



# NOUVELLE METHODE D'ISOLATION DE DEUX CELLULES TUBULAIRES D'UNE BATTERIE IMMERGEE DANS L'EAU DE MER

## NOVEL METHOD OF INSULATING TWO TUBULAR CELLS OF A BATTERY IMMERGED IN SEA WATER

| Gael Jaonasoa Nirina <sup>1</sup> | Sylvain Raelison <sup>1</sup> | et | Mamiharijaona Ramaroson <sup>1\*</sup> |

<sup>1</sup> Université d'Antsiranana | Ecole Supérieur Polytechnique | Laboratoire de Métallurgie et Chimie | B.P. : O, 201, Antsiranana | Madagascar |

| Received | 17 October 2017 |

| Accepted | 25 October 2017 |

| Published 30 October 2017 |

### RESUME

**Contexte** : L'île de Madagascar a un problème de production d'énergie électrique à cause du coût élevé des carburants. Encore beaucoup de régions non électrifiées sur les côtes de la grande île. **Objectif** : Contribution à la production d'énergie électrique renouvelable. **Méthode** : Utilisation de l'eau de mer pour produire de l'énergie électrochimique en utilisant des cellules tubulaires sans fond qu'on immerge directement dans l'océan ; trouver le rapport entre la longueur des tubes et la longueur des électrodes pour un fonctionnement raisonnable qui ne réduit pas le rendement et la durée de vie des installations. **Résultats** : Pour un rapport de longueur Cellule/électrode égale à 4,5 on aura un fonctionnement normal des cellules montées en série ; on obtient un DDP égale au produit de la tension mesurée sur une cellule multiplié par le nombre de cellules installées ; le courant de fuite qui circule dans le pont d'électrolyte n'est que 15%. **Conclusion** : Ce procédé réduit les pertes électriques entre les deux bornes positive et négative et réduit également le bruit de fond de la batterie tout en utilisant un seul électrolyte pour toutes les cellules montées en série.

**Mots clés** : Isolation cellules, électrochimie, électrolyte eau de mer, rapport de longueur cellule/électrode, énergie nouvelle et renouvelable.

### ABSTRACT

**Context**: The island of Madagascar has a problem of electricity production because of the high cost of fuels. Still many non-electrified areas on the coasts of the Big Island. **Objective**: Contribution to the production of renewable electric energy. **Method**: Use of seawater to produce electrochemical energy using bottomless tubular cells that are immersed directly into the ocean; find the ratio between the length of the tubes and the length of the electrodes for reasonable operation that does not reduce the efficiency and service life of the installations. **Results**: For a ratio of cell / electrode length equal to 4.5, normal operation of the cells mounted in series will be performed; we obtain a DDP equal to the product of the voltage measured on a cell multiplied by the number of cells installed; the leakage current flowing in the electrolyte bridge is only 15%. **Conclusion**: This method reduces electrical losses between the two positive and negative terminals and reduces the background noise of the battery while using a single electrolyte for all cells mounted in series.

**Key words**: Isolation cells, electrochemistry, electrolyte seawater, cell / electrode length ratio, new and renewable energy.

## 1. INTRODUCTION

L'augmentation de la demande en énergie électrique au monde est en accroissement [1]. Cette situation, a poussé des chercheurs à inventer des systèmes afin de pouvoir exploiter l'étendue des océans qui occupe notre globe terrestre, en immergeant directement des cellules électrochimiques dans la mer. A ce propos, Harold et Raleigh (1976) ont inventé une batterie à eau de mer multicellulaire munie d'un moyen de ventilation supérieur [2]. Les moyens de ventilation comprennent une série de passages situés chacun au-dessus et communiquant avec une cellule particulière. Les plusieurs passages sont connectés par des trous d'une extrémité à l'autre extrémité des cellules pour former un conduit en zigzag au sommet de la batterie. Un passage similaire peut être situé au bas de la batterie. Ce procédé réduit les pertes électriques entre les deux bornes positive et négative et réduit également le bruit de fond de la batterie tout en utilisant un seul même électrolyte pour toutes les cellules montées en série.

Wilson (1967) a inventé une batterie dont le fonctionnement est à peu près le même que celui de Harold et Raleigh (1976) [2,3]. La seule différence est que la batterie de Wilson est immergée directement dans l'océan. D'autres auteurs, comme Jones et al., (1961) ont mis au point une batterie à action améliorée comportant des cellules comprenant chacune une anode, une cathode, un espace réactif entre elles, et des moyens pour assurer la pénétration d'électrolyte dans l'espace réactif [4]. En d'autres part, des caractéristiques structurelles améliorées qui peuvent inclure un espace non réactif à des fins thermiques des chambres de communication, entre les espaces, des configurations d'électrodes uniques pour définir les espaces sans distorsion de l'électrode, et des combinaisons de celles-ci et d'autres caractéristiques [4]. L'invention concerne des batteries à action différée et plus particulièrement des batteries aptes à être activées lors d'une immersion dans l'eau de mer.

Kirk R.C. et al. ont fourni une batterie primaire multicellulaire capable de fonctionner à des puissances de sortie élevées aussi longtemps que 12 heures ou plus. La batterie est composée de multi-cellules utilisant un électrolyte commun dans lequel le court-circuit entre cellules à travers l'électrolyte est maintenu à un niveau bas acceptable pendant le fonctionnement. Le système est activé par immersion dans l'eau de mer et la batterie peut être utilisée pour alimenter des torpilles et d'autres dispositifs sous l'eau [5].

Madagascar est une île qui se trouve à l'est de l'Afrique. Vue sa situation géographique, elle possède des grandes ressources pour produire de l'énergie verte. Nous avons du soleil, du vent et la mer pour produire de l'électricité pendant douze mois sur douze. Par contre, nous avons toujours un grand problème d'électrification.

Dans ce travail de recherche nous avons imaginé la production de l'électricité à partir de la mer qui nous entoure. L'eau de mer nous va servir d'électrolyte pour des cellules électrolytiques que nous envisageons installer directement dans l'Océan Indien.

En règle générale, nous avons constaté pour un fonctionnement d'une batterie galvanique raisonnable que chaque cellule d'une batterie devrait avoir son propre électrolyte et que l'électrolyte d'une cellule ne devrait pas être relié à l'électrolyte d'une autre cellule. S'il y a des ponts d'électrolyte d'une cellule à l'autre, un courant de fuite circule dans le pont d'électrolyte. Le courant de fuite représente un drain non productif sur la batterie et réduit le rendement et la durée de vie de la batterie.

Dans notre cas, pour résoudre ce problème nous avons mis au point un moyen unique afin de pouvoir isoler deux couples d'électrode plongés dans un même électrolyte eau de mer et qui fournissent une différence de potentiel correspondant à celle de deux cellules montées en série sans avoir un problème majeur lié au court-circuit de la batterie par l'électrolyte commun, en utilisant des cellules tubulaires. Pour cela nous avons varié la longueur des cellules par rapport à la longueur des électrodes jusqu'à avoir une configuration produisant la somme des DDP au borne des deux cellules montées en série.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1 Matériels

D'après les études bibliographiques que nous avons effectuées, il est donc possible de concevoir deux cellules de batterie séparées utilisant un même électrolyte. Pour notre cas, nous avons choisi de fabriquer deux cellules tubulaires en PVC sans fond de 10 cm de diamètre avec des électrodes en Zinc de 80 mm de diamètre et en graphite de 57 mm de diamètre et de 10 cm de longueur (fig.1). L'électrolyte utilisé est de l'eau de mer à 35g/L de sels provenant de l'Océan Indien. Le bac utilisé pour nos expériences est un bidon d'huile d'une capacité égale à 20L que nous avons récupéré et enlevé la partie supérieure. Les tensions sont relevées avec un multimètre numérique universel.



Anode de Zinc d=80 mm



Cathode en graphite d=57 mm

**Figure 1** : La figure montre les électrodes utilisés pour notre cellule électrolytique.

La figure 2 représente les deux cellules vue de l'extérieur et vue d'en haut, qui sont utilisées pour les mesures expérimentales.



Deux cellules tubulaires en PVC



Montage des électrodes à l'intérieur des tubes

**Figure 2 :** La figure montre les deux cellules pour nos expériences.

## 2.2 Méthode

Le principe utilisé est la mesure du DDP au borne des deux cellules montées en série en variant la longueur des tubes sans fond en PVC de 10 cm de diamètre jusqu'à avoir une tension égale à deux fois la tension au borne d'une seule cellule. La hauteur des électrodes est fixée à 10 cm.

Pour cela, primo nous avons mesuré la tension au borne de chaque cellule séparément, pour une longueur du tube de PVC de 10 cm (tube et électrode de même longueur). Secundo, nous avons varié la longueur des deux tubes pour les deux cellules montées en série, en ajoutant à chaque fois une longueur de 5 cm jusqu'à avoir une longueur de tube donnant une tension égale à deux fois la valeur de la tension mesurée sur une seule cellule dont la longueur des électrodes est de 10 cm.

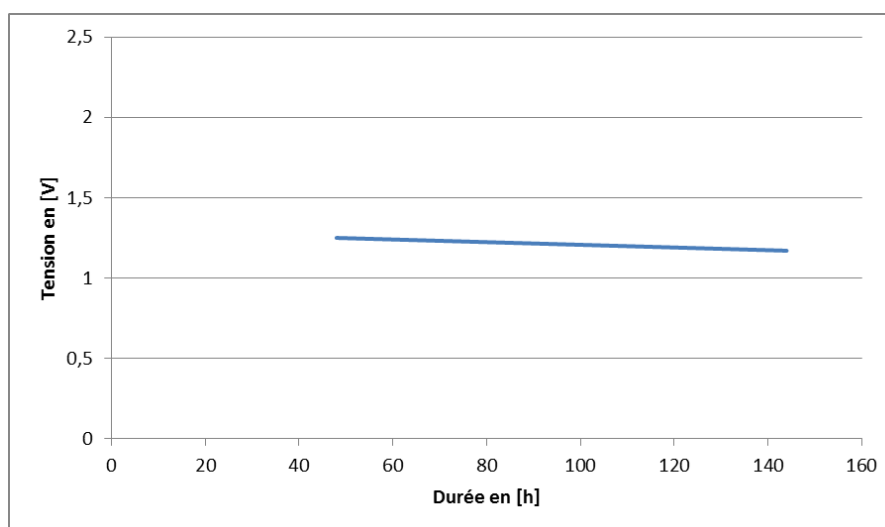
## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 Mesure de tension pour les deux cellules séparées

Le tableau 1 suivant nous donne les tensions mesurées aux bornes de chaque cellule pour une longueur de tube égale à la hauteur des électrodes qui est de 10 cm. La tension est relevée tous les 48 h pour vérifier la stabilité de la valeur en fonction du temps.

**Tableau 1 :** Tension entre les bornes d'une cellule en fonction du temps

Temps en [h]	48	96	144	moyenne
Tension en [V]	1.25	1.21	1.17	1.21

**Figure 3 :** la figure montre la variation de la tension aux bornes d'une cellule isolée.

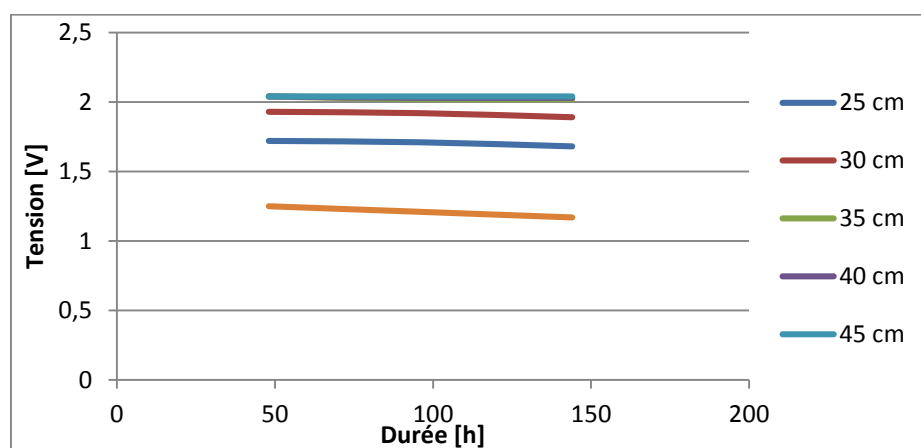
Nous remarquons que la tension diminue en fonction du temps et sa valeur moyenne est de 1.21 V. Cette diminution est due au dégagement d'hydrogène au niveau de la cathode en graphite. C'est le phénomène de polarisation. Ces valeurs sont les même pour les deux cellules séparées.

### 3.2 Mesure de la tension fournie par les deux cellules montées en série avec variation des longueurs des tubes

Pour cela, nous avons augmenté progressivement la longueur des tubes en commençant par une longueur de 25 cm et en l'augmentant progressivement de 5 cm jusqu'à avoir une tension au borne égale à deux fois la tension d'une cellule séparée. Le tableau 2 suivant résume les résultats des mesures.

**Tableau 2** : Variation de la tension en volt en fonction de la longueur des cellules et en fonction du temps.

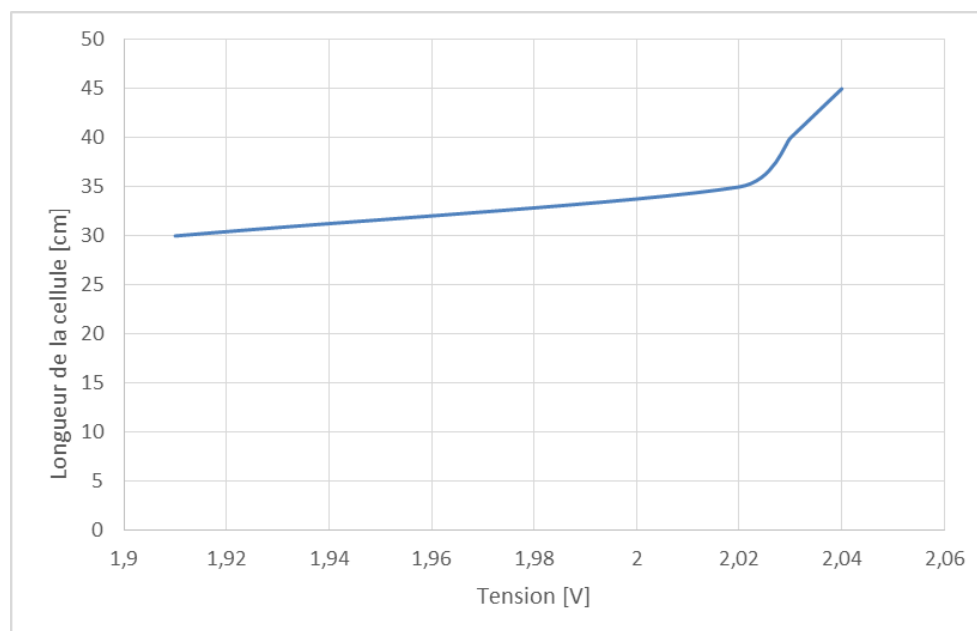
Longueur des cellules en (cm)	48 h	96 h	144 h	moyenne
25	1.72	1.71	1.68	1.70
30	1.93	1.92	1.89	1.91
35	2.04	2.02	2.02	2.02
40	2.04	2.03	2.03	2.03
45	2.04	2.04	2.04	2.04



**Figure 5** : Comparaison des valeurs de tensions mesurées entre les bornes de deux cellules montées en série pour différente longueur de tube.

D'après ces mesures nous remarquons que la tension entre les bornes positive et négatives des deux cellules montées en série se stabilise à 2.04 V pour une longueur des cellules égales à 45 cm. Mais la valeur moyenne de 2.42 V correspondant au double de la tension d'une seule cellule n'est pas atteinte. Cette différence est probablement due à la résistance interne des cellules. La différence entre la tension qu'on devrait avoir réellement et celle mesurée par notre méthode d'isolation n'est que 15%.

La figure 5 ci-dessous nous présente l'évolution de la tension entre les bornes positives et négative de deux cellules montées en série immergée dans un même électrolyte, en fonction de la longueur des tubes en PVC. La longueur des électrodes est de 10 cm.

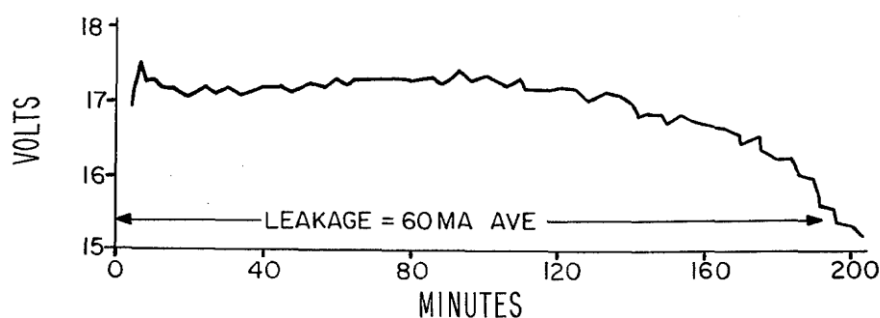


**Figure 5 :** Variation de la tension entre les bornes positive et négative de deux cellules montées en série immergées dans de l'eau de mer en fonction de la longueur des tubes en PVC.

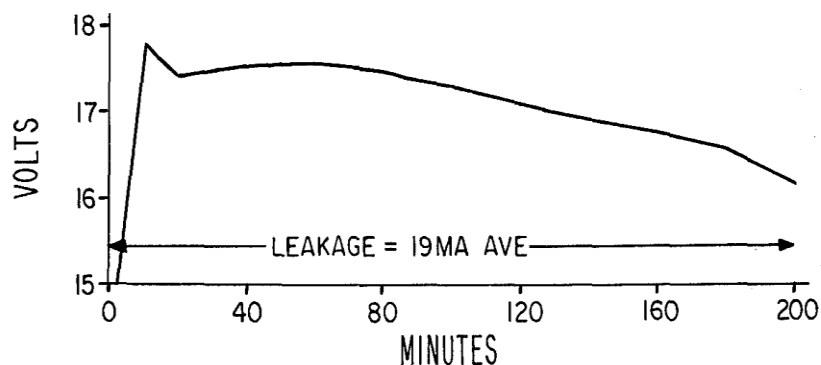
D'après la figure 5, pour une variation de la longueur de cellule allant de 30 cm à 35 cm la tension varie linéairement de 1.93 V à 2.02 V. Au-delà de cette longueur la tension tend vers une valeur stable de 2.04 V. Pour une longueur de cellule égale à 45 cm la tension mesurée se stabilise à 2.04 V.

Avec la méthode inventée par Harold et Raleigh (1976) le seul auteur qui a fait des mesures expérimentales comparable à notre étude, pour une batterie composée de 16 cellules avec des électrodes (Chlorure de Plomb/Magnésium) montées en série, la tension mesurée varie de 17.5 V à 15.5 V après seulement 200 mn d'immersion dans l'eau de mer (Figure 6) [2]. Ce qui représente une diminution de la tension de 12%. Pour améliorer cette valeur, Il a changé l'emplacement des trous qui relie chaque cellule en les mettant sur un même axe horizontal au milieu et à la partie supérieure, et il a obtenu une diminution de la tension de 5% mais toujours pendant une durée de 200 mn d'immersion dans l'eau de mer (Figure 7). Il a pensé qu'en changeant le couple d'électrode, en utilisant du Chlorure d'Argent/Magnésium, le résultat de son invention va s'améliorer. Pourtant avec une batterie composé de 13 cellules montées en série avec ce nouveau couple d'électrode, la tension mesurée varie de 15.5 V à 13.7 V après 200 mn d'immersion dans l'eau de mer ; Ce qui correspond à une diminution de la tension de 13% (Figure 8). Il a aussi essayé de plonger en profondeur dans l'eau de mer la batterie de 16 cellules en Chlorure de Plomb/Magnésium montées en série, pour voir l'effet de la pression mais la diminution de la tension constatée est de 13% (Figure 9). Il a confirmé que ces variations restent valable quel que soit le nombre de cellules montées en série.

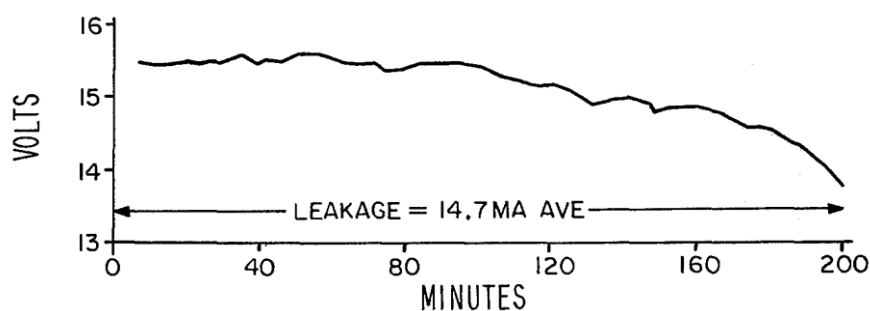
Nous voyons bien que la solution que nous avons proposée pour l'isolation des cellules montées en série plongées dans un même électrolyte est plus stable. En effet après 144 h d'exposition des électrodes dans un milieu corrosif qui est l'eau de mer, par rapport aux 200 mn, suggéré par Harold et Raleigh (1976), notre tension mesurée se stabilise à la valeur de 2.04 V pour une longueur des cellules égale à 45 cm [2]. Si nous extrapolons les valeurs des tensions mesurées par Harold et Raleigh (1976) à une durée de 144 h d'immersion dans l'eau de mer, la différence entre la tension que nous avons obtenue par notre méthode d'isolation qui est de 15% est beaucoup plus inférieure [2].



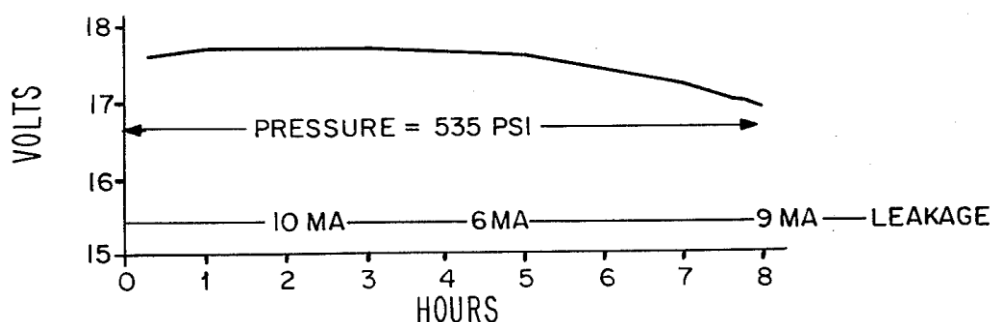
**Figure 6 :** Variation de la tension pour 16 cellules en série d'après Harold et Raleigh (1976) [2]



**Figure 7 :** Variation de la tension pour 16 cellules en série avec des trous de passage de l'eau de mer située sur le même axe horizontal à la partie supérieure de chaque cellule [2]



**Figure 8 :** Variation de tension pour 13 cellules en série de couple Chlorure d'argent/Magnésium [2].



**Figure 9 :** Variation de tension pour 16 cellules en série pour électrode Chlorure de plomb/Magnésium sous pression [2].

#### 4. CONCLUSIONS

D'après cette étude, nous pouvons conclure qu'il est possible de concevoir des cellules électrolytiques avec des tubes sans fond et que l'on peut monter en série dans un même électrolyte pour donner une tension totale entre les deux bornes tendant vers la somme des tensions de chaque cellule mesurée séparément qui est égale à 2.42V. Ceci pour un rapport de la longueur des cellules et des électrodes  $L_c/L_e$  égale à 4,5.

La suite de notre travail de recherche consiste à déterminer la valeur de ce rapport en utilisant une simulation numérique du phénomène pour des tubes à section circulaire, carrée et rectangulaire. En outre, une investigation doit être abordée sur l'inclinaison de ces tubes par rapport au plan horizontal de la surface de la mer, pour assurer un renouvellement naturel de l'eau de mer à l'intérieur des cellules qui augmentera la durée de fonctionnement des installations.

Nous pouvons affirmer que l'utilisation pratique des résultats de ce travail de recherche peut résoudre le problème de production de l'énergie électrique pour Madagascar. Il suffit de faire un montage en série et en parallèle des cellules installées dans l'océan en respectant la valeur du rapport  $L_c/L_e$ , pour avoir la tension et le courant correspondant à la puissance demandée.

## 5. REFERENCES

1. Evolution et tendances de la demande mondiale en énergie. Available on: [https://lapsuske.brubel.net/IMG/pdf/demande\\_mondiale\\_energie\\_reserves.pdf](https://lapsuske.brubel.net/IMG/pdf/demande_mondiale_energie_reserves.pdf)
2. Harold N. H., Raleigh, Multicells sea water battery, United States Patent, US3953238, April 27, 1976. Available on: <https://www.google.com/patents/US3953238>
3. Wilson B.J. Sea water battery, United States Patent, US3321335, May 23, 1967. Available on: <https://www.google.com/patents/US3321335>
4. Jones K.R and al. Deferred action battery, United States Patent, US3451855, May 29, 1963. Available: <https://www.google.ch/patents/US3451855>
5. Kirk R.C. et al. High power output magnesium primary battery, United States Patent, US3177099, Aug. 18, 1961. Available on: <https://www.google.si/patents/US3177099>

**Cite this article:** Gael Jaonaso Nirina, Sylvain Raelison, et Mamiharijaona Ramaroson. NOUVELLE METHODE D'ISOLATION DE DEUX CELLULES). *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2017; 5(5): 336-342.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>