

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

PROJET 3

---

# Rapport de laboratoire CSTR

---

**Groupe 11.64**

ASSELBERGHS Paul

BERTIN Brice

COUPLET Adrien

CREPEULANDT Grégory

GATIN Anthony

GENNART Antoine

GILLARD Juline

MARTIN Pierre

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Objectif</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Matériel et méthode</b>	<b>1</b>
2.1	Matériel . . . . .	1
2.2	Mode de régulation des débits . . . . .	1
2.3	Mesure par réfractométrie . . . . .	2
2.4	Bilan de masse . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Résultats</b>	<b>3</b>
3.1	Calcul du débit . . . . .	3
3.2	Graphique . . . . .	3
3.3	Bilan de masse en régime stationnaire . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Discussion</b>	<b>5</b>

23 septembre 2015

# 1 Objectif

- Compréhension de la notion de procédé en continu ;
- Description de la phase transitoire au démarrage du procédé ;
- Mesure de débits ;
- Bilan de masse sur l'unité de dilution ;
- Présentation graphique et discussion de résultats dans un rapport structuré.

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 Matériel

- Bouteille de grenadine (1L) x3
- Bouteille de sirop de Menthe (1L) x3
- Tubes à transvaser x6
- Réservoirs (21cm x 20xcm x 18 cm) x4
- Petit réacteur CSTR (Berlin gradué avec évacuation à 920 ml dans notre cas) x2
- Mélangeur magnétique x2
- Chronomètre x2
- Pipettes  $\pm 40$
- Réfractomètre
- Tube gradué x2

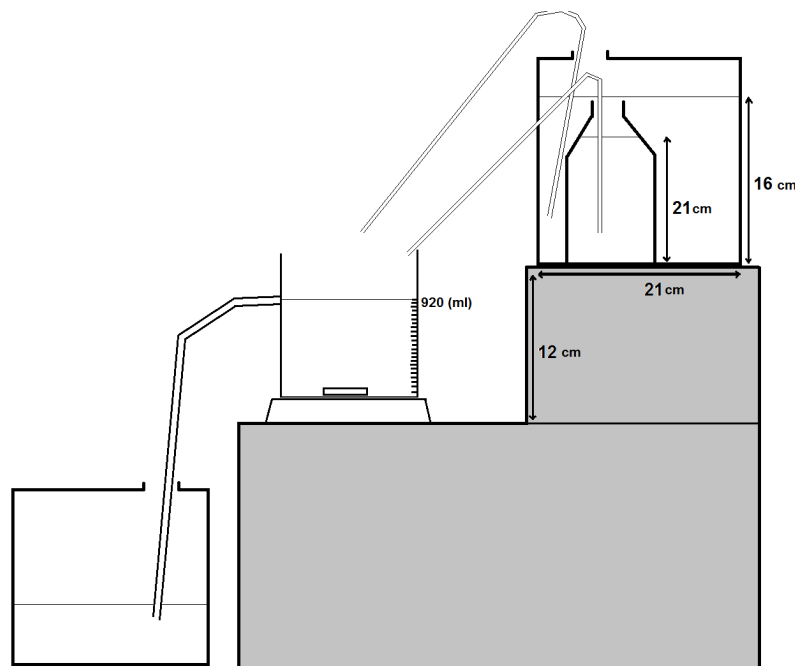


FIGURE 1 – Disposition du matériel utilisé

### 2.2 Mode de régulation des débits

#### 2.2.1 Méthode utilisée

1. Lancement de l'écoulement par appel d'air dans le tube.
2. Le liquide s'écoule dans un tube gradué. L'opération est chronométrée.
3. Tous les 10 ml le temps est noté.

4. Le débit correspond à  $\frac{V}{t}$
5. Pour le résultat final, nous prenons la valeur moyenne des débits mesurés.

**Remarque :** Afin de garder les débits constants, nous avons veillé à ce que le système reste immobile.

## 2.3 Mesure par réfractométrie

### 2.3.1 Principe de fonctionnement

La réfractométrie est une technique de mesure de l'indice de réfraction d'un matériau. Le réfractomètre utilisé pour nos mesures est de type portable et mesure en degrés Brix ( $^{\circ}\text{B}$ ) la fraction de saccharose en g pour 100g de liquide. La mesure se fait à l'aide d'un prisme à indice de réfraction élevé. Sur base du phénomène de réfraction, la lumière, au passage de l'échantillon au prisme, est déviée de sa trajectoire. (Voir figure 2)

- La réfraction est grande lorsque la teneur en sucre de l'échantillon est faible.
- Inversement, la réfraction est faible lorsque la teneur en sucre est élevée.

**Remarque :** Le réfractomètre utilisé dispose d'une correction automatique de la température

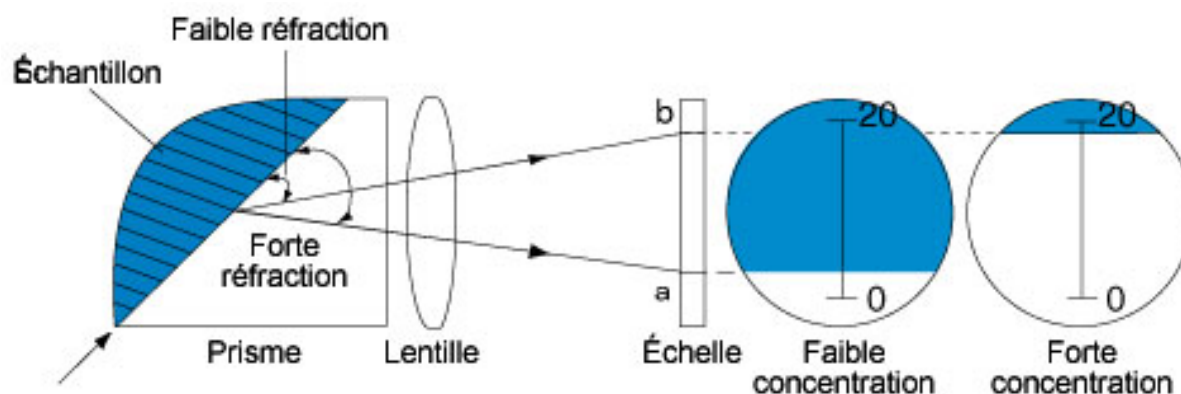


FIGURE 2 – Fonctionnement d'un réfractomètre<sup>1</sup>

### 2.3.2 Méthode utilisée

1. Prélèvement régulier du mélange dans le réacteur (systématiquement au même endroit, au fond au bord).
2. Mesure au réfractomètre de la concentration en saccharose de l'échantillon.

**Remarque :** Pour mesurer le taux de sucre de la grenadine/menthe (trop élevé pour le réfractomètre), nous l'avons diluée dans de l'eau.

## 2.4 Bilan de masse

### 2.4.1 Méthode utilisée

Pour les bilans de volumes totaux, nous avons regardé les débits des différents liquides que nous avons. Nous avons ensuite comparé les volumes finaux obtenus dans les bidons et dans le réacteur.

Pour les bilans de masse, nous avons regardé la quantité de sucre dans les solutés à partir de l'étiquette. À partir des débits, nous avons pu déterminer quelle quantité de sucre entraînait dans le réacteur. Ensuite, grâce à la mesure de réfractométrie nous avons pu comparer les résultats obtenus.

1. Source : <http://www.mesurez.com/refractometre-principe-mode-emploi.html>

### 3 Résultats

#### 3.1 Calcul du débit

Débit menthe (soluté)			Débit grenadine (soluté)			Débit eau (solvant)		
Temps [s]	Volume [ml]	Débit [ml/s]	Temps [s]	Volume [ml]	Débit [ml/s]	Temps [s]	Volume [ml]	Débit [ml/s]
52	20	0.38	59	20	0.34	9	30	3
98	30	0.31	93	30	0.32	12	40	3.3
105	40	0.38	126	40	0.32	15	50	3.3
Moyenne		0.35	Moyenne		0.33	18	60	3.3
						Moyenne		3.3

TABLE 1 – Tableaux des mesures de débits

#### 3.2 Graphique

Temps [min]	Taux [°B]
0	0.2
1	1.4
2	2.3
3	3.1
4	3.8
5	4.1
6	4.6
8	5.0
10	5.3
12	5.7
15	5.4
20	5.8
25	5.9
30	5.9
35	5.9
40	6.2
45	5.9

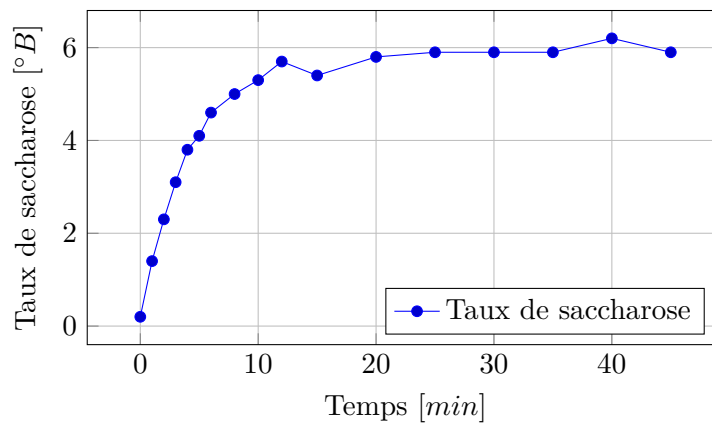


FIGURE 3 – Taux de saccharose par rapport au temps (Grenadine)

Temps [min]	Taux [°B]
0	0.0
1	2.0
2	3.0
3	4.8
4	5.0
5	5.8
6	6.2
8	7.0
10	7.4
12	8.0
15	8.3
20	8.8
25	8.9
30	9.0
35	9.0
40	9.0
45	9.0

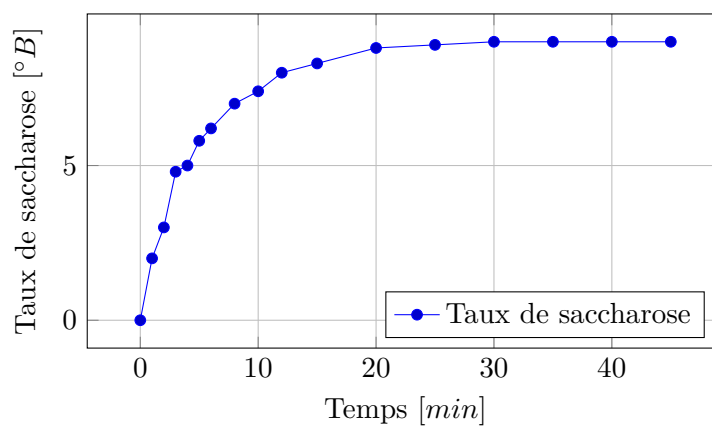


FIGURE 4 – Taux de saccharose par rapport au temps (Menthe)

### 3.3 Bilan de masse en régime stationnaire

#### Vérification des volumes obtenus

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= V_{\text{initial}} + V_{\text{sortie}} \\
 &= 0.920 + (2.1 \cdot 2.1 \cdot 1.75) \\
 &= 0.920 + 7.715 \\
 &= 8.6375 \text{ L} \\
 V_{\text{débit}} &= (0.33 + 3.3) \cdot 45 \cdot 60 = 10.721 \text{ L}
 \end{aligned}$$

On remarque que les résultats obtenus sont fort différents mais appartiennent au même ordre de grandeur.

#### Bilan de masse (mélange grenadine)

Résultats mesurés par réfractométrie	5.9g de sucre pour 100ml d'eau
Selon les ingrédients	68.8g de sucre pour 100ml de grenadine.
Selon les débits	5.7g de sucre pour 100ml de mélange

$$\begin{aligned}
 D_v &= 0.33 \text{ ml/s} \Rightarrow D_{m,\text{sucre}} = 0.227 \text{ g/s} & V_{\text{total}} &= 10.721 \text{ L} \\
 m_{\text{sucre}} &= D_{m,\text{sucre}} \cdot 45 \cdot 60 = 613 \text{ g}
 \end{aligned}$$

#### Bilan de masse (mélange menthe)

Résultats mesurés par réfractométrie	9.0g de sucre pour 100ml d'eau
Selon les ingrédients	68.8g de sucre pour 100ml de menthe.
Selon les débits	6.5g de sucre pour 100ml de mélange

$$\begin{aligned}
 D_v &= 0.38 \text{ ml/s} \Rightarrow D_{m,\text{sucre}} = 0.261 \text{ g/s} & V_{\text{total}} &= 10.856 \text{ L} \\
 m_{\text{sucre}} &= D_{m,\text{sucre}} \cdot 45 \cdot 60 = 705.8 \text{ g}
 \end{aligned}$$

## 4 Discussion

### a) Comparaison des deux expériences

On remarque grâce aux graphiques des figures 3 et 4 que la valeur limite du taux de saccharose entre les deux expériences (menthe et grenadine) est différente. Nous expliquons cela par une différence de débit entre la menthe et la grenadine, le débit de menthe étant plus élevé (voir table 1).

### b) Ce qu'on peut en tirer comme loi(s) générale(s) sur la phase transitoire

On remarque que lors de la phase transitoire le taux de sucre augmente de manière exponentielle jusqu'à la phase stationnaire. Dans la phase transitoire, contrairement au régime stationnaire, on remarque que le taux de sucre varie avec le temps.

### c) Influence du volume du réacteur (avantages / désavantages)

Un grand réacteur à l'avantage d'être stable (il fallait moins souvent remettre de l'eau dans le bidon pour garder un débit constant) par contre il a le désavantage de demander un plus grande quantité initiale.

**d) Comparaison d'un procédé en continu par rapport à un procédé en batch**

Un procédé en continu est se déroule dans des conditions identiques tout au long du déroulement (températures, pression, quantité de soluté, quantité de solvant, ...). Il y a toujours le même apport en solvant et soluté à l'entrée du réacteur, et le même produit qui en sort fini.

Un procédé en batch, aussi appelé procédé discontinu est surtout utilisé de manière expérimentale, lors que des petites quantités, précises sont requises. Dans ce genre de procédé, les conditions peuvent changer (température, pression, masses, ...).

Avantages d'un <b>procédé continu</b>	Avantages d'un procédé en <b>batch</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Déroulement automatique</li><li>- Phase transitoire observable avec précision</li><li>- Qualité constante</li><li>- Production sans arrêt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pas de surveillance constante du procédé</li><li>- Quantités précises produite</li><li>- Pas de contrôle des flux</li><li>- Changement de température possible</li></ul>

**e) Que se passerait-il si le procédé se déroulerait lentement ?**

La phase transitoire serait très longue.

**f) Que se passerait-il si la réaction était incomplète ?**

Il y aurait des réactifs et des produits présents simultanément dans le réacteur.