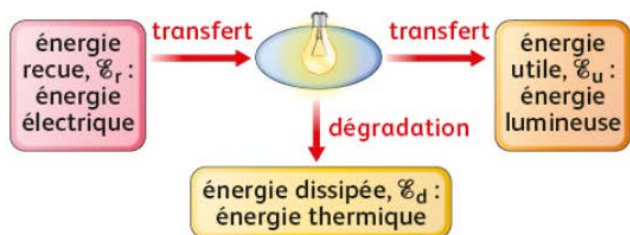


**Enjeux énergétiques :**

- Chaîne énergétique et principe de conservation de l'énergie



Le schéma d'une chaîne énergétique rend compte de la conservation de l'énergie :

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_u + \mathcal{E}_d$$

- Énergie et puissance

L'énergie  $\mathcal{E}$  transférée à un système avec une puissance constante  $\mathcal{P}$  pendant une durée  $\Delta t$  est :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t$$

Unités SI :  
 $\mathcal{E}$  en joule (J)  
 $\mathcal{P}$  en watt (W)  
 $\Delta t$  en seconde (s)

**EXEMPLE** En baissant la puissance d'une lampe, on réduit sa consommation énergétique sur une heure. Une lampe de moindre puissance est aussi appelée lampe basse consommation. Son bilan énergétique est meilleur que celui d'une lampe à incandescence.

**Les ressources énergétiques renouvelables :**

Les ressources énergétiques renouvelables sont de plus en plus exploitées :



vent

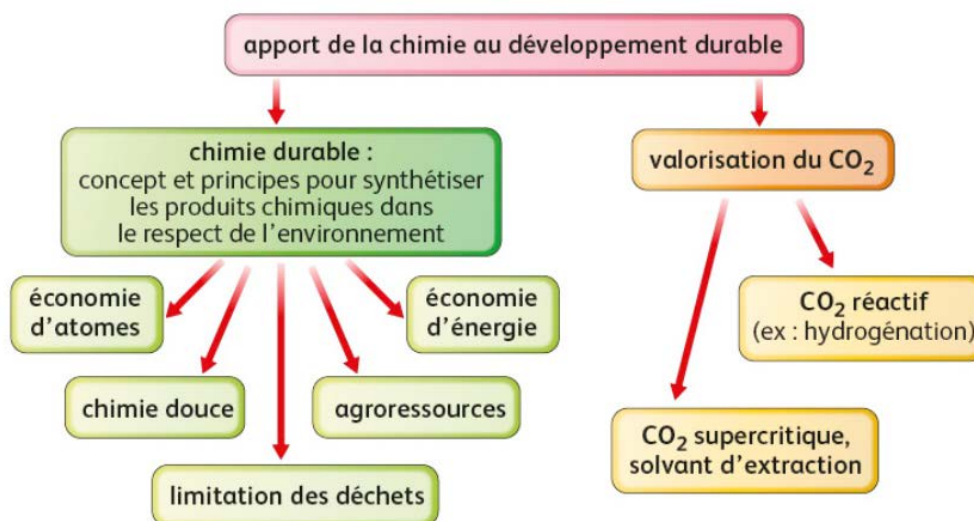


eau



soleil

**Apport de la chimie au développement durable :**



**EXERCICE – SYNTHÈSE DE LA BENZOÏNE**

La benzoïne est une molécule utilisée dans de nombreux domaines de l'industrie chimique, en pharmacologie et cosmétique par exemple.

Le but de cet exercice est d'étudier des protocoles de synthèse de la benzoïne à partir du benzaldéhyde et de les comparer, au regard de la chimie verte.

**La méthode ZININ 1839**

La méthode ZININ est l'une des premières méthodes de synthèse de la benzoïne à partir du benzaldéhyde, utilisant les ions cyanure comme catalyseurs.

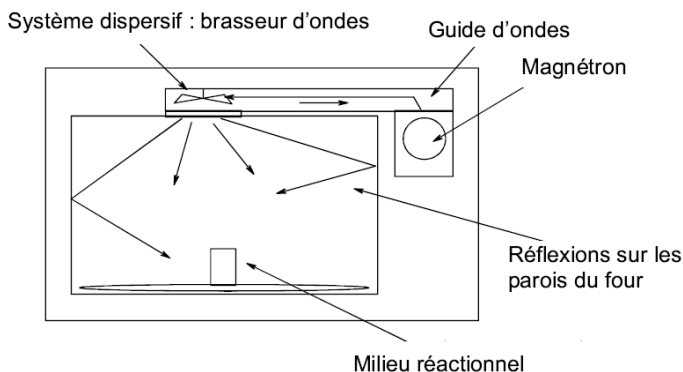
## Utilisation du four à micro-onde pour la synthèse

Ronald Breslow a découvert en 1950 que l'on pouvait remplacer, dans la synthèse de la benzoïne, les ions cyanure par la thiamine (vitamine B1) comme catalyseur en milieu basique.

À partir de 1980, le chauffage au four à micro-ondes a remplacé le chauffage à reflux dans cette synthèse.

Dans un four à micro-ondes domestique, un magnétron (générateur de micro-ondes) émet des ondes électromagnétiques d'hyperfréquences ( $f = 2,45 \text{ GHz}$ ) canalisées dans un guide d'ondes pour arriver au-dessus du plateau tournant. Ces ondes sont ensuite dispersées par réflexions multiples sur les parois.

L'interaction entre les ondes électromagnétiques et les molécules du milieu réactionnel peut être modélisée par l'absorption par les molécules de photons associés aux ondes électromagnétiques. Selon l'énergie du photon absorbé, l'effet diffère, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.



### Données :

- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;
- $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

Énergie du photon absorbé	Nature de la transition mise en jeu	Effet sur les molécules
1,5 eV à 10 eV	Transition entre niveaux d'énergie électronique	Les électrons changent de niveaux, la molécule peut s'ioniser
0,003 eV à 1,5 eV	Transition entre niveaux d'énergie vibrationnelle	Les liaisons de la molécule vibrent selon différents modes
$1 \times 10^{-6} \text{ eV}$ à 0,003 eV	Transition entre niveaux d'énergie rotationnelle	La molécule tourne sur elle-même

Quel est l'effet produit sur les molécules du milieu réactionnel par les ondes électromagnétiques émises dans le four à micro-ondes ? Un calcul est attendu.

### Comparaison des différents protocoles

Le tableau suivant récapitule différents protocoles de synthèse ramenés à une quantité équivalente de benzaldéhyde de départ.

Année du protocole	Substances chimiques	Chauffage	Masse de benzoïne obtenue
1839	Benzaldéhyde 15 mL Ion cyanure Éthanol + eau (solvant)	à reflux durée = 30 min puissance = 250 W	7,8 g
1950	Benzaldéhyde 15 mL Thiamine (milieu basique) Éthanol + eau (solvant)	à reflux durée = 90 min puissance = 100 W	7,4 g
1980	Benzaldéhyde 15 mL Thiamine (milieu basique) Éthanol + eau (solvant)	au four micro-onde durée = 7 min puissance = 600 W	9,0 g

En quoi l'évolution du protocole de cette synthèse va-t-il dans le sens de la chimie verte ? La réponse devra comporter un argument environnemental et un argument énergétique.

Espèce chimique	Caractéristiques	Pictogramme de sécurité
<b>Cyanure de potassium KCN</b>	- $T_{\text{fusion}} = 635 \text{ °C}$ - Donne des ions $\text{K}^+$ et $\text{CN}^-$ par dissolution dans l'eau - Soluble dans l'eau et l'éthanol - Masse molaire : $65 \text{ g.mol}^{-1}$	 En milieu acide, un dégagement gazeux de HCN (gaz toxique)
<b>Thiamine (vitamine B1)</b>	- $T_{\text{fusion}} = 248 \text{ °C}$ (décomposition) - Soluble dans l'eau et l'éthanol. - Masse molaire : $265 \text{ g.mol}^{-1}$	
<b>Éthanol</b> $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	- $T_{\text{fusion}} = -114 \text{ °C}$ - $T_{\text{ébullition}} = 78 \text{ °C}$ - Masse volumique à $20 \text{ °C}$ : $\rho = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$ - Masse molaire : $46,1 \text{ g.mol}^{-1}$	