr = \frac{\omega MI}{2\pi}$$

61. La fem totale induite est la somme de e_{OC} et de la fem auto-induite, $e = -L \frac{dI}{dt}$. La résistance électrique du circuit étant R , l'équation électrique est : $e_{OC} - L \frac{dI}{dt} = RI(t)$, soit :

$$(E) \quad L \frac{dI}{dt} + RI(t) - \frac{MI(t)}{2\pi} \omega(t) = 0$$

62. Le moment par rapport à l'axe des forces de Laplace s'écrit :

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_\Delta &= \int_{P \in OC} \left(\vec{OP} \wedge (I \vec{dl}_P \wedge \vec{B}(P, t)) \right) \cdot \vec{u}_z \\ &= \int_0^b r \vec{u}_r \wedge (-I B_z(r, d) dr \vec{u}_\theta) \cdot \vec{u}_z \\ &= -I \int_0^b B_z(r, d) r dr \\ &= -I \times \frac{MI}{2\pi} \end{aligned}$$

63. Le dispositif tournant est soumis à son poids de moment nul par rapport à l'axe vertical, aux forces de Laplace et à l'action du couple moteur. Le théorème du moment cinétique par rapport à l'axe fixe Δ appliqué au dispositif tournant s'écrit :

$$J \frac{d\omega}{dt} = \mathcal{M}_\Delta \Gamma$$

ou encore :

$$(M) \quad J \frac{d\omega}{dt} + \frac{M}{2\pi} I^2(t) - \Gamma = 0$$

64. Afin d'établir le bilan énergétique du dispositif, on multiplie l'équation électrique par $I dt$ et l'équation mécanique par ωdt :

$$\begin{cases} LI \frac{dI}{dt} dt + RI^2 dt - \frac{MI^2\omega}{2\pi} dt = 0 \\ J \frac{d\omega}{dt} + \frac{MI^2\omega}{2\pi} - \Gamma \omega dt = 0 \end{cases}$$

On additionne ces deux équations et on regroupe les termes pour arriver à l'équation suivante :

$$\Gamma \omega dt = d \left(\frac{1}{2} J \omega^2 + \frac{1}{2} LI^2 \right) + RI^2 dt$$

L'énergie fournie par le couple moteur Γ fait varier l'énergie totale du dispositif (énergie cinétique + énergie magnétique) mais une partie est dissipée par effet Joule.

65. Pour $I = I_C$ et $\omega = \omega_C$ constants, les équations (E) et (M) deviennent :

$$\begin{cases} RI_C = \frac{M}{2\pi} \omega_C I_C \\ \frac{M}{2\pi} I_C^2 = \Gamma \end{cases}$$

ce qui donne :

$$I_C = \sqrt{\frac{2\pi\Gamma}{M}} \quad \text{et} \quad \omega_C = \frac{2\pi R}{M}$$

Homogénéité :

$[\Gamma] = [F][L] = ML^2T^{-2}$ et $[M] = \left[\frac{E}{I^2} \right] = ML^2T^{-2}I^{-2}$ donc l'expression de I_C est bien homogène.

$[R] = \left[\frac{E}{TI^2} \right] = ML^2T^{-1}I^{-2}$ donc $[\omega_C] = T^{-1}$: l'expression de ω_C est bien homogène.

66. Le bilan énergétique en régime permanent devient : $\Gamma \omega_C = RI_C^2$: l'énergie fournie par le couple moteur sert à compenser les pertes par effet Joule.

Fin

8. Rapport relatif à la composition de physique

La composition de physique de la session 2012 portait sur quelques phénomènes liés à l'activité interne de la Terre. Elle comportait deux parties indépendantes, elles-mêmes composées de sous-parties largement indépendantes.

La première partie (partie A) avait pour objet l'étude physique des séismes et faisait appel aussi bien aux connaissances théoriques des candidats en mécanique et en optique qu'à leurs compétences pédagogiques. Après quelques questions ayant trait à l'étude expérimentale des ondes mécaniques au lycée (A.1.1), le sujet abordait l'étude simplifiée de la propagation des ondes longitudinales et établissait l'expression de leur célérité en fonction des paramètres physiques du milieu (A.1.2). Après une partie introductive portant sur l'étude du système masse-ressort en classe de terminale S (A.2.1) était proposée l'étude de trois sismographes (A.2) : deux sismographes mécaniques (A.2.2 et A.2.3) et un sismographe optique (A.2.4)..

La seconde partie (partie B) avait pour sujet l'origine du champ magnétique terrestre. Elle débutait par l'étude de deux courbes présentant l'évolution au cours des temps du champ magnétique terrestre (B.1). La lecture d'un article scientifique publié en 2005 dans le bulletin de la Société Française de Physique « Reflets de la Physique » était ensuite proposée, débouchant sur des questions visant à évaluer les capacités du candidat à extraire et exploiter l'information et à mobiliser sa culture scientifique et ses connaissances théoriques, notamment en mécanique des fluides et en électromagnétisme, pour expliquer et illustrer certains éléments présentés dans le texte (B.2). La sous-partie suivante (B.3) avait pour objectif d'évaluer les compétences professionnelles du candidat concernant la mise en œuvre d'activités de découverte et d'une démarche d'investigation au collège. Enfin, le sujet se terminait par l'étude théorique d'un modèle permettant d'expliquer la génération spontanée du champ magnétique terrestre : la dynamo auto-entretenu (B.4).

Remarques générales

La lecture des copies conduit le jury à faire quelques remarques d'ordre général, destinées à aider les futurs candidats dans leur préparation au prochain concours.

La totalité du sujet a été abordée, même si certaines questions à la fin de chacune des deux parties l'ont rarement été.

Au sujet des questions pédagogiques : le jury a constaté avec plaisir que beaucoup de candidats les abordent. Il leur conseille cependant de lire avec attention l'énoncé de ces questions et d'y répondre de la manière la plus précise et la plus concise possible. Quand il est demandé, comme à la première question, de décrire une expérience de cours visant à mettre en évidence un phénomène donné, il ne s'agit pas de décrire une séance de cours entière sur ce phénomène. De même, le plan d'une séance d'activités expérimentales doit comporter, outre la liste du matériel nécessaire, une description précise des manipulations demandées (le jury apprécie beaucoup les schémas) ainsi que l'exploitation qui en est attendue (utilisation d'un tableur, tracés de courbes etc.). Cette séance doit être replacée dans le cadre de la progression du cours et, lorsqu'il s'agit d'une première séance sur la notion de propagation et la mesure de la célérité d'une onde, la totalité du cours sur le sujet ne doit pas être affichée en pré-requis.

Les réponses aux questions 55 et 56, qui portaient sur une activité de découverte et une démarche d'investigation en classe de troisième, ont rarement répondu aux attentes du jury. La première de ces attentes est une réponse claire, exprimée dans une langue correcte, et usant d'un vocabulaire scientifique maîtrisé. En ce qui concernait l'activité de découverte, le candidat devait décrire une situation qui montrait son souci de l'appropriation de « l'objet technique alternateur » par l'élève, la description des tâches demandées aux élèves devait être précise et, bien sûr, le contenu scientifique exact.

La démarche d'investigation proposée par le candidat devait montrer qu'il connaissait les enjeux d'une telle démarche et qu'il était capable de s'en inspirer pour imaginer une situation d'enseignement réaliste, à partir d'un matériel courant, présent dans les collèges, qui permette à un élève d'agir dans une relative autonomie et d'être confronté à certains « temps forts » bien identifiés de cette démarche. La démarche d'investigation est décrite dans les instructions officielles comme une possibilité de transposition pédagogique d'une démarche scientifique (voir le Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008). Elle doit contribuer à placer l'élève dans une situation qui lui pose problème, sur laquelle il va pouvoir formuler des hypothèses pour les valider ou les infirmer en expérimentant avec un matériel courant disponible dans les collèges.

Bon nombre de candidats n'évoquent qu'un simulacre de démarche d'investigation qui se résume parfois au simple fait de placer les élèves en petits groupes ou bien encore à la formulation d'une question ouverte qui manque totalement de réalisme par rapport aux contraintes matérielles de réalisation dans une classe de collège.

Le jury a particulièrement apprécié certaines descriptions d'activités bien décrites et réalistes, révélant une expérience professionnelle riche et authentique.

L'épreuve d'écrit participe à la validation des acquis de l'expérience professionnelle, c'est pourquoi il importe que les candidats se préparent dans le cadre de leur mission d'enseignant aux questions d'ordre pédagogique en réfléchissant à des mises en œuvre de résolution de problèmes scientifiques, adaptées aux classes du secondaire.

Au sujet des questions théoriques : les thèmes abordés étaient variés et les questions portaient sur des domaines (mécanique, optique, induction électromagnétique, ondes) qui, a priori, font partie du bagage d'un enseignant de physique-chimie.

Il est regrettable de constater que des candidats ignorent certains points fondamentaux comme, par exemple, l'équation d'ondes de d'Alembert, qu'ils ne puissent apprécier le caractère galiléen ou non d'un référentiel ou encore qu'ils ne sachent utiliser le théorème du moment cinétique pour étudier un système matériel en rotation autour d'un axe fixe.

Le jury encourage donc les candidats à s'assurer qu'ils maîtrisent les concepts fondamentaux de la physique et qu'ils savent mobiliser leurs connaissances pour répondre à des problèmes précis.

Par ailleurs, bon nombre de candidat éprouvent de grandes difficultés dans le traitement mathématique et dans l'utilisation d'outils classiques comme les notations complexes. Beaucoup n'hésitent pas à dessiner deux vecteurs non colinéaires et à affirmer que leur somme est nulle. Enfin, la vérification systématique de l'homogénéité des expressions obtenues devrait être une habitude pour les candidats.

Au sujet de la lecture de l'article : les questions posées étaient de deux natures : la partie B.2.1 était destinée à évaluer la compréhension de l'article, les parties B.2.2 et B.2.3 invitaient les candidats à utiliser leurs connaissances pour vérifier des ordres de grandeurs donnés dans le texte. La compréhension de l'article a été en général satisfaisante, mais le jury a regretté que la description de

la démarche scientifique omette souvent la phase d'interrogation : les chercheurs se posent des questions avant de tenter d'y répondre !

Le texte évoquait, dans la description des conditions expérimentales, deux nombres sans dimension caractérisant l'écoulement dont il fallait retrouver l'ordre de grandeur. Trop de candidats comparent deux grandeurs qui n'ont rien à voir entre elles et qui n'ont pas la même dimension, ce qui est tout à fait regrettable.

Au sujet de la forme : les remarques présentes dans les rapports précédents sont toujours d'actualité, la maîtrise de l'orthographe et de la grammaire faisant toujours défaut à trop de candidats. Les schémas et les graphes sont les bienvenus, surtout quand ils sont réalisés avec soin et précision.

En conclusion, le jury a eu le plaisir de corriger un certain nombre de copies de grande qualité, abordant aussi bien les parties théoriques que les parties pédagogiques, rédigées avec rigueur et correctement argumentées. Le jury encourage les candidats à travailler dans cette voie, en privilégiant la qualité et la rigueur de la réflexion et de la communication.

Remarques de détail

Partie A

1- Une description succincte mais précise des expériences suffit. Les ondes de gravité dans la cuve à ondes sont des ondes transversales.

2- Il s'agit d'une première séance. La relation entre la période et la longueur d'onde est prématurée ici. Le protocole doit être décrit avec précision, une seule mesure ne suffit pas.

3- Les sismogrammes sont souvent sous-exploités. La notion de propagation est rarement mise en évidence et si de nombreux candidats affirment qu'il est possible de calculer la célérité, peu font le calcul numérique ! Enfin, il est peu pertinent de calculer la célérité des ondes en utilisant la distance entre Taiwan et la Guadeloupe.

4 et 5- Le faible nombre de réponses satisfaisantes a étonné le jury. Trop de candidats ne savent pas extraire du texte les informations utiles à la réponse à cette question simple ou confondent « longueur » et « allongement » .

6- Il faut définir soigneusement le système.

10- Le discours est souvent confus. L'identification des discontinuités de vitesse avec les différentes couches est rarement satisfaisante. Par ailleurs, l'influence du module d'Young sur l'évolution de la célérité des ondes P est souvent oubliée, seule celle de la masse volumique est évoquée, ce qui aboutit à une conclusion paradoxale.

11- En général bien traitée mais le tracé d'une courbe n'est pas assez souvent évoqué. Le jury aurait souhaité voir plus de schémas.

12- Le jury attend une réponse en accord avec les programmes officiels. L'étude théorique de la résonance ne l'est pas. La notion de résonance n'est pas connue d'un certain nombre de candidats.

13- Le jury rappelle aux candidats qu'il faut définir le système étudié, le référentiel d'étude, préciser son caractère galiléen ou non, faire un inventaire précis des actions mécaniques s'exerçant sur le système. La secousse sismique n'exerce pas de « force » sur le solide, la force de rappel fait apparaître l'allongement du ressort. La forme de l'équation différentielle était donnée dans l'énoncé et, pour certains candidats, tous les moyens sont bons pour y arriver ! Inutile de préciser que le jury n'apprécie pas cette attitude.

14- Le passage en notations complexes est trop souvent méconnu. Des confusions entre partie réelle et module.

17- Très peu de candidats, même dans les meilleures copies, ont compris le principe de fonctionnement d'un sismographe : il ne s'agit pas d'amplifier la secousse sismique mais de la reproduire le plus fidèlement possible.

20- Là encore le système est mal ou non défini. Le bilan des forces est souvent incomplet (il manque la réaction de la tige), par conséquent la relation à l'équilibre se traduit par l'égalité de deux forces non colinéaires ! Le théorème du moment cinétique est trop peu souvent utilisé.

21- Le terme d'équilibre indifférent est apparemment inconnu. Beaucoup de candidats ont mal interprété la phrase introduisant la suite du problème et ont affirmé que cet équilibre était instable.

22- La formule de l'énergie potentielle élastique est connue mais trop peu souvent adaptée au problème étudié.

23 à 27- Ces questions ont été rarement traitées.

28- Les ordres de grandeurs des caractéristiques du laser He-Ne sont rarement connus. Les candidats sont invités à s'intéresser de plus près au matériel de laboratoire.

29 à 32- Bien traitées en général.

33 et 34- Mêmes remarques que pour les questions 13 et 14.

L'énoncé comportait une erreur de signe dans l'expression de Δ . Il en a été tenu compte dans la correction, les candidats n'ont pas été pénalisés.

37- Très rarement abordée.

Partie B

39- Souvent des erreurs de signe.

42- Il ne s'agit pas de paraphraser le texte ni de faire l'inventaire de l'historique des manipulations mais de faire ressortir la démarche scientifique. Rappelons que la première étape d'une démarche

scientifique est d'identifier une question, avant de formuler une hypothèse, et bien avant de tenter de vérifier cette hypothèse.

47 - Des confusions entre le but (simuler la rotation d'ensemble de la planète) et le résultat (renversements de la polarité du champ).

49 – La question a été parfois mal interprétée. On ne demande pas la signification des grandeurs physiques qui apparaissent dans l'équation de Navier-Stokes mais celles des différents termes qui la composent.

50- Le nombre de Reynolds permet de comparer deux grandeurs physiques de même dimension.

51- Une lecture attentive du texte permet de trouver l'ordre de grandeur de la longueur et celui de la vitesse qui interviennent dans l'expression du nombre de Reynolds.

La valeur donnée dans l'énoncé pour la viscosité du sodium est dix fois trop faible.

52- La question a été très bien traitée quand elle a été abordée.

53 et 54- Mêmes remarques que pour les questions 50 et 51.

55 et 56 – Voir remarques générales.

57- L'induction de Lorentz n'est pas bien connue. Les lois de Faraday et de Lenz sont très généralement invoquées mais elles ne permettent pas aux candidats de répondre de façon satisfaisante : la loi de Lenz ne permet pas de déterminer immédiatement la direction du champ magnétique induit et la loi de Faraday faisant intervenir le flux magnétique à travers le sujet ne peut s'appliquer ici. La possibilité d'un caractère auto-entretenu n'est pas vue.

58- La question a été très bien traitée quand elle a été abordée.

59- Le coefficient d'inductance mutuelle et celui d'inductance propre s'expriment dans la même unité !

Si les dernières questions du problème ont été rarement traitées, elles l'ont cependant été avec bonheur par les quelques candidats qui les ont abordées.

Boissons rafraîchissantes sans alcool

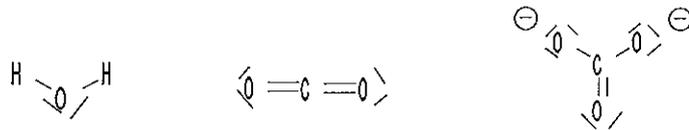
Un corrigé

A. Eau gazéifiée

A.1. Structures et réactivité

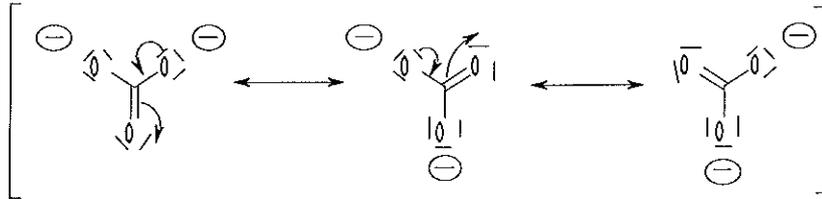
A.1.1. Structures de Lewis

A.1.1.a) Structures de Lewis :



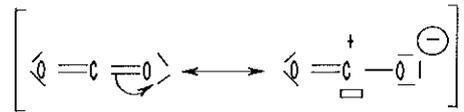
A.1.1.b) Pour H₂O, le O est AX₂E₂ dans la nomenclature VSEPR AX_pE_q, l'environnement est donc tétragonal, la molécule est donc coudée avec des angles HOH légèrement inférieurs à 109,47 degrés, la présence des deux doublets libres, plus répulsifs que les doublets liants resserrant l'angle HOH par rapport à la valeur de référence (104 degrés environ dans la réalité).

A.1.1.c) Dans l'ion carbonate CO₃²⁻, on peut prévoir des longueurs de liaison égales ; en effet, les trois structures mésomères suivantes traduisent l'équivalence des liaisons (expérimentalement, on observe une longueur unique de 129 pm, longueur intermédiaire entre une liaison simple et une liaison double et trois angles égaux à 120 degrés) :



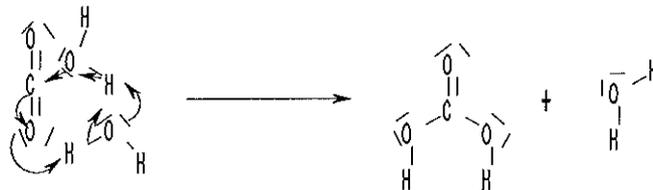
A.1.2. Approche orbitale et réactivité

A.1.2.a) La réactivité électrophile de CO₂ est traduite par la BV qui possède le plus gros coefficient sur l'atome de carbone C : il y a accord avec la prévision qu'on peut faire en raisonnant sur la structure de Lewis (forme mésomère limite présentant une lacune sur le C).



La réactivité nucléophile de H₂O est traduite par la HO qui possède le plus gros coefficient sur l'atome d'oxygène : il y a accord avec la prévision qu'on peut faire en raisonnant sur la structure de Lewis avec la présence de doublets libres sur uniquement l'atome d'oxygène.

A.1.2.b)
transferts
H₂CO₃ :



Schématisation des transferts électroniques conduisant à

A.2. Solubilité de CO₂ : quelques ordres de grandeur.

On note $h = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{équilibre}} / c^\circ$

A.2.1. Dissolution du dioxyde de carbone contenu dans l'atmosphère.

A.2.1.a) $[\text{CO}_2(\text{aq})] = K_1^\circ \cdot (P_{\text{CO}_2}/P^\circ) \cdot c^\circ = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$
 $[\text{H}_2\text{CO}_3] = K_2^\circ \cdot [\text{CO}_2(\text{aq})]$ négligeable comme le reste
 $K_3^\circ = c^\circ h^2 / [\text{H}_2\text{CO}_3] = c^\circ h^2 / (K_2^\circ \cdot [\text{CO}_2(\text{aq})]) = h^2 / (1,3 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2,6}) \Rightarrow h = 2,3 \cdot 10^{-6}$
 $\Rightarrow \text{pH} = 5,6$ ce qui est cohérent avec "longtemps" car l'état d'équilibre est atteint

A.2.1.b) On ne peut avoir un $\text{pH} < 5,6$ avec seulement du CO_2 ; comme gaz responsables des pluies acides, on peut citer SO_2 ou les NO_x .

A.2.2. Les boissons gazeifiées

A.2.2.a) $P_{\text{CO}_2} = 4,0$ bar donc la solubilité de CO_2 augmente donc le pH diminue et CO_2 est largement prédominant.

Calculs : $[\text{CO}_2(\text{aq})] = K_1^\circ \cdot (P_{\text{CO}_2}/P^\circ) \cdot c^\circ = 0,14 \text{ mol.L}^{-1}$ soit $m_{\text{CO}_2} = 0,14 \cdot 44 = 6,0 \text{ g}$
 $K_3^\circ = c^\circ h^2 / (K_2^\circ \cdot [\text{CO}_2(\text{aq})]) \Rightarrow h = 2,4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \text{pH} = 3,6$

A.2.2.b) Il y a plus de CO_2 donc *a priori* le pH diminue mais il y a d'autres constituants qui tamponnent la solution comme HCO_3^- .

A.3. Solubilité de CO_2 : influence du pH

A.3.1. $s = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] = a + b/h + c/h^2$
 et plus précisément
 $s / c^\circ = [K_1^\circ + K_1^\circ \cdot K_2^\circ + K_1^\circ \cdot K_2^\circ \cdot K_3^\circ / h + K_1^\circ \cdot K_2^\circ \cdot K_3^\circ \cdot K_4^\circ / h^2] \cdot (P_{\text{CO}_2}/P^\circ)$

A.3.2. Entre $\text{pH} = 6,4$ et $\text{pH} = 10,3$, $[\text{HCO}_3^-]$ prédomine
 d'où $s / c^\circ \approx (K_1^\circ \cdot K_2^\circ \cdot K_3^\circ \cdot P_{\text{CO}_2}/P^\circ) / h$ soit $\text{ps} = -\log(s/c^\circ) = -\text{pH} - \log(K_1^\circ \cdot K_2^\circ \cdot K_3^\circ \cdot P_{\text{CO}_2}/P^\circ)$

A.N. : $\text{ps} = 11,3 - \text{pH}$

A.3.3. $\text{pH} = 2,5 \Rightarrow$ solubilité maximale (à T constante, s est proportionnelle à P_{CO_2})
 or $5 \text{ g} < m_{\text{CO}_2} < 8 \text{ g}$ (cf descriptif début partie A) soit $5/44 < [\text{CO}_2] < 8/44 \text{ mol.L}^{-1}$
 et donc $3,3 < (P_{\text{CO}_2}/P^\circ) < 5,4$ soit $3,3 \text{ bar} < P_{\text{CO}_2} < 5,4 \text{ bar}$

A.3.4. pH inchangé $\Rightarrow -\log(s/c^\circ) = 4,9 \Rightarrow s = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ (on retrouve la valeur du A.2.1.a))

A.4. Solubilité du CO_2 : grandeurs thermodynamiques et influence de la température

A.4.1.a) Pour un gaz réel, on introduit la fugacité f : $\mu^{\text{gaz}} = \mu^{\circ, \text{gaz}} + RT \cdot \ln(f_{\text{gaz}}/P^\circ)$
 Pour des pressions inférieures à 6-10 bar, on peut considérer CO_2 comme parfait (en ce qui concerne le CO_2 , on trouve 10% d'écart à 12 bar pour le produit (P.V) entre le gaz réel et le gaz parfait).

A.4.1.b) $\mu^{\text{sol}, \infty} = \mu^{\circ, \text{sol}, \infty} + RT \cdot \ln([\text{CO}_2]/c^\circ)$ si on considère la solution idéale ($\gamma_{\text{CO}_2} = 1$)
 À l'équilibre, on a égalité des potentiels chimiques : $\mu^{\text{gaz}} = \mu^{\text{sol}, \infty}$
 soit $\mu^{\circ, \text{gaz}} + RT \cdot \ln(P_{\text{CO}_2}/P^\circ) = \mu^{\circ, \text{sol}, \infty} + RT \cdot \ln([\text{CO}_2]/c^\circ)$
 et donc $P_{\text{CO}_2} = P^\circ \cdot \exp[(\mu^{\circ, \text{sol}, \infty} - \mu^{\circ, \text{gaz}})/(RT)] \cdot [\text{CO}_2]/c^\circ$
 soit $P_{\text{CO}_2} = k \cdot [\text{CO}_2]$

A.4.2. Influence de la température

A.4.2.a) La solubilité diminue quand la température augmente donc la dissolution est exothermique :
 $\Delta_r H_1^\circ < 0$

A.4.2.b) Loi de Van't Hoff : $d(\ln K_1^\circ)/dT = \Delta_r H_1^\circ / RT^2$; on intègre en faisant l'approximation d'Ellingham
 : $\ln K_1^\circ(T_2) - \ln K_1^\circ(T_1) = (\Delta_r H_1^\circ / R) \cdot (-1/T_2 + 1/T_1)$

On tire du graphe que $(-\Delta_r H_1^\circ / R) = 2627 \text{ K} \Rightarrow \Delta_r H_1^\circ = -21,8 \cdot 10^3 \text{ J.mol}^{-1}$

A.4.2.c) Un raisonnement un peu simpliste et qui peut être mis en défaut consiste à dire que lors de la dissolution, les molécules passent en solution aqueuse et sont solvatées ce qui peut être considéré comme une diminution du désordre : $\Delta_r S_1^\circ < 0$.

$\Delta_r G_1^\circ = -RT \cdot \ln K_1^\circ = \Delta_r H_1^\circ - T \cdot \Delta_r S_1^\circ \Rightarrow \Delta_r S_1^\circ = (\Delta_r H_1^\circ + RT \cdot \ln K_1^\circ) / 298 = -101 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

A.4.2.d) À 100°C , on calcule K_1° en faisant l'approximation d'Ellingham (prolongement du segment de droite tracé sur le graphe précédent) :

$$\ln K_1^\circ(373 \text{ K}) = 2627/373 - 12,21 = -5,17 \Rightarrow K_1^\circ = 5,7 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow [\text{CO}_2] = K_1^\circ \cdot P_{\text{CO}_2} / P^\circ = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Rightarrow \text{la perte est donc de } 1,3 \cdot 10^{-5} - 2,2 \cdot 10^{-6} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol soit } 83 \%$$

A.5. Solubilité du dioxyde de carbone : aspect cinétique

A.5.1. Étude d'un exercice posé en PACES (première année commune des études de santé)

A.5.1.a) Montage de récupération d'un gaz par déplacement d'eau (bouteille, tuyau, éprouvette renversée sur cristallisoir rempli d'eau).

A.5.1.b) Sous $P_{\text{atmosphérique}}$, il y a proportionnalité entre V_{CO_2} et n_{CO_2} .

$$\Rightarrow t_{1/2} = 2 \text{ j est indépendant de la concentration initiale}$$

$$\Rightarrow \text{ordre } 1$$

$$\Rightarrow k = \ln(2) / t_{1/2} = 0,35 \text{ j}^{-1}$$

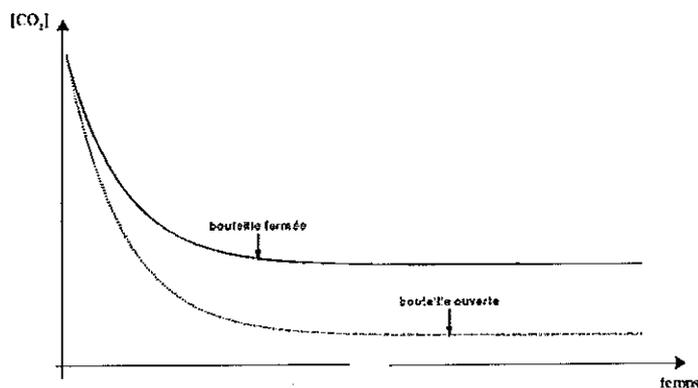
A.5.2. Modélisation.

A.5.2.a) La diffusion d'un gaz dans l'atmosphère est beaucoup plus rapide et peut être considérée comme instantanée à cette échelle ; on confirme en remarquant que $D_{\text{aq}} \ll D_{\text{gaz}}$.

A.5.2.b) L'agitation produit de la convection et va diminuer la couche de diffusion (homogénéisation).

Si on augmente S , on favorise les échanges et S est bien un facteur cinétique.

A.5.2.c) Allure de la courbe représentative de l'évolution de $[\text{CO}_2(\text{aq})]$ en fonction du temps, selon que la bouteille est fermée ou non :



A.5.2.d) L'agitation provoque une diminution de l'épaisseur de δ de la couche de diffusion.

Le milieu devient hétérogène (gaz dans liquide) ce qui favorise la nucléation et augmente S .

A.5.2.e) On a trouvé $3,3 \text{ bar} < (P_{\text{CO}_2})_{\text{bouteille}} < 5,4 \text{ bar}$ (A.3.3.) et on va passer à :

$(P_{\text{CO}_2})_{\text{atmosphérique}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ bar}$ (égalisation de la pression très rapide) soit quasi rien et on peut négliger le dégazage de V_{aq} (si on n'a pas agité avant).

On trouve donc une perte comprise entre : $0,02 \text{ mol} < n_{\text{CO}_2} = (P_{\text{CO}_2})_{\text{bouteille}} \cdot V_{\text{gaz}} / RT < 0,03 \text{ mol}$.

Valeurs à comparer avec 5 à $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ soit 6,25 à 10 g pour la bouteille étudiée c'est-à-dire 0,14 à 0,23 mol donc 14 % de perte.

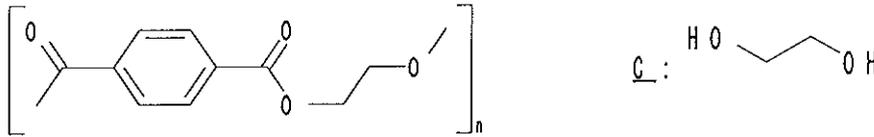
A.5.2.f) Paramètres cinétiques : augmenter T , augmenter S , agiter.

Paramètres thermodynamiques : augmenter T , baisser P .

A.6. Emballage des boissons gazéifiées

A.6.1. Synthèse du PET et mise en forme

A.6.1.a)



A.6.1.b)

Le matériau se ramollit au-dessus de la température de transition vitreuse, on se place donc au-dessus pour le mettre en forme.

A.6.2. Recyclage

Le principe n'est pas surprenant, il s'agit d'une saponification puis une acidification, appliquées au polymère qui est un polyester (les micro-ondes jouent le rôle du chauffage : apport énergétique).

B. Sucres

B.1. Sucre ou sucres ?

B.1.1. Stéréochimie du saccharose

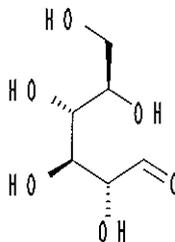
B.1.1.a) La molécule de saccharose possède neuf atomes de carbone asymétriques et possède donc $2^9 - 1$ (elle-même) stéréoisomères soit 511.

B.1.1.b) Règles de Cahn-Ingold-Prelog : $-O-C-O > -O-C-C > -C > -H$ soit stéréodescripteur (*R*).

B.1.2. Stéréochimie du glucose

B.1.2.a) On reconnaît la fonction alcool et pas un groupe caractéristique au sens

B.1.2.b) Forme aldéhydique du glucose :



la molécule est un hémiacétal (qui n'est propre).

B.1.2.c) Les deux stéréoisomères de configuration ne diffèrent que par un seul atome de carbone asymétrique : ils sont donc diastéréoisomères (épimères).

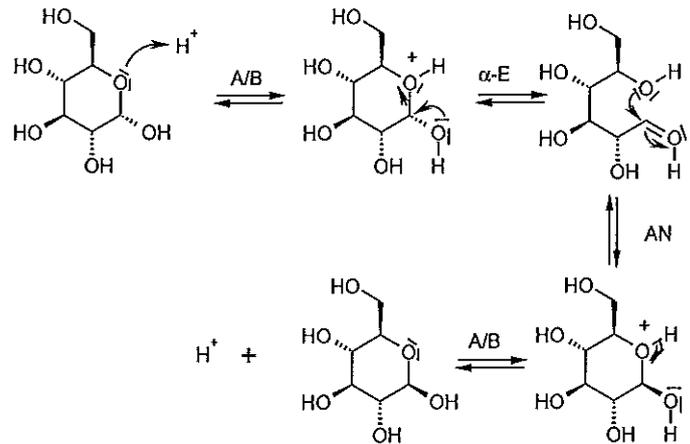


B.1.2.d) On observe une rétro-hémicétylisation suivie d'une hémicétylisation.

On peut proposer une étape de protonation (acide/base) puis une α -élimination (α -E) suivie d'une addition nucléophile (AN) et enfin une déprotonation (acide/base).

La réaction est réversible donc toutes les étapes élémentaires le sont ce qui justifie l'emploi de la double flèche.

L'épimérisation du C* se fait lors de l'étape d'addition nucléophile, le groupe carbonyle (C=O) étant localement plan, l'attaque peut se faire des deux côtés du plan. Les stabilités des deux structures étant différentes, lorsque l'équilibre est atteint, les deux diastéréoisomères ne sont pas présents en quantités égales.



B.2. Cinétique de l'hydrolyse du saccharose

B.2.1. Étude expérimentale

B.2.1.a) Si l'ordre est 1, on peut écrire : $v = -d[S]/dt = k_{\text{exp}}.[S]$.

Le tableau de résultats permet d'évaluer le temps de demi-réaction à 500 h (de 0,400 mol.L⁻¹ à 0,200 mol.L⁻¹ puis de 0,200 à 0,100 mol.L⁻¹) et celui-ci est donc indépendant de la concentration initiale ce qui valide un ordre 1 : $k_{\text{exp}} = \ln(2) / t_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$.

On peut également effectuer une régression linéaire sur les points (t/s ; $\ln([S]/c^\circ)$) ; on obtient :

$$\ln([S]/c^\circ) = -1,4 \cdot 10^{-3} \cdot (t/s) - 0,924 \text{ avec un coefficient de corrélation } r = 0,99990.$$

L'ordre 1 est donc confirmé avec $k_{\text{exp}} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$.

B.2.1.b) On suppose qu'il existe un ordre par rapport à $[H_3O^+]$, on peut donc écrire :

$$k_{\text{exp}} = k \cdot [H_3O^+]^a = k \cdot (10^{-\text{pH}})^a = \ln(2) / t_{1/2} \text{ ce qui fournit } \ln(31/500) = a \cdot \ln(10^{-5,0}/10^{-3,8}) \Rightarrow a = 1,0.$$

D'où la loi de vitesse $v = k \cdot [H_3O^+] \cdot [S]$.

B.2.1.c) $k = 1,4 \cdot 10^{-3} / 10^{-5,0} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

B.2.2. Mécanisme réactionnel

B.2.2.a) Un acte élémentaire est une réaction qui se déroule au niveau moléculaire sans formation d'espèces chimiques intermédiaires.

B.2.2.b) SH^+ intervient comme réactif dans l'étape cinétiquement déterminante, il est donc consommé difficilement et peut s'accumuler : l'approximation des états quasi-stationnaires ne lui est pas applicable.

B.2.2.c) L'étape cinétiquement déterminante impose sa vitesse : $v = k_b \cdot [SH^+]$ (l'eau est solvant)

L'équilibre très rapide permet d'écrire qu'à chaque instant $K = [SH^+] \cdot c^\circ / ([S] \cdot [H_3O^+])$ d'où :

$$v = k_b \cdot (K/c^\circ) \cdot [S] \cdot [H_3O^+] = k \cdot [H_3O^+] \cdot [S] \text{ avec } k = k_b \cdot K/c^\circ.$$

Le résultat est cohérent avec les résultats expérimentaux précédents.

B.2.3. Influence de la température

B.2.3.a) À pH fixé, la loi d'ordre 1 permet d'écrire $[S] = [S]_0 \cdot \exp(-k_{\text{exp}} \cdot t)$.

En supposant la loi d'Arrhenius vérifiée, les données permettent d'évaluer :

$$k = A \cdot \exp(-E_a/(RT)) = 1,15 \cdot 10^{15} \cdot \exp(-108000/(8,31 \cdot 293)) = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$k_{\text{exp}} = 6,3 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2,5} = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$[S] / [S]_0 = \exp(-k_{\text{exp}} \cdot t) = 0,60$$

Il reste donc 60% du saccharose de départ.

B.2.3.b) De même :

$$k = 0,848 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1} \text{ soit } k_{\text{exp}} = 2,7.10^{-3} \text{ s}^{-1}$$
$$[S]/[S]_0 = \exp(-k_{\text{exp}}.t) = 0,8 \% \Rightarrow 99,2\% \text{ hydrolysé}$$

B.3. Détermination des sucres présents

B.3.1. Détermination qualitative

B.3.1.a) La plaque est peu claire. Le saccharose a presque le même rapport frontal que le glucose. Cependant, la superposition des taches laisse penser que du saccharose est encore présent avec une partie qui a été hydrolysée en glucose et fructose. La présence du fructose qui a le R_f le plus faible est confirmée. Cette analyse va dans le sens de l'étude cinétique.

B.3.1.b) On peut proposer une séance de TP où on demande à chaque binôme de tester un éluant réalisé avec des proportions différentes des trois solvants.

On réunit et on compare les résultats.

On conclut.

B.3.2. Étude quantitative

B.3.2.1. Détermination de la concentration massique en sucre(s)

A priori, C_{boisson} est légèrement supérieure à 1.10^2 g.L^{-1} en assimilant la boisson à une solution sucrée, ce qui est conforme à l'étiquette (106 g.L^{-1}).

Plus précisément, si on effectue une régression linéaire sur les points ($C/\text{mol.L}^{-1}$; m/g), on obtient une droite d'équation $m/\text{g} = 0,0381.C/\text{mol.L}^{-1} + 99,6$ avec un coefficient de corrélation $r = 0,9997$ ce qui fournit :

$$C_{\text{boisson}} = 110 \text{ g.L}^{-1}$$

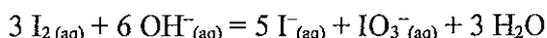
B.3.2.2. Dosage en retour du glucose dans la boisson étudiée

B.3.2.2.a) Analyse des propriétés du diiode en solution aqueuse

B.3.2.2.a) i) Couple $\text{IO}_3^- / \text{I}^-$: $\text{IO}_3^- + 6 \text{H}^+ + 6\text{e}^- = \text{I}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$

À 298 K, $E_{\text{IO}_3/\text{I}} = E^\circ_{\text{IO}_3/\text{I}} + (0,06/6).\log([\text{IO}_3^-].[\text{H}^+]^6/[\text{I}^-]) = E^\circ_{\text{IO}_3/\text{I}} + (0,06/6).\log([\text{IO}_3^-]/[\text{I}^-]) - 0,06.\text{pH}$
 \Rightarrow pente $-0,06 \text{ V}$

B.3.2.2.a) ii) Le diagramme E-pH montre qu'au-delà de $\text{pH} = 8,1$, $E_1 < E_2$ ce qui implique la dismutation du diiode :



B.3.2.2.a) iii)

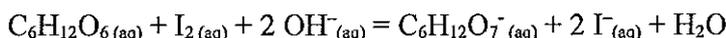
$\text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})} = 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}$ associée à $K^\circ = 10^{2.(0,62-0,09)/0,06} = 10^{17,7} = 4,6.10^{17}$ (totale)

B.3.2.2.b) Discussion du résultat expérimental

Le thiosulfate permet de doser le diiode qui n'a pas réagi avec le glucose :

$$(n_{\text{I}_2})_{\text{restant}} = (n_{\text{thiosulfate versé}} \text{ à l'équivalence})/2 = 20,6.0,100/2 = 1,03 \text{ mmol}$$

La réaction du diiode sur le glucose peut se traduire par l'équation suivante :



d'où $(n_{\text{I}_2})_{\text{consommé}} = (n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6})_{\text{initial}} = (n_{\text{I}_2})_0 - (n_{\text{I}_2})_{\text{restant}} = 50,0.0,0495 - 1,03 = 1,45 \text{ mmol}$

soit $m_{\text{glucose}} = 1,445.10^{-3}.180 = 0,26 \text{ g}$

ce qui est cohérent vu la précision de la pesée (deux chiffres significatifs)

B.3.2.2.c) Application à l'étude de la boisson étudiée

- On prélève une quantité précise de boisson, on dose le glucose par la méthode précédente.
- On effectue une hydrolyse en chauffant (reflux trente minutes) le même volume de boisson ce qui hydrolyse le saccharose totalement d'après B.2.3.b).

- On effectue un nouveau dosage : la quantité de glucose obtenue correspond au saccharose initial.

B.4. Sucres et énergie

B.4.1. Une calorie représente l'énergie nécessaire pour élever de un degré centigrade un gramme d'eau (pour être précis et reproductible, il faut préciser les conditions).

$$(m/M).C_P^\circ(\text{H}_2\text{O}) = (1,00/18,0).75,3 = 4,18 \text{ J}$$

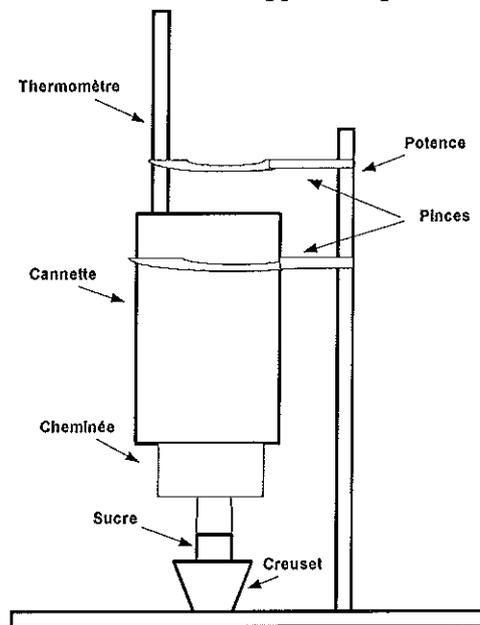
B.4.2. Par l'équation de réaction de combustion du glucose : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) = 6 \text{ CO}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{liq})$

B.4.3. On brûle du sucre pour chauffer une masse connue d'eau dont on mesure la hausse de température ; on fait l'hypothèse que le processus est conduit suffisamment rapidement et dans des conditions où il y a transfert thermique quantitatif (processus global adiabatique).

$$\text{Alors : } n_{\text{eau}}.C_P^\circ.\Delta T = x. |\Delta_r H^\circ| \text{ avec } x = n_{\text{sucrer}} = m_{\text{sucrer}}/M_{\text{sucrer}}$$

où $|\Delta_r H^\circ|$ sera notée différemment en seconde et appelée capacité énergétique molaire du sucre.

Schéma :



B.4.4. On prend 10,6 g qu'on assimile au glucose soit $10,6/180 = 5,9.10^{-2}$ mol.

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_{\text{combustion}} H^\circ = 6.\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 6.\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -2816 \text{ kJ.mol}^{-1} \text{ soit } -15,6 \text{ kJ.g}^{-1}$$

$$\text{Donc } Q_{\text{glucose}} = 5,9.10^{-2}.(-2816) = -166 \text{ kJ}$$

Si on prend 17 kJ pour 1 g de sucre, on trouve $17.10,6 = 180 \text{ kJ}$ soit 8% d'écart ce qui est cohérent vu l'évaluation menée.

B.4.5. $6,0/342 = 0,0175$ mol de saccharose soit $0,0175.15 = 0,26 \text{ kJ}$ lors de l'hydrolyse et $2815.0,0175 = 49,4 \text{ kJ}$ lors de la combustion ce qui fait $49,7 \text{ kJ}$ soit $11,9 \text{ kcal}$ soit moitié moins qu'énoncé.

En fait, l'énoncé de cet exercice est trompeur voire faux, le fructose est lui aussi métabolisé et l'énergie qu'on peut tirer du fructose est sensiblement la même que celle du glucose : on retrouve les 24 kcal.

C - Acidifiant

C.1. Solution aqueuse d'acide phosphorique

C.1.1. Pour 1,00 L, $n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0,10$ mol soit 9,8 g c'est-à-dire $9,8/0,75 = 13,1 \text{ g}$ à prélever ce qui représente $13,6/1,60 = 8,2 \text{ mL}$.

On pèse donc 13,1 g (ou on mesure 8,2 mL) d'acide phosphorique commercial qu'on transfère quantitativement dans une fiole jaugée de 1,00 L préalablement rincée à l'eau distillée et contenant déjà quelques centaines de millilitres d'eau distillée, on homogénéise et on ajuste au trait de jauge.

Et on réhomogénéise.

C.1.2. En $v = 0$, $\text{pH} = 1,6$: H_3PO_4 prédomine ; en $v = 10$ mL, $\text{pH} = 4,6$: H_2PO_4^- prédomine.

Donc de $v = 0$ à $v = 10$ mL : $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

En $v = 20$ mL, $\text{pH} = 9,6$: HPO_4^{2-} prédomine.

Donc de $v = 10$ mL à $v = 20$ mL : $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- = \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

On n'observe pas de troisième saut car la troisième acidité est trop faible pour être dosée, la transformation n'est pas totale à l'équivalence :

$\text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^- = \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ a pour constante $K^\circ = 10^{-12,1}/10^{-14,0} = 10^{1,9}$.

(Valeur de K° insuffisante pour assurer un taux de titrage suffisamment proche de 1 à l'équivalence)

C.2. Dosage pH-métrique de l'acide phosphorique dans la boisson étudiée

C.2.1. Les protocoles de dosages acido-basiques.

C.2.1.a) Le dioxyde de carbone est soluble dans l'eau (cf partie A) et il réagit avec les ions hydroxyde selon : $\text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$ $K^\circ \gg 1$

On dit que "la soude se carbonate" et le titre de la solution change.

C.2.1.b) L'électrode de verre est sensible à la concentration en H_3O^+ . L'électrode de référence a un potentiel fixe. Le pH-mètre mesure $E_{\text{verre}} - E_{\text{référence}}$ et convertit la mesure en unités de pH grâce à l'étalonnage préalable de la chaîne de mesure électrochimique à l'aide de solutions tampon de pH connu, à température donnée.

C.2.2. Exploitation du dosage proposé

C.2.2.a) Si on considère que seul l'acide phosphorique est dosé dans la boisson, le premier saut correspond à : $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

soit à l'équivalence $(n_{\text{H}_3\text{PO}_4})_0 = (n_{\text{OH}})_{\text{versé}} \Rightarrow C_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 9,4.0,050 / 100,0 = 4,7.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

C.2.2.b) Si l'acide phosphorique était le seul acide dosé on attendrait $V_{\text{éq}2} = 2.V_{\text{éq}1} = 18,8$ mL pour le deuxième volume à l'équivalence, ce qui n'est manifestement pas le cas même si le saut est très peu marqué.

C.2.2.c) Le CO_2 serait dosé après le premier saut puisqu'il prédomine en dessous de $\text{pH} = 5$.

D'après la partie A, après dégazage bien réalisé, $n_{\text{CO}_2} = 0,1.1,3.10^{-5} = 1,3.10^{-6}$ mol dans 100,0 mL

soit $\Delta V = 1,3.10^{-6}/0,050 = 0,03$ mL, influence négligeable.

C.3. Obtention de l'acide phosphorique en séance de travaux pratiques

C.3.1. L'hélianthine vire pour un pH compris entre 3,1 et 4,4 : on est donc dans le domaine de prédominance de H_2PO_4^- et SO_4^{2-} .

Compte tenu des proportions initiales, le phosphate tricalcique est sans doute le réactif limitant, et les ions phosphate sont transformés en acide phosphorique.

La transformation réalisée en ajoutant de la soude au filtrat, jusqu'à virage de l'hélianthine, a consisté à doser exactement les deux acidités de l'acide sulfurique en excès ainsi que la première acidité de l'acide phosphorique, selon les équations suivantes :

1ère acidité forte de l'acide sulfurique : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$

2è acidité de l'acide sulfurique : $\text{HSO}_4^- + \text{OH}^- = \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

1ère acidité de l'acide phosphorique : $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

C.3.2. Le virage de l'hélianthine permet de déterminer que $n_{\text{e}1} = (2C_{\text{H}_2\text{SO}_4} + C_{\text{H}_3\text{PO}_4}).V_{\text{e}1}$.

Entre le virage de l'hélianthine et le virage de la phénolphtaléine, on observe la transformation modélisée par : $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- = \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ (cf C.1.2.) ce qui permet de déterminer que $n_{\text{e}2} - n_{\text{e}1} = C_{\text{H}_3\text{PO}_4}.V_{\text{e}2}$.

Du coup, $r = [3.n_{\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ formé}}] / [2.n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ initial}}] = 3.(n_{\text{e}2} - n_{\text{e}1}) / [2.n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ initial}}]$

$$\text{or } n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ initial}} = (n_{\text{H}_2\text{SO}_4})_{\text{dosé}} + (3/2) \cdot n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = (2 \cdot n_{e1} - n_{e2})/2 + (3/2) \cdot (n_{e2} - n_{e1}) = (2 \cdot n_{e2} - n_{e1})/2$$

$$\text{d'où } r = 3 \cdot (n_{e2} - n_{e1}) / (2 \cdot n_{e2} - n_{e1}) = 3 \cdot (V_{e2} - V_{e1}) / (2 \cdot V_{e2} - V_{e1})$$

On peut donc calculer r sans connaître la quantité d'acide sulfurique de départ et : $r = 86 \%$

D - Arômes ; extraits végétaux

D.1. Arôme vanille

D.1.1. Structure

D.1.1.1. Il sera *a priori* difficile de distinguer ces deux molécules car elles possèdent les mêmes liaisons à part la liaison C-C de l'éthylvanilline (celle de CH₃-CH₂-) perdue dans l'empreinte digitale.

Les bandes caractéristiques qu'on peut repérer sur le spectre de la vanilline sont :

C=O :	1698 cm ⁻¹
C-H _{aldéhyde} :	2724 cm ⁻¹
C-H _{aromatique} :	3013-3075 cm ⁻¹
C-H _{alcane} :	bandes multiples entre 2850 et 2960
O-H :	3539 cm ⁻¹
C=C _{aromatique} :	1450 à 1609 cm ⁻¹

D.1.1.2. Le spectre A est celui de l'éthylvanilline car il présente un triplet-quadruplet caractéristique de l'enchaînement CH₃-CH₂ qui n'est pas présent dans la structure de la vanilline.

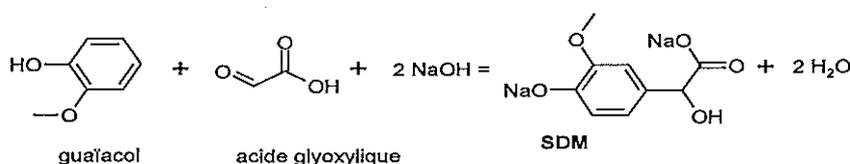
Spectre A : éthylvanilline

Spectre B : vanilline

D.1.2. Obtention de la vanilline

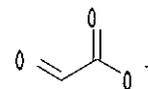
D.1.2.1. Voie au guaiacol : substitution électrophile aromatique

D.1.2.1.a) Équation de la réaction d'obtention du SDM :

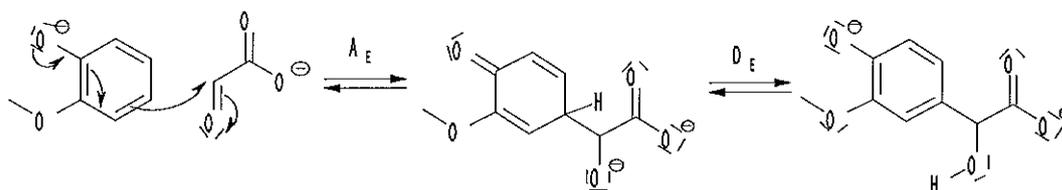


D.1.2.1.b) Structure de l'électrophile mis en jeu dans les conditions basiques de cette synthèse :

ion glyoxylate

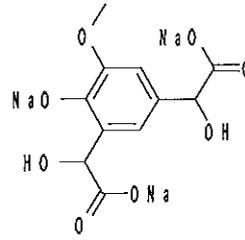
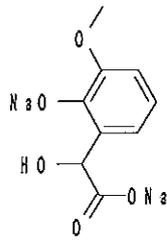


D.1.2.1.c) Étapes élémentaires traduisant la substitution électrophile envisagée :



D.1.2.1.d) En supposant que la réaction est sous contrôle cinétique et en se basant sur la régiosélectivité observée, on peut supposer que le substituant -O⁻ est le plus activant puisqu'il y a substitution en para de celui-ci (qui est mésomère donneur activant) et gouvernerait donc la régiosélectivité alors que la substitution se fait en méta du groupe méthoxy H₃CO- (qui est aussi mésomère donneur activant).

Les deux produits secondaires majoritaires prévisibles dans ce modèle sont donc issus d'une substitution en ortho du groupe phénate et d'une double substitution ortho et para :

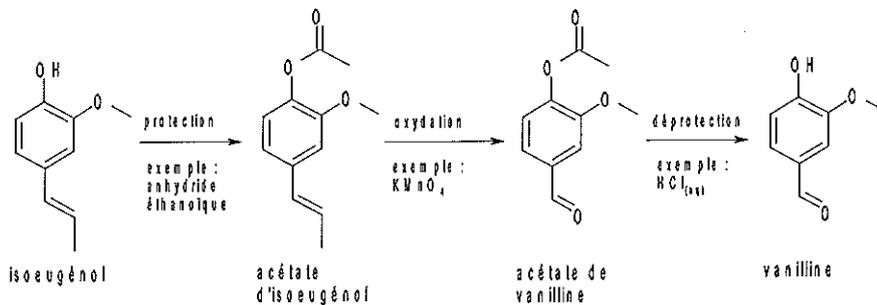


D.1.2.1.e) Pour interpréter les règles de HOLLEMANN, on raisonne sous contrôle cinétique (on considère que le produit majoritaire est celui qui est le plus vite formé). On considère que l'étape qui détermine la formation des produits est la formation de l'ion arénium (intermédiaire de WHELAND). Pour comparer les différentes vitesses de formation des ions arénium envisageables, on veut obtenir une idée des énergies d'activation correspondantes. L'état de transition est considéré comme tardif donc proche de l'intermédiaire réactionnel (perte de l'aromaticité lors du passage à l'ion arénium), on considère alors qu'on peut modéliser l'état de transition par l'intermédiaire de WHELAND car ils sont proches en énergie (postulat de HAMMOND). Les intermédiaires les plus stables sont par conséquent les plus vite formés et correspondent à l'orientation préférentielle de la substitution électrophile aromatique.

D.1.2.2. Autre voie de synthèse

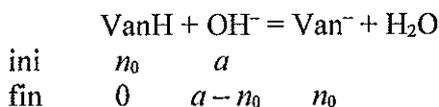
On réalise d'abord une protection de la fonction phénol par estérification (réaction renversable), l'ester formé n'est pas sensible à l'oxydation qu'on va réaliser. On termine par une hydrolyse de l'ester (ou une saponification suivie d'un retour en milieu acide).

On propose ci-dessous des réactifs utilisables dans le cadre d'un laboratoire d'un établissement secondaire (protocole issu des ONC où l'oxydation par KMnO_4 conduit à l'aldéhyde car on travaille en transfert de phase, donc en milieu anhydre).



D.1.3. Contrôle de la pureté de la vanilline commerciale par dosage acido-basique

D.1.3.1. La mise en solution de la vanilline ($n_0 \leq 5,00 / 152 = 3,29 \cdot 10^{-2}$ mol, égalité si la vanilline est pure à 100%) dans la soude ($a = 0,100$ mol) se traduit par l'équation de réaction :



On dose donc un mélange de soude et de vanillinate.

La soude (base forte) est dosée en première de $v = 0$ à $v = v_{ea}$ selon $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$

puis le vanillinate (base faible) de $v = v_{ea}$ à $v = v_{eb}$ selon $\text{Van}^- + \text{H}^+ = \text{VanH}$

On a prélevé 1/25 du contenu de la fiole jaugée.

La première équivalence correspond donc à $(a - n_0) / 25 = 2 \cdot (n_{\text{H}_2\text{SO}_4})_{\text{versé en } v_{ea}} = 2 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot v_{ea}$

La deuxième équivalence correspond donc à $n_0 / 25 = 2 \cdot (n_{\text{H}_2\text{SO}_4})_{\text{versé entre } v_{ea} \text{ et } v_{eb}} = 2 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot (v_{eb} - v_{ea})$

En utilisant la deuxième relation : $m_0 = 2 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot (v_{eb} - v_{ea}) \cdot 25 \cdot M_{\text{vanilline}} = 5,0$ g.

En utilisant la première relation : $m_0 = [a - 2 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot v_{ea}] \cdot 25 \cdot M_{\text{vanilline}} = 5,0$ g.

On ne détecte pas d'impuretés dans la vanilline commerciale par cette méthode.

Remarque : $v_{eb} = 10,0$ mL confirme bien une soude à $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ si la solution d'acide sulfurique est bien à $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ ce qui peut permettre de raisonner uniquement sur la première équivalence ; si la soude est de concentration approximative, on a besoin des deux équivalences.

D.1.3.2. On a la courbe caractéristique du dosage d'une base faible "classique" (ni trop faible, ni trop forte), le pK_A peut être évalué à la deuxième demi-équivalence soit en $(v_{eb} - v_{ea})/2 + v_{ea} = 6,7$ mL d'où une estimation du pK_A (V_{anH}/V_{an^-}) de 7,4 à 7,5.

D.1.3.3. On a un pK_A (V_{anH}/V_{an^-}) proche de pK_A ($H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$) = 7,2 donc la vanilline sera dosée simultanément à la deuxième acidité de l'acide phosphorique mais l'influence sera plus ou moins visible selon la quantité.

D.1.4. Quelle quantité de vanilline dans la boisson étudiée ?

D.1.4.1. Pratique expérimentale

D.1.4.1.a) Lors de l'extraction, la vanilline se partage entre la phase aqueuse et la phase organique (CH_2Cl_2) selon :

$V_{anH(aq)} = V_{anH(org)}$ équilibre caractérisé par la constante de partage

$$(1-\alpha).n_0 \quad \alpha.n_0 \quad K = 7 = [V_{anH}]_{org} / [V_{anH}]_{aq} = [\alpha.n_0 / (1-\alpha).n_0]. V_{aq} / V_{org}$$

1^{er} cas : extraction de la vanilline contenue dans $V_{aq} = 50$ mL avec une fois $V_{org} = 75$ mL

$$K = 7 = [\alpha / (1-\alpha)]. V_{aq} / V_{org} \Rightarrow \alpha = 1 / [1 + 50 / (75K)] = 91,3 \%$$

2^e cas : extraction de la vanilline contenue dans $V_{aq} = 50$ mL avec trois fois $V_{org} = 25$ mL

$$1^{\text{ère}} \text{ extraction} \quad \alpha = 1 / [1 + 50 / (25K)] = 77,8 \%$$

$$2^{\text{ème}} \text{ extraction, on extrait } 77,8 \% \text{ de } (1 - 77,8 \%) = 17,3 \%$$

$$3^{\text{ème}} \text{ extraction, on extrait } 77,8 \% \text{ de } (1 - 77,8 \% - 17,3 \%) = 3,8 \%$$

soit un total de 99 % plus efficace pour un même volume de solvant.

D.1.4.1.b) Dichlorométhane : extrait les composés organiques de la boisson (solution aqueuse).

Soude aqueuse : transforme V_{anH} en V_{an^-} , ion soluble en phase aqueuse au contraire des autres composés organiques qui ne sont pas ionisés, la vanilline est donc extraite de la phase organique

On obtient donc du vanillinate dans une solution de soude, il faut donc compléter à la soude (pour rester en milieu franchement basique, domaine de V_{an^-} qui est l'espèce qu'on va suivre en spectrophotométrie).

D.1.4.1.c) L'absorbance A dépend de la longueur d'onde, de la température, de la nature du solvant, de la substance, de la longueur de la cuve et de sa concentration.

La loi de Beer-Lambert s'écrit : $A(\lambda) = \sum_i \epsilon_i(\lambda).l.c_i$; si un seul composé absorbe, $A(\lambda) = \epsilon(\lambda).l.c$

L'absorbance n'a pas d'unité, la longueur est généralement exprimée en cm, la concentration en mol.L^{-1} et donc le coefficient d'absorption molaire en $\text{cm}^{-1}.\text{L.mol}^{-1}$. Cette loi s'applique pour des solutions suffisamment diluées (mais dont la dilution n'entraîne pas de déplacement d'équilibre), homogènes, non fluorescentes et pour une radiation parfaitement monochromatique.

$$\text{D.1.4.1.d)} \quad A = \log(I_0 / I) = 1,507 \Rightarrow I/I_0 = 10^{-1,507} = 3,2 \%$$

D.1.4.1.e) Pour tracer le spectre et choisir la longueur d'onde : on choisit le mode "spectre", on règle le "zéro" de l'appareil à l'aide de la solution de référence (ici la soude à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$). On trace le spectre du composé dont on veut suivre l'évolution de la concentration et on choisit la longueur d'onde où l'absorbance est maximale pour la meilleure précision (plus grande variation ΔA pour ΔC fixée et plus petite variation de ΔA en cas de $\Delta \lambda$).

Pour vérifier la loi de Beer-Lambert : on choisit le mode "longueur d'onde fixe", on se cale sur la longueur d'onde choisie, on règle le "zéro" de l'appareil à l'aide de la solution de référence (ici la soude à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$). Le spectrophotomètre est prêt.

D.1.4.1.f) On se sert du spectre du vanillinate (et non de la vanilline) : on observe un maximum d'absorbance pour $\lambda_{\text{max}} = 346 \text{ nm}$, longueur d'onde qu'on choisit.

D.1.4.2. Analyse des résultats

D.1.4.2.a) La loi de Beer-Lambert est bien vérifiée ; on en tire :

$C_{\text{vanilline fiolle}} = (1,083 + 0,0318)/0,190 = 5,9 \text{ mg.L}^{-1}$. Or on a dilué par 4 donc si on suppose qu'on a extrait toute la vanilline de la boisson :

$C_{\text{vanilline boisson}} = 4 \times 5,9 = 24 \text{ mg.L}^{-1}$.

D.1.4.2.b) - On peut refaire une extraction du contenu de la solution aqueuse (ou à partir de la phase organique intermédiaire) et tracer le spectre pour identifier d'éventuels restes de vanilline non extraite.

- On peut réaliser une extraction sur une solution modèle contenant 24 mg.L^{-1} de vanilline pour voir si on retrouve ce résultat.

D.1.4.2.c) Pour 100 mL de boisson (volume prélevé pour le dosage pH-métrique),

$n_{\text{vanH}} = (24 \cdot 10^{-3}/152) \cdot 0,1 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

soit pour doser, un volume de soude à $0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessaire de $n_{\text{vanH}}/C_{\text{OH}} = 1,6 \cdot 10^{-5}/0,050 = 0,3 \text{ mL}$.

D.2. Arôme caféine

D.2.1. Structure

D.2.1.1. - On observe sur le spectre de RMN ^1H de la caféine un déplacement chimique $\delta = 7,9 \text{ ppm}$ pour le seul H des cycles, déplacement chimique caractéristique des systèmes à caractère aromatique

- On décompte 6 $e^- \pi$ entièrement délocalisables sur l'un des deux cycles accolés ce qui est nécessaire pour vérifier le critère de HÜCKEL (on parle de "caractère" aromatique car le système n'est pas monocyclique hydrocarboné)

D.2.1.2. Une molécule sans atome de carbone asymétrique peut être chirale : cas de certains allènes, de certains spiranes, de certains ions ammonium à atome d'azote asymétrique

D.2.1.3. Une molécule possédant des atomes de carbone asymétriques peut être achirale : cas des composés MÉSO, comme l'acide tartrique (R,S).

D.2.1.4. Une molécule ne possédant pas d'atome de carbone asymétrique peut "avoir" un diastéréoisomère : cas de la diastéréoisométrie (Z)/(E) ou cis-trans dans les cycles.

D.2.2. Obtention et extraction de la caféine

D.2.2.1. Ce résultat donne au moins 0,04 g de caféine par sachet soit 40 mg par tasse à comparer avec 10 à 20 mg de caféine dans une verre classique de boisson.

D.2.2.2. On se sert d'un sel anhydre (MgSO_4 , Na_2SO_4) averse d'eau qu'on ajoute par spatulée dans le liquide organique à sécher placé dans un erlenmeyer. On agite. On doit observer la prise en masse du solide, initialement pulvérulent, au fond de l'erlenmeyer et la clarification du liquide organique (disparition des micro gouttelettes d'eau en suspension). On rajoute du solide anhydre jusqu'à ce que du solide pulvérulent reste au fond du récipient et « roule » librement (on fait tourner le liquide sur lui-même).

Remarque : un séchage efficace nécessite une agitation de plusieurs heures sur sel anhydre, ce qui est incompatible avec la durée des expériences dans le cadre de l'enseignement secondaire.

D.2.2.3. - "évaporer le solvant" : on utilise un évaporateur rotatif

- améliorer l'aspect final du produit : on effectue une recristallisation à l'aide d'un montage à reflux et d'un solvant adéquat

- prouver simplement que les élèves ont bien obtenu de la caféine : on mesure la température de fusion du produit recristallisé par exemple à l'aide d'un banc Kofler et on compare à $T_{\text{fus}} = 238 \text{ }^\circ\text{C}$.

D.2.2.4. On décaféine à l'aide de dioxyde de carbone supercritique et cette méthode permet d'extraire suffisamment de caféine pour qu'une synthèse ne soit pas nécessaire pour en obtenir en grande quantité.

Fin du corrigé

11. Rapport relatif à la composition de chimie

La composition de chimie 2012 porte sur l'étude d'une boisson gazeuse synthétique, thème qui permet d'aborder un certain nombre de notions classiques associées aux pratiques quotidiennes des enseignants en chimie.

Le problème est divisé en quatre parties:

- La première partie, sur les équilibres du dioxyde de carbone en solution aqueuse, donne l'occasion d'aborder la thermodynamique des équilibres, la cinétique de dégazage et se termine par quelques notions sur la synthèse du polymère constituant l'emballage.
- La deuxième partie étudie les sucres présents dans la boisson et demande de discuter leurs structures, la cinétique d'hydrolyse du saccharose, l'analyse des sucres présents et leur capacité énergétique.
- La troisième partie, plus courte, est centrée sur l'acide phosphorique, acidifiant principal de la boisson, sa fabrication et son dosage.
- Une quatrième partie, très centrée sur la chimie organique par le biais de deux arômes, est l'occasion de revoir une grande partie des concepts classiques de chimie organique : identification de structures, mécanisme réactionnel, détermination de quantités de matière et de pureté d'espèces synthétisées, techniques préparatives.

Comme il est désormais traditionnel, la composante pédagogique est fortement associée aux thèmes traités, à la fois par le choix des exemples proposés et par les exigences attendues, explicites ou implicites.

Le présent rapport se propose de passer en revue l'ensemble du sujet en insistant sur les attentes du jury afin d'aider les futurs candidats à progresser dans leur préparation de cette épreuve. Un tel exercice, de la part du jury, pourrait donner une impression négative sur le niveau des candidats ; que le lecteur soit rassuré, le jury a trouvé, pour chaque question, y compris les plus spécialisées, d'excellentes réponses.

Que tous les candidats qui ont brillamment réussi une épreuve aussi longue soient donc félicités. Que tous les autres, qui ont parfois fait preuve de moins d'expérience ou ont parfois perdu de leur lucidité sous le coup des circonstances très particulières de ce type d'épreuve, sachent que le jury n'en tire pas de conclusions hâtives sur leurs pratiques quotidiennes.

Observations générales

Toutes les questions sont abordées et se voient proposer au moins une fois des réponses permettant d'obtenir la totalité des points affectés au barème. Le sujet, bien qu'étant un peu plus court que les années précédentes, restait très long, ce qui permettait d'obtenir la note maximale de différentes manières, le but principal du sujet étant que chacun puisse valoriser ses connaissances et savoir-faire acquis tout au long de sa carrière.

Bien que chaque partie puisse être abordée indépendamment, le sujet est plutôt traité dans l'ordre dans la majorité des copies, ce qui permet au candidat de répondre ou de prendre du recul sur des notions qui se complètent d'une partie sur l'autre et de gagner ainsi en cohérence. Cependant bon nombre de candidats abandonnent trop vite certaines sous-parties, passant rapidement d'une question à l'autre, ce qui nuit à l'analyse de fond et ne donne que des points partiels qui ne peuvent aboutir à une note satisfaisante. Le jury a été surpris que certaines copies puissent balayer la totalité du sujet en donnant plus de deux tiers de réponses incorrectes.

Si la majorité des copies présente une rédaction claire, soignée et aisément compréhensible, quelques copies sont indignes d'un enseignant en exercice et évidemment elles sont sanctionnées. Enfin pour terminer cette introduction, trop de candidats se contentent de répondre par de laconiques "oui" ou "non", souvent de façon erronée d'ailleurs à certaines questions qui nécessitent pourtant une argumentation. Ce type de réponse, non seulement ne rapporte aucun point mais nuit à l'évaluation des autres réponses en déclenchant chez le correcteur une certaine suspicion sur la rigueur de l'argumentation du candidat.

Observations particulières

A - Eau gazéifiée

Les structures de Lewis très classiques sont globalement bien écrites aux étourderies près (oubli de doublets libres) ainsi que quelques propositions surprenantes à ce niveau.

La théorie VSEPR est connue des candidats qui proposent spontanément une géométrie approximative correcte mais le mot "présenter" de l'énoncé n'est pas pris en compte. Pour attribuer la totalité des points, le jury attendait notamment la notion de minimisation de l'énergie et une valeur numérique raisonnée de l'angle de valence. Certains candidats se contentent d'expliquer la notation AX_pE_q sans expliciter le sens physique associé à la méthode VSEPR ce qui est insuffisant. L'équivalence des liaisons carbone-oxygène dans l'ion carbonate n'est vue que par un candidat sur deux ayant traité la question, le concept de mésomérie semblant avoir été oublié dans ces copies.

La donnée des orbitales frontières n'est que partiellement exploitée, de nombreux candidats donnant l'impression de répondre au hasard. L'exemple de réponse suivant ne permet pas de savoir si le candidat a de la chance sur le choix HO/BV ou s'il s'appuie vraiment sur des connaissances : "La BV traduit la réactivité électrophile de CO_2 et c'est en accord avec la prévision basée sur la structure de Lewis ; la HO traduit la réactivité nucléophile de H_2O et c'est en accord avec la structure de Lewis." Dans cette question, le jury attend un peu de pédagogie via un minimum d'argumentation.

L'état de transition cyclique à 6 centres est très peu compris et beaucoup trop de candidats proposent plusieurs étapes élémentaires (souvent très mal formalisées) en contradiction totale avec les indications de l'énoncé qui attend une étape trimoléculaire. Cette incompréhension se retrouve plus loin dans les copies lors de la demande de définition d'un acte élémentaire (B.2.2.a).

Les questions concernant les différents aspects de la solubilité du dioxyde de carbone sont classiques et n'amènent que quelques commentaires. Beaucoup trop de candidats proposent, sans aucune critique de leur résultat, des pH basiques pour des solutions aqueuses de dioxyde de carbone ce qui ne peut inciter le jury à l'indulgence sur les étourderies de calcul. L'étude thermodynamique montre des confusions entre enthalpie standard de réaction et enthalpie libre standard de réaction. La manipulation de ces grandeurs et leur évaluation numérique sont des questions classiques du premier cycle post-bac et reviennent ainsi très régulièrement dans les sujets ; le jury incite donc les candidats à accorder toute leur attention à ces deux notions. Si le schéma de principe du montage expérimental et l'ordre un sont bien reconnus, la modélisation du dégazage a été très sélective, beaucoup de candidats semblant déroutés et perdant toute lucidité sur cette partie moins classique. La notion de diffusion est ainsi très mal comprise et les réponses se contredisent trop souvent en quelques lignes. Les réponses à la question A.5.2.f qui demande de citer des paramètres cinétiques et thermodynamiques sur lesquels on peut jouer fournissent l'occasion au jury d'insister sur la nécessaire précision des réponses. Trop de candidats donnent une liste de paramètres sans indiquer s'ils les classent dans les paramètres cinétiques ou thermodynamiques voire dans les deux ; ce type de réponse trop parcellaire n'a pas conduit à l'attribution de points.

La synthèse du PET était l'occasion de reprendre deux questions classiques sur les polymères sur lesquelles l'attention des candidats avait été appelée lors de la session précédente. Cet appel est renouvelé, la notion de motif résultant d'une polycondensation n'est pas acquise et pire encore, les réponses sur la température de transition vitreuse ne sont pas plus justifiées, les candidats répondant en proportions quasi égales un laconique "au-dessus" ou "en dessous". Comme pour d'autres réponses de type binaire dans le sujet, aucune réponse non argumentée n'obtient de points. L'extrait sur le recyclage a permis aux candidats lucides de simplement reconnaître une autre formulation de la saponification, tandis que d'autres candidats se montrent très enthousiastes sur ce "procédé capable de révolutionner la chimie du XXIème siècle" sans pour autant analyser la transformation proposée.

B - Sucres

La deuxième partie commence par une étude stéréochimique du saccharose et du glucose présents dans la boisson et une proposition de mécanisme. Ces questions reprennent des notions déjà proposées dans la partie I du sujet 2011 intitulée "Ambre et autres parfums" et le jury note les mêmes difficultés, qui nous l'espérons sont appelées à s'estomper puisque la stéréochimie et la notion de mécanisme reviennent au programme de la classe de Terminale S à la rentrée 2012. La configuration est trop souvent indiquée sans fournir les priorités résultant de l'application des règles de Cahn-Ingold-Prelog, ce qui n'apporte aucun point. Le dénombrement donne lieu à toutes les tentatives possibles : 2^9 bien sûr mais aussi 9^2 , 9×2 et toutes les combinaisons résultant d'une identification erronée du nombre d'atomes de carbone asymétriques, certains candidats ne trouvant même aucun stéréoisomère. La représentation tridimensionnelle des cycles à six atomes dite "chaise" n'est pas du tout maîtrisée et manque très souvent de soin alors qu'elle fait l'objet d'une séquence pédagogique dans le sujet 2011. De même il n'a pas été constaté de progrès dans l'écriture des mécanismes en chimie organique, les consignes du rapport 2011 n'étant pas suivies. Les candidats souhaitant progresser dans ces domaines sont invités à travailler cette partie ainsi que celle du sujet 2011. Ils y trouveront de nombreuses similitudes.

L'étude cinétique classique de l'hydrolyse du saccharose nécessitait cependant une analyse précise et une écriture rigoureuse des expressions littérales pour trouver les ordres partiels ou appliquer la loi d'Arrhenius. Trop souvent les unités des valeurs numériques ne sont pas respectées voire non précisées ; aucune attribution de points ne peut avoir lieu dans ce cas. Comme le jury l'a signalé en début de rapport, la notion d'acte élémentaire est mal comprise donc souvent définie de façon trop imprécise pour être valorisée et trop de candidats pensent que l'approximation des états quasi-stationnaires est applicable à n'importe quelle espèce qualifiée d'intermédiaire réactionnel.

La sous-partie suivante porte sur des analyses qualitatives et quantitatives des sucres. La chromatographie sur couche mince proposée est peu claire, mais propice à une discussion. Le jury a apprécié les commentaires constructifs des candidats se terminant par une conclusion en accord avec la question posée. La détermination de la concentration massique en sucres est bien traitée par seulement une moitié des candidats qui ont respecté le niveau de rédaction et de précision attendu. Beaucoup de propositions floues voire complètement fausses sont formulées sur cette expérience pourtant classique au niveau collège ou seconde (eau salée). Plus grave que la confusion de langage entre "proportionnelle" et "affine", le jury a souvent trouvé comme raisonnement et réponse "(103,3 - 100) donc 3,8 g de sucres dans 100 mL" en complète contradiction avec le tableau de mesures. La réponse consistant à encadrer par 100 et 150 g/L a été jugée trop imprécise et n'a pas rapporté de points. Dans la partie quantitative, beaucoup trop de copies proposent des équations de réaction comportant des électrons libres ainsi que des valeurs de constante de réaction de dosage très inférieures à l'unité, sans aucun commentaire. Tout candidat peut commettre une erreur et ne pas la

trouver, eu égard aux circonstances particulières d'une épreuve longue en temps limité mais dans ce cas, il doit montrer qu'il a du recul et signaler que la proposition est aberrante afin de ne pas inciter le jury à faire preuve de trop de sévérité. Le jury signale ici que "retrouver la valeur de la pente de la droite frontière" ne consiste pas à lire sur le graphe le coefficient directeur mais à faire le lien entre le diagramme tracé et la formule de Nernst.

Cette étude se termine par deux questions destinées à évaluer les capacités d'analyse expérimentale des candidats. Si le calcul de la valeur attendue du volume équivalent est souvent bien mené, il ne s'accompagne d'une réflexion en lien avec la précision de la pesée et le nombre de chiffres significatifs que dans moins de dix copies, alors que ce type de discussion est attendue lors de chaque dosage. Le jury a donc rarement attribué la totalité des points prévus. De même, très peu de candidats "extraient et exploitent" avec précision les différents éléments contenus dans le sujet pour proposer les étapes principales d'un protocole permettant de déterminer à la fois la quantité de glucose libre et la quantité de saccharose totale. Il ne s'agit pas de recopier plus ou moins adroitement le protocole fourni en B.2.2.2. mais de bien indiquer ce qui permet d'obtenir séparément les deux quantités avec la nécessaire complète hydrolyse.

Cette partie se termine par une étude à plusieurs niveaux du lien entre sucre et énergie, partie fortement inspirée du thème "chimie et sport" du programme de seconde. Les candidats se contentent de citer le mot "combustion" pour rendre compte de la modélisation de la transformation du sucre dans le corps. Depuis quelques années déjà, le chimiste a dépassé le stade des mots pour ce type de modélisation et dispose de formules chimiques et d'équations de réaction. L'expérience de combustion d'un morceau de sucre est souvent proposée mais très peu de candidats en proposent l'interprétation ce qui ne permet pas d'obtenir la totalité des points. De même, l'exercice de seconde est analysé trop succinctement, deux tiers des points étant attribués à une critique constructive, la résolution en elle-même représentant l'autre tiers. Une critique constructive ne s'arrête pas à "l'exercice est trop dur pour des élèves de seconde". Tel quel, il l'est probablement effectivement puisque la moitié des candidats ne le corrigent pas correctement mais un énoncé d'exercice, surtout de manuel scolaire, peut être exploité à différents niveaux et peut être adapté. En l'occurrence ici, la résolution exacte permet de voir qu'il y a une erreur d'énoncé, fait rare mais pouvant exister dans les manuels.

C - Acidifiant

La partie consacrée à l'acide phosphorique est la plus courte. Elle débute par une question classique sur la préparation d'une solution décimolaire à partir d'une solution commerciale. Encore une fois, le calcul juste de la quantité à prélever (volume ou masse) n'est pas suffisant pour obtenir la totalité des points, deux tiers d'entre eux étant attribués à la précision de la rédaction du protocole ce qui permet là aussi de récompenser les efforts pédagogiques des candidats. De même l'analyse correcte de la simulation du dosage classique de l'acide phosphorique est trop souvent gâchée par une rédaction trop floue voire absente, de trop nombreux candidats se contentant d'écrire trois équations de réaction sans préciser à quelle partie de la courbe elles correspondent. Cela leur paraît peut-être d'une évidence telle que la précision peut être sous-entendue ; il n'en est rien tant le jury note de non-sens dans les réponses à la deuxième partie de l'analyse, certains candidats allant jusqu'à affirmer que la première acidité est trop forte pour être dosée.

Le dosage pH-métrique de l'acide phosphorique est en général bien exploité pour évaluer sa concentration dans la boisson. La différence entre les candidats s'est faite sur la qualité des réponses apportées aux questions autour du dosage. L'étalonnage nécessaire des solutions de soude, déjà évoqué dans le sujet 2010, est loin d'être connu par la majorité des candidats. On pouvait cependant

espérer que la première partie du sujet mettant l'accent sur la solubilité et l'acidité du dioxyde de carbone, le lien se ferait naturellement. Le rôle de chaque électrode et l'étalonnage par des solutions tampon constituait un tout pour lequel aucun point n'était attribué si seul l'étalonnage était signalé sans autre précision. Enfin l'adjectif "quantitatif" est compris comme "qualitatif" par la majorité des candidats, en tout cas à la lecture des réponses qui ne fournissent aucune évaluation : là encore, aucun point ne peut être attribué si les réponses ne sont pas conformes aux énoncés.

La partie sur l'obtention de l'acide phosphorique était jugée très difficile et toute bonne analyse argumentée était récompensée par une partie des points. Le jury a ainsi eu la satisfaction de lire quelques bonnes analyses qualitatives et une bonne réponse quantitative.

D - Arômes ; extraits végétaux

L'étude de la vanilline commence par une analyse spectrale. En spectroscopie IR, le jury attendait la notion de mise en évidence de liaisons (donc groupes caractéristiques) identiques donc une certaine difficulté à différencier simplement les deux structures. Ceci est bien compris. De même les spectres de RMN sont exploités rapidement pour une attribution correcte dans la très grande majorité des copies. Le taux de bonnes réponses, s'il est significatif, indique que ces spectroscopies pourraient être bien présentées dans le programme de la terminale S à la rentrée 2012.

La synthèse de la vanilline permet de s'arrêter sur la substitution électrophile aromatique. L'équation de réaction nécessite d'être ajustée pour rapporter les points. L'électrophile en milieu basique a dérouté nombre de candidats. Dans ce cas, on peut simplement prendre une notation symbolique E^+ pour montrer qu'on connaît les étapes élémentaires classiquement admises pour décrire une substitution électrophile aromatique ce qui permet de valoriser ses connaissances. La question sur le caractère activant n'est comprise que par une dizaine de candidats. Il faut "extraire et exploiter" le résultat de la réaction qui est proposé, à savoir l'obtention très majoritaire du SDM, pour en déduire le caractère plus activant d'un des deux substituants, ce qui permet de proposer de façon argumentée le sous-produit ortho ainsi que le produit de double substitution, l'activation étant manifestement très efficace. Le modèle permettant d'interpréter la régiosélectivité n'est quasiment jamais expliqué, les candidats se contentant d'essayer de définir les termes sans établir le lien demandé, ce qui une fois encore donne souvent une réponse trop incomplète pour être récompensée.

La synthèse à partir de l'isoeugénol est l'occasion de réfléchir à une petite rétrosynthèse. Plusieurs propositions sont acceptables, le jury évaluant essentiellement les idées de base à savoir l'oxydation de l'alcène en aldéhyde et la protection de fonction.

Le contrôle de la pureté de la vanilline comporte une incohérence remarquée par certains candidats entre le protocole proposé aux élèves et celui réellement effectué. Dans ce cas, toutes les réponses sont évaluées selon le choix adopté par le candidat. Malheureusement, les erreurs sont essentiellement dues à une incompréhension de ce dosage indirect et à l'oubli que l'acide sulfurique est un diacide. Du coup, beaucoup de candidats trouvent une pureté proche de 50% au lieu de 100% ; très rares sont ceux qui trouvent cela surprenant pour de la vanilline commerciale. Si le jury valorise sans hésiter une bonne analyse du dosage même si le calcul n'est pas mené jusqu'à son terme, il n'attribue bien sûr aucun point aux réponses donnant directement une formule et une valeur sans que le raisonnement n'apparaisse, ne serait-ce que sous une forme succincte. Cela est aussi valable pour l'estimation du pK_A de la vanilline : le candidat ne doit pas se contenter de fournir une valeur numérique sans aucune argumentation de sa réponse s'il souhaite que sa réponse soit prise en compte.

Le dosage de la vanilline dans la boisson est l'occasion de réfléchir aux extractions par solvant ainsi qu'à la spectrométrie UV-visible qui sont deux domaines très classiques dans les séances

expérimentales dans le secondaire. Les pratiques expérimentales courantes et leurs fondements théoriques donnent lieu à des retranscriptions très diverses dans les copies. La constante de partage qui revient pour la troisième fois en quatre ans dans le sujet d'écrit n'est pas exploitée, la très grande majorité des candidats ayant abordé la question se contentant d'une paraphrase qualitative ("parce que c'est mieux") alors qu'il était demandé de "quantifier le bénéfice". Sur ce type de question, même si on ne sait pas mener le calcul jusqu'au bout, le jury apprécie de voir poser correctement les équations, ici celles tirées de la conservation de matière et de la donnée de la constante de partage. La rédaction du rôle des différentes extractions et du choix des solvants n'est pas assez précise en général et cette analyse trop partielle est confirmée par un mauvais choix de la longueur d'onde de travail proposé par plus de la moitié des candidats. À la fin des extractions, nous avons du vanillinate puisqu'on est dans de la soude décimolaire, il faut donc indiquer qu'on recherche le maximum d'absorption du vanillinate et non de la vanilline. La loi de Beer-Lambert est globalement connue mais on attend une forme plus évoluée que $A = k.[Van]$; par contre, les conditions de validité se restreignent trop souvent à la simple mention "valable pour des solutions diluées". Enfin le réglage du spectrophotomètre semble connu mais la rédaction est parfois trop elliptique pour convaincre le jury de mettre la totalité des points.

L'analyse des résultats représente la grande déception de cette partie, certes placée en fin d'un énoncé très long. La très grande majorité des candidats traitant cette sous-partie se contente de calculer la concentration C à partir de l'équation fournie et de la valeur donnée pour l'échantillon ce qui ne rapportait pas de point, cette compétence ayant déjà été testée en amont. Seule une copie tient compte du protocole opératoire et du coefficient de dilution inévitable suite aux différentes extractions pour remonter à la concentration dans la boisson.

Le sujet se termine par quelques questions autour de la caféine ; le caractère aromatique est bien relié au déplacement chimique ou à la règle de Hückel mais ces deux arguments ne sont pas toujours donnés ensemble. Le commentaire de l'article de Wikipedia sous forme de questions pour corriger les inexactitudes joue un rôle très sélectif. Le jury a trouvé trop de copies répondant seulement par "oui" ou par "non" à chaque question, ce qui ne rapporte aucun point et qui est apparu assez décevant de la part de professeurs en exercice, surtout quand la réponse ainsi fournie est fautive. Heureusement, de nombreux candidats comprennent très bien qu'il suffit de donner un contre-exemple ou un exemple pour argumenter.

L'extraction de la caféine commence par une discussion simple sur des ordres de grandeur, toute réponse bien argumentée est valorisée. Le principe du séchage est connu de la plupart des candidats mais la composante pédagogique explicitement demandée ("rédiger une notice") est souvent absente or c'est bien l'objet de la question donc ce qui était noté par le jury. Il y a une différence entre "savoir parler de" et "maîtriser".

Enfin le jury espère que les candidats qui souhaitent évaporer le solvant d'extraction à l'étuve ne "mettent pas leur menace à exécution".

Conclusion

Ce rapport qui insiste sur les erreurs courantes, ainsi que sur la rédaction des argumentations constitue un complément au corrigé détaillé proposé et a pour objectif d'aider les candidats à mieux gérer cette épreuve en temps limité.

Pour être efficace, la rédaction sur laquelle le jury insiste tant, n'a pas besoin d'être longue mais elle doit comporter un minimum d'arguments pour convaincre que la notion abordée est maîtrisée. Sur cette rédaction se joue la partie implicite de l'évaluation de la pédagogie, notamment sur des

questions qui au premier abord peuvent paraître du niveau des études du cycle secondaire des lycées. Pour réussir cette tâche, le candidat est invité à rester dans la posture de l'enseignant expérimenté qu'il est, ce qui lui permettra d'exploiter au mieux ses acquis de l'expérience.

Comme rappelé en introduction et au cours de ce rapport, le jury comprend cependant parfaitement que les circonstances très particulières de la réflexion demandée ramènent parfois le candidat dans la posture de l'étudiant qu'il a été, avec le manque de lucidité que nous connaissons tous au cours de nos apprentissages. Le jury félicite donc tous les collègues qui osent, en passant cette épreuve, se remettre en question et qui se préparent pour la plupart en parallèle de leurs activités d'enseignement.

12. Rapport sur les épreuves orales de physique

Généralités

Le présent rapport a pour objet de rendre compte du déroulement des deux épreuves orales de physique en soulignant tout aussi bien les points positifs à suivre que les points négatifs à éviter. Il est également recommandé aux futurs candidats de prendre connaissance des rapports des sessions antérieures.

Les candidats présents à l'oral ont bien sûr passé le cap de l'écrit et ont par conséquent déjà fait preuve de certains savoir-faire et de certaines qualités. Les épreuves orales visent à évaluer d'autres capacités, aussi ne faut-il pas s'étonner si les notes de l'écrit et de l'oral peuvent être très différentes.

Le jury a eu le plaisir d'interroger des candidats parfois très brillants, à l'aise aussi bien lors de l'exposé que lors de l'entretien avec le jury. Ces candidats, bien préparés, ont su valoriser leurs pratiques pédagogiques, leurs connaissances académiques et leurs capacités expérimentales, en les restituant avec profit au niveau exigé par les épreuves.

Cependant beaucoup de candidats ont semblé moins à l'aise et souvent très stressés.

Le jury souhaite rassurer les futurs candidats, en rappelant qu'il a conscience de la fatigue due à la préparation de l'exposé ainsi qu'à la tension qu'impose l'enjeu de l'épreuve. Le jury sait aussi que le concours s'adresse non pas à des étudiants classiques mais à des professeurs déjà fortement investis dans leur activité professionnelle.

Si l'originalité et la prise d'initiative sont toujours appréciées, le jury recommande néanmoins de ne pas s'aventurer dans des domaines non maîtrisés. Mieux vaut exposer des notions apparemment simples, mais comprises et exposées avec intelligence, que de s'engluier dans un verbiage confus assortis d'illustrations peu convaincantes.

D'une manière générale, il ne faut pas oublier que lors des épreuves orales, la qualité de la communication joue un rôle essentiel. Cet aspect ne doit pas être négligé, s'agissant de professeurs en exercice. Ainsi, le candidat doit vérifier que les projections qu'il envisage sont lisibles de loin. Par ailleurs, même si l'assistance ne comporte que quelques personnes, la voix doit être placée de manière à produire un discours audible, et le ton adopté doit être convaincant. Enfin, le jury s'étonne et regrette de percevoir parfois une certaine nonchalance, voire désinvolture, dans la présentation.

L'exposé du candidat est suivi d'un échange avec les membres du jury qui vise à lever le doute sur des points qui auraient paru flous, voire ambigus, à évaluer le niveau de maîtrise des notions abordées et pourquoi pas à élargir ou à approfondir le sujet.

Rappelons si nécessaire que le jury n'est nullement hostile au candidat interrogé et cherche, dans la mesure du possible, à l'aider à révéler le meilleur de lui-même.

Rapport sur la leçon de physique

Bien que cette épreuve soit profondément modifiée lors de la prochaine session (2013), nous rendons compte des prestations de la session 2012.

La leçon de physique de l'agrégation interne de sciences physiques consistait jusqu'à cette année à présenter au jury un thème (issu d'une liste publiée au Bulletin Officiel) permettant au candidat de faire la preuve de ses compétences scientifique et pédagogique à un niveau d'enseignement incluant les deux premières années du supérieur (classes préparatoires aux grandes écoles ou premier cycle universitaire L1 et L2). Le jury attend du candidat qu'il mobilise fortement ses compétences professionnelles pour ancrer les connaissances dans un contexte le plus réaliste possible, rechercher une progression compatible avec le niveau imposé et rendre l'exposé vivant et compréhensible.

Il est donc important que le candidat indique de façon claire, si possible au début de sa leçon, le niveau auquel il a choisi de se placer, ainsi que les pré-requis. Il est souhaitable également que le candidat justifie ses choix pédagogiques : pourquoi traiter tel chapitre avant tel autre, etc. Il n'est pas raisonnable de chercher à traiter de manière exhaustive un sujet vaste. Le jury apprécie toujours d'avoir le plan affiché sous une forme quelconque afin de pouvoir bien suivre la démarche choisie.

Le jury s'attend à ce que le sujet soit traité avec rigueur et cohérence, sans exclure des exemples concrets, applications pratiques ou phénomènes naturels par exemple. Lors de l'exposé d'un modèle, il est important de bien préciser le cadre envisagé ainsi que les hypothèses et les limites. Quelques ordres de grandeurs et autres comparaisons sont toujours bienvenus.

De nombreux candidats se limitent souvent à reprendre quasi in extenso, et sans discernement, des parties de manuels scolaires. Il en découle parfois une longue série de calculs insipides et stériles dont les conclusions ne sont ni interprétées ni même cernées. Lorsque le sujet s'y prête, une expérience, choisie avec pertinence et correctement exploitée, est toujours la bienvenue. Toutefois cette manipulation ne doit pas se substituer à l'objectif de la leçon, ni monopoliser le temps de l'exposé.

Lors des démonstrations et autres démarches, il est utile que le candidat commente qualitativement les expressions obtenues, en soulignant si besoin l'influence des paramètres impliqués, ou encore qu'il souligne de façon claire les points « délicats » susceptibles de poser problème aux élèves confrontés à des raisonnements analogues. Il est important également de bien insister sur les idées et les messages émergeant de la leçon, points que les élèves pourront réinvestir ensuite.

On peut, s'il reste du temps, illustrer les acquis et les méthodes associées par des résolutions d'exercices dont les énoncés sont si possible réalistes, et non pas purement « académiques ».

L'usage des TICE ou de documents doit être adapté et correctement mis en application.

Par exemple, le jury accepte naturellement qu'une partie répétitive, ou purement calculatoire, d'une démonstration soit préparée à l'avance, pour permettre de se recentrer sur l'analyse physique et les commentaires associés. Néanmoins, il est fortement déconseillé, par exemple, de visualiser avec une caméra une page entière d'un ouvrage en montrant du doigt les différentes lignes de calculs d'une démonstration qu'on ne souhaite pas entreprendre. Encore une fois, le jury conseille aux candidats de faire l'effort d'intégrer les extraits d'ouvrages qu'il compte utiliser dans une présentation personnelle

Au cours de l'entretien qui suit la présentation, le jury peut être conduit à poser des questions connexes à la thématique abordée et à un niveau différent de celui de la leçon. Cette séance d'échanges révèle des candidats souvent interactifs, motivés et attentifs aux questions du jury, qui rebondissent avec bonheur. Toutefois, le jury a parfois noté avec regret un manque de culture scientifique, voire même de curiosité, des difficultés à se référer à des faits ou des expériences de la physique contemporaine, ou la méconnaissance d'expériences historiques qui – par exemple - ont fait évoluer les concepts.

Rapport sur le montage de physique

L'épreuve de montage de physique est de nature expérimentale : elle consiste à présenter au jury des expériences démonstratives et quantitatives destinées à illustrer un sujet donné.

Le montage vise principalement à mettre en valeur les qualités d'expérimentateur du candidat, ainsi que sa capacité à réaliser des mesures et à en dégager des résultats quantitatifs exploitables. Rappelons que le montage n'est pas une « leçon » !

Il est utile néanmoins de faire émerger une certaine logique dans le déroulement de l'exposé, et surtout de ne pas omettre d'expliquer le but recherché (que vise à montrer ou établir l'expérience proposée ?), les paramètres ajustables (que se passe-t-il si ?), etc.

Le jury apprécie les prestations qui allient la qualité des expériences présentées à une exploitation pertinente et soignée. L'originalité – quand elle est maîtrisée – est un bonus certain, mais le jury recommande néanmoins aux candidats de présenter des manipulations qu'ils comprennent et qui illustrent les objectifs fixés par le sujet, sans velléité inflationniste. Le jury insiste sur le fait que, dans bien des domaines, des expériences convaincantes et quantitatives peuvent être réalisées avec le matériel existant dans les établissements du secondaire.

Il est inutile de multiplier les manipulations illustrant le même point, sauf si elles illustrent des méthodes de mesures différentes pour une grandeur donnée. Si les expériences quantitatives doivent être privilégiées et constituer le corps de l'exposé, quelques expériences qualitatives permettant de mettre en évidence les phénomènes étudiés et de préciser les ordres de grandeurs sont les bienvenues. Elles ne peuvent toutefois constituer l'essentiel du montage.

Pour chaque expérience présentée, il est conseillé d'aborder les points suivants :

Le candidat doit présenter un descriptif des expériences choisies et des manipulations effectuées. Il est pour cela recommandé de s'appuyer sur des schémas, qu'il s'agisse d'un circuit électrique (avec indications des tensions envoyées à l'oscilloscope), d'une expérience d'optique (avec position des éléments optiques et tracés de rayons lumineux) ou d'une expérience de mécanique, d'acoustique.... Le choix des composants qui jouent un rôle essentiel dans l'expérience présentée doit être justifié. On attend que le candidat réalise des expériences devant le jury, et les exploite au mieux.

L'utilisation de l'outil informatique est très pertinente lorsqu'il s'agit de construire des représentations graphiques et de porter un regard critique sur les résultats obtenus. Ici encore, le jury s'attend à ce que le candidat soit suffisamment familier des outils utilisés et ne semble pas en découvrir l'usage pendant l'exposé. Le choix des échelles, ou quelques connaissances sur le fonctionnement d'une carte d'acquisition, comme par exemple le choix de l'échantillonnage, ne sont pas superflues pour présenter des courbes qui ont un sens.

Les mesures effectuées durant la préparation doivent être complétées par au moins une mesure réalisée devant le jury, si possible avec aisance. Les calculs associés peuvent avoir été pré-préparés afin d'y consacrer un temps raisonnable.

Le jury attend une analyse critique des résultats expérimentaux.

Une conclusion évasive, telle que « le résultat n'est pas probant » ne permet pas d'évaluer la capacité du candidat à mener une activité expérimentale d'un niveau exigeant jusqu'à son terme. Les valeurs mesurées doivent, lorsque cela est possible, être comparées à des valeurs tabulées ou attendues, servir à vérifier des lois physiques ou être attachées à la validation d'un modèle. Dans la plupart des cas, il convient de donner les résultats des mesures avec une incertitude expérimentale qui doit être évaluée soigneusement en examinant finement les différentes sources d'erreur. Le rôle de l'expérimentateur ne doit pas être oublié mais au contraire discuté.

Un soin particulier doit être accordé aux chiffres significatifs, car ils traduisent la précision de l'expérimentation. Leur cohérence doit être respectée au cours des calculs (notamment au regard des arrondis intermédiaires).

Rappelons qu'il est indispensable, en conclusion d'une manipulation, de fournir un résultat réaliste, qui pourra le cas échéant être comparé à une valeur « attendue ». Dans tous les cas, le jury attend que le candidat porte un jugement scientifique clair sur ce qu'il obtient.

Au cours du montage, le jury peut interroger le candidat pendant l'exposé pour demander des précisions sur la façon de procéder, demander à faire ou refaire une mesure, suggérer de modifier quelque chose...

A l'issue de la présentation, les questions du jury peuvent aborder des aspects théoriques ou pédagogiques, sans toutefois que ce soit le sujet principal du questionnement.

Conclusions

Le jury a été agréablement surpris par plusieurs excellentes prestations, alliant maîtrise et initiative, données par des candidats motivés et soucieux de transmettre leur savoirs et savoir-faire au cours de présentations soignées. Il ne doute pas que cette tendance va se confirmer et que les modalités de la nouvelle épreuve orale d'« exposé consistant en une présentation d'un concept et son exploitation pédagogique » permettront aux candidats de révéler à la fois leurs qualités de professeur et de physicien !

13. Rapport sur les épreuves orales de chimie

Cette année encore, le jury a pu voir d'excellentes prestations et n'a pas hésité à mettre alors la note maximale. Cependant, un nombre de candidats sont insuffisamment préparés tant sur la façon d'aborder les épreuves de montage ou de leçon que sur les connaissances scientifiques nécessaires à la réussite du concours.

Les candidats qui montrent des qualités pédagogiques certaines et savent mettre à profit leurs savoir-faire de professeur en exercice sont récompensés de leurs efforts.

L'épreuve de leçon

Bien que cette épreuve soit profondément modifiée lors de la prochaine session (2013), nous rendons compte des prestations de la session 2012.

Le sujet de la leçon provient de la liste publiée au Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale. Le niveau choisi par le candidat doit être signalé au jury dès le début de la leçon ; il doit se situer dans le cadre des programmes des classes préparatoires aux grandes écoles ou bien au niveau L1 ou L2.

Outre le traditionnel tableau noir, la salle comporte plusieurs équipements de projection : vidéoprojecteur, tableau numérique interactif, rétroprojecteur.

Lors de la présentation de la leçon, le jury attend que le candidat choisisse la section (post-bac, niveau L1 ou L2) dans laquelle il situe son cours. Il doit ensuite préciser les prérequis et indiquer les objectifs de son cours, ce qui introduit naturellement le plan. Le jury apprécie que le plan soit écrit au tableau ou projeté et que le candidat y fasse référence tout au long de l'exposé.

Des expériences peuvent être réalisées, si le sujet s'y prête et cela sans transformer la leçon en montage.

Tout au long de l'exposé, un vocabulaire précis est nécessaire. Les documents présentés par le candidat par l'un des moyens de projection à disposition, qu'ils soient extraits de la littérature ou réalisés par le candidat, doivent être clairs et faire preuve de rigueur scientifique.

Quelle que soit la qualité des documents présentés, le candidat ne doit pas négliger d'écrire lui-même des mécanismes réactionnels, des calculs, des représentations stéréochimiques,... avec toute la rigueur nécessaire : c'est aussi dans ces situations que le candidat peut montrer toutes les facettes de son talent pédagogique.

Tout comme dans sa pratique quotidienne d'enseignant, le candidat doit songer aux compétences que l'étudiant doit acquérir lors de ce cours et ne doit pas hésiter à les signaler dans l'exposé. Il peut donc être pertinent de présenter un exercice. Trop de candidats préfèrent ralentir le rythme ou présentent un exposé de moins de 50 minutes faute d'avoir prévu un exercice d'application.

En outre, faire référence à des notions enseignées dans le secondaire est apprécié et permet au candidat de tirer parti de son acquis professionnel. La leçon doit cependant être située et comprise par le candidat à un niveau supérieur.

- Remarques spécifiques aux leçons de chimie organique

Par rapport aux années précédentes, on note un progrès dans la rigueur de l'écriture des mécanismes réactionnels ; on regrette cependant que cette tendance ne concerne pas tous les candidats. La stéréochimie des molécules organiques reste encore trop approximative pour bon nombre de candidats. Trop de candidats se réfugient derrière des projections de documents, probablement par manque de confiance. Les programmes du secondaire font une place de plus en plus grande à la chimie organique : le jury encourage donc vivement les candidats à progresser encore dans l'acquisition de ces compétences !

Il est regrettable que la notion de contrôle cinétique et de contrôle thermodynamique soit rarement

explicitée pour justifier la sélectivité d'une réaction.

Rares sont les candidats qui comprennent bien la différence entre stéréospécificité et stéréosélectivité et illustrent chacune de ces notions par des exemples pertinents. D'ailleurs, trop de leçons sont remplies de molécules hypothétiques riches de R, R', R'',... Rappelons qu'on ne peut pas dire que deux molécules sont énantiomères ou diastéréoisomères l'une de l'autre si on ne connaît pas toute leur structure : comment savoir si un groupe alkyle quelconque présente ou non, par exemple, un carbone asymétrique ?

La chimie n'est pas une science abstraite, il importe donc de se référer autant que possible à des molécules réellement utilisées dans les laboratoires ou dans la vie courante.

- Remarques spécifiques aux leçons de chimie générale et minérale

Plusieurs leçons de chimie générale ont été mal ciblées par les candidats.

Ainsi, la leçon « Classification périodique des éléments : construction, évolution de quelques propriétés » ne nécessite pas de détailler le principe de construction de la structure électronique d'un atome. En revanche, l'évolution des propriétés doit être justifiée et ce à un niveau L1.

De même, les deux leçons sur les cristaux (métalliques ou ioniques) doivent se concentrer sur la description des cristaux et de leurs propriétés.

En thermodynamique et en chimie des solutions, le jury a noté que demeuraient des confusions entre grandeurs standard et non standard, entre constante d'équilibre et quotient réactionnel. Rappelons que ce qui est écrit au tableau sera noté scrupuleusement par les élèves, ce qui impose donc une grande précision dans ces écrits.

En conclusion, les candidats qui réussissent bien cette épreuve ne se contentent pas de recopier une leçon tirée d'un livre destiné aux étudiants de CPGE mais, s'appuyant sur leur expérience de professeur de l'enseignement secondaire et sur leurs connaissances scientifiques, se référant à un ensemble varié d'ouvrages, bâtissent une leçon claire et argumentée, s'expriment avec rigueur, écrivent lisiblement au tableau et le tout avec un allant capable d'entraîner leurs élèves vers le dépassement de soi et l'excellence.

L'épreuve de montage

Lors de cette épreuve, le candidat a le choix entre deux sujets figurant dans la liste publiée au Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale. Il peut s'agir d'un montage à dominante de chimie organique et d'un de chimie générale ou bien de deux montages de chimie générale ou encore de deux montages de chimie organique. Le jury, qui n'a pas connaissance du montage rejeté, a constaté que les montages de chimie générale semblaient plus souvent choisis par les candidats.

Le montage doit permettre de rendre compte de plusieurs aspects du sujet étudié et comporter plusieurs types de manipulations. La cohérence des manipulations retenues peut être mise en évidence grâce à un fil conducteur.

Le temps de préparation du montage est de quatre heures. Une équipe technique est présente dans la salle, son rôle est

- d'apporter le matériel, les produits et les solutions demandés ;
- de réaliser une partie d'une expérience, sous la responsabilité du candidat en suivant ses préconisations ;
- d'acquérir les spectres d'absorption infra-rouge et les analyses par chromatographie en phase gazeuse.

Tout au long de la préparation et de la présentation, le candidat doit respecter les règles de sécurité en vigueur dans un laboratoire de chimie : port d'une blouse et de lunettes de sécurité en

permanence, de gants pour la manipulation des produits chimiques toxiques ou corrosifs, manipulation sous hotte aspirante en fonctionnement lors de l'utilisation de produits toxiques volatils.

Les protocoles opératoires sont généralement extraits d'ouvrages présents dans la bibliothèque mise à disposition des candidats. Pendant la préparation, le candidat doit s'interroger sur la pertinence des différentes opérations indiquées dans le protocole et devra être capable de justifier les différentes étapes effectuées. Un protocole original proposé par le candidat est certes le bienvenu, mais en improviser un le jour du concours est une opération périlleuse rarement couronnée de succès... L'épreuve de montage exige du candidat une préparation préalable sérieuse au cours de laquelle des manipulations auront effectivement été réalisées.

Durant la phase préparatoire, le candidat doit avancer autant que possible les manipulations afin de pouvoir réaliser l'analyse de ses résultats : relevé d'un point de fusion, exploitation des spectres, calcul d'un rendement, d'une concentration,..., détermination d'une grandeur caractéristique,... Pour éviter quelques désillusions devant le jury, toute manipulation doit être testée durant la préparation !

Dans le cas d'une manipulation requérant beaucoup de temps, la fin de la manipulation pourra cependant être effectuée lors de la présentation au jury.

Les manipulations plus courtes seront en revanche refaites, au moins en partie, devant le jury. Le candidat se doit de présenter suffisamment de gestes expérimentaux pour montrer plusieurs facettes de son savoir-faire expérimental, il n'est pas nécessaire de montrer plusieurs fois les mêmes compétences.

Avant l'arrivée du jury, le plan du montage doit être écrit au tableau, ainsi que les équations des réactions chimiques présentées et les éventuelles relations utilisées pour l'analyse des résultats, le candidat s'y référera durant la présentation.

Quelques candidats bien inspirés indiquent sur une feuille placée à proximité de la manipulation en cours la nature de celle-ci.

Les candidats bien organisés veillent à la propreté de leurs paillasses. Lors de leur exposé, ils retrouvent facilement leur matériel et peuvent ainsi se concentrer sur leur présentation.

La présentation dure 70 minutes durant lesquelles le candidat peut être interrompu par les questions du jury. En introduction, le candidat présente son sujet et indique les manipulations qu'il présentera. Le jury attend une présentation détaillée de l'expérience (protocole, dispositif expérimental, règles de sécurité), l'exposé pratique d'une ou plusieurs étapes, et enfin l'exploitation des résultats accompagnée de commentaires critiques (précision, confrontation à des valeurs tabulées, améliorations possibles). Les qualités pédagogiques du candidat sont appréciées du jury.

Des ordinateurs comportant des logiciels de traitements des données, une webcam et un vidéoprojecteur sont à disposition. Le jury apprécie la projection des courbes de dosage pH-métriques, conductrimétriques, potentiométriques, des diagrammes potentiel-pH, des spectres et autres graphes afin d'en faciliter la lecture ainsi que l'interprétation par le candidat.

Les questions du jury portent sur des justifications des gestes expérimentaux, sur des interprétations des manipulations,... et aussi sur les situations d'enseignement en lycée ou en collège en lien avec le sujet du montage.

Il est tout à fait possible de réaliser des manipulations présentées classiquement dans les livres du secondaire, pour autant, nombreux sont les candidats qui ne maîtrisent pas, par exemple, la réaction d'estérification ou l'étude de la pile Daniell ou qui exploitent ces expériences à un niveau trop élémentaire.

- Remarques spécifiques aux montages à dominante chimie organique

Les manipulations de chimie organique étant parfois longues, le candidat doit savoir faire des choix

pour en retenir un nombre compatible avec ses possibilités techniques : il est inutile de réaliser trop de manipulations semblables incomplètement exploitées. Quelques manipulations moins exigeantes mais suffisamment expressives et bien interprétées peuvent parfaitement s'intégrer dans un montage, par ailleurs riche de deux ou trois expériences plus conséquentes.

Il convient de comprendre et de pouvoir expliquer le principe de fonctionnement des montages classiques de chimie organique : reflux, distillation fractionnée, hydrodistillation, entraînement à la vapeur.

Le jury apprécie l'utilisation de montages plus originaux tels que le montage de Dean-Stark ou le Soxhlet, cependant, les présenter sans en comprendre le principe est tout à fait contre-productif : que penser d'un candidat ayant rempli d'eau le tube de l'appareil de Dean-Stark lors d'une estérification ? Les étapes de traitement du mélange réactionnel sont, à juste titre, fréquemment présentées par le candidat. Il convient d'en retenir un nombre raisonnable à réaliser et de bien expliquer ce qui se passe. Trop de candidats appliquent une recette et se trouvent bien démunis lorsque, suite à une petite erreur aisément rattrapable, l'ampoule à décanter ne contient qu'une seule phase !

Lors de l'obtention d'un solide caractérisé par son point de fusion, celui-ci est bien souvent médiocre ce qui se comprend aisément car les produits testés sont bruts et pas assez séchés. On peut regretter que les candidats n'envisagent pas d'en recristalliser ne serait-ce qu'une très petite quantité, les techniques développées en micro-chimie pourraient être mises en œuvre à cette occasion.

Rappelons enfin que les mécanismes réactionnels des réactions présentées doivent pouvoir être écrits avec aisance et rigueur par le candidat. C'est une des occasions permettant de rattacher les manipulations effectuées au thème du montage.

- Remarques spécifiques aux montages à dominante chimie générale et minérale

Les techniques usuelles rencontrées en ce domaine sont largement présentes dans les programmes des classes de lycée, aussi, une parfaite maîtrise de celles-ci est attendue de la part de candidats, professeurs en exercice.

Trop de candidats ne savent pas utiliser correctement une pipette jaugée : l'ajustement à chaque trait doit se faire lorsque la pointe (non immergée) de la pipette (verticale) est appuyée sur la paroi du bécher, inclinée à 45°. Quant au remplissage de la burette, on pourra se reporter au rapport et au corrigé du sujet d'écrit de la session 2011. De même, les indications « In » et « Ex » portées sur la verrerie jaugée sont expliquées dans le rapport sur les épreuves orales de 2011. Quelques candidats, suite aux questions du jury, expliquent que certes ils procèdent ici d'une façon peu orthodoxe, mais qu'ils font faire différemment à leurs élèves... On n'enseigne pourtant bien que ce dont on est convaincu de la pertinence !

L'exploitation d'une manipulation est primordiale : par exemple, lors d'un dosage, il convient de retrouver la concentration de l'espèce dosée. Le jury a apprécié que plusieurs candidats aient fait des calculs d'incertitude selon la méthode préconisée dans le document « Nombres, mesures et incertitudes en sciences physiques et chimiques. » du Groupe des Sciences physiques et chimiques de l'IGEN. Il encourage les candidats à persévérer dans cette voie, aussi bien lors du concours que dans leur pratique quotidienne.

D'autre part, lorsque le sujet du montage et les résultats obtenus s'y prêtent, il convient de déduire les constantes thermodynamiques et de les confronter aux valeurs référencées dans la littérature.

Il n'est pas nécessaire qu'un volume relevé à l'équivalence soit égal à 10,0 mL (contrairement à la demande insistante d'un candidat à l'équipe technique !) pour qu'un titrage soit correct : cependant, le choix des concentrations des solutions dosées conditionne sa réussite. Il faut aussi veiller à tenir compte de l'effet de dilution, voire à l'éviter autant que faire se peut lors de l'acquisition d'un diagramme potentiel-pH.

Pour un dosage conductimétrique, une dilution est nécessaire, non pas tellement, contrairement aux réponses des candidats, pour que la cellule trempe dans la solution (dilue-t-on autant pour un dosage pH-métrique alors que la contrainte est la même ?), mais pour que les conductivités molaires des ions soient assimilables aux conductivités molaires à dilution infinie. C'est à cette condition que, si la dilution par le titrant est négligeable, on peut avoir des courbes de dosage affines par parties. Le repérage de l'équivalence requiert le tracé des droites-supports. Nombre de candidats ignorent la possibilité de tracer une conductivité corrigée si nécessaire.

Lors d'une expérience nécessitant le relevé ou le contrôle d'une température, trop de candidats se satisfont d'une mesure de la température de la salle oubliant que le thermomètre doit être placé dans le milieu réactionnel.

Pour conclure, le jury n'a pas hésité à donner d'excellentes notes (dont la note maximale de 20) à des montages dans lesquels les manipulations réalisées étaient bien exécutées, comprises et interprétées, le sujet du montage illustré par plusieurs de ses aspects, avec une bonne articulation logique et ce, associé à une présentation dynamique et réactive !

Conclusion

Pour passer avec succès ces épreuves exigeantes que sont la leçon en 2012 (et en 2013 « l'exposé consistant en une présentation d'un concept et son exploitation pédagogique ») et le montage de chimie, il est nécessaire de se préparer. En outre, une réflexion sur ses pratiques pédagogiques permet au candidat de mieux faire ressortir ses qualités d'enseignant lors des épreuves, qualités que le jury recherche et apprécie !

Concours interne de l'agrégation du second degré

Concours interne d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs agrégés dans les établissements d'enseignement privés sous contrat du second degré (CAER)

Section physique - chimie

Programme de la session 2013

I Épreuves écrites d'admissibilité

Ces épreuves sont envisagées au niveau le plus élevé et au sens le plus large du programme défini ci-dessous.

1. Composition sur la physique et le traitement automatisé de l'information (5 heures)

Elle porte sur les enseignements de physique des programmes de physique-chimie appliqués à la rentrée scolaire de l'année d'inscription au concours :

1. des classes :

- de collège ;
- de seconde générale et technologique ;
- de première S ;
- de terminale S, y compris l'enseignement de spécialité ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D) ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de Laboratoire (STL), spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire (SPCL) ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de la Santé et du Social (ST2S).

2. des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles : PCSI, MPSI, MP, PC, PSI, BCPST 1ère et 2ème année.

2. Composition sur la chimie et le traitement automatisé de l'information (5 heures)

Elle porte sur les enseignements de chimie des programmes de physique-chimie appliqués à la rentrée scolaire de l'année d'inscription au concours :

1. des classes :

- de collège ;
- de seconde générale et technologique ;
- de première S ;
- de terminale S, y compris l'enseignement de spécialité ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D) ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de Laboratoire (STL), spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire (SPCL) ;
- de première et de terminale Sciences et Technologies de la Santé et du Social (ST2S).

2. des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles : PCSI, MPSI, MP, PC, PSI, BCPST 1ère et 2ème année.

II Épreuves orales d'admission

Chacune des deux épreuves orales d'admission, l'une d'exposé et l'autre de montage, a lieu après quatre heures de préparation surveillée.

Le tirage au sort conduit le candidat à traiter :

- soit un exposé de physique et un montage de chimie
- soit un exposé de chimie et un montage de physique.

1. Exposé consistant en une présentation d'un concept et son exploitation pédagogique (1h20)

Dans le cas d'un exposé de physique, le programme est celui de la première épreuve écrite d'admissibilité (composition sur la physique et le traitement automatisé de l'information). Dans le cas d'un exposé de chimie, le programme est celui de la seconde épreuve écrite d'admissibilité (composition sur la chimie et le traitement automatisé de l'information).

Structure de l'épreuve : l'épreuve est constituée d'un exposé par le candidat, d'une durée maximum de 50 minutes, suivi d'un entretien avec le jury, d'une durée maximum de 30 minutes. L'exposé du candidat comporte deux parties successives, d'importance équivalente, qui lui permettent de mettre en valeur ses compétences professionnelles :

- une partie relative au concept scientifique, développée au moins en partie à un niveau post-baccalauréat ;
- une partie relative à un aspect pédagogique de l'enseignement, au collège ou au lycée, de notions relatives à ce concept.

Partie relative au concept scientifique

Dans cette partie, le candidat met en valeur ses compétences disciplinaires en présentant à la fois sa vision d'ensemble du sujet et en développant un point particulier, de son choix, à un niveau post-baccalauréat.

Cette présentation synthétique peut prendre la forme d'un plan séquencé, d'un schéma conceptuel, d'une carte mentale, etc. permettant de situer la thématique scientifique et d'en aborder divers aspects, du fondamental aux applications. Le candidat doit être en mesure d'apporter des éclaircissements sur l'ensemble des points abordés dans son exposé.

Partie relative à un aspect pédagogique de l'enseignement du concept

Dans cette partie, le candidat met en valeur ses compétences pédagogiques et didactiques. Il peut par exemple choisir :

- de proposer et d'analyser une séquence d'enseignement ;
- d'étudier l'évolution de la présentation du concept du collège au lycée ;
- d'aborder la problématique de l'évaluation ;
- etc.

L'ordre de présentation de ces deux parties est laissé au choix du candidat.

L'illustration expérimentale est naturellement possible dans chacune des parties.

L'entretien porte sur les deux parties ; il vise à la fois à compléter l'évaluation des qualités pédagogiques et didactiques, de la maîtrise des connaissances scientifiques et de la culture scientifique et technologique du candidat.

2. Montage et traitement automatisé de l'information (1h20)

Le niveau est celui des classes post-baccalauréat des lycées. Deux sujets sont proposés au choix des candidats. Au cours de l'épreuve, les candidats présentent, réalisent et exploitent qualitativement et quantitativement quelques expériences qui illustrent le sujet retenu.

Liste des sujets des exposés et des montages de physique et de chimie tirés au sort lors des épreuves orales

a) Physique

Aux sujets communs aux épreuves d'exposé et de montage s'ajoutent des sujets spécifiques à chacune de ces épreuves.

Sujets communs aux épreuves d'exposé et de montage

1. Dynamique newtonienne
2. Ondes acoustiques
3. Spectrométrie optique, couleur
4. Vision et image

5. Propagation libre et guidée
6. Interférences
7. Diffraction
8. Oscillateurs
9. Champs magnétiques
10. Capteurs
11. Transferts thermiques
12. États de la matière
13. Grandeurs électriques
14. Fluides
15. Résonance
16. Polarisation de la lumière
17. Induction
18. Temps – fréquence
19. Transferts quantiques d'énergie
20. Frottements
21. Transmission de l'information
22. Ondes stationnaires

Sujets d'exposé spécifiques

- 23e. Gravitation
- 24e. Cohésion du noyau, stabilité, réactions nucléaires
- 25e. Mouvements képlériens
- 26e. Énergie interne
- 27e. Rayonnement d'équilibre et corps noir
- 28e. Dualité onde – corpuscule
- 29e. Référentiels géocentrique et terrestre

Sujets de montage spécifiques

- 23m. Filtrage et analyse spectrale
- 24m. Amplification
- 25m. Oscillations spontanées
- 26m. Couplages
- 27m. Régimes transitoires
- 28m. Conversion de puissance
- 29m. Signal analogique et signal numérique

b) Chimie

Les sujets sont communs aux épreuves d'exposé et de montage.

1. Séparation
2. Liaisons
3. Caractérisations
4. Stéréoisomérisation
5. Solvants
6. Solutions
7. Solubilité
8. Conductivité
9. Mélanges binaires
10. Proportions et stœchiométrie
11. Équilibre chimique
12. Évolution d'un système chimique
13. Conversion d'énergie lors des transformations chimiques
14. Oxydo-réduction
15. Dispositifs électrochimiques
16. Potentiels d'électrode
17. Périodicité des propriétés
18. Solides
19. Métaux
20. Acidité
21. Complexes
22. Polymères

23. Cinétique chimique
24. Catalyse
25. Mécanismes réactionnels
26. Electrophilie et nucléophilie
27. Couleur
28. Modification de groupes fonctionnels
29. Modification de chaîne carbonée

15. Informations sur les épreuves orales 2013

La session 2013 comporte des épreuves orales d'admission différentes de celles de la session 2012. La « leçon » est remplacée par un « exposé consistant en une présentation d'un concept et son exploitation pédagogique », le « montage » conserve sa forme antérieure mais s'appuie sur une liste de sujets modifiée.

Ce texte complète l'arrêté publié au JO du 3 mars 2012 et le programme des épreuves publié sur le site du ministère de l'éducation nationale et placé en annexe.

A. « Exposé consistant en une présentation d'un concept et son exploitation pédagogique »

Sujet de l'épreuve :

L'épreuve porte sur un des sujets de physique ou de chimie figurant dans la liste publiée pour la session 2013 du concours et figurant en annexe. Les sujets de cette liste sont différents de ceux proposés antérieurement pour l'épreuve de leçon. Souvent énoncés sous la forme d'un mot-clé, ces sujets portent sur un domaine de la physique ou de la chimie. Pour la chimie et en grande partie pour la physique, les sujets sont communs aux épreuves d'exposé et de montage. Ce recouvrement amène les candidats, lors de leur préparation, à aborder simultanément, pour un domaine donné, les fondements théoriques, les modèles, les illustrations expérimentales ; la nature des épreuves doit par ailleurs amener les candidats à coupler les approches scientifiques et pédagogiques. De plus, ces sujets offrent une part d'initiative importante aux candidats.

Structure de l'épreuve :

L'épreuve est constituée d'un exposé effectué par le candidat, d'une durée maximale de 50 minutes, suivi d'un entretien avec le jury, d'une durée maximale de 30 minutes. L'exposé du candidat comporte deux parties successives, d'importance équivalente, qui lui permettent de mettre en valeur ses compétences professionnelles :

- une partie relative au concept scientifique associé au sujet, développée au moins en partie à un niveau post-baccalauréat ;
- une partie relative à un aspect pédagogique de l'enseignement, au collège ou au lycée, de notions relatives à ce concept.

L'ordre de présentation de ces deux parties est laissé au choix du candidat. Une grande liberté lui est également laissée concernant la forme de la présentation et les aspects qu'il choisit de mettre en exergue. Pour autant, le concept reste à aborder de la manière la plus exhaustive possible.

L'illustration expérimentale est naturellement possible dans chacune des parties ; néanmoins, le montage reste l'épreuve durant laquelle le candidat peut mettre en valeur et est évalué sur ses qualités d'expérimentateur.

Partie relative au concept scientifique (durée : 25 minutes)

Dans cette partie, le candidat met en valeur ses compétences scientifiques, sa maîtrise de la discipline et sa culture en physique-chimie ainsi que dans les disciplines connexes. Il présente d'une part une vision d'ensemble du concept et développe d'autre part un point particulier, de son choix, évoqué dans la vision d'ensemble.

La présentation d'ensemble du concept, dont la durée n'excède pas 15 minutes, peut prendre différentes formes : plan séquencé, schéma conceptuel, carte mentale, etc. Cette présentation permet de cerner le concept scientifique et d'en aborder les différents aspects, du fondamental aux applications. Le candidat montre sa capacité à construire un exposé scientifique structuré

et rigoureux, en mettant en œuvre des outils de communication pertinents. Le candidat doit être en mesure d'approfondir, à la demande du jury lors de l'entretien, l'ensemble des points abordés dans cette présentation.

Le développement d'un point particulier revêt une forme plus classique, typiquement celle d'un exposé magistral, d'une durée comprise entre 10 et 15 minutes. Le candidat y approfondit un des aspects du concept à un niveau post-baccalauréat, en mettant en valeur sa capacité à explorer et à manipuler lois, modèles et formalismes.

Partie relative à un aspect pédagogique de l'enseignement du concept (durée : 25 minutes)

Dans cette partie, le candidat présente une ou plusieurs activités pédagogiques, discute ses choix de manière explicite en fonction des objectifs d'apprentissage ou de remédiation visés pour les élèves. Le candidat peut par exemple choisir de décrire :

- une séquence d'enseignement ;
- une activité expérimentale ;
- une activité documentaire ;
- une activité d'évaluation (diagnostique, formative, sommative, certificative) ;
- une activité visant à travailler sur un obstacle didactique ;
- des activités illustrant la progressivité d'enseignement du concept du collège au lycée ;
- ...

Cette partie permet au candidat de mettre en valeur ses compétences pédagogiques et didactiques.

L'entretien porte sur les deux parties ; il vise à compléter l'évaluation de la maîtrise des connaissances scientifiques du candidat, de sa culture scientifique et technologique, et de ses compétences pédagogiques et didactiques.

B. « Montage et traitement automatisé de l'information »

Sujet de l'épreuve :

L'épreuve porte sur un des sujets de physique ou de chimie figurant dans la liste publiée pour la session 2013 du concours et figurant en annexe. Les sujets de cette liste sont différents de ceux proposés antérieurement pour l'épreuve de montage. Souvent énoncés sous la forme d'un mot-clé, ces sujets portent sur un domaine de la physique ou de la chimie. Pour la chimie et en grande partie pour la physique, les sujets sont communs aux épreuves de montage et d'exposé. Ce recouvrement amène les candidats, lors de leur préparation, à aborder simultanément, pour un domaine donné, les fondements théoriques, les modèles, les illustrations expérimentales ; la nature des épreuves doit par ailleurs permettre de coupler les approches scientifiques et pédagogiques. De plus, ces sujets offrent une part d'initiative importante aux candidats.

Structure de l'épreuve :

Le candidat choisit un sujet parmi les deux sujets qui lui sont proposés.

L'épreuve est constituée d'un montage effectué par le candidat, d'une durée maximale de 50 minutes, suivi d'un entretien avec le jury, d'une durée maximale de 30 minutes. Cependant, tout ou partie de l'entretien peut intervenir tout au long du montage, sans que la part dévolue à la présentation du candidat ne soit diminuée.

Au cours de l'épreuve les candidats présentent, réalisent et exploitent qualitativement et quantitativement quelques expériences qui illustrent le sujet retenu. Une attention toute

particulière doit être portée à la mesure et aux incertitudes associées. A cet égard, il est recommandé de prendre connaissance de l'annexe « mesures et incertitudes » du rapport de l'Inspection générale de l'éducation nationale : « activités expérimentales en physique-chimie : enjeux de formation ».