



1^{re}
T^{le}

9 ans de sujets corrigés du

CONCOURS GÉNÉRAL

PHYSIQUE

CHIMIE

NICOLAS ESTRAMPES



CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES
COMPOSITION DE PHYSIQUE-CHIMIE
SESSION 2016

INTRODUCTION SUR LE SUJET

Le sujet 2016 s'intitule « Champagne ! ».

Il est composé de deux parties et traite de la caractérisation du champagne avec son degré alcoolique et de l'étude des bulles apparaissant dans la boisson.

La première partie « Fabrication du champagne » est composée de deux sous-parties. La première aborde l'optique géométrique. La deuxième aborde la chimie avec l'analyse de la fermentation alcoolique, les réactions acidobasiques et un titrage.

La deuxième partie « Ouverture d'une bouteille de champagne » est composée de deux sous-parties. La première est une question ouverte de mécanique. La deuxième aborde plusieurs thèmes avec différents domaines de la mécanique, de la thermodynamique et de l'interaction photon-matière.

Ce sujet est très complet, il parcourt de nombreux thèmes du cycle terminal. Le fil rouge du champagne donne un côté ludique au sujet avec de nombreuses questions sur l'étude des bulles de cette boisson.

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

SESSION 2016

COMPOSITION DE PHYSIQUE-CHIMIE

(Classes de terminale S)

Durée : 5 heures

*L'usage de la calculatrice est autorisé*Consignes aux candidats

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Numéroté chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours :

Concours

C	G	L
---	---	---

Section/Option

P	H	Y	S	I
---	---	---	---	---

Epreuve

0	0	1	0	1
---	---	---	---	---

Matière

P	H	C	H
---	---	---	---

CHAMPAGNE !

Le candidat est invité à se référer régulièrement à la partie C - Annexes de l'énoncé. Celle-ci regroupe des données utiles à la résolution de certaines questions.

Les différentes parties du sujet sont indépendantes.

Partie A - Fabrication du champagne

Que ce soit lors de réceptions ou lorsqu'il est repêché dans une cargaison vieille de 170 ans, le champagne sait se faire remarquer. Son élaboration nécessite un travail rigoureux et précis de la part du vigneron, en étroite collaboration avec des œnologues. La physico-chimie du champagne a été étudiée par Pierre-Gilles de Gennes, l'un des prix Nobel français, et plus récemment par Gérard Liger-Belair et son équipe de chercheurs à Reims. Bulles, composition chimique, mouvements de fluide : le champagne est un objet d'études complet et ce sujet en aborde quelques aspects.

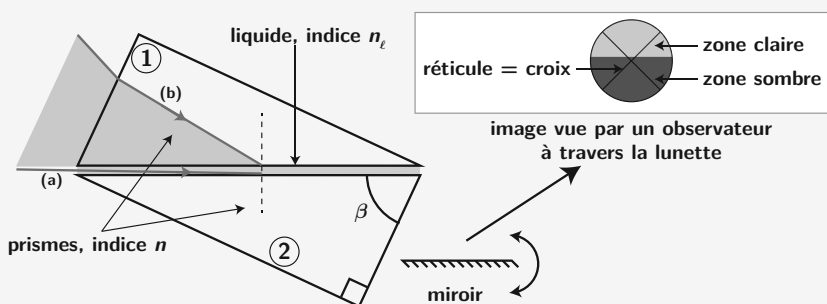
I Mesure du taux de sucre dans le jus de raisin

Afin de contrôler la maturité des raisins dans les vignes, les viticulteurs ont besoin de connaître la teneur en sucre dans le jus des raisins avant la récolte.

Une méthode consiste à utiliser un appareil appelé réfractomètre permettant de mesurer l'indice de réfraction du jus. L'indice varie avec la concentration en sucre : des courbes permettent alors d'en déduire la quantité de sucre et le degré d'alcool espéré du futur vin.

Document 1

Le schéma d'un réfractomètre d'Abbe est représenté ci-dessous :

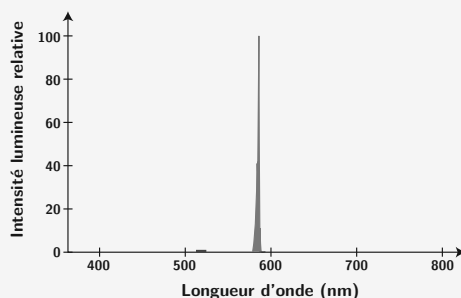


Il est constitué de deux prismes en verre d'indice n entre lesquels est positionné un mince film de liquide issu du raisin dont on veut mesurer l'indice de réfraction n_l .

- Le prisme d'entrée (1) est accolé à une lampe à vapeur de sodium et permet d'éclairer le liquide en incidence rasante (rayon (a)).
- Les rayons traversant le prisme (2) sont envoyés sur un miroir dont on peut contrôler l'inclinaison.
- Après réflexion, ces rayons sont alors observés par l'utilisateur à l'aide d'une lunette ; l'observateur règle la position du miroir de sorte à placer la limite de séparation entre la zone claire et la zone sombre au centre du réticule (croix).

Document 2

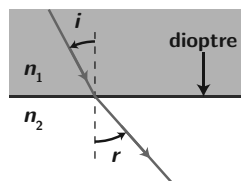
Spectre d'une lampe à vapeur de sodium basse pression :



Q - 1. Pour quelles raisons a-t-il été choisi d'éclairer le dispositif à l'aide d'une lampe à vapeur de sodium ? Justifier.

On rappelle la loi de Snell-Descartes pour le passage d'un rayon lumineux au travers d'un dioptre séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2 , avec i l'angle d'incidence et r l'angle de réfraction :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (1)$$



Q - 2. On considère que $n_1 > n_2$. Définir le phénomène de réflexion totale, et préciser à quelle condition sur i le phénomène de réflexion totale se produit.

Q - 3. Reproduire et compléter le schéma du document 1 en indiquant le chemin parcouru par le rayon (a) en incidence rasante. On suppose que $n > n_\ell$, et on note r_1 l'angle de réfraction à l'interface liquide-verre, i_2 et r_2 respectivement l'angle d'incidence et l'angle de réfraction sur la face de sortie du prisme. L'indice de l'air sera quant à lui pris égal à 1.

Q - 4. Montrer qu'il existe un lien entre r_2 et l'indice n_ℓ du liquide. Calculer la valeur numérique de n_ℓ pour $n = 1,732$, $r_2 = 23,3^\circ$ et $\beta = 65,0^\circ$, l'expérience ayant été réalisée à 20°C .

Q - 5. En déduire la teneur approximative en sucre à l'aide du tableau suivant :

Indice de réfraction à 20°C	1,357 7	1,359 2	1,360 7	1,362 1	1,363 5	1,365 0	1,366 5	1,368 0	1,369 4
Teneur en sucre (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	150	160	170	180	190	200	210	220	230

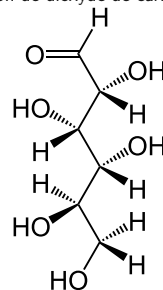
Q - 6. Indiquer sur le schéma de la question Q - 3. le chemin parcouru par le rayon (b) et conclure quant au fonctionnement du réfractomètre.

II Quelques procédés chimiques de la fabrication du champagne

II.1) Fermentation alcoolique

Les levures naturellement présentes dans la peau du raisin permettent, après le pressurage, la transformation des sucres en alcool. Ce phénomène de fermentation est connu depuis fort longtemps, mais c'est Pasteur qui a démontré qu'il ne s'agissait pas d'une simple oxydation des sucres, mais bien d'une fermentation anaérobie : sans consommation de dioxygène, les levures transforment en éthanol le glucose et le fructose du jus de raisin, avec production de dioxyde de carbone.

La molécule de D-glucose est représentée ci-contre.



Q - 7. Identifier les atomes de carbone asymétriques de la molécule de D-glucose.

Q - 8. Représenter une molécule énantiomère et une molécule diastéréoisomère du D-glucose.

Q - 9. Écrire l'équation de la réaction traduisant la fermentation alcoolique subie par le glucose.

Q - 10. En supposant la réaction précédente totale, déterminer la concentration massique en glucose du jus de raisin nécessaire à l'obtention d'un degré alcoolique de 11° . On précise que le degré alcoolique d'un vin est le volume (exprimé en mL) d'éthanol pur présent dans 100 mL de vin. On considère que le volume total de liquide ne varie pas pendant cette fermentation.

Q - 11. Si l'on pouvait le récupérer en totalité, quel volume de dioxyde de carbone serait obtenu lors de la fermentation d'un litre de ce jus de raisin dans ces conditions ? On prendra pour l'application numérique $P = 1,00$ bar et $T = 20^\circ\text{C}$

Q - 12. En réalité, lorsqu'on vinifie, il faut en moyenne 17 g de sucre par litre de jus de raisin pour obtenir 1° d'alcool. Évaluer le rendement moyen de la fermentation alcoolique.

Q - 13. Proposer une interprétation à la miscibilité de l'éthanol avec l'eau.

II.2) Fermentation malolactique

a) Etude de la réaction

Après la fermentation alcoolique, la fermentation malolactique (FML) est une étape importante pour le vigneron et doit être contrôlée. Les bactéries *Oenococcus oeni* permettent la transformation de l'acide malique $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$ en acide lactique $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$ avec dégagement de dioxyde de carbone CO_2 , ce qui a plusieurs conséquences :

- la réduction de l'acidité du vin (le pH après FML est en général compris entre 2,70 et 3,70) ;
- l'amélioration des qualités organoleptiques par diminution des arômes végétaux (herbe fraîche, pomme granny,...) liés à l'acide malique.

Q - 14. Donner le nom de l'acide lactique en nomenclature systématique.

Q - 15. Écrire l'équation de la réaction de FML. Préciser le rôle possible des bactéries.

Q - 16. Les différents pKa des couples relatifs aux deux acides sont donnés en annexe ; proposer une interprétation qualitative à la diminution de l'acidité du vin lors de la transformation.

Q - 17. Les spectres de RMN du proton de l'acide lactique et de l'acide malique, enregistrés dans des conditions permettant de masquer les pics relatifs aux atomes d'hydrogène liés à des atomes d'oxygène, sont représentés ci-dessous. Attribuer chaque spectre en justifiant.

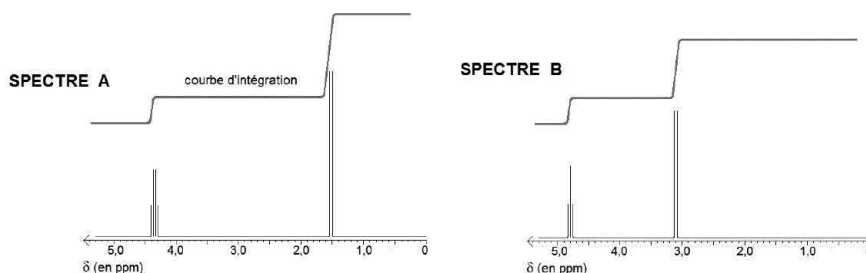


FIGURE 1 – Spectres de l'acide lactique et malique et leur courbe d'intégration.

b) Suivi spectrophotométrique de la fermentation malolactique

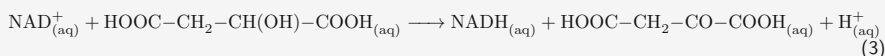
On cherche à mesurer la concentration en acide malique au cours du temps afin de vérifier l'état d'avancement de la FML.

Document 3 : Dosage enzymatique de l'acide malique (d'après Boehringer)

Une méthode introduite par Boehringer pour doser des acides carboxyliques (acétique, citrique, lactique, succinique) ainsi que l'éthanol, le glycérol, le glucose, le fructose,... consiste à utiliser une coenzyme appelée nicotinamide-adenine-dinucleotide (notée NAD^+) introduite en excès qui agit comme oxydant selon la demi-équation d'oxydo-réduction :



Par un choix pertinent de conditions expérimentales on peut rendre la réaction entre NAD^+ et l'espèce à doser totale. Dans le cas de l'acide malique, on utilise (entre autres) une enzyme spécifique, la L-malatedéshydrogénase (notée L-MDH). Dans le cas d'une teneur moyenne du vin en acide malique comprise entre 0 et $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, le volume de solution de L-MDH à choisir est de 5% du volume de NAD^+ versé initialement. L'équation de la réaction du dosage est alors :



d'après « Pratiquer les contrôles analytiques en œnologie » de Chantal Bonder et Raymond Silvestre

Document 4 : Matériel à disposition au laboratoire

Verrerie :

- Bêchers de différents volumes
- Pipettes jaugées (1 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL)
- Fioles jaugées (50 mL, 100 mL, 200 mL)
- Cuves de spectrophotométrie

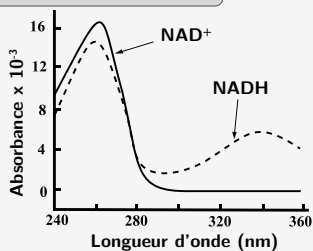
Solutions :

- Solution de NAD^+ de concentration typique $c = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Solution d'acide malique de concentration massique $t = 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
- Solution de L-MDH

Matériel :

- Spectrophotomètre
- Ordinateur avec logiciel de traitement de données

Document 5 : spectre d'absorption de NADH et NAD^+



Q - 18. À l'aide des documents 3 à 5, élaborer un protocole expérimental permettant d'obtenir la concentration massique en acide malique dans $V = 20 \text{ mL}$ de vin. On explicitera les différentes étapes et on justifiera soigneusement les choix effectués.

Après prélèvement et mesure chaque jour de la concentration en acide malique dans le vin subissant une FML forcée par addition de bactéries, on obtient la courbe suivante pour une température de fermentation maintenue à 20°C :

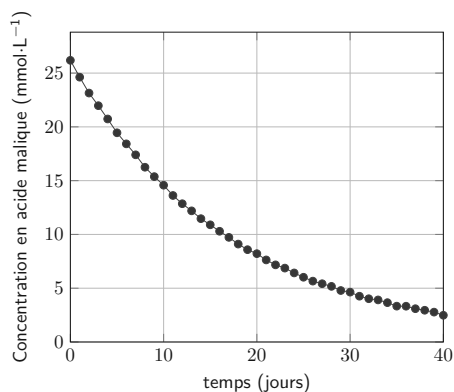


FIGURE 2 – Courbe expérimentale de l'évolution de la concentration en acide malique au cours du temps

Q - 19. Définir le temps de demi-réaction et le déterminer graphiquement.