

# EPREUVE COMMUNE DE SCIENCES PHYSIQUES

**Ce sujet est destiné aux élèves ayant choisi la spécialité sciences physiques**

Avril 2015

Durée : 3h30

Porter sur la partie visible du haut de chaque copie la **mention « spé PC »**.  
Ne pas inscrire le nom et la classe sur la partie visible de la copie

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISE**

Le sujet comporte 15 pages dont **1 annexe (page 15) à rendre avec votre copie.**

Toute réponse doit être justifiée. Un raisonnement rigoureux est exigé.

Il sera tenu compte dans la note de la présentation du devoir.

Tout exercice doit être commencé sur une nouvelle copie.

Ce sujet comporte 4 exercices indépendants les uns des autres :

- |            |                                       |                 |
|------------|---------------------------------------|-----------------|
| <b>I</b>   | <i>Lancement d'un satellite</i>       | <b>6 points</b> |
| <b>II</b>  | <i>Comment mesurer des vitesses ?</i> | <b>5 points</b> |
| <b>III</b> | <i>La saccharine</i>                  | <b>4 points</b> |
| <b>IV</b>  | <i>Photocatalyse</i>                  | <b>5 points</b> |

## **Exercice I : Lancement d'un satellite (6 points)**

### **Document I.1**

Le centre spatial de Kourou a lancé le 21 décembre 2005, avec une fusée Ariane 5, un satellite de météorologie de seconde génération baptisé MSG-2. Tout comme ses prédécesseurs, il est placé sur une orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude. Opérationnel depuis juillet 2006, il porte maintenant le nom de Météosat 9.

Les satellites de seconde génération sont actuellement les plus performants au monde dans le domaine de l'imagerie météorologique. Ils assureront jusqu'en 2018 la fourniture de données météorologiques, climatiques et environnementales.

D'après plusieurs sites Internet.

*L'objectif de cet exercice est d'étudier plusieurs étapes de la mise en orbite de ce satellite.*

*Les parties A, B et C de cet exercice sont indépendantes.*

### **Partie A. Décollage de la fusée Ariane 5**

*Pour ce lancement, la fusée Ariane 5 a une masse totale  $M$ .*

*Sa propulsion est assurée par un ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée verticale constante  $\vec{F}$ . Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur  $g$  est également constante. On étudie le mouvement du système { fusée } dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère  $(O, \vec{j})$  dans lequel  $\vec{j}$  est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe  $Oy$ .*

*À l'instant  $t_0 = 0$  s, Ariane 5 est immobile et son centre d'inertie  $G$  est confondu avec l'origine  $O$  du repère.*

*On utilisera les notations suivantes :*

- $a$  : valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec  $\vec{a} = a_y \vec{j} = a \vec{j}$
- $v$  : valeur de la vitesse de son centre d'inertie, avec  $\vec{v} = v_y \vec{j} = v \vec{j}$
- $y$  : valeur de la position de son centre d'inertie, avec  $\overline{OG} = y \vec{j}$

Données :

- Masse totale de la fusée  $M = 7,3 \times 10^5$  kg
- Force de poussée  $F = 1,16 \times 10^7$  N
- Intensité de pesanteur  $g = 9,8$  m.s<sup>-2</sup>

#### **A.1. Cas idéal**

*Dans ce cas, on supposera que seuls le poids  $\vec{P}$  et la force de poussée  $\vec{F}$  agissent sur la fusée. Pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse de la fusée reste constante.*

- A.1.1. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.
- A.1.2. En appliquant au système { fusée } une loi qu'on énoncera, établir l'expression littérale de la valeur  $a$  de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.
- A.1.3. Vérifier que la valeur de cette accélération est  $a = 6,1$  m.s<sup>-2</sup>.
- A.1.4. Pendant le lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante. Etablir l'expression de la vitesse  $v(t)$ .
- A.1.5. En déduire l'équation de la position  $y(t)$ .
- A.1.6. La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date  $t_1 = 6,0$  s. Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

## A.2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes.

Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée au regard des résultats trouvés dans la partie précédente.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que la Terre est une sphère de centre  $T$ , de masse  $M_T$ , de rayon  $R_T$  et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique. On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie  $S$ . L'étude de son mouvement se fait dans un référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :

- Masse de la Terre :  $M_T = 6,0 \times 10^{24}$  kg
- Rayon de la Terre :  $R_T = 6,4 \times 10^3$  km
- Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  kg<sup>-1</sup> . m<sup>3</sup>.s<sup>-2</sup>

## Partie B. Mise en orbite basse du satellite

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse  $m = 2,0 \times 10^3$  kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé sur une orbite circulaire à vitesse constante  $v_S$  à basse altitude  $h = 6,0 \times 10^2$  km autour de la Terre et il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.

On choisit un repère  $(S, \vec{t}, \vec{n})$  dans lequel  $\vec{t}$  est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et  $\vec{n}$  un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.

B.1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle  $\vec{F}_{T/S}$  exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.

B.2. Etablir l'expression du vecteur accélération  $\vec{a}_S$  du centre d'inertie du satellite en fonction des données du texte.

B.3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date  $t$  quelconque, la Terre, le satellite, le repère  $(S, \vec{t}, \vec{n})$  ainsi que le vecteur accélération  $\vec{a}_S$ .

B.4. Etablir l'expression de la vitesse  $v_S$  du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de  $7,6 \times 10^3$  m.s<sup>-1</sup> sur son orbite basse.

B.5. On note  $T$  le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre.

Comment appelle-t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation  $T^2 = \frac{4\pi^2 (R_T + h)^3}{G.M_T}$ .

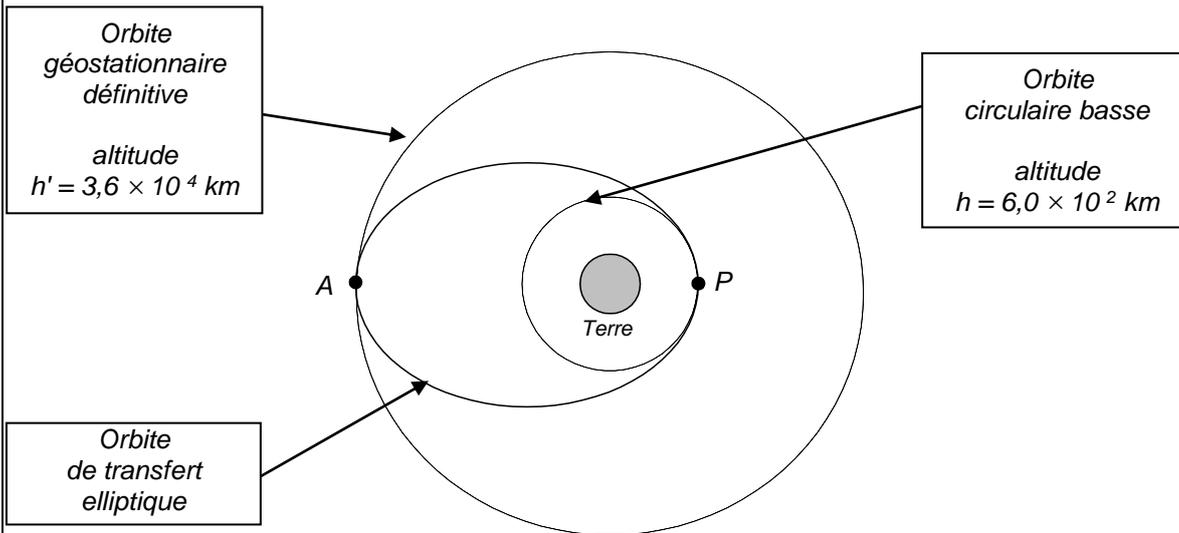
## Partie C. Transfert du satellite en orbite géostationnaire

### Document I.2

Une fois le satellite MSG-2 placé sur son orbite circulaire basse, on le fait passer sur une orbite géostationnaire à l'altitude  $h' = 3,6 \times 10^4$  km. Ce transit s'opère sur une orbite de transfert qui est elliptique. Le schéma de principe est représenté sur la figure ci-dessous

Le périhélie  $P$  est sur l'orbite circulaire basse et l'apogée  $A$  est sur l'orbite définitive géostationnaire.

À un moment convenu, lorsque le satellite est au point  $P$  de son orbite circulaire basse, on augmente sa vitesse de façon bien précise : il décrit ainsi une orbite elliptique de transfert afin que l'apogée  $A$  de l'ellipse soit sur l'orbite géostationnaire définitive. On utilise pour cela un petit réacteur qui émet en  $P$ , pendant un très court instant, un jet de gaz donnant au satellite l'impulsion nécessaire.



### Document I.3

Un satellite **géostationnaire** paraît immobile par rapport à un point de référence à la surface de la Terre. Pour respecter cette propriété, il se situe forcément dans le plan de l'équateur, son orbite est circulaire et son centre est le centre de la Terre. Sa période de révolution est donc égale à la période de rotation de la Terre sur elle-même.

C.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou "loi des aires".

C.2. Montrer, en s'aidant éventuellement d'un schéma, que la vitesse du satellite MSG-2 n'est pas constante sur son orbite de transfert. Préciser en quels points de son orbite de transfert sa vitesse est :

- maximale ;
- minimale.

C.3. Exprimer la distance  $AP$  en fonction de  $R_T$ ,  $h$  et  $h'$ . Montrer que  $AP = 4,9 \times 10^7$  m.

C.4. Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut  $T' = 10h\ 42min$ .

Déterminer la durée  $\Delta t$  du transfert du satellite MSG-2 du point  $P$  de son orbite basse au point  $A$  de son orbite géostationnaire définitive.

C.5. Le satellite étant arrivé au point  $A$ , on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter.

Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu proche de l'équateur comme Kourou en Guyane.

## **Exercice II : Comment mesurer des vitesses ? (5 points)**

On se propose dans cet exercice d'étudier deux méthodes différentes de mesure de vitesse instantanée : celle des véhicules routiers par effet Doppler et celle d'un écoulement par utilisation d'interférences.  
Les deux parties A et B sont indépendantes.

### **Partie A : Radar routier**

#### **Document II.1 – Texte officiel sur le cinémomètre MESTA.**

Le cinémomètre MESTA 208 mesure la vitesse instantanée des véhicules routiers et fonctionne en application de l'effet Doppler dans le domaine des microondes. L'onde électromagnétique émise rayonne son énergie au moyen d'une antenne directive. Après réflexion sur le véhicule, une partie de l'onde est recueillie par la même antenne et mélangée à l'onde émise. **Il en résulte un signal de fréquence égale à la différence de fréquence  $\Delta f$  entre ces deux ondes.** Cet écart  $\Delta f$  est proportionnel à la vitesse  $v$  du véhicule et au cosinus de l'angle formé par le vecteur vitesse de ce véhicule et l'axe de rayonnement de l'antenne, soit :

$$\Delta f = \frac{2 \cdot v \cdot \cos(\alpha)}{\lambda}$$

où  $\lambda$  est la longueur d'onde d'émission.

*D'après [www.industrie.gouv.fr/metro/approb/decisions/8810123310.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/metro/approb/decisions/8810123310.pdf)*

#### **Document II.2 – Texte officiel sur la précision des cinémomètres.**

Les erreurs maximales tolérées applicables pour les cinémomètres à poste fixe sont les suivantes :

- plus ou moins  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , pour les vitesses inférieures à  $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ;
- plus ou moins 5% de la vitesse, pour les vitesses égales ou supérieures à  $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

*D'après [legifrance.gouv.fr](http://legifrance.gouv.fr)*

#### **Document II.3 – Précision du cinémomètre.**

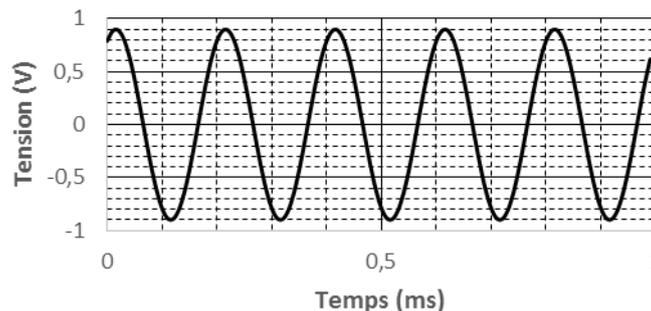
Si l'on considère que la précision de mesure du cinémomètre MESTA 208 dépend essentiellement du réglage de l'angle, l'incertitude relative sur la vitesse mesurée est :

$$\frac{U(v)}{v} = U(\alpha) \cdot \tan(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180}$$

Où  $U(\alpha)$  est l'incertitude absolue sur l'angle  $\alpha$ , exprimée en degrés.

#### **Document II.4 – Signal analysé par le radar.**

Sur une portion d'autoroute limitée à  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , une voiture se fait flasher par un radar à poste fixe. Voici le signal obtenu par le radar après mélange des ondes reçue et émise :



#### **Document II.5 – Article sur la fiabilité des contrôles radar.**

Deux contrevenants flashés par un radar automatique dans le Gard ont été relaxés en octobre 2008. L'argument utilisé par les plaignants, appuyés par les associations, se basait pourtant sur un rapport officiel de la... Police, datant d'octobre 2007, qui démontrait certaines failles quant à l'angle de flash du radar. Réglementairement, l'appareil doit être tourné à 25 degrés par rapport à l'axe de la route. **Dans le cas contraire, le moindre degré de différence peut faire varier la vitesse enregistrée, parfois d'une bonne dizaine de  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  pour un simple écart de deux ou trois degrés.**

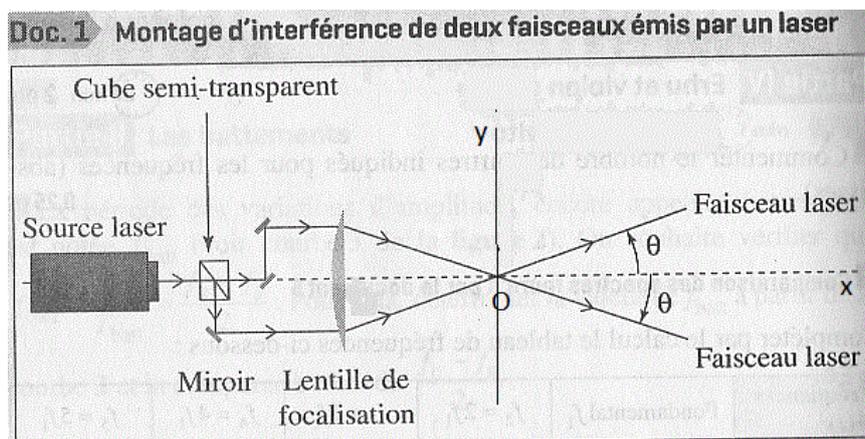
*D'après [www.autonews.fr](http://www.autonews.fr)*

**Donnée**

Célérité des ondes électromagnétiques dans le vide (ou l'air) :  $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

- A.1. Calculer la longueur d'onde d'émission du radar, sachant que la fréquence d'émission est :  $f = 24,125 \text{ GHz}$ .
- A.2. Déterminer la fréquence  $\Delta f$  du signal analysé par le radar (document 4).
- A.3. En déduire la vitesse de la voiture flashée du document 4.
- A.4. Selon les normes définies au document 2, le conducteur peut-il être légalement verbalisé ?
- A.5. En s'appuyant sur un calcul, commenter la phrase en gras du document 5.

**Partie B : Cinémométrie LASER**



Le faisceau LASER est divisé en deux faisceaux par un cube semi-transparent, puis les deux faisceaux sont déviés vers le point O par la lentille de focalisation. Les faisceaux LASER sont inclinés du même angle  $\theta$  de part et d'autre de l'axe (Ox).

**B.1. Etude de la figure d'interférences obtenue sur l'axe (Oy).**

- B.1.1. Expliquer pourquoi il peut y avoir ici des interférences visibles.
- B.1.2. Enoncer la condition d'interférence constructive en un point M à l'aide de la longueur d'onde.

Entre les deux ondes, la différence de longueur de parcours de la source au point M (ou différence de marche en M) s'écrit pour un point M de coordonnées (x,y) :

$$\Delta d_M = 2y.\sin(\theta)$$

- B.1.3. Déterminer l'état d'interférence au point O (0,0).
- B.1.4. Soit A le point de l'axe (Oy) d'ordonnée positive et le plus proche du point O parmi les points ayant le même état d'interférence que O. Déterminer l'expression de l'ordonnée du point A.
- B.1.5. En admettant que la figure d'interférences obtenue sur l'axe (Oy) est périodique, montrer que l'interfrange de cette figure a pour expression :

$$i = \frac{\lambda}{2 \sin(\theta)}$$

**B.2. Application à la mesure d'une vitesse.**

Lorsqu'une particule emportée par le fluide traverse le champ d'interférences, elle diffuse la lumière qu'elle reçoit. Elle va donc émettre principalement quand elle passera au centre d'une frange brillante ; autrement dit, elle enverra un bref flash lumineux à chaque fois qu'elle passera le centre d'une frange brillante.

On suppose que l'écoulement étudié a un mouvement dans la direction (Oy) et que sa vitesse est identique partout. Les particules emportées par l'écoulement sont supposées avoir le même mouvement que le fluide (que ce soit, en direction, sens ou vitesse).

Déterminer la vitesse de l'écoulement si la fréquence des flashes lumineux est :  $f = 1,02 \text{ MHz}$ .

**Données :**

$$\sin(\theta) = 0,50$$

$$\lambda = 633 \text{ nm}$$

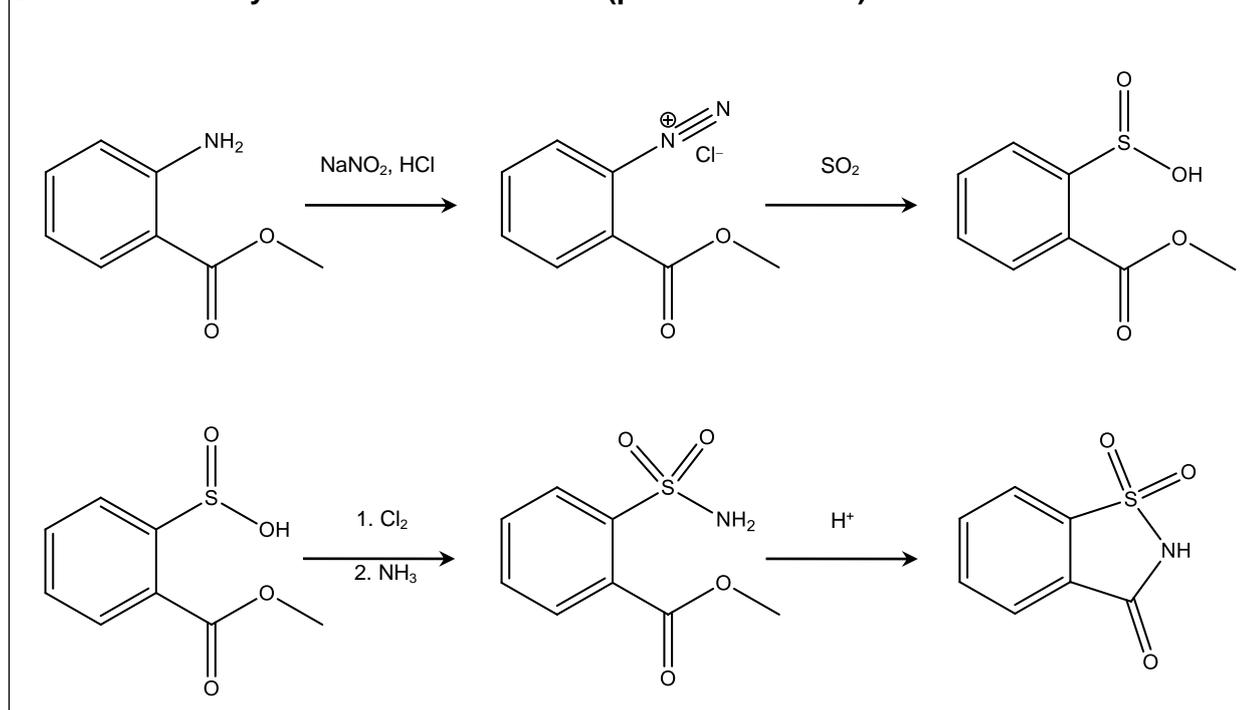
### Exercice III : La saccharine(4 points)

Découverte en 1879 par Ira Remsen et Constantin Fahlberg, la saccharine est l'édulcorant le plus ancien. Son pouvoir sucrant étant 300 à 400 fois plus élevé que celui du saccharose (sucre de table), la saccharine est donc particulièrement utilisée par les diabétiques. Par ailleurs, cet édulcorant n'est pas métabolisé par l'organisme et est complètement excrété par les reins.

La première synthèse de la saccharine conduisit à un faible rendement. Pour y remédier, la Société chimique de Maumee (dans la banlieue de Toledo, état de l'Ohio) développa un nouveau procédé en 1950 (**document III.1**), appelé désormais "procédé Maumee".

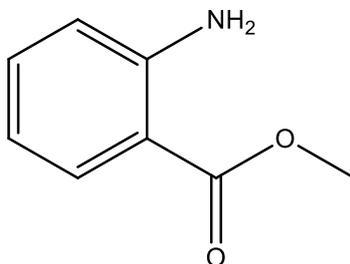
Les **documents III.1** et **III.3** présentent les différentes transformations successives des molécules organiques et précisent, au-dessus des flèches, les réactifs inorganiques employés.

#### Document III.1 Synthèse de la saccharine (procédé Maumee)



#### A. Étude du procédé Maumee

La saccharine est synthétisée à partir du 2-aminobenzoate de méthyle, dont la formule est donnée ci-dessous.

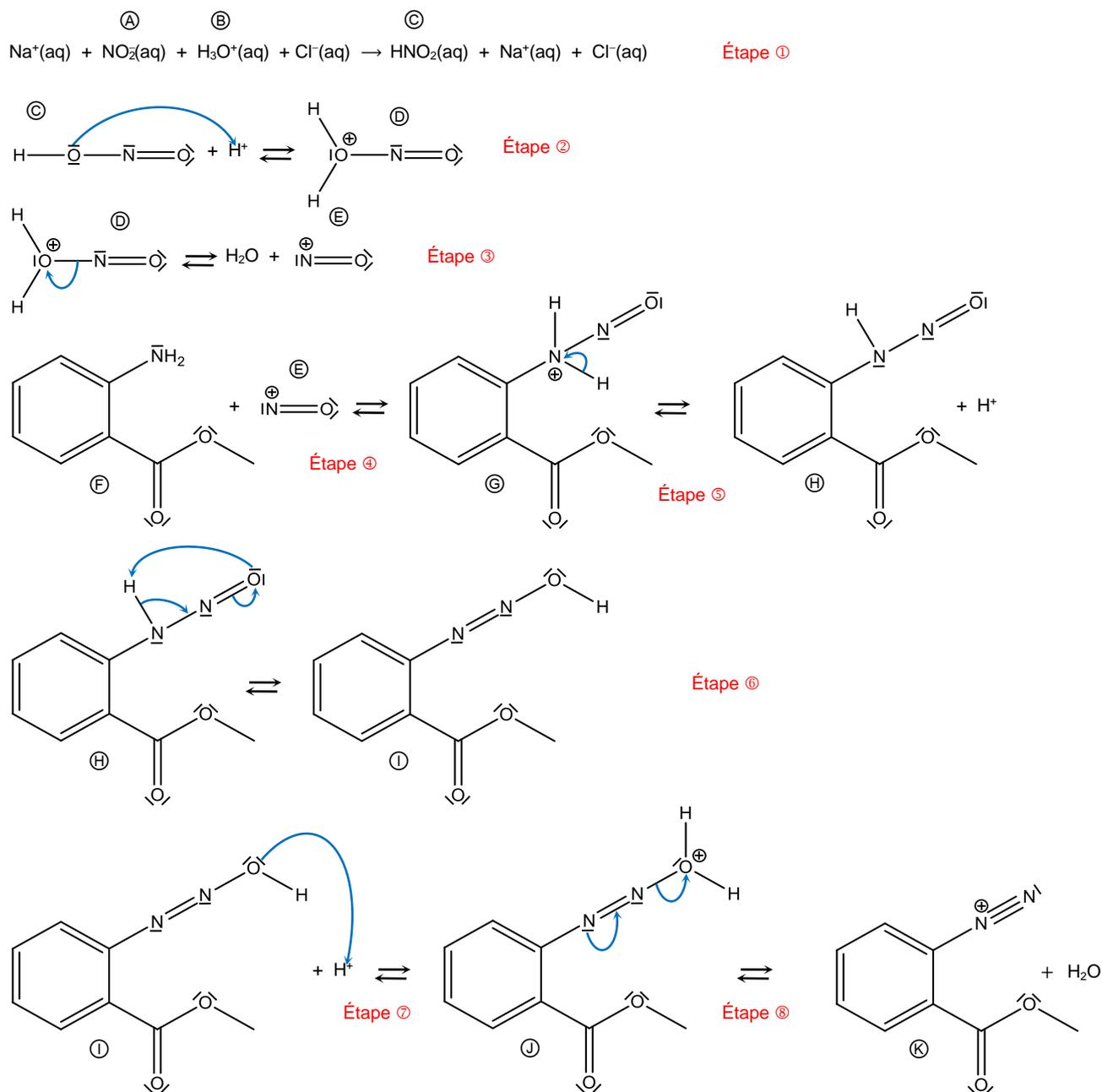


A.1. Ecrire la formule semi-développée du 2-aminobenzoate de méthyle et entourer les groupes caractéristiques.

A.2. À quelles classes fonctionnelles appartient cette espèce chimique ?

La première réaction de la synthèse de la saccharine (procédé Maumee) est une réaction de diazotation (**document III.2**). Cette réaction a lieu en présence d'acide nitreux  $\text{HNO}_2(\text{aq})$  formé directement dans le milieu réactionnel par action de l'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$ ) sur une solution aqueuse de nitrite de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}), \text{NO}_2^-(\text{aq})$ ).

### Doc III.2 Réaction de diazotation



A.3. L'étape ② met en jeu un couple acide/base. Identifier l'espèce acide.

A.4. Pour l'étape ④, préciser :

- les sites donneur et accepteur de doublet d'électrons ;
- le type de réaction (addition, élimination, substitution) mis en jeu.

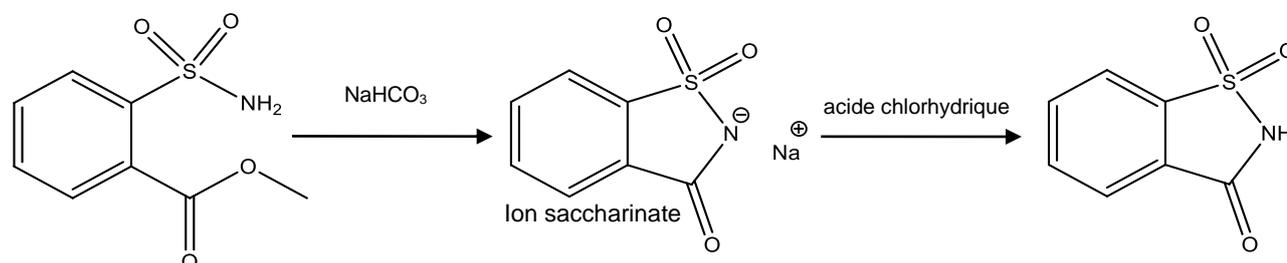
A.5. Sur la feuille annexe à rendre avec la copie, compléter l'étape ④ en indiquant le mouvement du doublet d'électrons.

A.6. L'étape ⑥ est une isomérisation. Justifier ce terme.

## B. Synthèse de la saccharine en laboratoire

Il est possible de synthétiser rapidement de la saccharine à partir du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle suivant la transformation donnée ci-dessous (**document III.3**).

### Document III.3 Synthèse de la saccharine à partir du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle



Un protocole de cette synthèse est fourni dans le **document III.4**.

### Document III.4 Protocole expérimental

1. Dans un ballon tricol de 250mL, introduire un barreau aimanté.
2. Dans le ballon, verser 3,22 g de 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle, 1,51 g d'hydrogénocarbonate de sodium et 50 mL d'eau. Adapter un réfrigérant sur le ballon et mettre sous agitation magnétique.
3. Chauffer à 60 °C jusqu'à dissolution. Poursuivre l'agitation pendant 5 minutes.
4. Cesser le chauffage et laisser refroidir le ballon à température ambiante pendant 5 minutes. Placer ensuite le ballon dans un mélange eau+glace.
5. Verser doucement dans le ballon 25 mL d'acide chlorhydrique à 3 mol.L<sup>-1</sup>.
6. Placer à nouveau le ballon dans un mélange eau+glace.
7. Essorer sous pression réduite sur Büchner et laver le solide avec 10 mL d'eau distillée.
8. Recristalliser le produit brut dans l'eau.
9. Essorer sous pression réduite sur Büchner, collecter le solide dans une boîte de Pétri puis le placer à l'étuve (100 °C).

Le **document III.5** fournit les données physico-chimiques des espèces chimiques mises en jeu au cours de la synthèse de la saccharine. On réalise cette synthèse en suivant le protocole expérimental du **document III.4**. Dans cette synthèse, une mole de 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle réagit avec une mole d'hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>) pour former une mole de saccharine.

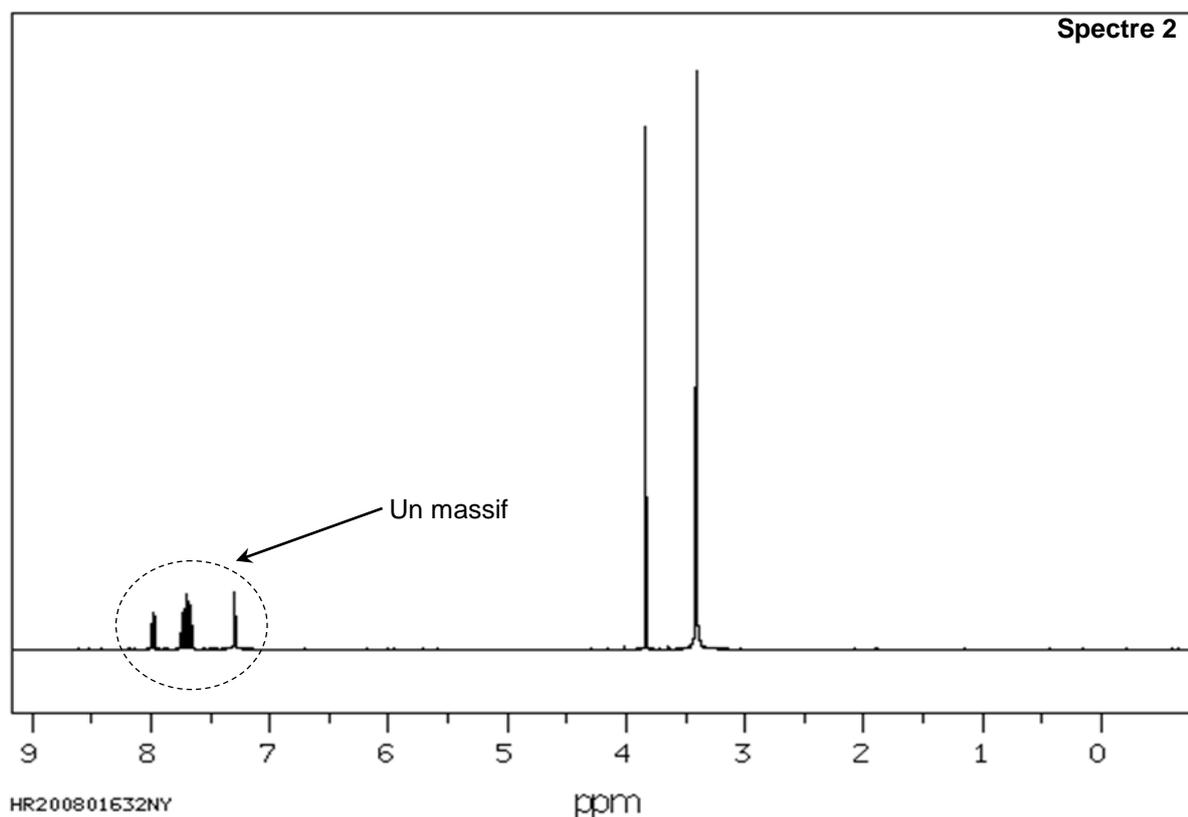
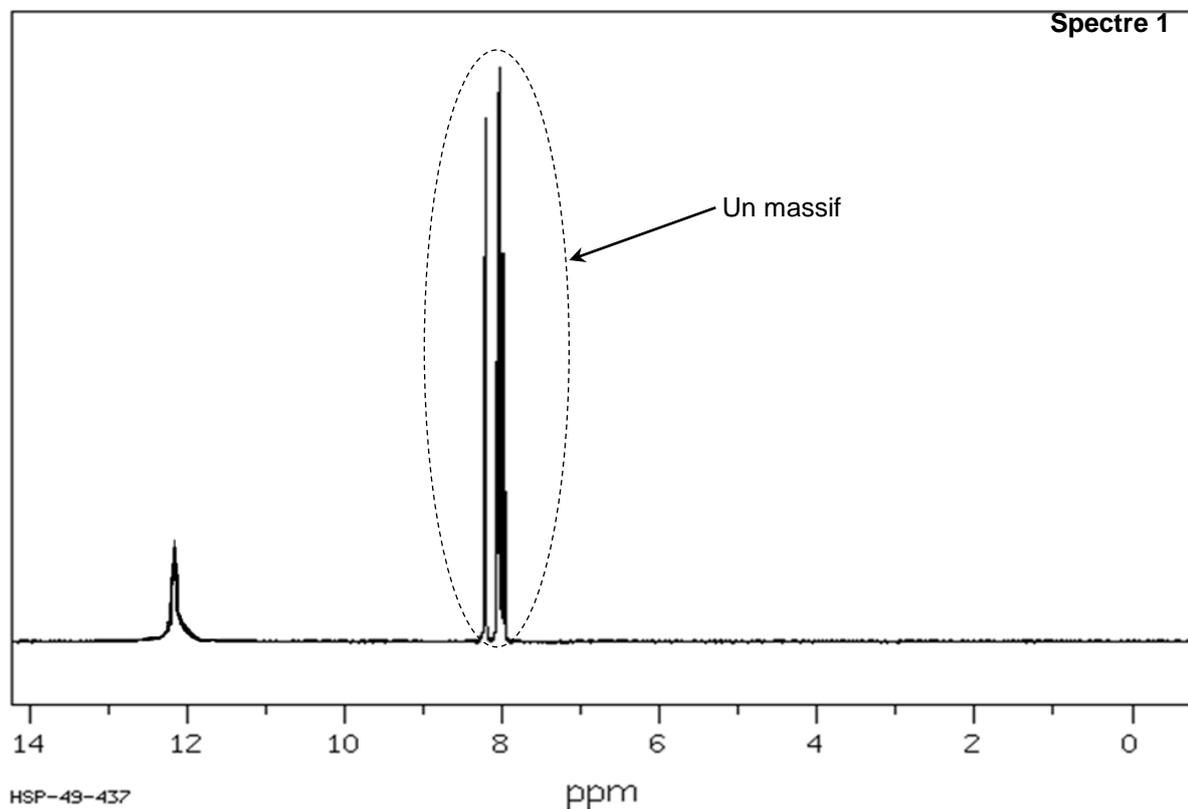
### Document III.5 Données physico-chimiques

| Espèce chimique                                 | Données physico-chimiques  |
|---|--|
| 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle              | $M = 215,23 \text{ g.mol}^{-1}$<br>Température de fusion : 127 °C<br>Très peu soluble dans l'eau à 25 °C<br>Soluble dans l'eau à 100 °C<br>Soluble dans l'acétone et l'éthanol |
| Saccharine                                      | $M = 183,19 \text{ g.mol}^{-1}$<br>Température de fusion : 229 °C<br>Solubilité dans l'eau : 3,45 g.L <sup>-1</sup> à 25 °C et 40 g.L <sup>-1</sup> à 100 °C                   |
| Hydrogénocarbonate de sodium NaHCO <sub>3</sub> | $M = 84,00 \text{ g.mol}^{-1}$<br>Soluble à froid et à chaud dans l'eau  |
| Acide chlorhydrique                             | $M = 36,46 \text{ g.mol}^{-1}$<br>Très soluble dans l'eau  |

- B.1. Calculer la quantité de matière introduite pour chacun des réactifs.
- B.2. Prévoir la masse maximale de saccharine synthétisée (dans le cas d'une réaction totale).
- B.3. La masse de saccharine obtenue (après passage à l'étuve) est de 2,3 g. En déduire le rendement  $\rho$  de cette synthèse.

B.4. Les spectres de RMN de la saccharine synthétisée et du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle sont donnés sur le document III.6. Identifier celui qui appartient à la saccharine en justifiant. On précise que sur un spectre de RMN, le signal associé à l'ensemble des protons d'un cycle est souvent un massif (signaux très proches qui se chevauchent).

**Document III.6 : Spectres RMN de la saccharine synthétisée et du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle**



### Exercice 4 : Photocatalyse et nanoparticules de titane (5 points)

Les panneaux vitrés sont très utilisés dans l'architecture moderne notamment parce qu'ils permettent d'apporter davantage de clarté à l'intérieur des édifices. Cependant les salissures opacifient rapidement les vitres et il est nécessaire d'effectuer très régulièrement des opérations de nettoyage sur des surfaces souvent difficiles d'accès.

Depuis 2001, on trouve dans le commerce des vitres dites « auto-nettoyantes ». Ces vitres sont recouvertes d'une couche transparente de nanoparticules de dioxyde de titane  $TiO_2$ . Sous l'action de la lumière solaire, cette couche facilite la réaction de décomposition, par le dioxygène et l'eau, des matières organiques présentes dans les salissures. Les produits de cette dégradation sont solubles dans l'eau et facilement éliminés par la pluie. Ce phénomène de catalyse d'une réaction chimique par l'action de la lumière s'appelle photocatalyse.

#### Données :

- Célérité de la lumière dans le vide et dans l'air :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck :  $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Energie d'un photon de fréquence  $f$  (en Hz) :  $E = hf$

#### 1. Photocatalyse par les nanoparticules de dioxyde de titane.

En utilisant les documents IV.1 et IV.2, montrer que la lumière solaire permet l'action photocatalytique du dioxyde de titane recouvrant les vitres auto-nettoyantes.

##### Document IV.1. Principe de l'action photocatalytique du dioxyde de titane

Comme pour un atome, les niveaux d'énergie électroniques d'une nanoparticule de dioxyde de titane  $TiO_2$  sont quantifiés. Cependant, ces niveaux d'énergie sont très resserrés, et regroupés en « bandes » d'énergie (**figure 1**). Deux de ces bandes permettent d'expliquer l'effet photo-catalytique de  $TiO_2$  : la bande de valence et la bande de conduction. Dans une nanoparticule de dioxyde de titane à l'état fondamental, tous les électrons se trouvent dans la bande de valence. Dans le cas du  $TiO_2$  de la marque Degussa P25®, l'écart (ou gap) entre la bande de valence et la bande de conduction est égal à 3,2 eV.

Par absorption d'un photon, un électron de la bande de valence d'une nanoparticule de catalyseur est promu dans la bande de conduction (**figure 2**). La perte d'un électron dans la bande de valence forme un trou positif. L'électron promu « migre » en surface du catalyseur, ce qui aurait été impossible s'il était resté dans la bande de valence. L'électron est alors capturé par une molécule de dioxygène ambiant, adsorbée sur la surface du catalyseur. Il se forme alors un ion superoxyde  $O_2^-$ . Quasi simultanément, l'eau présente dans l'environnement cède un électron à la bande de valence du cristal afin de « combler » le trou positif de la bande de valence. L'eau se transforme en un radical hydroxyle HO avec libération d'un ion  $H^+$ .

Les radicaux hydroxyle et l'ion superoxyde sont des Dérivés Réactifs de l'Oxygène, ou DRO. Ce sont eux qui oxydent les matières organiques des salissures, et ce de manière plus efficace que le dioxygène et l'eau.

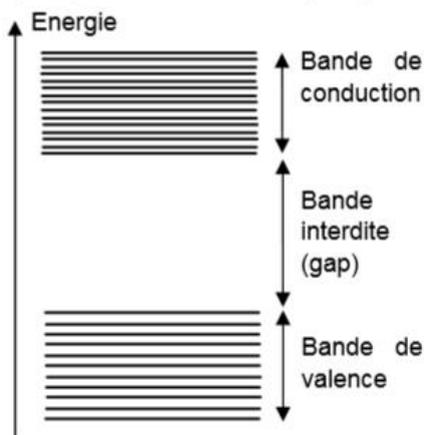


Figure 1. Diagramme de bandes d'énergie d'une nanoparticule de  $TiO_2$

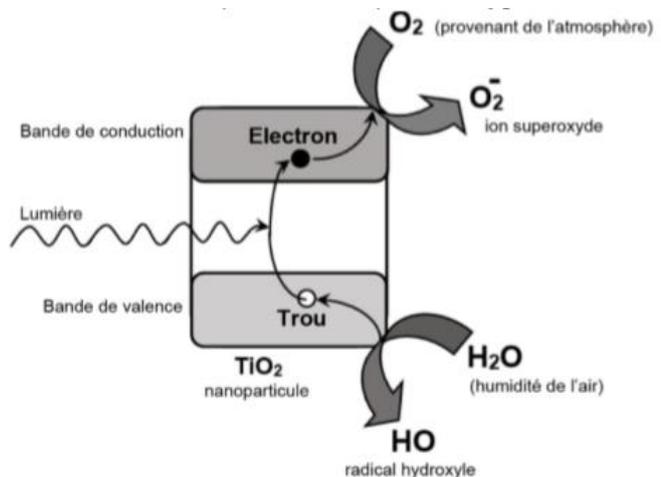
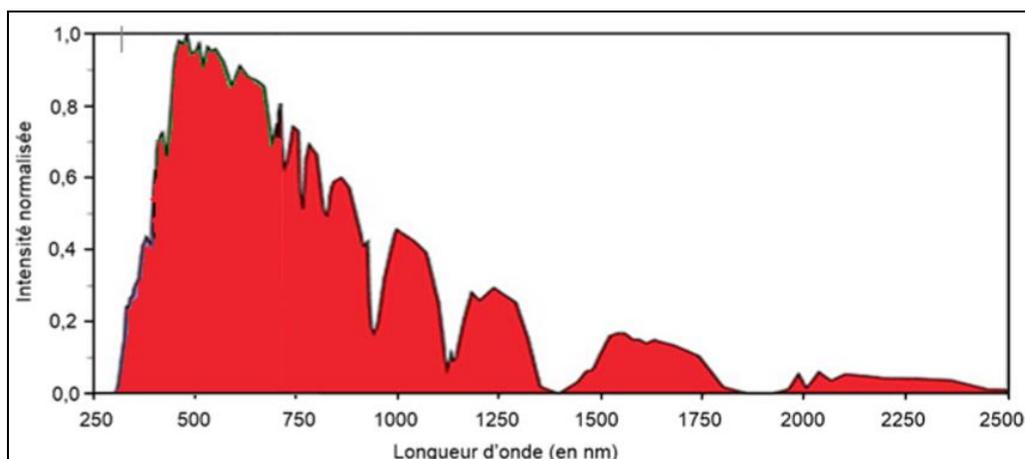


Figure 2. Mécanisme de la photocatalyse par le dioxyde de titane

## Document IV.2. Spectre de la lumière solaire reçue au niveau du sol



### 2. Vérification expérimentale de l'effet catalytique de $\text{TiO}_2$ sur la dégradation du bleu de méthylène.

À l'aide des documents IV.3, IV.4 et IV.5, répondre aux questions suivantes :

2.1. Justifier la longueur d'onde choisie dans le suivi spectrophotométrique.

2.2. Rappeler la définition d'un catalyseur.

2.3. Le suivi spectrophotométrique réalisé permet-il de vérifier que le dioxyde de titane est un catalyseur ? Argumenter précisément votre réponse et proposer, si besoin, une expérience complémentaire à mener pour cette vérification.

2.4. Comment compléter le protocole afin de montrer que le dioxyde de titane Degussa® P25 est un photo-catalyseur ? Décrire les résultats attendus par la mise en œuvre de ce protocole.

### Document IV.3. Suivi spectrophotométrique de la dégradation du bleu de méthylène par le dioxygène de l'air, sous l'action du dioxyde de titane.

Le dioxyde de titane testé lors de cette manipulation est celui de la marque Degussa® P25, dont les nanoparticules ont un diamètre moyen de 25 nm.

Le protocole suivi pour vérifier l'effet catalytique du dioxyde de titane choisi sur la dégradation du bleu de méthylène par le dioxygène de l'air est le suivant :

- Étape 1 : dans un bécher noté A, verser 100 mL d'une solution aqueuse de bleu de méthylène de concentration molaire  $C = 1,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Étape 2 : répéter l'opération précédente dans un bécher noté B.
- Étape 3 : mettre le bécher B sous agitation magnétique et ajouter 300 mg de  $\text{TiO}_2$  Degussa® P25. Ce dernier est insoluble dans l'eau, mais l'agitation permet de disperser les fines particules dans la solution.
- Étape 4 : placer les deux béchers sous une lampe UV, de manière à obtenir un éclairage identique. Conserver l'agitation et mettre en route un chronomètre.
- Étape 5 : effectuer un prélèvement de quelques millilitres du contenu de chacun des béchers au bout de 1 minute.
- Étape 6 : centrifuger le prélèvement du bécher B de sorte que les particules de  $\text{TiO}_2$  Degussa® P25 s'agglomèrent et ne viennent pas perturber les mesures d'absorbance.
- Étape 7 : mesurer l'absorbance des deux prélèvements limpides, à la longueur d'onde de 660 nm.
- Étape 8 : répéter toutes les heures, pendant 5 heures, les étapes de prélèvement, de centrifugation et de mesures d'absorbance.

Résultats des mesures :

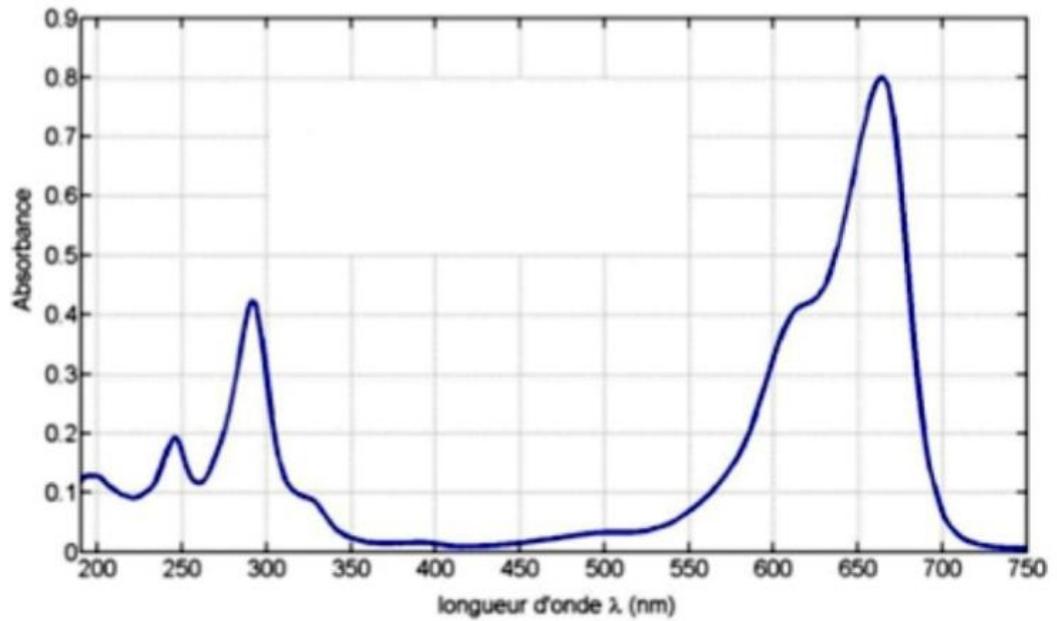
Cas du bécher A

| Instant t (en min) | 1    | 60   | 120  | 180  | 240  | 300  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Absorbance         | 0,28 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,27 | 0,27 |

Cas du bécher B

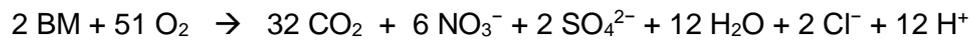
| Instant t (en min) | 1    | 60   | 120 | 180  | 240  | 300  |
|--------------------|------|------|-----|------|------|------|
| Absorbance         | 0,27 | 0,16 | 0,1 | 0,07 | 0,05 | 0,04 |

**Document IV.4 Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de bleu de méthylène à  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$**



**Document IV.5. Quelques données à propos de la décomposition du bleu de méthylène (BM) par le dioxygène.**

- L'équation de la réaction de décomposition du BM est :



- Toutes les espèces produites sont incolores.

Fin de l'énoncé de l'exercice IV



NOM : .....  
Prénom : .....  
Classe : .....

**FEUILLE ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**

Exercice III  
Question A.5.

Réaction de diazotation - Étape ④ à compléter

