

Devoir Surveillé n°4 de Physique-Chimie

Toute réponse devra, dans la mesure du possible, être **justifiée** par un calcul ou un raisonnement **rédigé**. Le soin apporté à la copie et aux schémas sera pris en compte dans la notation.

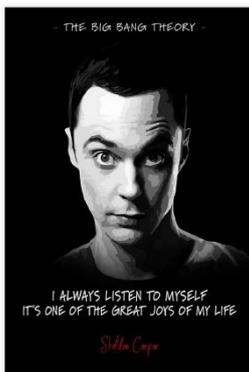
L'écriture des résultats en tenant compte des **chiffres significatifs** comptera pour 0,5 point.

L'usage d'une **calculatrice** est **autorisé**.

Seule **l'annexe** sera rendue avec la **copie**.

« ***The Big Bang Theory*** » est une série TV américaine créée par Lorre & Prady, diffusée de 2007 à 2019 sur le réseau CBS© (12 saisons).

On y suit les aventures fictives de deux scientifiques de Caltech (Californie) : Leonard Hofstadter (physicien expérimental) et Sheldon Cooper (physicien théoricien), qui vivent en colocation. L'univers routinier des deux héros est bouleversé lorsqu'une jolie blonde, Penny, s'installe dans l'appartement d'en face...



Exercice 1 – Phosphorescence (5 points) :

Dans l'épisode 4 de la saison 1, Sheldon est licencié de son laboratoire. Il multiplie alors les expériences farfelues pour s'occuper, comme greffer de l'ADN de méduse lumineuse sur des poissons rouges pour les faire luire la nuit.



Cet épisode s'inspire de travaux de l'université de Taïwan de 2006 où des scientifiques ont réussi à faire luire des cochons la nuit !

a

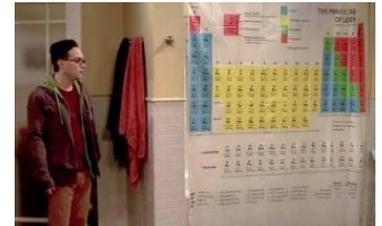
b

A gauche : structure de la protéine fluorescente verte GFP
 A droite : formation du GFP suite à un processus en trois étapes : cyclisation, déshydratation et oxydation
Il n'est pas nécessaire de comprendre ce schéma pour répondre aux questions.

1. Questions préliminaires :

L'atome d'hydrogène (Z = 1) peut être représenté ainsi : $\cdot\text{H}$

- a) Combien de doublet(s) liant(s) et non liant(s) formera l'atome d'hydrogène ? (0,5 point)
- b) Sur le schéma, on peut voir l'ion hydrogène H^+ . Expliquer (0,75 point) :
 - Comment il a été obtenu ?
 - S'agit-il d'un cation ou d'un anion ?
 - Finalement, l'ion H^+ est-il un électron, un neutron ou un proton ?



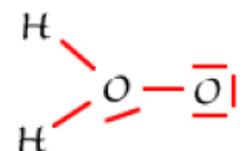
Dans la salle de bain, Penny peut lire sur le rideau de douche que l'oxygène a pour « caractéristique » : $1s^2 2s^2 2p^4$.

- c) Comment s'appelle cette « caractéristique » ? (0,25 point)
- d) En observant la molécule en annexe, quel(s) type(s) de liaison(s) l'oxygène est-il « capable » de former pour se stabiliser ? Justifier la réponse (0,5 point)
- e) Sur l'annexe, entourer cette(ces) liaison(s) (0,25 point)

2. Molécules simples :

Lors du processus de déshydratation, une molécule d'eau sera produite, permettant ensuite l'oxydation du dioxygène O_2 en eau oxygénée H_2O_2 (à droite sur le schéma).

- a) Ecrire, sans justifier, la formule de Lewis du dioxygène O_2 (0,5 point).
- b) Penny a tenté d'écrire la formule de Lewis de l'eau oxygénée ci-contre ; indiquer son(s) erreur(s) et la(les) corriger (0,5 point).



3. Etude de la protéine GFP :

- a) En annexe, il y a un extrait de la molécule de GFP après cyclisation et réécriture partielle. Compléter en vert ce qui manque : liaisons covalentes, doublets non liants, atomes d'hydrogènes nécessaires (ne pas se préoccuper des atomes « X ») (1 point).
Données : L'atome d'azote doit avoir trois doublets liants et un doublet non liant.
L'atome de carbone doit avoir quatre doublets liants.
- b) Quel atome d'oxygène de cet extrait sera-t-il le plus facile à séparer de son atome de carbone ? Indiquer votre réponse sur l'annexe en justifiant (0,5 point).
- c) Donner une signification au terme « cyclisation » en utilisant le doc page 2 (0,25 point).

Exercice 2 – Stephen Hawking (7,5 points) :

Dans l'épisode 21 de la saison 5, le célèbre astrophysicien Stephen Hawking (1942 – 2018) fait sa première apparition dans la série TV : popularisé par son état physique (il fut atteint de la maladie de Charcot, une maladie neurodégénérative), ses travaux de recherche furent centrés autour du Big Bang (comme le rayonnement dit de « Hawking »).



1. Autour de l'hydrogène :

D'après des études récentes (2021, Brian Jackson, université de l'Idaho), il y aurait $N = 2,0 \times 10^{23}$ étoiles dans l'Univers observable, chacune ayant une masse moyenne de $m_{\text{moy}} = 1,0 \times 10^{30}$ kg, masse essentiellement due aux atomes d'hydrogène.

L'épisode 10 de la saison 9 évoque la constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- a) Sachant qu'un trillion représente un 1 suivi de 18 zéros, exprimer le nombre d'étoiles dans l'Univers en utilisant ce terme (0,5 point).
- b) Montrer que la masse totale des étoiles de l'Univers vaut $m_{\text{tot H}} = 2,0 \times 10^{53}$ kg (0,5 point).
- c) Sachant qu'on estime à $N_H = 1,0 \times 10^{80}$ le nombre d'atome d'hydrogène dans l'ensemble des étoiles, déterminer la masse m_H d'un atome d'hydrogène (1 point).
- d) Calculer la quantité de matière d'hydrogène n_H présente dans les étoiles (1 point).

2. Autour de l'hélium :

Le deuxième constituant principal des étoiles est l'hélium. On estime la quantité de matière totale d'hélium à $n_{\text{He}} = 5,40 \times 10^{54}$ mol.

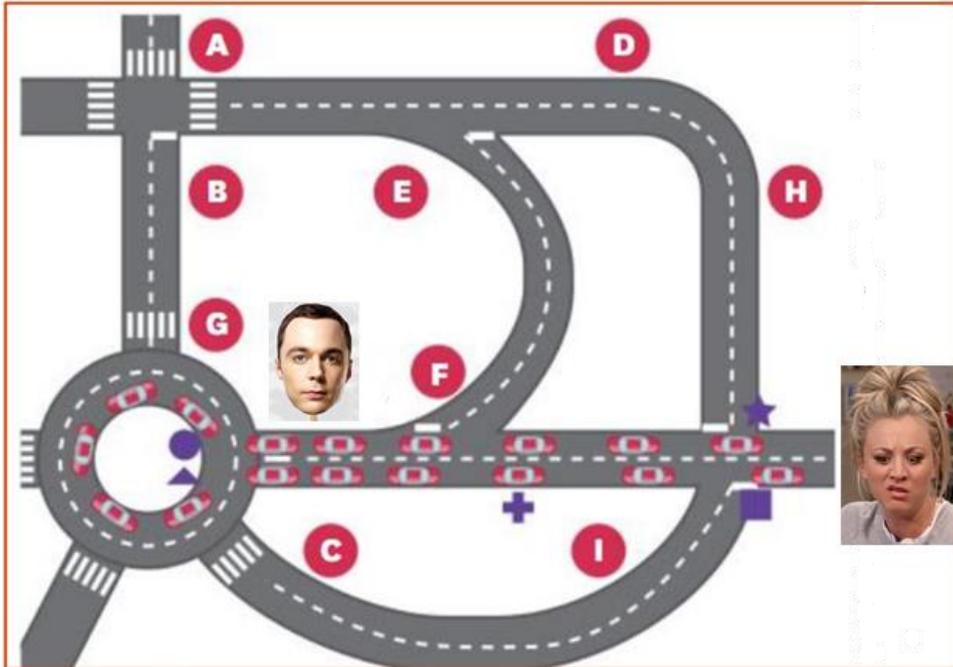
- a) Déterminer le nombre d'atome d'hélium N_{He} que cela représente (1 point).
- b) Sachant que la masse d'un atome d'hélium est $m_{\text{He}} = 6,65 \times 10^{-27}$ kg, déterminer la masse totale d'hélium $m_{\text{tot He}}$ présente dans les étoiles (1 point).

3. Big-Bang :

- a) Montrer que la masse totale d'hydrogène et d'hélium dans l'Univers vaut $m_{\text{tot}} = 2,2 \times 10^{53}$ kg (0,5 point).
- b) En déduire le pourcentage massique de l'hydrogène dans l'Univers (1 point).
- c) Quelques instants après le Big-Bang, l'Univers était une boule dont le rayon était environ $R = 1,62 \times 10^{-35}$ m. Déterminer la masse volumique ρ de cette boule (constituée de la masse totale d'hydrogène et d'hélium de la question 3a), sachant qu'on peut calculer son volume avec la formule $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$ (1 point).

Exercice 3 – La voiture de Penny (7 points) :

Sheldon n'a jamais passé son permis de conduire, obligeant ainsi Léonard à le véhiculer. Lors de la saison 2, épisode 5, Penny conduit Sheldon à l'Université californienne Caltech. Ce dernier l'énerve à propos du voyant allumé « check your engine » (la voiture tombera en panne peu après). Elle décide de l'abandonner sur le bord de la route (Sheldon, pas sa voiture)...



- ✓ La 1^{ère} position (M_0 en annexe) est la voiture avec l'étoile ; la dernière position (M_{16}) est avec le carré.
- ✓ ★ à ● : Penny s'arrête et dépose Sheldon (6^e position).
- ✓ ● à ▲ : Penny fait le tour du rond-point (7^e à 11^e position).
- ✓ ▲ à +, puis à ■ : Penny rentre chez elle.

- ✓ La durée séparant deux positions consécutives occupées par la voiture est $\Delta t = 1,0$ seconde.
- ✓ La vitesse maximale autorisée en ville aux USA (comme à Nashua, NH) est de 25 miles par heure, un mile représentant 1,6 km.
- ✓ La longueur moyenne d'une voiture américaine est de 5,50 m, représentée par

1. Etude qualitative du mouvement :

- a) On étudie le mouvement de la voiture. Indiquer le système et le référentiel (0,5 point).
- b) Décrire, avec deux adjectifs à chaque fois, les quatre phases du mouvement, sans justifier (1 point).
- c) Indiquer une portion de route (avec les lettres) permettant à Penny d'avoir une trajectoire différente que lors de la question précédente (0,5 point).

2. Etude vectorielle du mouvement entre ▲ (12^e position) et + (15^e position) :

- a) Sans utiliser l'annexe, déterminer, sur cette portion de route ▲+, la distance totale parcourue (0,5 point).
- b) En déduire la direction, le sens et la norme du vecteur vitesse moyenne en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (1 point).

3. Etude vectorielle du mouvement entre + (15^e position) et ■ (17^e position) :

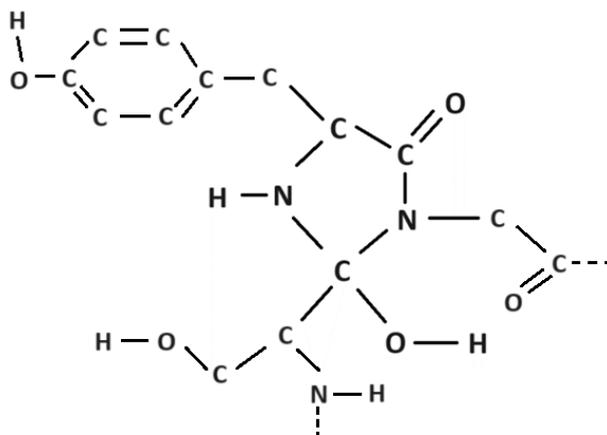
- a) Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée au niveau du + (1,5 point).
- b) Représenter, sur l'annexe, ce vecteur vitesse (1 point).
- c) Penny respecte-t-elle la limitation de vitesse ? (1 point).

*J'espère que ce sujet était très « Bazinga » !!!
Sujet rédigé entièrement par M. Fontaine
(Institution des Chartreux 2023/2024, Lyon, France)*

Nom :	Prénom :
-------	----------

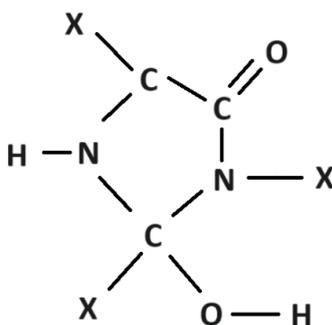
ANNEXE (à rendre uniquement)

Exercice 1, question 1. d) et e) :



*Molécule après cyclisation et réécriture partielle
(certains atomes d'hydrogène ne sont pas écrits volontairement, ce sera corrigé en 3a)*

Exercice 1, question 3. a) :

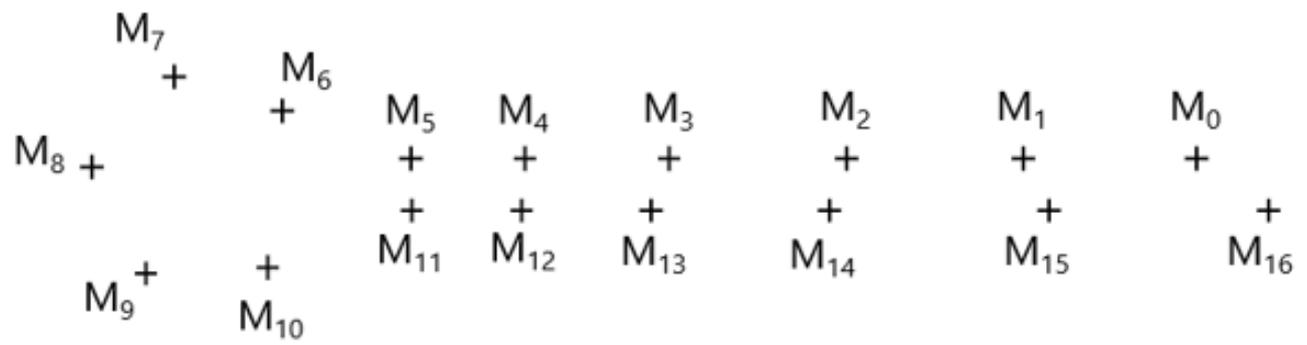


Extrait de la molécule après cyclisation et réécriture partielle

Exercice 1, question 3. b) :

	Justification :
--	-----------------

Liaison	C-H	N-H	C-C	C-N	C-O	C=O
Energie de liaison (kJ/mol)	414	435	347	293	351	741

Exercice 3, question 3. b) :

Echelle à utiliser : 1 cm \leftrightarrow 10 km.h⁻¹