

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ÉVALUATIONS

CLASSE : première

VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : Spécialité physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

☐ Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Nombre total de pages : 9

PARTIE A

Le projet SEAREV : Système Électrique Autonome de Récupération de l'Énergie des Vagues (10 points)

Comment fonctionne le système SEAREV ? SEAREV est un système offshore de deuxième génération composé d'un flotteur clos et étanche dans lequel est suspendue une roue chargée qui joue le rôle d'un pendule embarqué. Cette roue à axe horizontal, de grand diamètre (9 m), dont la moitié supérieure est évidée, a sa masse concentrée dans la moitié inférieure, lestée de béton, d'où l'effet de pendule. Sous l'action de la houle et des vagues, le flotteur se met à osciller, entraînant à son tour un mouvement de va-et-vient de la roue pendulaire. Chacun a son propre mouvement, et c'est le mouvement relatif entre le flotteur et la roue qui actionne un système hydro-électrique de conversion de l'énergie mécanique en électricité : des pompes hydrauliques liées à la roue pendulaire chargent des accumulateurs à haute pression ; en se déchargeant, ces derniers livrent à leur tour leur énergie à des moteurs hydrauliques qui entraînent des générateurs d'électricité. Plusieurs flotteurs SEAREV mouillés au large forment un parc (ou ferme). L'électricité est ramenée à terre par un câble sous-marin.

<http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/08searev.pdf>



Pour comprendre le fonctionnement complexe de la roue pendulaire du SEAREV, il a fallu s'intéresser aux oscillations libres des systèmes. Dans cet exercice, la roue pendulaire est modélisée par un pendule simple composé d'une bille de masse m et d'un fil de longueur L . On considère que la roue pendulaire, au passage d'une vague, effectue une oscillation complète (soit un aller-retour).

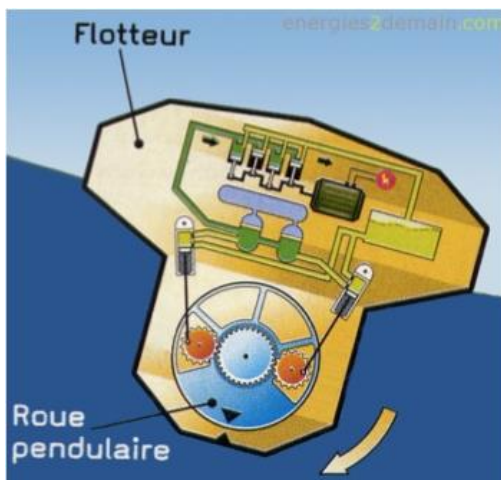


Schéma d'un module SEAREV
www.energies2demain.com

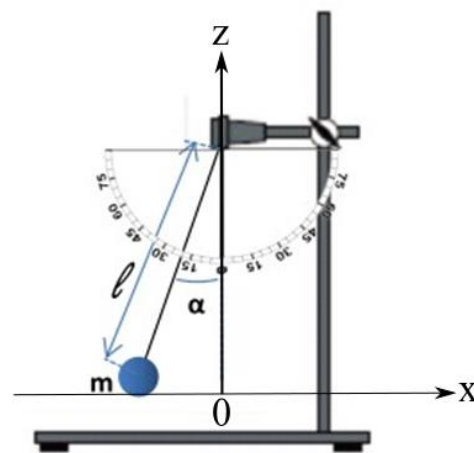
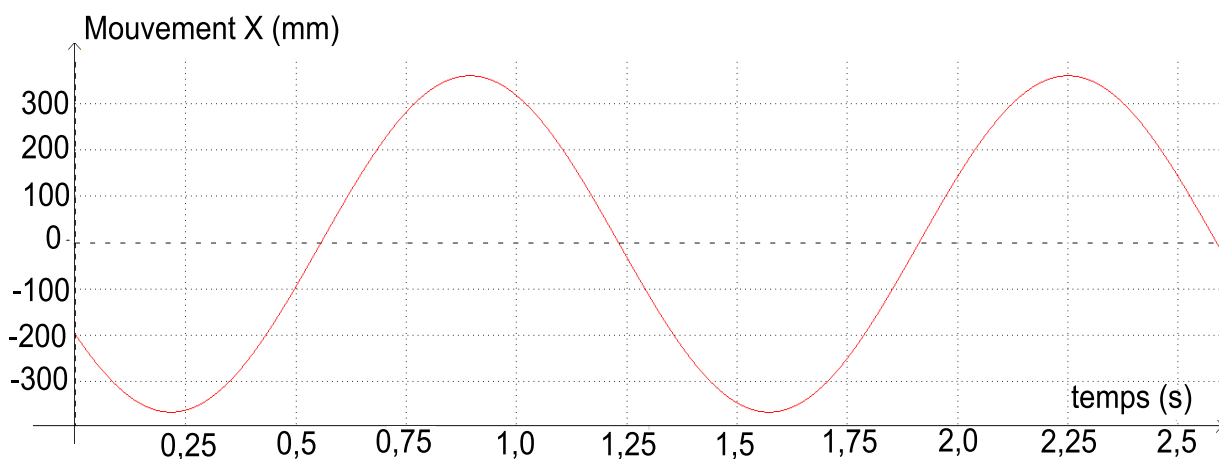


Schéma d'un pendule simple

Afin d'étudier le pendule simple, une vidéo enregistrant les oscillations du pendule a été réalisée ainsi que le pointage des positions occupées par le pendule au cours du temps. On obtient la courbe présentée ci-après.

Oscillations du pendule simple



1. Déterminer la valeur de la période des oscillations du pendule simple étudié.

Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
Né(e) le :	/ /
	N° d'inscription :

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

2. En déduire celle de la fréquence des oscillations de ce pendule.
3. On considère que des vagues atteignent un module SEAREV à un rythme constant. On modélise la roue pendulaire par le pendule simple étudié ci-dessus. Calculer le nombre de vagues qui atteindraient le module en 50 secondes. Commenter le résultat obtenu.

L'énergie des vagues

On considère la puissance moyenne annuelle transportée par mètre perpendiculaire à la direction de propagation des vagues. Les valeurs maximales à la surface du globe, $100 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-1}$, se trouvent au Cap Horn, alors que dans le Golfe de Gascogne en face de nos côtes, on trouve des niveaux de $40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-1}$. La ressource moyenne globale en puissance des vagues se situerait entre 1,3 et 2 TW (soit entre $1,3 \cdot 10^{12}$ et $2 \cdot 10^{12} \text{ W}$) d'après le World Energy Council, soit l'ordre de grandeur de la puissance électrique mondiale installée ($\sim 2 \text{ TW}$). L'énergie récupérable avec les moyens envisagés aujourd'hui serait de l'ordre de 140 à 750 TWh par an. Les développeurs estiment que l'on pourrait installer en mer des parcs de machines avec une densité de puissance de l'ordre de 25 MW par km^2 de mer occupée, ce qui pourrait alimenter de 7 000 à 8 000 foyers français en électricité (moyenne annuelle hors chauffage).

<http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/08searev.pdf>

4. Indiquer si le module SEAREV est un convertisseur d'énergie. Justifier.

Afin de mieux comprendre l'aspect énergétique du module SEAREV, on étudie les énergies associées aux oscillations d'un pendule simple. On obtient les courbes simulées ci-après représentant les variations des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un pendule simple.

5. Un joule équivaut à un $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Parmi les expressions suivantes, choisir, en justifiant à l'aide d'une analyse des unités, celle de l'énergie cinétique E_C puis celle de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} :

a) $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

d) $E_{PP} = m \times g$

b) $E_C = \frac{1}{2} \times m \times v$

e) $E_{PP} = m \times g \times z$

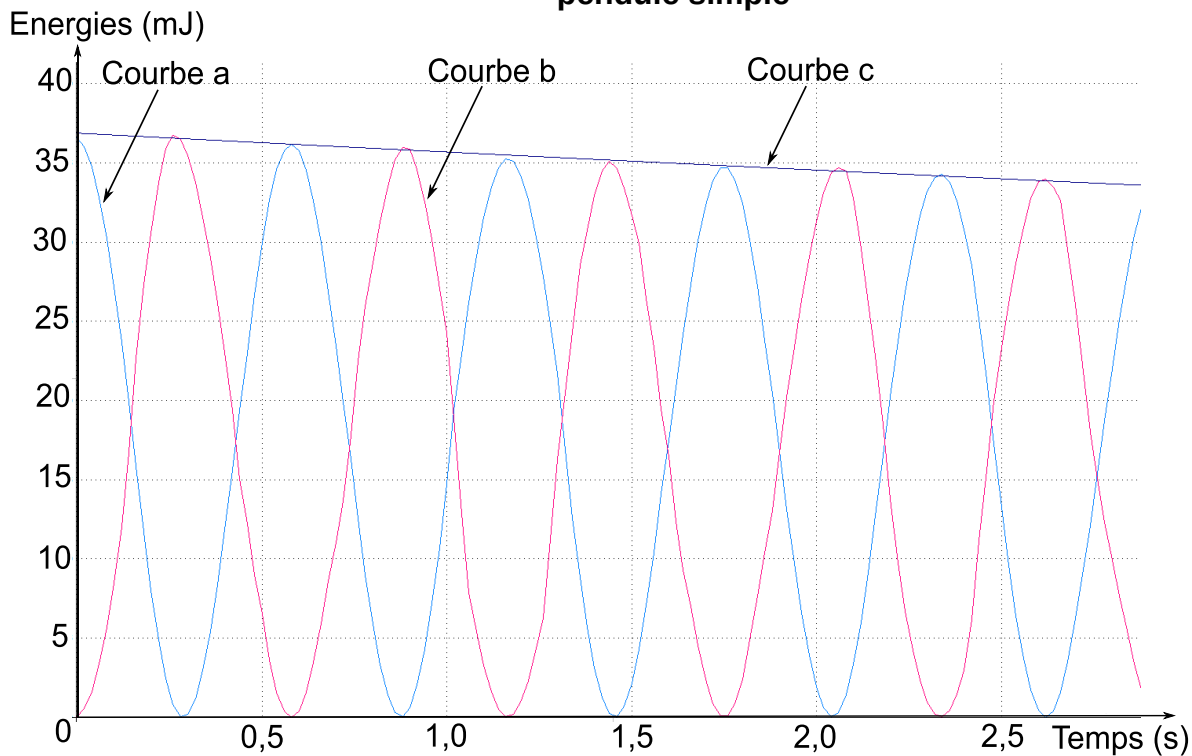
c) $E_C = \frac{1}{2} \times v^2$

f) $E_{PP} = g \times z$

où m est la masse du système étudié, v est la vitesse, g est l'intensité de la pesanteur et z l'altitude.



Simulation des variations des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un pendule simple



6. Le pendule est lâché, sans vitesse initiale, avec un angle $\alpha = 30^\circ$. Associer à chaque courbe (a, b et c) de la simulation, une énergie (cinétique, potentielle ou mécanique). Justifier.
7. Indiquer si l'énergie mécanique du pendule est conservée au cours de son mouvement. Justifier.
8. Déterminer la valeur du travail des forces non conservatives s'exerçant sur le pendule pendant une durée $\Delta t = 2,5$ s. Justifier.
9. Citer une force non conservative s'exerçant sur un module SEAREV.

Des parcs de machines composés de dizaines de module SEAREV sont envisagés pour produire de l'électricité. On estime la surface d'un parc de machine à 1 km^2 . D'après le site futura-science.com, la consommation d'électricité annuelle moyenne par foyer en France est d'environ 5 MWh.

10. Déterminer si un parc de machines permettrait de répondre aux besoins énergétiques annuels de 8 000 foyers français, comme indiqué précédemment.

Donnée : $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$.

Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
Né(e) le :	(Les numéros figurent sur la convocation.) / /
	N° d'inscription :

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

PARTIE B

Synthèse d'un composé chimique photochrome (10 points)

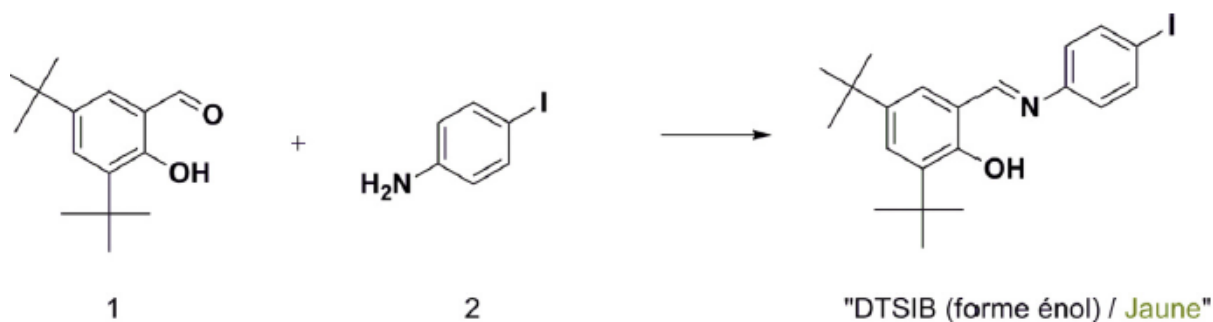
Le photochromisme est la transformation d'une espèce chimique d'une forme A vers une forme B (ou inversement) provoquée par l'absorption d'un rayonnement électromagnétique. Chacune des deux formes, A et B, possède un spectre d'absorption différent. Le passage d'une forme à l'autre est accompagnée par un changement des propriétés physiques de l'espèce chimique, telles que l'indice de réfraction, la solubilité, la viscosité.

La plupart des composés photochrome passe d'une forme incolore ou légèrement colorée (jaune pâle) à une forme plus colorée (bleu, rouge...). Les applications de ce type de composé sont nombreuses : verre photochromique (qui s'assombrit à la lumière du soleil), capteurs UV, revêtements intelligents, stockage d'information, encre de sécurité.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Photochromisme>

Nous nous intéressons à la synthèse d'un composé photochrome le N-(3,5-di-tert-butylsalicylidène)-4-iodobenzène, que nous noterons DTSIB.

L'équation de la réaction modélisant la synthèse du DTSIB à partir du 3,5-di-tert-butyl-2-hydroxybenzaldéhyde (1) et du 4-iodoaniline (2) est la suivante :

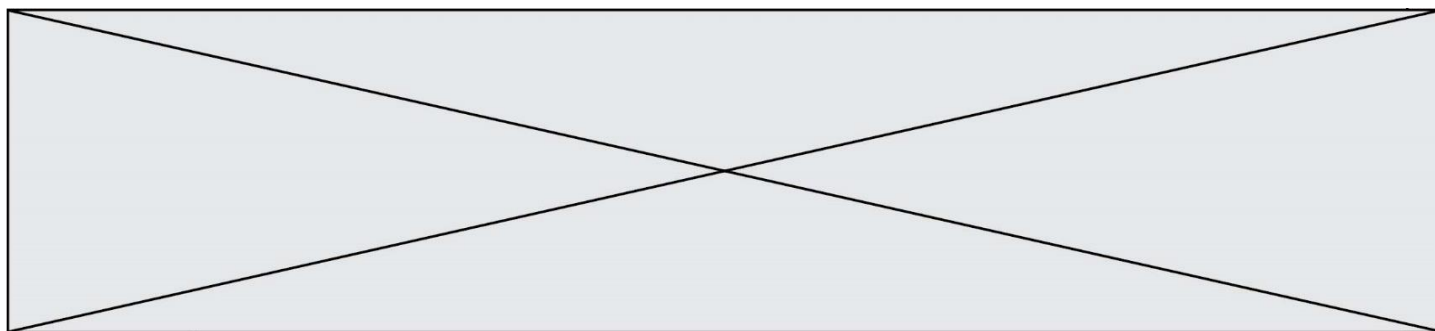


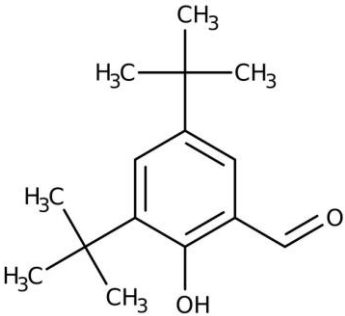
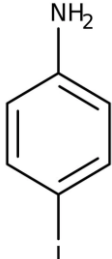
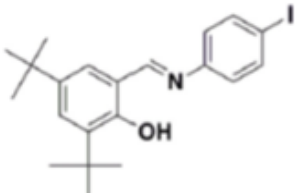
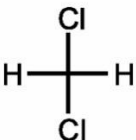
Synthèse et étude d'un composé photochrome de la famille des salicylidène-anilines par Jonathan Piard et Rémi MÉTIVIER, Le Bup n° 955-956

Données

- Electronegativité de certains atomes : hydrogène $\chi(\text{H}) = 2,2$; carbone $\chi(\text{C}) = 2,5$; oxygène $\chi(\text{O}) = 3,44$.
- Informations concernant certaines molécules :

Molécule	Propriétés	Dangers
3,5-di-tert-butyl-2-hydroxybenzaldéhyde (ou pourra la noter DTBHB)	▪ Etat solide à température ambiante ▪ Soluble dans le méthanol et l'éthanol	▪ Provoque une irritation cutanée ▪ Provoque une sévère irritation des yeux



	▪ Masse molaire moléculaire: $234,33 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	▪ Peut irriter les voies respiratoires
4-iodoaniline 	▪ Etat solide à température ambiante ▪ Légèrement soluble dans l'eau. Soluble dans le chloroforme, le méthanol et l'éthanol ▪ Masse molaire moléculaire: $219,02 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	▪ Nocif par contact cutané ▪ Provoque une sévère irritation des yeux ▪ Nocif par inhalation ▪ Provoque une irritation cutanée ▪ Nocif en cas d'ingestion ▪ Peut irriter les voies respiratoires
N-(3,5-di-tert-butylsalicylidène)-4-iodobenzène (on pourra le noter DTSIB) 	▪ Peu soluble dans le méthanol ▪ Soluble dans le dichlorométhane ▪ Masse molaire moléculaire: $435,34 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	
Dichlorométhane 	▪ Masse molaire moléculaire : $84,93 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	▪ Nocif par contact cutané ▪ Provoque une sévère irritation des yeux ▪ Nocif par inhalation ▪ Provoque une irritation cutanée ▪ Nocif en cas d'ingestion ▪ Cancérogénicité
Méthanol $\text{CH}_3 - \text{OH}$	▪ Masse molaire moléculaire : $32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	
Ethanol	▪ Masse molaire moléculaire :	

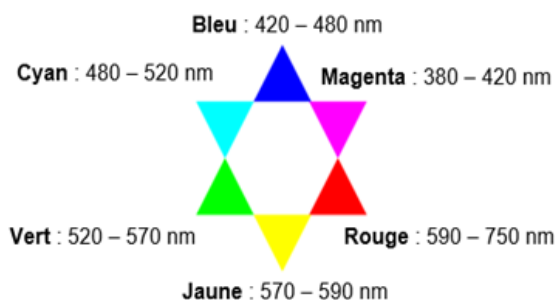


CH ₃ – CH ₂ – OH	46 g·mol ⁻¹	
Cyclohexane 	■ Masse molaire moléculaire : 78 g·mol ⁻¹	

- Table de données pour la spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
O–H	2900–3200	forte
N–H amine	3100–3500	moyenne
O–H acide carboxylique	2500–3200	forte à moyenne, large
N–H amine ou amide	1560–1640	forte
C = N imine	1615–1700	forte

- Cercle chromatique :



Étude du protocole expérimental

Le protocole expérimental de la synthèse du DTSIB est le suivant :

Dans un erlenmeyer, introduire 400 mg de 3,5-di-tert-butyl-2-hydroxybenzaldéhyde et 400 mg de 4-iodoaniline dissous dans 15 mL d'éthanol. Le 4-iodoaniline est donc ajouté en léger excès.

Ajouter une pointe de spatule d'acide para-toluènesulfonique. Agiter vigoureusement la solution à température ambiante. Au bout de vingt minutes d'agitation environ, vérifier l'apparition d'un précipité jaune persistant. Après quarante-cinq minutes d'agitation, le mélange réactionnel est filtré sur Büchner, lavé avec 15 mL d'éthanol par petites fractions, essoré cinq minutes sous vide puis séché sur papier filtre.

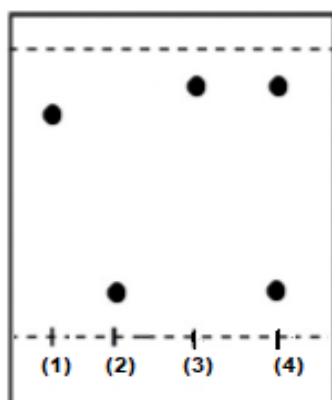
Synthèse et étude d'un composé photochromede la famille des salicylidène-anilines par Jonathan Piard et Rémi MÉTIVIER, Le Bup n° 955-956



1. Indiquer les précautions à prendre lors de l'utilisation du 3,5 di-tert-butyl-2-hydroxybenzaldéhyde et du 4-iodoaniline.
 2. Justifier par un calcul la phrase suivante : « Le 4-iodoaniline est donc ajouté en léger excès. »
 3. Indiquer le rôle joué par l'éthanol lors de cette synthèse.
 4. Déterminer le caractère polaire ou apolaire des molécules d'éthanol et de cyclohexane.
 5. Indiquer si on peut utiliser le cyclohexane à la place de l'éthanol lors de cette synthèse.
 6. Indiquer le nom de la technique de séparation utilisée à la fin de la synthèse. Schématiser le matériel utilisé et légender le schéma.
- A la fin de la synthèse, on recueille 392 mg de DTSIB brut.
7. Déterminer le rendement de cette synthèse. Commenter le résultat obtenu.

Identification et propriétés du produit obtenu

Une analyse du produit de synthèse obtenu par chromatographie sur couche mince donne les résultats suivants :



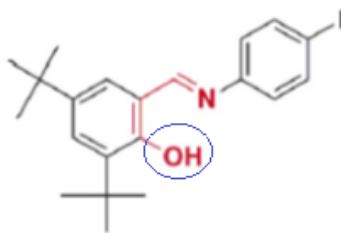
- (1) 3,5- di-tert-butyl-2 hydroxybenzaldéhyde
- (2) 4-iodoaniline
- (3) DTSIB pur
- (4) Produit de synthèse brut

8. Interpréter le chromatogramme obtenu.
9. Indiquer si les résultats de la CCM paraissent en accord avec les conditions expérimentales choisies.

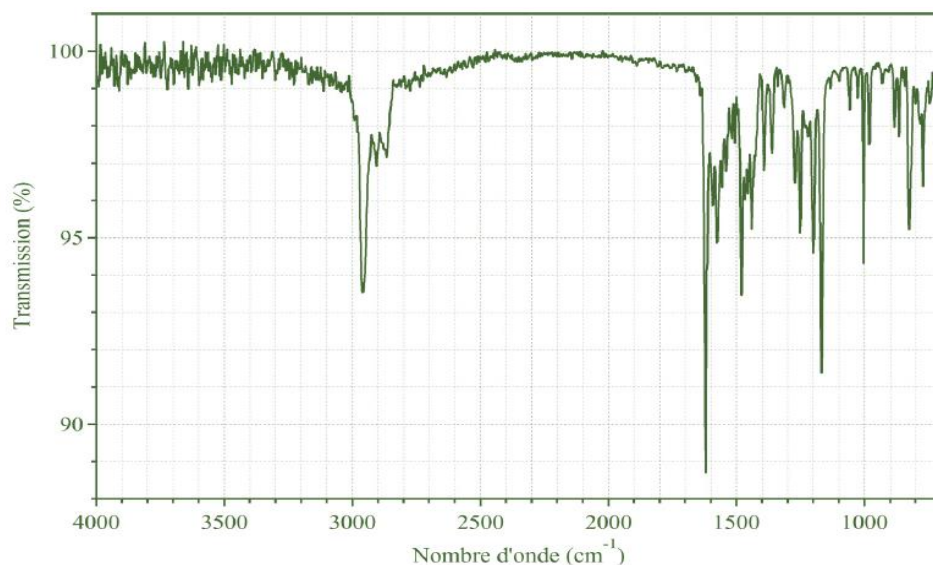
Afin de purifier le produit brut obtenu, on peut procéder à une recristallisation en utilisant du méthanol comme solvant de recristallisation.

10. Justifier l'utilisation du méthanol comme solvant permettant d'éliminer les éventuelles traces de 3,5-di-tert-butyl-2-hydroxybenzaldéhyde et de 4-iodoaniline présentes dans le produit final.

11. Nommer la famille associée au groupe caractéristique entouré sur la molécule DTSIB représentée ci-dessous :



Les groupes caractéristiques présents dans cette molécule peuvent être identifiés grâce aux spectres infrarouge (I.R.). Celui de cette molécule DTSIB est proposé ci-dessous :



Spectre infrarouge du DTSIB sous sa forme émol

Synthèse et étude d'un composé photochromede la famille des salicylidène-anilines par Jonathan Piard et Rémi MÉTIVIER, Le Bup n° 955-956

12. Analyser le spectre infrarouge ci-dessus et justifier qu'il peut correspondre à celui de la molécule de DTSIB.

Le DTSIB existe sous deux formes : une forme émol de couleur jaune et une forme cétone de couleur rouge. Il est possible d'analyser le passage de la forme cétone à la forme émol grâce à la spectrophotométrie.

13. Indiquer dans quel intervalle de longueur d'onde régler le spectrophotomètre afin de suivre la disparition de la forme cétone.