

## Projet 3 - Tache 2

### Groupe 124.3

FRENYO Péter (6266-12-00)  
GILLAIN Nathan (7879-12-00)  
LAMINE Guillaume (7109-13-00)  
PIRAUX Pauline (2520-13-00)  
PARIS Antoine (3158-13-00)  
QUIRINY Simon (4235-13-00)  
SCHRURS Sébastien (7978-13-00)

12 novembre 2014

## Table des matières

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>   | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Visite du plant de Yara à Tertre</b>   | <b>1</b> |
| <b>3</b> | <b>Visite du centre Total Research Technology Feluy</b>                               | <b>1</b> |
| <b>4</b> | <b>Visite de la station de biométhanisation de l'AIVE à Tenneville</b>                | <b>2</b> |
| <b>5</b> | <b>Laboratoire d'électrolyse</b>  | <b>2</b> |
| 5.1      | Découverte d'un autre procédé de fabrication du dihydrogène : l'électrolyse . . . . . | 2        |
| 5.2      | Explication de la réaction . . . . .  | 2        |
| 5.3      | Discussion paramétrique et observations du laboratoire . . . . .                      | 2        |
| 5.4      | Conclusions . . . . .   | 3        |
| <b>6</b> | <b>Atelier créatif (conduite de brainstorming)</b>                                    | <b>3</b> |

## 1 Introduction

Dans le cadre du projet, vous avons eu l'opportunité de participer à diverses activités en lien avec la chimie ou le travail en équipe. Ce document présente les rapports, destinés aux membres du groupes, de ces différentes visites.

## 2 Visite du plant de Yara à Tertre

## 3 Visite du centre Total Research Technology Feluy

Chaque année, TOTAL investit plus de 8 milliards de dollars dans des centres de recherches comme celui de Feluy. Dans ce centre, les recherches effectuées portent sur les conditions d'opérations et les catalyseurs utilisés lors de la fabrication de polymères. Lorsque les ingénieurs de chez Total veulent tester de nouvelles conditions d'opérations (température, pression, etc) ou tester un nouveau catalyseur, ils le font d'abord sur des petites unités, qu'on appelle unités pilotes. Ces unités permettent de produire une petite quantité de polymère (de l'ordre de quelques centaines de grammes). Si ces premiers tests sont concluants, ils passent

ensuite sur une plus grosse unité pilote capable de produire 50 kg/d. La taille d'une telle unité pilote est vraiment impressionnante. On pourrait s'attendre à un petit réacteur situé dans un laboratoire, mais en réalité l'unité pilote mesure une dizaine de mètre de hauteur et s'étale sur au moins 40 m<sup>2</sup>. On imagine à peine la taille de l'unité de production qui produit des tonnes de polymères par jour.

Cette visite, bien que très intéressante et très instructive, n'était malheureusement pas en lien avec notre projet.

## 4 Visite de la station de biométhanisation de l'AIVE à Tenneville

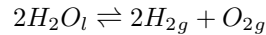
## 5 Laboratoire d'électrolyse

### 5.1 Découverte d'un autre procédé de fabrication du dihydrogène : l'électrolyse

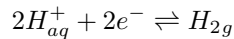
Le but du laboratoire était de découvrir un nouveau procédé de fabrication du dihydrogène autre que le vaporéformage, de le caractériser et de le comparer avec le procédé utilisé dans la méthode de production Haber-Bosch en terme de consommation, de pollution et de coût de production.

### 5.2 Explication de la réaction

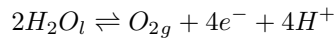
L'électrolyse de l'eau consiste à briser les liaisons entre l'oxygène et l'hydrogène de l'eau à l'aide d'un courant électrique. Ensuite, les deux composés prennent part à une réaction d'oxydo-réduction. Ce qui donne, à température ambiante, de l'hydrogène sous forme de dihydrogène gazeux (tout comme l'oxygène qui devient du dioxygène gazeux), un des produits souhaités. La réaction suivante est la réaction bilan du procédé en question.



En décomposant la réaction selon ce qui passe à l'anode et à la cathode, on obtient :



à la cathode et



à l'anode. On observe que le pH peut jouer un rôle favorable ou défavorable à l'obtention du dihydrogène. Idem pour le courant.

### 5.3 Discussion paramétrique et observations du laboratoire

Lors de la première expérience, tout les groupes avaient les même paramètres, à savoir un courant de 1 A, une température ambiante (approx. 20°C), un pH de 1 (obtenu avec une solution d'acide sulfurique 5M) et le milieu de la réaction était continuellement agité afin de pourvoir supposé que la concentration en acide était identique partout dans le bécher. Nous déduisons pour la première expérience que la production de dihydrogène gazeux est linéaire par rapport au temps.

Lors des expériences suivantes, nous avons modifié les paramètres un à un afin de déterminer l'impact de ceux-ci sur la réaction et donc la production du dihydrogène. Dans la deuxième expérience, la température a été augmentée. Dans la troisième expérience, le courant était diminué et dans les deux dernières expériences, le pH a été modifié.

Toutes ces expériences nous donnent également une relation linéaire entre le volume de  $H_2$  produit et le temps. De la deuxième expérience, on retient qu'une augmentation de température diminue le temps nécessaire à l'obtention d'un même volume de dihydrogène. De la troisième expérience, nous retenons également que le courant influence de manière proportionnelle la production de  $H_2$  : à temps égaux, si le courant est divisé par deux, alors le volume produit de dihydrogène est divisé par deux également. Enfin des deux dernières expériences, nous apprenons que un pH acide favorise la production de dihydrogène tandis qu'un pH plus

basique inhibe cette production(l'imprécision des mesures prises ne permet pas de distinguer correctement quel pH(basique ou acide) favorise la production de dihydrogène).

Ce qui ressort de ces expériences :

- La production de dihydrogène en fonction du temps est linéaire
- Nous pouvons jouer sur certains paramètres afin d'obtenir un débit massique suffisant que pour alimenter notre chaîne de production.

## 5.4 Conclusions

Maintenant, cherchons les conditions idéales pour obtenir du dihydrogène. Il faut que le courant soit le plus grand possible et que la température soit la plus haute(voir section au-dessus). Dans ces conditions-là, nous obtenons un plus grand débit massique de dihydrogène.

Pour produire le  $H_2$  nécessaire à notre chaîne de production (soit 266.32 t/d à 1000K), nous avons besoin d'une certaine puissance qu'il va falloir déterminer. Tout d'abord transformons le débit massique en débit volumique :

$$266.32 \text{ t/d} = 3.082 \text{ Kg/s} \approx 3.1 \text{ Kg/s}$$

Dans le document cité dans la bibliographie, une étude sur la production de dihydrogène par électrolyse provenant de panneaux photovoltaïque nous donne une formule qui lie le courant à la masse d'eau utilisée pour l'électrolyse et le rendement faradique(qui est de 90% dans la plupart des cas). Le rendement faradique est Le courant nécessaire pour produire cette quantité vaut donc :

$$I = \frac{96487000 \cdot \dot{m}_{H_2}}{\eta_f} = \frac{96487000 \cdot 3.1}{0.9} = 3.32 \cdot 10^8 \text{ A}$$

avec  $\eta_f$  le rendement faradique et  $\dot{m}_{H_2}$ , le débit massique de  $H_2$  à produire. La puissance est le produit entre le courant et la tension. La puissance nécessaire est donc :

$$P = V \cdot I = 1.5 \cdot 3.32 \cdot 10^8 \approx 5 \cdot 10^8 W$$

ce qui est très important(méthode assez énergivore).

Pour finir, nous comparerons les deux méthodes de production de dihydrogène vues, à savoir le vaporéformage et l'électrolyse.

En terme de pollution, il est clair que l'électrolyse ne produit pas ou peu de pollution de par sa consommation en électricité (si on suppose que l'électricité peut être obtenue grâce à des énergies renouvelables) tandis que le vaporéformage est très polluant : il libère quasiment une mole de  $CO_2$  pour deux mole de  $NH_3$  produites. Pour le rendement et le coût de production, le vaporéformage est malheureusement plus pratique. En effet, l'achat et le stockage de gaz naturel et d'eau est sans doute moins cher (et plus facile d'accès) que de consommer beaucoup de puissance électrique pour obtenir du dihydrogène à partir de l'eau. C'est pourquoi il est le procédé choisis industriellement pour la production de dihydrogène.

## 6 Atelier créatif (conduite de brainstorming)

### Références

- [1] Nasreddine CHENNOUF et Boubekour DOKKAR Belkhir NEGROU, Noureddine SETTOU. *Etude d'une installation de production d'hydrogène solaire par l'électrolyse de l'eau.*