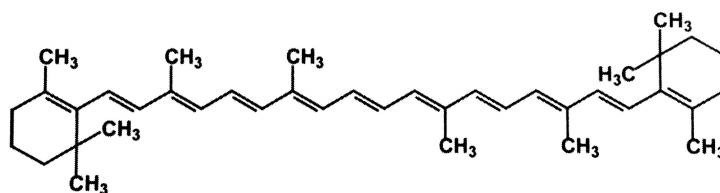


## DM 4 : Quantique et chimie

**Exercice 1 : Couleur du  $\beta$ -carotène**

Certaines molécules organiques présentent des longues chaînes d'alternance de liaisons simples et de liaisons doubles, comme le  $\beta$ -carotène, très présent dans les carottes.



Dans ce genre de molécules, il y a des électrons qui ne sont pas attachés à un atome particulier, mais peuvent au contraire se déplacer sur toute la longueur de la molécule.

On modélise un tel électron, de masse  $m$ , comme une particule qui se déplace librement sur un segment de droite entre les abscisses  $x = 0$  et  $x = L$ . L'énergie potentielle  $E_p$  est nulle sur le segment, et infiniment grande ailleurs (ce qui interdit à l'électron de s'échapper de la molécule).

La fonction d'onde  $\Psi(x, t)$  de l'électron s'écrit sous la forme :  $\Psi(x, t) = \psi(x)\phi(t)$ .

1. Une fonction d'onde qui s'écrit  $\Psi(x, t) = \psi(x)\phi(t)$  est associée à une onde de quelle nature ? Où a-t-on également rencontré ce type d'onde ?
2. Par analogie avec le système dans lequel nous avons rencontré ce type d'onde, établir les longueurs d'onde des ondes pouvant exister, en fonction de  $L$  et d'un entier naturel  $n$  non nul.
3. Rappeler la formule de de Broglie.
4. Déterminer les niveaux d'énergie de l'électron confiné sur la molécule de longueur  $L$ . On les exprimera en fonction de  $L$ ,  $m$ ,  $h$  et  $n$ .

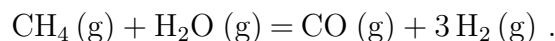
Dans le  $\beta$ -carotène (formule ci-dessus), il y a 11 électrons qui se comportent comme des particules libres confinées, sur toute la longueur  $L = 1,83$  nm de la molécule. Dans l'état fondamental, ces 11 électrons occupent chacun les 11 niveaux d'énergie les plus bas.

5. Calculer les énergies  $E_{11}$  et  $E_{12}$  des niveaux  $n = 11$  et  $n = 12$ .
6. En déduire l'énergie, puis la longueur d'onde  $\lambda$ , d'un photon absorbé par la molécule lorsqu'un électron passe du niveau 11 au niveau 12.
7. Expliquer alors la couleur orangée des organismes qui contiennent une grande quantité de  $\beta$ -carotène.
8. (optionnel) Justifier à l'aide d'un raisonnement énergétique et basé sur la géométrie de la

molécule le fait que la transition considérée soit celle permettant à l'électron de passer du niveau énergétique 11 au niveau 12.

## Exercice 2 : Synthèse du dihydrogène

Un mode de préparation industriel du dihydrogène met en jeu la réaction en phase gazeuse d'équation suivante :



La réaction se déroule sous une pression constante  $P_{\text{tot}} = 10 \text{ bar}$ . La température du système demeure constante et telle que la constante d'équilibre  $K^\circ$  est égale à 15.

1. Écrire les deux demi-équations permettant de retrouver cette équation bilan, en sachant que le carbone est oxydé et l'hydrogène est réduit au cours de cette transformation.
2. Exprimer la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles des constituants et de la pression standard  $P^\circ$ .

Initialement, le système contient 10 moles de méthane, 30 moles d'eau, 5 moles de monoxyde de carbone et 15 moles de dihydrogène.

3. Exprimer le quotient de réaction  $Q_r$  en fonction de la quantité de matière de chacun des constituants, de  $P_{\text{tot}}$  et de  $P^\circ$ . Calculer la valeur de  $Q_r$  à l'instant initial.
4. Le système est-il à l'équilibre thermodynamique ? Justifier.
5. Si le système n'est pas à l'équilibre, dans quel sens se produira l'évolution ?
6. Dans un nouvel état initial, le système ne contient que 10 moles de méthane et 10 moles d'eau. La pression totale reste maintenue à 10 bar. Déterminer la composition du système à l'équilibre, à partir de ce nouvel état initial.

## Exercice 3 : Hauteur d'une chute d'eau

Quelle est la hauteur de la chute d'eau qui apparaît sur la photographie ci-dessous ?

On dispose des caractéristiques techniques de l'appareil photographique et de l'objectif utilisé ainsi que des réglages de l'appareil lors de la prise de vue. La position du photographe est repérée par une croix blanche sur la vue satellite ci-dessous.

On donne les réglages de l'appareil :

- Ouverture :  $f/9,0$
- Durée d'exposition :  $1/100 \text{ s}$
- Distance focale :  $135 \text{ mm}$


**Caractéristiques techniques : Appareil Canon EOS 550D**

Type et Taille du capteur	Cmos APS-C 22,3 × 14,9 mm
Nombre de pixels effectifs	Environ 18,0 millions
Nombre total de pixels	Environ 18,7 millions
Ratio de format	3 : 2
Filtre passe-bas	Intégré / fixe avec auto-nettoyage
Nettoyage des capteurs	Système EOS de nettoyage intégré
Type de filtre couleur	Couleurs primaires

**Caractéristiques : Objectif Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS**

Image size	APS-C
35mm film equivalent focal length	29-216
Angle de champ (horizontal)	64°30' - 9°30'
Construction de l'objectif (éléments/groupes)	16/12
Nombre de lamelles du diaphragme	6
Ouverture minimale	22 - 38 (36)
Distance de mise au point minimale (m)	0,45
Grandissement maximum (×)	0,21 (à 135 mm)

