

المسيلة في : 24 نوفمبر 2024

رقم: 414/ق ه ك /2024

شهادة إدارية
بخصوص مطبوعة الدروس الخاصة بالأستاذ
قماش عبد الرزاق

بناءً على محضر اللجنة العلمية لقسم الهندسة الكهربائية تحت رقم: 225/ق ه ك/2024 المنعقد بتاريخ 11 جوان 2024 والمتضمن تعيين الخبراء: الأستاذ كحول فارس أستاذ بجامعة المسيلة الأستاذ حمزوي الوناس أستاذ بجامعة المسيلة، والأستاذ بن الشيخ عبد القادر أستاذ محاضر - أ- بجامعة بجاية وذلك لتقييم مطبوعة الدروس الخاصة بالأستاذ قماش عبد الرزاق أستاذ محاضر "أ" بقسم الهندسة الكهربائية لجامعة المسيلة تحت عنوان:

"TP Technologie de production de l'hydrogène" وبعد إطلاع رئيس اللجنة العلمية ورئيس القسم على التقارير الواردة والتي كانت كلها ايجابية، وعليه فإن اللجنة لا ترى مانعا أن تتخذة سندا في تدريس طلبة السنة الأولى ماستر هيدروجين أخضر، شعبة الطاقات متجددة، ميدان علوم و تكنولوجيا وأن تعتمد في أي تقييم للمسار العلمي للأستاذ المعني.

رئيس القسم



دردان البرون

رئيس اللجنة العلمية

أ. د. بوقرة عبد الرحمان



ملاحظة: سلمت هذه الشهادة للمعني(ة) لاستعمالها في حدود ما يسمح به القانون.

Avant-propos

Les travaux pratiques, couramment abrégés en TP, rassemblent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier l'exécution d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances réparties dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques «**Hydrogène vert vecteur d'énergie**» dans le département génie électrique constituent une limite entre les notions théoriques acquises des cours magistraux et des travaux dirigés, et la compréhension des phénomènes physiques et chimiques leurs exploitations dans la vie professionnelle et sociale.

Il est par logique obligatoire que l'étudiant(e) porte une nouvelle attention d'intéressement et de motivation sur les travaux pratiques.

Il est indispensable de bien étudier le polycopié avant d'effectuer les séances de TP.

Pour pouvoir diriger à bien le travail exigé et en tirer le maximum de profit (enseignement et note) il est conseillé.

- ✓ De lire prudemment la manipulation énoncée dans le polycopié,
- ✓ De se donner du nécessaire (crayon, stylos, règle, gomme, calculatrice, feuilles millimétrés,...)
- ✓ D'identifier, au début les éléments de la manipulation,
- ✓ De connaître exactement les paramètres (sens physique, sens chimique et ordre de grandeur) à mesurer,
- ✓ D'effectuer vos mesures et erreurs avec le plus grand soin,
- ✓ De faire appel à l'enseignant sans hésitation, en cas de besoin,
- ✓ De ne pas manquer de se donner un temps d'arrêt après avoir terminé les mesures pour « les regarder » d'un œil critique et de décider si celles-ci sont cohérentes ou aberrantes.

- ✓ Dans ce dernier cas, chercher l'origine de l'erreur qui peut être instrumentale, de calcul ou de manipulation. En cas de blocage faites appel à l'enseignant,
- ✓ De se comporter de façon **simple** et **naturelle**, de manière à faciliter la communication avec les enseignants et vos camarades étudiant (e)s.

1.Évaluation des travaux pratiques

Les travaux pratiques ont pour objectif d'aider l'étudiant à mettre en pratique une partie ou la totalité des connaissances dispensées dans le cours et approfondie en travaux dirigés. Ils peuvent aussi servir d'illustration ou de support au cours.

- L'évaluation des **TP** de chimie est indépendante de **l'unité d'enseignement fondamental**, elles dépendent de **l'unité d'enseignement pédagogique** avec des crédits appart.
- La remise des comptes rendu se fera **chaque fin de séance de TP**,
- **2. L'assiduité et de l'absence aux travaux pratiques**
- L'assiduité aux travaux pratiques est obligatoire tout au long du semestre.
- L'absence non justifiée à une séance de **TP** est sanctionnée par **la note Zéro**. Dans ce cas, l'étudiant ne peut bénéficier d'une séance de remplacement
- L'absence justifiée à une séance de **TP** ouvre droit à l'étudiant à une séance de remplacement, durant 15jours

1.Évaluation des travaux pratiques

Les travaux pratiques ont pour objectif d'aider l'étudiant à mettre en pratique une partie ou la totalité des connaissances dispensées dans le cours et approfondie en travaux dirigés. Ils peuvent aussi servir d'illustration ou de support au cours.

- L'évaluation des **TP** de chimie est indépendante de **l'unité d'enseignement fondamental**, elles dépendent de **l'unité d'enseignement pédagogique** avec des crédits appart.
- La remise des comptes rendu se fera **chaque fin de séance de TP**, un examen final **chaque semestre d'une durée de 1heurs 30min.**

2. L'assiduité et de l'absence aux travaux pratiques

- L'assiduité aux travaux pratiques est obligatoire tout au long du semestre.
- L'absence non justifiée à une séance de **TP** est sanctionnée par **la note Zéro**. Dans ce cas, l'étudiant ne peut bénéficier d'une séance de remplacement

- L'absence justifiée à une séance de **TP** ouvre droit à l'étudiant à une séance de remplacement, durant 15 jours

Mots-clés : Sécurité et verrerie, Préparation des solutions, Fonctionnement et utilisation d'un électrolyseur ,Électrolyse de l'eau dans différentes électrolytes ,Électrolyse de l'eau en présence d'un indicateur coloré 'BBT',Électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium, Transformation d'énergie électrique en énergie chimique

Matière d'enseignement

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière : TP Technologie de production de l'hydrogène

VHS: 15h00 (1h 30)

Crédits : 2

Coefficient : 1



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

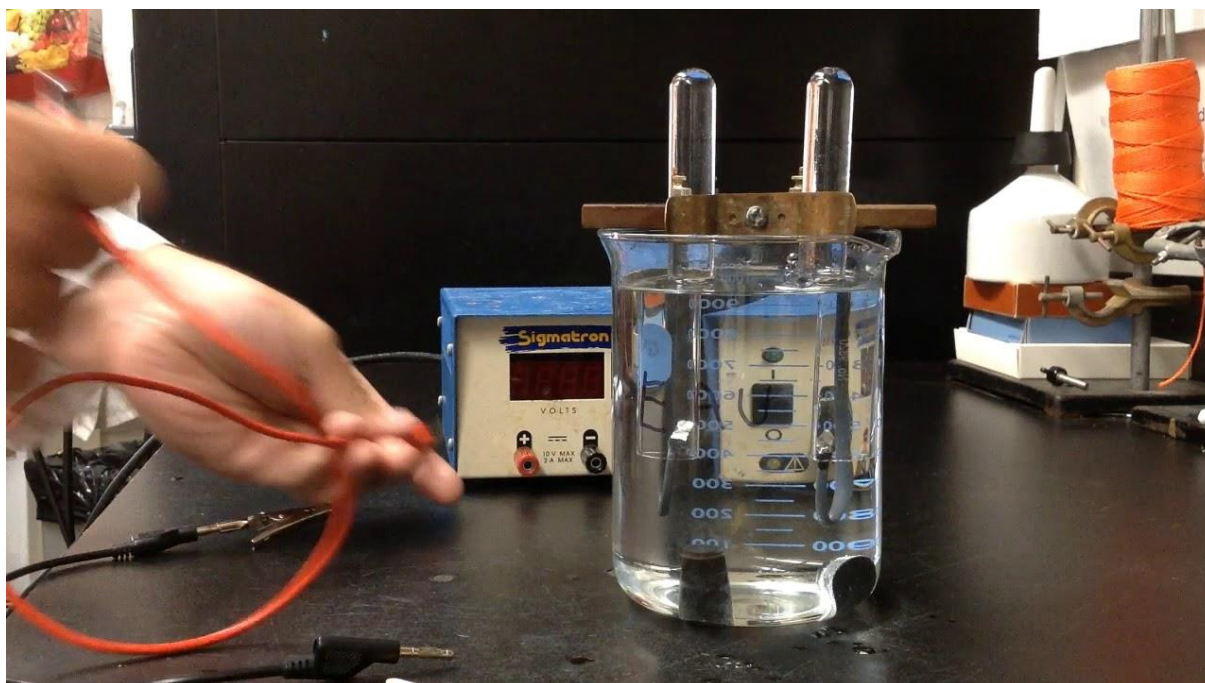
UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE

Polycopié des travaux pratiques

TP Technologie de production de l'hydrogène



Destiné aux étudiants de la première Année Master Professionnel
Hydrogène vert vecteur d'énergie

En génie électrique

Réalisé par : Dr Guemache Abderezak

Année 2023-2024

Avant-propos

Les travaux pratiques, couramment abrégés en TP, rassemblent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier l'exécution d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances réparties dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques «**Hydrogène vert vecteur d'énergie**» dans le département génie électrique constituent une limite entre les notions théoriques acquises des cours magistraux et des travaux dirigés, et la compréhension des phénomènes physiques et chimiques leurs exploitations dans la vie professionnelle et sociale.

Il est par logique obligatoire que l'étudiant(e) porte une nouvelle attention d'intéressement et de motivation sur les travaux pratiques.

Il est indispensable de bien étudier le polycopié avant d'effectuer les séances de TP.

Pour pouvoir diriger à bien le travail exigé et en tirer le maximum de profit (enseignement et note) il est conseillé.

- ✓ De lire prudemment la manipulation énoncée dans le polycopié,
- ✓ De se donner du nécessaire (crayon, stylos, règle, gomme, calculatrice, feuilles millimétrés,...)
- ✓ D'identifier, au début les éléments de la manipulation,
- ✓ De connaître exactement les paramètres (sens physique, sens chimique et ordre de grandeur) à mesurer,
- ✓ D'effectuer vos mesures et erreurs avec le plus grand soin,
- ✓ De faire appel à l'enseignant sans hésitation, en cas de besoin,
- ✓ De ne pas manquer de se donner un temps d'arrêt après avoir terminé les mesures pour « les regarder » d'un œil critique et de décider si celles-ci sont cohérentes ou aberrantes.

- ✓ Dans ce dernier cas, chercher l'origine de l'erreur qui peut être instrumentale, de calcul ou de manipulation. En cas de blocage faites appel à l'enseignant,
- ✓ De se comporter de façon **simple** et **naturelle**, de manière à faciliter la communication avec les enseignants et vos camarades étudiant (e)s.

1.Évaluation des travaux pratiques

Les travaux pratiques ont pour objectif d'aider l'étudiant à mettre en pratique une partie ou la totalité des connaissances dispensées dans le cours et approfondie en travaux dirigés. Ils peuvent aussi servir d'illustration ou de support au cours.

- L'évaluation des **TP** de chimie est indépendante de **l'unité d'enseignement fondamental**, elles dépendent de **l'unité d'enseignement pédagogique** avec des crédits appart.
- La remise des comptes rendu se fera **chaque fin de séance de TP**,
- **2. L'assiduité et de l'absence aux travaux pratiques**
- L'assiduité aux travaux pratiques est obligatoire tout au long du semestre.
- L'absence non justifiée à une séance de **TP** est sanctionnée par **la note Zéro**. Dans ce cas, l'étudiant ne peut bénéficier d'une séance de remplacement
- L'absence justifiée à une séance de **TP** ouvre droit à l'étudiant à une séance de remplacement, durant 15jours

1.Évaluation des travaux pratiques

Les travaux pratiques ont pour objectif d'aider l'étudiant à mettre en pratique une partie ou la totalité des connaissances dispensées dans le cours et approfondie en travaux dirigés. Ils peuvent aussi servir d'illustration ou de support au cours.

- L'évaluation des **TP** de chimie est indépendante de **l'unité d'enseignement fondamental**, elles dépendent de **l'unité d'enseignement pédagogique** avec des crédits appart.
- La remise des comptes rendu se fera **chaque fin de séance de TP**, un examen final **chaque semestre d'une durée de 1heurs 30min.**

2. L'assiduité et de l'absence aux travaux pratiques

- L'assiduité aux travaux pratiques est obligatoire tout au long du semestre.
- L'absence non justifiée à une séance de **TP** est sanctionnée par **la note Zéro**. Dans ce cas, l'étudiant ne peut bénéficier d'une séance de remplacement

- L'absence justifiée à une séance de **TP** ouvre droit à l'étudiant à une séance de remplacement, durant 15 jours

Semestre 2

- ✓ Sécurité et verrerie
- ✓ Préparation des solutions
- ✓ Fonctionnement et utilisation d'un électrolyseur
- ✓ Électrolyse de l'eau dans différents électrolytes
- ✓ Électrolyse de l'eau en présence d'un indicateur coloré 'BBT'
- ✓ Électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium
- ✓ Transformation d'énergie électrique en énergie chimique

TP N° 1 = Sécurité et verrerie

1-Introduction

Vous devez connaître et respecter les règles de sécurité au laboratoire de chimie .Cet exercice vise à vous faire connaître les dangers et les risques liés au travail dans un laboratoire de chimie et à vous permettre de travailler en toute sécurité.

2- Quelques règles générales de sécurité

- ✓ Porter une blouse en coton
- ✓ Ne pipeter jamais a la bouche.
- ✓ Utiliser une boire aspirante.
- ✓ Reboucher les flacons immédiatement après usage
- ✓ Porter des gants pour les manipulations des produits corrosifs.
- ✓ Lire, avant utilisation les recommandations de sécurité sur les étiquettes des flacons et respecter les consignes de sécurité.
- Ne jamais poser les flacons sur le bord de la paillasse.
- Ne jamais prendre de produits solides avec les doigts.
- ✓ Utiliser les spatules.
- Ne jamais verser de l'eau dans l'acide concentré, mais toujours de l'acide dans l'eau

3-Produits chimiques :

Consulter les fiches toxicologiques par exemple celles de l'INRS (pictogrammes).

Tenir compte des precautions à prendre par rapport à :





- ✓ **La volatilité, toxicité** par inhalation ;
- ✓ **L'inflammabilité** ;
- ✓ **La concentration des solutions** ;
- ✓ **La quantité de produit utilisée.**

En particulier, pour la formation methodologique de base les produits chimiques utilisés sont essentiellement

- **Les acides et les bases** : notamment ils sont corrossifs pour la peau et les yeux
- **Les solvants** : ils sont tres volatils et inflammables. Leur inhalation prolongée peut provoquer les nausées.
- ✓ A n'utiliser que dans une salle ventilée ou sous une hotte.

4-Les symboles de danger

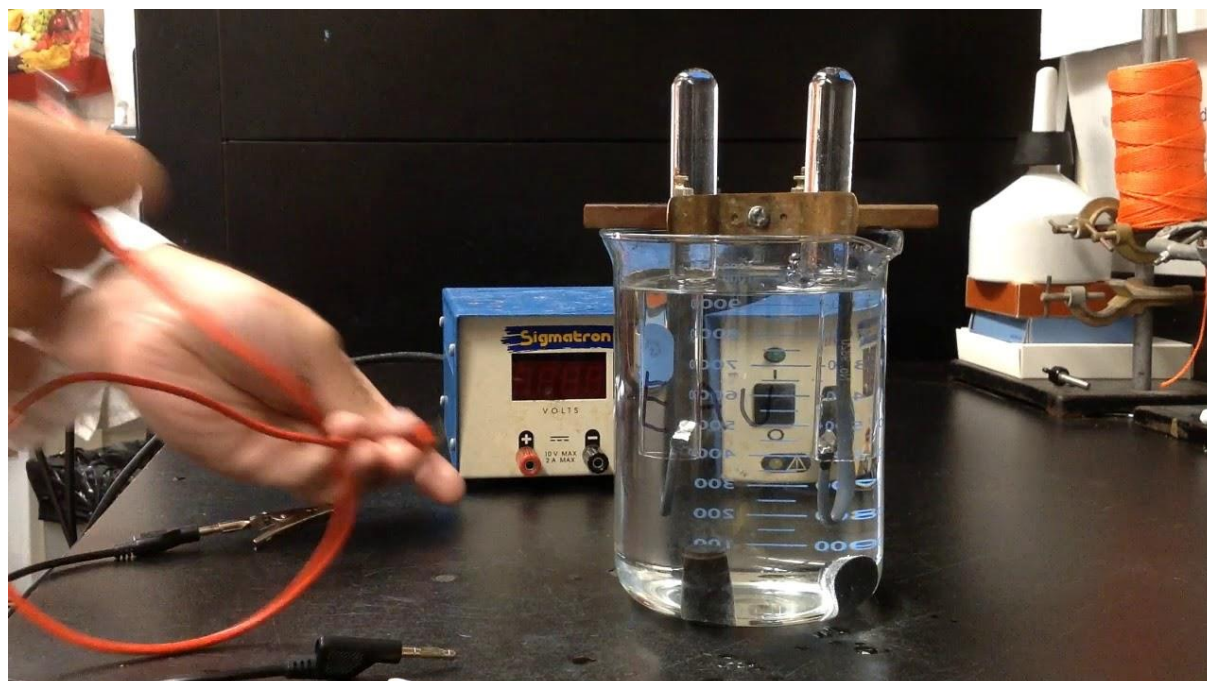
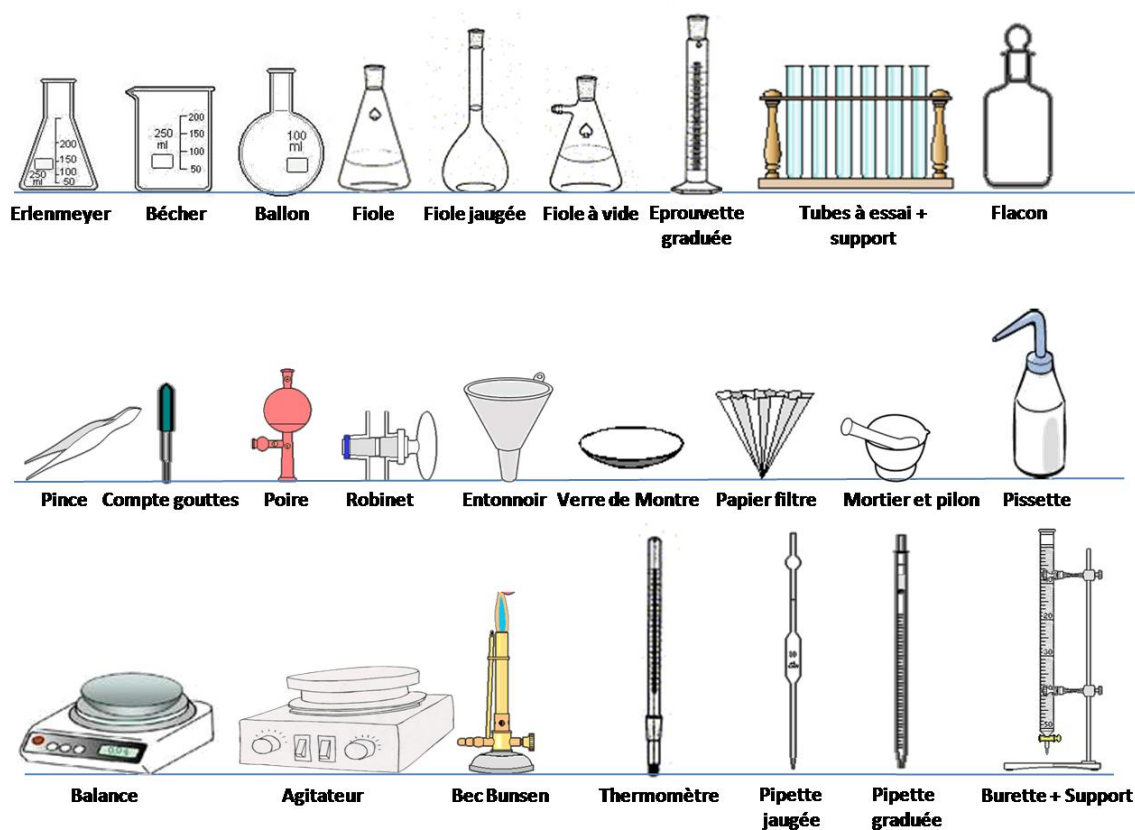
En plus des renseignements analytiques habituels, l'étiquette apposée à un récipient contenant une substance chimique, comporte soit des informations relatives aux risques inhérents à cette substance ou associés à sa manipulation, soit des conseils de prudence ou de premiers soins. Ces informations peuvent prendre les formes suivantes.

<u>Pictogramme</u>	<u>Code</u>	<u>Interpretation</u>
	SGH01	Explosif
	SGH02	Inflammable
	SGH05	Corrosif
	SGH06	Toxique

5-Résumé

Danger	Règle de sécurité	Gestes de première urgence
Produit avalé	<ul style="list-style-type: none"> - Interdit de pipeter à la bouche - Utiliser les pro pipettes et les tétines 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer la bouche - Ne pas faire boire - Ne pas faire vomir
Projection dans l'œil	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser les lunettes de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer l'œil maintenu ouvert sous un filet d'eau froide ou tiède, tête penchée, œil contaminé en dessous de l'œil sain
Brûlure thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Ni cheveux, ni vêtements flottants - Pas de vêtements synthétiques – porter une blouse en COTON 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer immédiatement sous un filet d'eau froide, 15 minutes - Garder les vêtements collés à la peau
Brûlure chimique	<ul style="list-style-type: none"> - Porter une blouse - Utiliser de petites quantités - Utiliser les concentrations minimales nécessaires - Etiqueter les contenants - Utiliser des gants si nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer immédiatement sous un filet d'eau froide - Enlever les vêtements contaminés sans toucher le visage
Coupure	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des torchons et lubrifier, pour enfiler un tube dans un bouchon - Jeter la verrerie fendue 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprimer localement pour arrêter l'hémorragie - Faire asseoir et rassurer
Incendie	<ul style="list-style-type: none"> - Paillasse rangée - Savoir utiliser l'extincteur, la serpillère mouillée et la couverture antifeu 	<ul style="list-style-type: none"> - Éteindre le feu - Sur une personne : allonger la personne par terre et la couvrir avec la couverture antifeu
Inhalation d'un gaz irritant ou toxique	<ul style="list-style-type: none"> - Travailler sous hotte - Produire les quantités minimales de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Faire sortir et respirer de l'air frais

6-Verreries et montage utilisés dans la technologie de production de hydrogène



Fonctionnement et utilisation d'un électrolyseur

Nom et Prénom de l'étudiant(e) _____

Questions	Réponse A	Réponse B	Réponse C 1
Un oxydant	cède un électron e	capte électron e	cède un ion H ⁺
À la cathode se produit	une oxydation.	une réduction	une réaction acido-basique
À l'anode se produit	une oxydation.	une réduction	une réaction acido-basique
Dans les fils électriques, les porteurs de charge sont	les ions	les électrons	les atomes
Le sens du courant dans le générateur	Du pole + vers le -	Du -vers le +	Dans les deux directions
Le sens du courant entre les électrodes	Du pole + vers le -	Du -vers le +	Dans les deux directions
. Soit la demi-équation électronique suivante : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- = \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$			
Il s'agit	d'une réduction	d'une oxydation	d'une réaction acido-basique
L'oxydant est	H ⁺	MnO ₄ ⁻ (aq)	Mn ²⁺ (aq)
Le couple d'oxydo-réduction s'écrit	H ₂ O / H ₃ O ⁺	Mn ²⁺ (aq) / MnO ₄ ⁻ (aq)	/MnO ₄ ⁻ (aq) / Mn ²⁺ (aq)
Si pour un équilibre donné Q _r < K alors	le système évolue dans le sens direct...	le système évolue dans le sens indirect	le système est à l'état d'équilibre
. Soit la demi-équation électronique suivante : $2\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 5\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 5\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{liq})$			
Il s'agit	d'une réduction	d'une oxydation	d'une réaction acido-basique
Le reducteur est	H ⁺	H ₂ O ₂	MnO ₄ ⁻ (aq)
Le couple d'oxydo-réduction s'écrit	H ₂ O ₂ / O ₂	Mn ²⁺ (aq) / MnO ₄ ⁻ (aq)	/MnO ₄ ⁻ (aq) / Mn ²⁺ (aq)
Si pour un équilibre donné Q _r < K alors	le système évolue dans le sens direct...	le système évolue dans le sens indirect	le système est à l'état d'équilibre
. Soit la demi-équation électronique suivante : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$.			
Il s'agit	d'une réduction	d'une oxydation	d'une réaction d'électrolyse
A la cathode est reliée à la borne	+	-	Neutre
A l'anode est reliée à la borne	+	-	Neutre
la réaction de réduction est	$2\text{H}^+_{\text{aq}} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2\text{gaz}}$	$2\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} \rightarrow \text{O}_{2\text{gaz}} + 4\text{H}^+_{\text{aq}} + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} \rightarrow 2\text{H}_{2\text{gaz}} + \text{O}_{2\text{gaz}}$
la réaction d'oxydation est	$2\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} \rightarrow 2\text{H}_{2\text{gaz}} + \text{O}_{2\text{gaz}}$	$2\text{H}^+_{\text{aq}} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2\text{gaz}}$	$2\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}} \rightarrow \text{O}_{2\text{gaz}} + 4\text{H}^+_{\text{aq}} + 4\text{e}^-$

TP N° 2 = Préparation des solutions

I-Introduction

Une solution aqueuse est un mélange liquide homogène obtenu après dissolution dans l'eau d'une ou plusieurs espèces chimiques.

L'eau en large majorité s'appelle le solvant ; les espèces dissoutes sont appelées solutés. Les solvants peuvent être solides, liquides ou gaz

II-Définitions des concentrations

Pour exprimer la concentration d'une solution on peut utiliser les termes suivants.

a/ Concentration molaire

$$C_A(\text{mole/l}) = \frac{n_A \text{ (moles)}}{M_a * V_{\text{Solution}} \text{ (litre)} V_{\text{solution}} \text{ (litre)}} \quad (1)$$

b/ Pourcentage massique (rapport entre la masse de soluté et la masse de solution en %)

$$A\% = \frac{\text{Masse du composant A (gramme)}}{\text{Masse totale de la solution (gramme)}} \quad (2)$$

c/ Molalité (nombre de mole par kilogramme).

$$m_A = \frac{n_A \text{ (moles)}}{\text{Masse de solvant (Kg)}} \quad (3)$$

d/ Fraction molaire (rapport entre nombre de moles des espèces i et le nombre total de moles

$$X_i = \frac{n_i \text{ (moles)}}{\sum n_i \text{ (moles)}} \quad (4)$$

e/ Normalité N (nombre d'équivalent gramme par litre de solution)

La définition de l'équivalent gramme dépend de la réaction qui peut avoir lieu dans la solution :

- Pour une réaction acido-basique l'équivalent gramme est la quantité d'acide ou de base qui peut fournir ou capter une mole de protons.
- Pour une réaction d'oxydoréduction l'équivalent gramme est la quantité d'agent réducteur ou d'agent oxydant qui peut fournir ou capter une mole d'électrons. $m_A \cdot Z_A$

$$N_A(\text{mole/l}) = \frac{m_A}{M_A \cdot V_{\text{Solution}} (\text{litre})} = C_A \cdot Z_A \quad (5)$$

Où Z c'est le nombre de protons échangés entre l'acide et la base

Z = 1 pour les monoacides (HCL ;CH₃COOH) et pour les monobases (NaOH ,NH₃)

Z =2 pour les diacides (H₂SO₄) et les dibases (Ba(OH)₂)

Pour les sels Z est le nombre des atomes du métal a l'état d'équilibre



Pour les réactions d'oxydo –réduction Z est le nombre d'électrons échangés.



III-Préparations des solutions

A/ Préparation d'une solution a partir d'une solution liquide concentré

1/ But : le but de cette manipulation est de préparer une solution par dilution d'une solution mère.

2/ Matériels et produits :

***Matériels :** Fiole jaugée de 100ml, pipette graduée menu d'une poire aspirante, bécher, spatule, balance de précision.

❖ Travailler sur hotte

***Produits :** HCL commercial($M_{HCL}=36.5\text{g/mole}$, $37.\% \rho =1.19$)

3/ Mode opératoire :

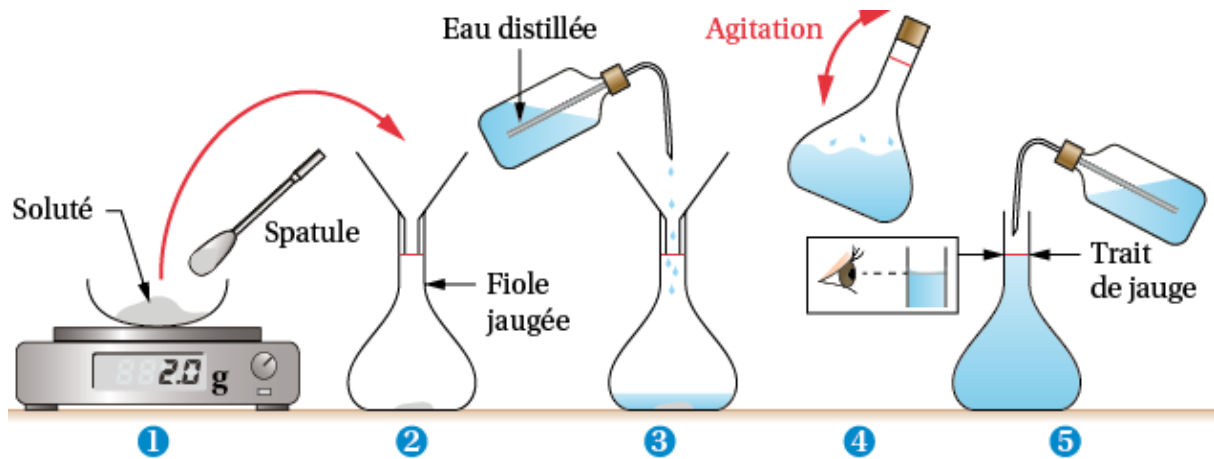
On désire préparer une solution de HCL (0.1N)

a/ calculer le volume V à prélever de la solution concentré

b/ prélever le volume V à l'aide d'une pipette graduée ou d'une poire aspirante.

c / compléter à 100ml avec de l'eau distillée jusqu'à le trait jaugé

Remarque : Ne jamais verser de l'eau dans l'acide concentré, mais toujours de l'acide dans l'eau.



Puis on utilise la loi de dilution pour déterminer le volume à compléter. $C_i V_i = C_f V_f$ (8)

$$V_f = C_i / C_f V_i \quad (9)$$

B/ Préparation d'une solution à partir d'un composé solide

1/ **But** : le but de cette manipulation est de préparer une solution à partir d'un composé solide.

2/ Matériels et produits :

* **Matériels** : Même matériels

* **Produits** : NaOH en pastille

3/ Mode opératoire :

On désire préparer une solution de NaOH (0.1N)

a / calculer la masse **m**

b / faire dissoudre la masse **m** dans un bécher

c / Transvaser d'une fiole et compléter à 100ml avec de l'eau distillée jusqu'à le trait jaugé.

2/ Matériels et produits :

*Matériels

-2 burettes graduées, 7 tubes à essai + portoir

*Produits

-Solution S_0 de permanganate de potassium à la concentration $C_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ mole/l.eau distillée.

*Mode opératoire

Diluer une solution aqueuse S_0 de permanganate de potassium à la concentration $C_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ mole/l. consiste, en lui ajoutant de l'eau distillée, à obtenir une solution moins concentrée. Diluer 10 fois une solution revient à diviser sa concentration par 10, la diluer 100 fois revient à diviser sa concentration par 100.

Questions :

1. Lors de la préparation des solutions pourquoi on utilise les verreries propres ?
2. Pourquoi ne recommande de manipuler les acides sur haute aspirante
3. On a la relation : $C_A V_A = C_B V_B$ (C_A et C_B en mol/L ; V_A et V_B en mL), calculer la concentration C_A de la solution d'acide chlorhydrique étudiée.
4. Quelle est la masse m de NaOH pour préparer une solution de 0.1N, et que dégage -t- elle la solution ?
4. Selon la formule des dilutions $C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ établir le facteur de dilution
5. Compléter le tableau ci-dessous
6. Comment la couleur observée varie-t-elle avec la concentration ?

Solutions S	1	2	3	4	5	6
V_0 de solution S_0	0	2	4	6	8	10
V d'eau distillée	1	8	6	4	2	0
Concentration mole/l	0					$2 \cdot 10^{-4}$
Facteur de dilution F						

TP N° 3 = Électrolyse de l'eau dans différents électrolytes

Introduction

L'électrolyse de l'eau est un procédé électrolytique qui décompose l'eau (H₂O) en dioxygène et dihydrogène gazeux grâce à un courant électrique. La cellule électrolytique est constituée de deux électrodes.

1/Principe

Consiste à ajouter une dose du bleu de méthylène lors de l'électrolyse d'eau pour identifier le gaz d'hydrogène dégagé à la borne de l'électrode de réduction, dans différents milieux

Tableau 1. Réactions anodiques et cathodiques de l'électrolyse de l'eau en milieu acide et alcalin et neutre

	Acide	Neutre	Basique
Anode	$2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+_{\text{aq}} + 4 \text{e}^-$	$2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$	$4 \text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$
cathode	$4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2$	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ $2 \text{Cl}^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

2/ Matériels et produits :

*Matériels

- Électrolyseur
- Electrodes en charbon

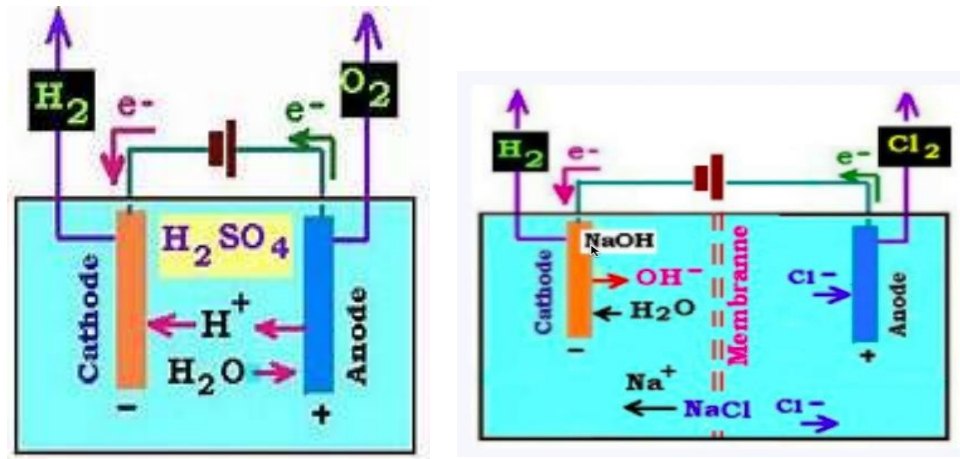
*Produits

- Acide sulfurique concentré (H₂SO₄) ;
- Hydroxyde de sodium (NaOH) ;
- Chlorure de Sodium (NaCl)
- Bleu de méthylène

a)Protocole

- Préparer un électrolyseur selon le montage en dessous
- Régler le générateur de tension sur la valeur 12 V et le laisser débiter environ cinq minutes. Observer.
- Ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et redémarrer l'électrolyse pendant 5 secondes. Observer.

b) Montage



c) Questions

1. Pourquoi a-t-on utilisé une solution aqueuse d'acide sulfurique et non de l'eau pure pour réaliser l'électrolyse de l'eau ?
2. Quel est le sens conventionnel du courant électrique dans le circuit ?
3. En déduire le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur à l'électrolyseur.
4. Quels sont les porteurs de charge responsables du passage du courant dans la solution? Dans quel sens se déplacent-ils ?
5. Déduire de toutes les observations faites précédemment l'équation de la réaction qui se produit à chacune des électrodes.
6. Déterminer l'équation de la réaction qui décrit le fonctionnement global de l'électrolyseur
7. Identifier l'anode et la cathode avant et après le rajout du bleu de méthylène.
8. Déduire de toutes les observations qui se produisent à chacune des électrodes en présence des solutions citées ci-dessous. Tableau 2

Solutions	H ₂ SO ₄	NaOH	NaCl
	Bleu de méthylène	Bleu de méthylène	Bleu de méthylène
pH			
Conductivité			
Observation au niveau des électrodes			

TP N° 4 = Électrolyse de l'eau en présence d'un indicateur coloré 'BBT'

Introduction

L'électrolyse de l'eau est l'une des voies de production du dihydrogène. Elle est envisagée pour utiliser les surplus de production d'électricité. La manipulation proposée permet d'étudier le fonctionnement d'un électrolyseur et de déterminer le rendement de la transformation d'énergie qu'il effectue.

Informations sur le bleu de bromothymol (BBT)

Le BBT est un indicateur coloré de pH.

Il prend une couleur jaune en milieu acide (pH faible, concentration en ion H^+ élevée).

Il prend une couleur bleue en milieu basique (pH élevé, concentration en ion H^+ faible).

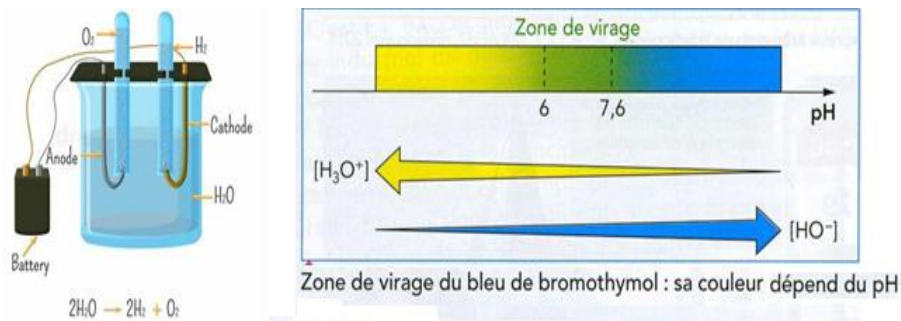
Pour la solution neutre, on utilise la solution de sulfate de sodium Na_2SO_4 . Ainsi, les espèces chimiques présentes en solution sont l'eau H_2O et les ions Na^{2+} et SO_4^{2-} provenant de la dissociation de Na_2SO_4 : $Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$

Solution	Sulfate de sodium Na_2SO_4
Anode	$H_2O \rightarrow (1/2) O_2 + 2H^+ + 2e^-$
cathode	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

a) Etude qualitative

- ✓ Introduire un volume suffisant (électrodes complètement immergées) de solution de sulfate de sodium ($2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$) à $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ dans la cuve de l'électrolyseur.
- ✓ Remplir deux tubes à essai avec la solution de sulfate de sodium à laquelle ont été ajoutées quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT)
- ✓ Les fermer avec un bouchon, les retourner sur l'électrolyseur, les déboucher (en immersion) et les fixer au-dessus des électrodes.
- ✓ Régler la générateur de tension sur la valeur 12 V et le laisser débiter environ cinq minutes. Observer.
- ✓ Noter l'évolution, s'il y a lieu, de la teinte de la solution des deux compartiments et comparer les volumes de gaz contenus dans ces tubes.
- ✓ Arrêter le générateur lorsque l'un des tubes est rempli de gaz.

b) Montage



c) Questions

- 1) Dédurre des tests réalisés la nature des gaz produits.
- 2) Que traduit le(les) changement(s) de couleur observé(s) dans le(les) deux compartiments ?
- 3) Représenter le sens conventionnel de déplacement du courant dans le circuit. Représenter également le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur à l'électrolyseur.
- 4) a) Etablir l'équation de la réaction se produisant à chacune des électrodes.
b) Identifier l'anode et la cathode après avoir rappelé la définition de ces deux termes.
- 5) a) Déterminer l'équation de la réaction qui décrit le fonctionnement global de l'électrolyseur.
b) Dédurre de toutes les observations qui se produisent à chacune des électrodes en présence des solutions citez ci-dessous.

Solutions		Anode	Cathode
pH	Avant		
	Après		
Conductivité	Avant		
	Après		
Observation au niveau des électrodes	Avant		
	Après		

c) Pourquoi avoir utilisé une solution aqueuse de sulfate de sodium et non de l'eau pure pour réaliser l'électrolyse de l'eau ?

d) Quels sont les porteurs de charge responsables du passage du courant dans la solution ? Dans quel(s) sens se déplace-t-il ? Représenter leurs déplacements.

TP N° 5 = Électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium

Introduction

L'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium est le dégagement de dihydrogène et d'ions hydroxyde OH^- à la cathode et dégagement de dichlore à l'anode. A la cathode on met en évidence les ions hydroxyde en introduisant quelques gouttes de phénolphtaléine qui vire au rose à leur contact. La réaction bilan est par conséquent : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^- + \text{Cl}_2$
L'équation bilan: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$

Solution	Chlorure de sodium NaCl
Anode	$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$
cathode	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

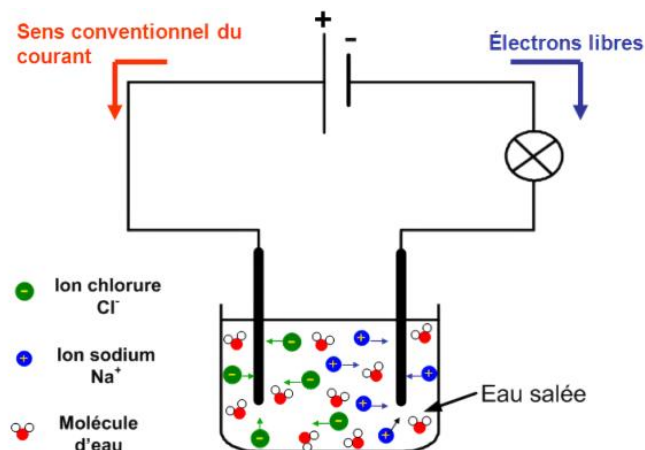
1. Dispositif expérimental et expérience

- Remplir un bécher de 500ml avec une solution de chlorure de sodium ($0,5 \text{ mol.L}^{-1}$).
- Fixer les électrodes de carbone et les relier au générateur.
- Appliquer entre les électrodes une tension de 12 V.

a) Produits

- Chlorure de sodium ($0,5 \text{ mol.L}^{-1}$)
- Solution d'indigo, phénolphtaléine

b) Montage



2. Observations et interprétation

Les couples pouvant intervenir ici sont les suivants : $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{H}_2(\text{aq})$; $\text{O}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$; $\text{Na}^+(\text{aq})/\text{Na}(\text{s})$; $\text{Cl}_2(\text{aq})/\text{Cl}^-(\text{aq})$.

1) Quelles sont les espèces présentes susceptibles d'être réduites ? susceptibles d'être oxydées ?

2) Donner les $\frac{1}{2}$ équations associées en utilisant d'abord des H^+ si besoin, puis les modifier légèrement pour prendre en compte le caractère neutre de la solution au départ.

3) Quelques indications : On note que H₂, O₂ et Cl₂ s'ils apparaissent, s'échappent en partie sous forme gazeuse. La phénolphtaléine présente la zone de virage suivante :
 Zone de virage Forme acide - 8,2 - 10 rose
 Zone de virage Forme basique incolore - 8,2 - 10 rose

4) Faites un schéma du dispositif .Préciser les bornes + et – du générateur. Indiquer le sens conventionnel du courant.

5) D'après le sens réel du courant, préciser l'anode et la cathode.

6) Qu'observez-vous au niveau des électrodes ?

7) Après quelques minutes de fonctionnement, verser quelques gouttes de phénolphtaléine Observer. Puis verser quelques gouttes de phénolphtaléine dans les deux compartiments.

8) A partir des observations faites, précisez.

Solutions		Anode	Cathode
pH	Avant		
	Après		
Conductivité	Avant		
	Après		
Observation au niveau des électrodes	Avant		
	Après		

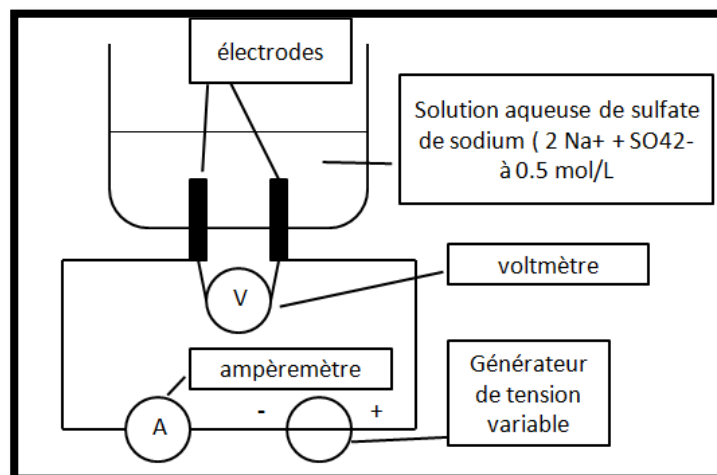
TP N° 6 = Transformation d'énergie électrique en énergie chimique

Introduction

L'électrolyse de l'eau est une des méthodes de synthèse du dihydrogène. Les électrolyseurs transforment l'énergie électrique en énergie chimique avec un certain rendement.

a) L'électrolyseur : montage et mesures

- Faire le montage précédent. Mettre en route le voltmètre (tension continue) et l'ampèremètre (intensité continu, calibre 0.5 A) sans allumer le générateur. Appeler le prof pour la vérification
- Allumer le générateur et augmenter doucement la tension qu'il délivre : c'est aussi la tension U (lue sur le voltmètre) aux bornes de l'électrolyseur. Continuer d'augmenter cette tension jusqu'à ce que 'on observe la mise en fonctionnement de l'électrolyseur. Relever la tension U et l'intensité I (traversant l'électrolyseur) correspondante dans le tableau suivant. Qu'observe-t-on à partir de ce moment au niveau des électrodes ?
- Compléter alors le tableau de mesures en relevant U et I pour une tension allant jusqu'à 12 V. Eteindre le générateur sans baisser la tension.
- A l'aide d'Excel, tracer le graphique $U = f(I)$. Demander le tracé de la courbe de tendance correspondante ainsi que son équation. Imprimer votre graphique



U(v)	2	5	7	9	12
I(A)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Observation au niveau des électrodes					

b) L'électrolyseur : principe de fonctionnement et rendement

- ✓ Ajouter quelques gouttes de BBT dans les deux compartiments.
- ✓ Préparer un chronomètre et au temps $t = 0$, allumer le générateur et mesurer la tension U aux bornes de l'électrolyseur. Noter cette valeur (qui doit être proche de 12V)
- ✓ Relever également la valeur de l'intensité I circulant dans l'électrolyseur
- ✓ Au bout d'un temps $\Delta t = 5$ min, arrêter le générateur.
- ✓ Noter sur chaque électrode la couleur du BBT

Sur l'électrode relié au pôle + du générateur V(+)=	Couleur BBT :
Sur l'électrode relié au pôle - du générateur V(-)=	Couleur BBT :

c) Interprétations :

1. Retrouver d'après votre graphique $U = f(I)$?
2. Calculer l'énergie électrique reçue par l'électrolyseur pendant la durée Δt de l'expérience. Même calcul pour l'énergie chimique et l'énergie perdue par effet Joule. Quelle relation vérifie-t-on entre ces 3 énergies ?
3. Calculer le rendement de l'électrolyseur
4. Représenter sur le schéma (en haut) le sens conventionnel du courant et le sens de déplacement des électrons en dehors de la cuve. Dans une solution, ce sont des ions qui assurent le passage du courant, justifier ainsi l'utilisation d'une solution de sulfate de sodium. Identifier alors l'ANODE et la CATHODE de l'électrolyseur.
5. D'après la couleur du BBT dans chaque compartiment, trouver dans quels compartiments il a pu se former des ions H^+ , des ions HO^- ?
6. Les 2 couples redox mis en jeu sont : (H_2O/H_2) et (O_2/H_2O) . Ecrire la demi-équation électronique se passant à l'anode, puis celle se passant à la cathode (on pourra utiliser le fait que des ions HO^- sont produits à la cathode !). En déduire que le bilan est $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$
7. Les volumes recueillis sont-ils compatibles avec ce bilan chimique.