

# Physique - Chimie

## DEVOIR SUR TABLE N° 3

L'épreuve a été conçue pour être traitée sans calculatrice.

**L'usage des calculatrices est rigoureusement interdit.**

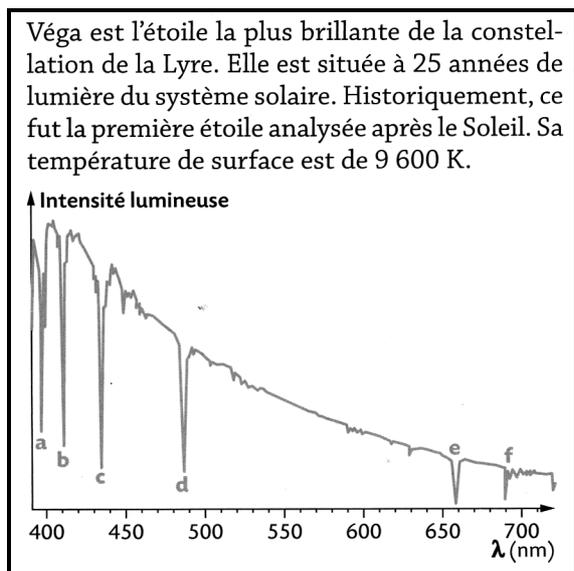
**TOUT DOCUMENT INTERDIT.**

Les résultats numériques doivent être précédés d'un **calcul littéral**.

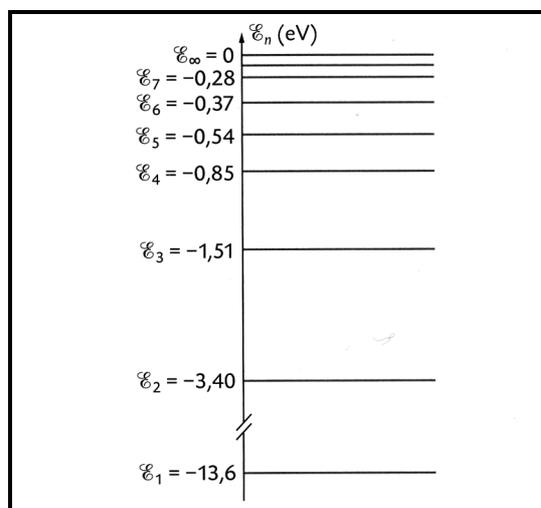
**La présentation et la rédaction** font partie du sujet et interviennent dans la notation.

L'épreuve est **notée sur 16 points** auxquels s'ajouteront les points d'épreuve pratique sur 4 points.

### I] L'étoile VÉGA. (sur 4,0 points)



**Document 1** : Une partie du profil spectral de l'étoile Véga



**Document 2** : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

Longueurs d'onde (en nm) de quelques radiations caractéristiques d'entités chimiques :			
Sodium :	411	445	589
Hydrogène :	434	486	656

**Document 3** : Quelques longueurs d'ondes.

On donne : constante de Wien :  $\sigma_{\text{Wien}} \cong 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ uSI}$ .  $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ .  
 $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Aides aux calculs :  $100 \cong 32 \times 3,13$ .  $2,55 \times 486 = 434 \times 2,86 = 1,89 \times 656 = 1,24 \cdot 10^3$ .

1. 1.1. Calculer la longueur d'onde dans le vide,  $\lambda_{\text{max}}$ , de la radiation émise avec le maximum d'intensité par Véga, en supposant qu'elle suit la loi de Wien.
- 1.2. La valeur obtenue peut-elle être en accord avec le profil spectral du **Document 1** ? Justifier.
2. Peut-on affirmer que l'atmosphère de Véga contient du sodium ? Justifier.
3. 3.1. Six pics d'absorption ont été repérés par des lettres allant de a à f sur le profil spectral de Véga. Parmi ces pics, identifier ceux qui peuvent être attribués à l'atome d'hydrogène.
- 3.2. Pour chacune des raies d'absorption de l'atome d'hydrogène, identifiée dans le profil spectral de Véga, déterminer l'expression littérale de l'énergie (en eV) des photons associés à ces radiations.
- 3.3. Sachant que pour  $\lambda = 434 \text{ nm}$ , l'énergie associée est de 2,86 eV, déterminer les valeurs numériques des autres énergies.
- 3.4. Recopier le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène et représenter par des flèches les transitions associées à ces énergies.

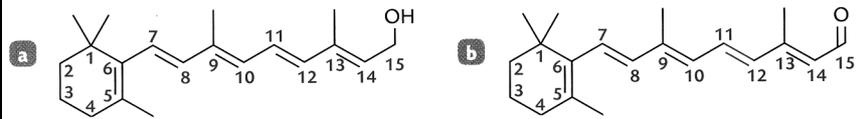
## II ] Des vitamines. (sur 3,0 points)

La vitamine A fut la première vitamine à être découverte (1913) : on lui attribua la première lettre de l'alphabet. Il fallut attendre 1930 pour déterminer sa structure et comprendre ses effets dans l'organisme. Elle joue un rôle important dans la vision, notamment pour l'adaptation de l'œil à l'obscurité. Un sévère déficit peut provoquer la cécité. Elle participe à la croissance des os, à la régulation du système immunitaire, etc. La supplémentation en vitamine A est surtout prônée dans les pays en voie de développement.

D'après le site Internet [www.passeportsante.net](http://www.passeportsante.net), consulté le 23 octobre 2014.

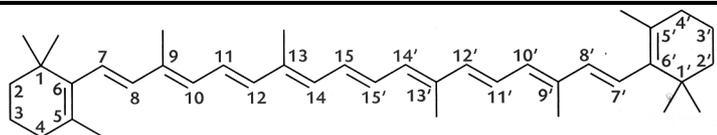
### Document 1 : La vitamine A.

La vitamine A est une vitamine liposoluble (du grec *lipos*, qui signifie « graisse »). Dans l'organisme, on la trouve sous la forme de rétinol. C'est dans la rétine qu'on l'a isolée la première fois, d'où son nom. Le rétinol permet de produire le (11Z)-rétinal. Par photo-isomérisation, le (11Z)-rétinal est converti dans l'œil en (11E)-rétinal et permet au processus de transformation de la lumière en signaux électriques d'avoir lieu.



### Document 2 : Structure de la vitamine A – a = rétinol et b = (11E)-rétinal.

Les caroténoïdes sont des pigments à l'origine des couleurs plutôt rouges, orangées et jaunes des fruits, des légumes, des fleurs. Lorsqu'il en a besoin, l'organisme peut transformer en vitamine A certains caroténoïdes, comme le bêta-carotène, qualifiés alors de provitamines A. **L'absorption du bêta-carotène est optimisée par l'ajout de matières grasses dans les aliments consommés.** Des études récentes ont montré que la quantité de rétinol a augmenté dans l'organisme de sujets soumis à un régime supplémenté en bêta-carotène « tout E ».



> Formule topologique du bêta-carotène « tout E ». Certains atomes de carbone ont été numérotés. Deux séries de numéros sont proposés dans la nomenclature officielle.

**L'absorption du bêta-carotène est optimisée par l'ajout de matières grasses dans les aliments consommés.** Des études récentes ont montré que la quantité de rétinol a augmenté dans l'organisme de sujets soumis à un régime supplémenté en bêta-carotène « tout E ».

### Document 3 : Une provitamine A.

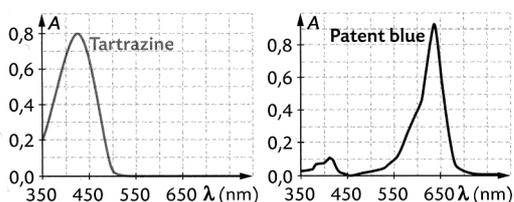
- 1.1. Justifier le nom de « (11E)-rétinal » (Document 2).
- 1.2. Donner la représentation de Cram de l'isomère (11Z) du rétinol.
2. Définir l'expression « photo-isomérisation » (Document 2).
3. Le bêta-carotène subit une rupture de sa chaîne carbonée lors de sa conversion en vitamine A. À quel endroit de la chaîne peut se situer cette coupure ?
4. Proposer une hypothèse expliquant la phrase en gras dans le Document 3.
5. En s'aidant des documents fournis, rédiger un paragraphe argumenté de 20 lignes maximum expliquant en quoi une alimentation riche en bêta-carotène et en vitamine A participe au bon fonctionnement de l'organisme.

## III ] Food coloring agent. (sur 3,5 points)

The label of a mint syrup indicates that it contains two food coloring agents, E102 (tartrazine) and E131 (patent blue). But the label doesn't mention their concentrations.

Pupils decide to determine them by using their high school's spectrophotometer. First of all, pupils realize the spectrum of each food coloring agent.

They obtain the following graphs. Then, they measure the absorbance of each solution.



- At  $\lambda = 450$  nm, for coloring agent E102:

Solution number	1	2	3	4	5	6
Concentration C (mg·L <sup>-1</sup> )	5	10	12.5	15	20	25
Absorbance A	0.26	0.41	0.5	0.61	0.83	1.00

- At  $\lambda = 630$  nm, for coloring agent E131:

Solution number	1	2	3	4	5	6
Concentration C (mg·L <sup>-1</sup> )	2.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
Absorbance A	0.38	0.58	0.74	0.88	1.08	1.41

The syrup is **tenfold** diluted and a **sample** is put in the cuvette of the spectrophotometer. At wavelength  $\lambda = 450$  nm, absorbance is equal to 0.53 and at  $\lambda = 630$  nm, absorbance is equal to 0.91.

**Vocabulaire :** **tenfold** = dix fois ; **sample** = échantillon ; **wavelength** = longueur d'onde.

1. En utilisant les spectres, déterminer la couleur de chacun des colorants alimentaires. *Justifier la réponse.*
- 2.1. Montrer que l'on peut étudier la concentration de l'un des colorants indépendamment de celle de l'autre.  
2.2. Justifier les longueurs d'onde utilisées pour réaliser les mesures d'absorbance de chaque colorant indépendamment.
3. Pour chacun des colorants, tracer, sur l'**ANNEXE page 4** (à rendre avec la copie en indiquant son nom), la courbe d'étalonnage donnant l'absorbance en fonction de sa concentration.
4. Déterminer la concentration de chacun des colorants dans l'échantillon dosée. *Justifier la détermination.*
5. En déduire la concentration de chacun des colorants dans le sirop étudié.
6. La dose journalière admissible (DJA) du colorant E102 est égale à 7,5 mg/kg de masse corporelle/jour; celle du colorant E131 est égale à 2,5 mg/kg/J. Quel volume de sirop ne doit pas dépasser, par jour, un consommateur dont la masse est égale à 50 kg ?

#### IV ] Nouvelle source d'énergie. (sur 3,0 points)

On se propose de vérifier l'affirmation suivante :

« 1 L d'eau de mer contient du deutérium permettant d'obtenir autant d'énergie que 800 L d'essence ».

La réaction de fusion entre un noyau de deutérium,  ${}^2_1\text{H}$ , et un noyau de tritium,  ${}^3_1\text{H}$ , conduit à un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  et à une particule.

1. Écrire l'équation de la réaction de fusion citée ci-dessus et énoncer les lois de conservation utilisée. *Quel est le nom de la particule obtenue ?*
2. Calculer la variation de masse (en kg) du système au cours de cette fusion nucléaire.
3. En déduire la valeur de l'énergie dégagée (en J) par cette fusion.
4. Sachant que la concentration massique en deutérium de l'eau de mer est  $33 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , calculer l'énergie qui serait libérée par la fusion nucléaire du deutérium contenu dans 1,0 L d'eau de mer.
5. Sachant que l'énergie thermique libérée lors de la combustion complète de l'essence vaut :  $3,5\cdot 10^7 \text{ J}\cdot\text{L}^{-1}$ , commenter l'affirmation proposée.

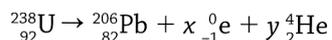
On donne :  $m({}^2_1\text{H}) = 3,343\ 58\cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m({}^3_1\text{H}) = 5,007\ 36\cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m({}^4_2\text{He}) = 6,644\ 66\cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  
 $m(\text{particule}) = 1,674\ 93\cdot 10^{-27} \text{ kg}$   
 $c = 3,0\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  $N_A = \text{nombre d'Avogadro} = 6,0\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

Aide aux calculs :  $100 \cong 6 \times 16,5$ .

#### V ] Géochronologie. (sur 2,5 points)

On estime que la formation du Soleil remonte à 4,6 milliards d'années et qu'elle aurait duré une centaine de millions d'années. D'après les modèles actuels, les planètes se sont formées par accrétion du gaz et des poussières restant. Au hasard des collisions, les grains se chargeant électrostatiquement, de petits amas se sont formés. Leur grossissement progressif a entraîné la prédominance des forces gravitationnelles devant les forces électrostatiques ; ils sont devenus sphériques. Il est possible d'utiliser la radioactivité pour dater des roches et même la formation de la Terre.

La méthode uranium-plomb exploite le processus nucléaire suivant :

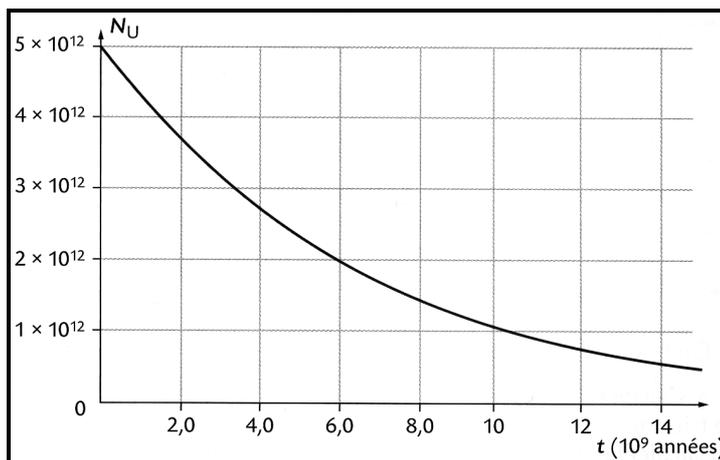


qui traduit une série de plusieurs désintégrations successives.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

**Document 1** : Géochronologie.

Un échantillon d'une roche supposée avoir le même âge que la Terre est utilisé en géochronologie. Il contenait initialement  $N_U(t=0) = 5,0 \times 10^{12}$  noyaux d'uranium 238. On note  $N_U(t_1)$  et  $N_{Pb}(t_1)$  les nombres de noyaux d'uranium 238 et de plomb 206 présents dans l'échantillon à la date  $t_1$  à laquelle la mesure est réalisée :  $N_{Pb}(t_1) = 2,5 \times 10^{12}$  noyaux



**Document 2** : Échantillon étudié.

**Document 3** : Décroissance radioactive de l'uranium 238.

1. Déterminer les nombres  $x$  et  $y$  d'électrons et de noyaux d'hélium globalement formés lors de la désintégration d'un noyau  ${}^{238}_{92}\text{U}$  en précisant les lois utilisées (*Document 1*).
2. 2.1. Justifier la relation :  $N_{\text{U}}(t = 0) = N_{\text{U}}(t_1) + N_{\text{Pb}}(t_1)$ .  
2.2. Estimer l'âge de la Terre à l'aide de ce qui précède et du *Document 3*.
3. À l'aide des documents et de connaissances personnelles, rédiger une synthèse illustrant le lien entre interaction fondamentale et cohésion de la matière aux différentes échelles.  
*On précisera, lorsque c'est possible, les expressions littérales des interactions fondamentales et la signification et les unités des grandeurs physiques intervenant dans ces expressions.*

## A N N E X E

À rendre avec la copie en indiquant son NOM : \_\_\_\_\_

### III ] 3. Food coloring agent.

$\lambda = 450 \text{ nm}$  : **E102**

$\lambda = 630 \text{ nm}$  : **E131**

