

Expérimentation Cellule Raromatai (1^{ère} série)

N.B.: les nombres entre crochets renvoient à la bibliographie *in fine*.

1 Introduction

Innombrables sont les tentatives pour obtenir la dissociation de l'eau en gaz Hydrogène et Oxygène (moléculaires ou mono-atomiques) avec un rendement supérieur à la limite théorique définie par les lois de l'électrolyse (Faraday) [9]. Les méthodes plus ou moins dérivées de celles de Stanley Meyer [2] sont celles qui ont apporté le plus de résultats jugés positifs par leurs auteurs.

Ce constat a motivé notre choix, fortifié par la relative facilité et le coût modéré d'une réalisation expérimentale.

Notre point de référence principal est la *réplique* de Ravi Raju, elle-même très voisine de celle de Dave Lawton [3]. Cette réplique est assez bien décrite [11] et largement commentée sur Internet [4] [10], notamment en ce qui concerne le *conditionnement* des cellules, préalable réputé majeur pour un rendement de production intéressant.

Notre démarche n'est cependant pas de dupliquer fidèlement la réalisation décrite, car :

- des valeurs de paramètres essentiels pour le bon fonctionnement sont soit erronées, soit manquantes dans les documents disponibles (comme d'ailleurs dans tous les brevets du domaine, pour des raisons évidentes de protection contre les contrefaçons) ;
- sans besoin d'être grand spécialiste des domaines scientifiques et techniques concernés, une simple lecture de la plupart des publications révèle des anomalies, contradictions, voire impossibilités dont il serait déraisonnable de ne pas tenir compte.

Aucune fréquence d'excitation "magique" n'est mise en évidence dans la littérature de référence. Nous éviterons donc de fabriquer des composants trop spécifiques d'une fréquence ou gamme de fréquence particulière (inductances, amplificateurs). Pour la même raison, les outils de génération et de visualisation de signaux auront la plus large bande possible, sans besoin de hautes performances métrologiques, compte tenu des contraintes budgétaires.

Le but étant de produire des gaz avec une puissance électrique d'entrée réduite, il est inutile de prévoir des alimentations de grande puissance.

Enfin, il serait puéril de prétendre obtenir dans les 15 jours des bulles de gaz *Hydroxy* en espérant rouler gratuitement en limousine dans 6 mois ! Modération et réflexion seront donc de mise tout au long de l'étude. Cet état d'esprit peut aussi aider à surmonter la déception qui résulterait d'un échec, évidemment improbable ;-)

Références générales : [6] [1] [12]

????????????????????????????

2 Tubes

2.1 Choix

2.1.1 S. Meyer

N.B.: Données extraites de [2]

*Spacing of 1/16" (1.5875mm)
9 tubes of 18" length*

2.1.2 D. Lawton

N.B.: Données extraites de [3]

*Spacing of 1/16" (1.5875mm)
6 tubes of 5" length*

2.1.3 Ravi Raju

N.B.: Données extraites de [4]

Outer Pipe OD : 25.317 mm ; Thickness : 14 SWG or 2.032 mm ; Outer Pipe ID : $25.317 - (2.032 \times 2) = 21.253\text{mm}$

Inner Pipe OD : 19.930 mm ; Thickness : 14 SWG or 2.032 mm ; Gap is 1.323mm ($21.253 - 19.930$) and this adjusted to both the sides as the inside pipe is centered is $1.323/2 = 0.6615\text{ mm}$ on either sides of the inner tube.

9 tube sets of 9" length and the inner being 1/2" more than the outer for connections.

2.1.4 Miri

Acier inox selon AISI 316L, composition spécifiée (%) :

- Carbone : 0,03
- Manganèse: 2,0
- Phosphore : < 0,45
- Soufre : 0,03 max
- Silicium : 1,0
- Chrome : 16 à 18
- Nickel : 12 à 14
- Molybdène : 2,0 à 3,0

Tubes extrudés sans soudure

Dimensions : selon compromis disponibilités matériaux et moyens d'usinage locaux, et précision de centrage des 2 tubes => longueur entre 300 mm et 400 mm.

Tube ext : diam. ext. 26,67 mm, ép. 2,11 mm

Tube int : diam. ext. 21,30 mm, ép. 2,11 mm

Entrefer (*gap*) : 0,58 mm

2.2 Mesure fréquence(s) de résonance mécanique

Plusieurs documents font état d'une souhaitable résonance mécanique des tubes, avec fixation aux 22,4% de

la longueur comme dans un xylophone tubulaire [6] (p.10-138) – voir discussion § 2.5.

Découpe de 2 échantillons de chaque diamètre pour mesure des relations entre fréquences de résonance mécanique transversale et longueur : $k = F \cdot L^2$.

Tube maintenu verticalement, tenu entre 2 doigts au noeud théorique 0,224 L supérieur. Excitation par choc transversal à l'extrémité inférieure.

Mesure grossière avec « accordeur de guitare » logiciel :

- gros tube $k \approx 151$
- petit tube $k \approx 118$

2.3 Découpe

Faute d'outillage de découpe jet d'eau pour tubes, découpe à la scie électrique refroidie par liquide de coupe.

2.4 Usinage ajustement de longueur

V1a et V1b : au tour. Refroidissement par liquide de coupe.

V2 et V3 : pas d'ajustage (voir § suivant).

2.5 Contrôle des fréquences de résonance

La vibration mécanique fondamentale transversale d'un tube encastré en un seul noeud, situé à 22,4 % de sa longueur, se révèle multimodale, avec au moins 2 modes de fréquences très voisines (qq Hz) – du moins avec le mode d'excitation décrit ci-dessus. Dans ces conditions, il apparaît illusoire d'accorder finement les 2 tubes d'une paire.

N.B. 1 : On faciliterait le montage et le centrage mutuels des tubes en les reliant aussi au noeud symétrique (entretoises plus fines, donc moins d'obstruction). Idem pour la fixation externe de l'ensemble. Cela permettrait aussi d'utiliser des tubes plus longs.

N.B. 2 : on peut se demander pourquoi on recherche une résonance mécanique transversale des tubes, alors qu'il s'agirait plutôt [5] de créer des ondes stationnaires dans l'eau comprise entre les 2 tubes, donc radiales ou longitudinales !

La littérature montre d'ailleurs une certaine confusion entre les diverses formes de résonance invoquées :

- résonance mécanique de la molécule d'eau,
- résonance mécanique du volume d'eau inter-électrodes,
- résonance mécanique des tubes métalliques,
- résonance électrique entre les cellules (capacitives) et les inductances du circuit.

2.5.1 Version 1a

paires de tubes acoustiquement accordés (mode *xylophone*) sur $1305 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$

- tube ext $L = 341 \text{ mm}$
- tube int $L = 300 \text{ mm}$

2.5.2 Version 1b

paires de tubes acoustiquement accordés (mode *xylophone*) sur $742 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$

- tube ext L = 450 mm
- tube int L = 398 mm

2.5.3 Version 2

Pas d'accord mécanique.

- tube ext L = 300 mm
- tube int L = 300 mm

2.5.4 Version 3

Pas d'accord mécanique.

- tube ext L = 350 mm
- tube int L = 300 mm

2.6 Fabrication bague-entretoise

2.6.1 V1a

Les 2 tubes d'une paire sont rigidement reliés par 3 entretoises à 120° en résine époxy, de largeur 8 mm, centrées sur le noeud de vibration de chaque tube à 0,224 L.

2.6.2 V1b

Idem à V1a et rajout de 3 « centreurs » à 120° en epoxy au 2ème noeud.

2.6.3 V2

Centrage aux extrémités par 3 entretoises

2.6.4 V3

Centrage aux extrémités du tube extérieur.

2.7 Préparation et traitement des tubes

2.7.1 Ponçage

Ponçage P60-P80 à l'eau de l'intérieur des tubes ext.

Ponçage P120 à l'orbitale à sec de l'extérieur des tubes int.

N.B. 1 : Ce poste prend beaucoup de temps, il est très difficile d'enlever les défauts à l'intérieur des tubes.

N.B. 2 : Ponçage de V1a et V1b : superficiel.

N.B. 3 : Ponçage de V2 et V3 : fort.

N.B. 4 : V2 et V3 extérieurs restent imparfaits (différences de brillance).

2.7.2 Savonnage

???????à préciser??????????

2.7.3 Traitement par acide nitrique

??????? à préciser???????

N.B.: à partir de ce stade, les tubes ne sont manipulés qu'avec des gants latex.

2.8 Fixation des tubes sur le support en plexyglass

V1a et V1b : Fixation des tubes ext aux noeuds.

V2 : Fixation du tube ext à l'extrémité.

V3 : Fixation du tube int à l'extrémité.

2.9 Réalisation connexion tube intérieur

V1a, V1b et V2 : par lamelle-ressort laiton 0.5 mm à l'intérieur du tube.

V1a : connecté au noeud de vibration mécanique.

V1b : à l'extrémité du tube.

V2 : à l'extrémité du tube.

V3 : par Serflex, au bord du tube.

2.10 Réalisation connexion tube extérieur

V1a et V1b : au noeud de vibration mécanique.

V2 et V3 : au centre par Serflex (voir § 1.5)

2.11 Protection zones inactives

Selon conseils de Dave Lawton [6] (p.10-135) :

2.11.1 V1a et V1b

Résine epoxy à l'intérieur des tubes intérieurs.

Peinture epoxy primer à l'extérieur des tubes extérieurs.

2.11.2 V2 et V3

Peinture epoxy primer sur toutes les surfaces inactives.

3 Cellules

Photos avant montage

3.1 Montage

???????à préciser?????????

3.2 Nettoyage

???????à préciser?????????

3.3 Caractérisation électrique à sec

3.3.1 Mesure de résistance

Entre tubes et bornes respectives (ohmètre) : 0.

Entre bornes (ohmètre) : infinie.

3.3.2 Mesure de capacité

Non effectuée.

3.3.3 Essai de résonance mécanique

Les tubes, excités comme au § 2.2, ne vibrent plus (inaudibles)

3.4 Conditionnement

3.4.1 Eau utilisée

Produite à partir d'eau de mer par un dessalinisateur de bateau de plaisance (sauf pour V1a : eau de condensation de climatiseur). Résistivité nominale (non mesurée) : 10 000 à 40 000 Ω .cm.

L'eau est changée avant chaque cycle (après rinçage et séchage).

3.4.2 Alimentation électrique

La première série de conditionnements est réalisée à partir d'une batterie auto en charge (13,5 V) avec des résistances de puissance, choisies par tâtonnements, en série avec la cellule à conditionner. Pour les conditionnements suivants, cf. § 3.4.7.

3.4.3 Cellule V2

Non conditionnée pour la première campagne d'essais : elle sert de « témoin ».

3.4.4 Conditionnement de V3

3.4.4.1 1er cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
-----------	--------------	---------------

0,45 A	25 min	30 min
0,85 A	20 min	30 min
1,55 A	15 min	20 min
1,85 A	10 min	20 min
2,34 A	5 min	15 min
3,10 A	2 min	Fin

Vidange et séchage.

N.B.: beaucoup de particules marron apparaissent pendant tout le cycle, flottant à la surface de l'eau.

3.4.4.2 2ème cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,45 A	25 min	30 min
0,85 A	20 min	30 min
1,55 A	15 min	20 min
1,85 A	10 min	20 min
2,34 A	5 min	15 min
3,10 A	2 min	15 min
0,2 A	45 min	Fin

N.B. 1 : très peu de particules marron.

N.B. 2 : Après séchage (+ de 24 heures) on distingue la couche grise sur l'extérieur du tube intérieur.

3.4.4.3 3ème cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,49 A	25 min	30 min
1,20 A	20 min	30 min
1,64 A	15 min	20 min
1,90 A	10 min	20 min
2,50 A	5 min	15 min
3,20 A	2 min	Fin

N.B.: l'eau reste claire mais conserve une odeur forte.

3.4.5 Conditionnement de V1b

3.4.5.1 1er cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,49 A (*)	25 min	30 min
1,02 A	20 min	30 min
1,40 A	15 min	20 min
1,89 A	10 min	20 min
2,0 A	5 min	15 min
2,3 A	2 min	Fin

(*)Les bulles se « coincent » dans le tube et s'échappent par paquets. L'intensité varie de ± 0.1 A, voire ± 0.5 A.

3.4.5.2 2eme cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,5 A	25 min	30 min
1 A	40 min	30 min
1,3 A	15 min	20 min
1,6 A	10 min	20 min
2,4 A	5 min	15 min
3 A	2 min	Fin

Les bulles sont grosses et bruyantes. L'intensité varie de ± 0.2 A, voire ± 0.5 A. Un peu de particules marron.

3.4.6 Conditionnement de V1a

N.B.: effectué avec de l'eau de condensation de climatiseur, probablement polluée.

3.4.6.1 1er cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,40 A	25 min	30 min
1,1 A	20 min	30 min
1,5 A	15 min	20 min

1,85... 0,5 A (*)	10 min	20 min
2,6 A	5 min	15 min
3,2... 2,5 A (*)	2 min	15 min

(*) valeurs douteuses (voir 2^{ème} cycle).

N.B.: la cathode est débranchée pendant chaque arrêt.

Beaucoup de particules marron, ainsi que des particules grises d'une surface de plus de 1mm² ; elles passent du gris au noir puis au marron quand on les écrase.

3.4.6.2 2^{ème} cycle

Intensité	Durée « On »	Durée « Off »
0,48... 0,35 A	25 min	30 min
1... 0,62 A	20 min	30 min
1,6... 1,2 A	15 min	20 min
2,5... 1,5 A	10 min	20 min
4... 1,5 A	5 min	15 min

N.B.: dès la mise sous tension, l'intensité décroît, et il est de plus en plus difficile de monter en intensité.

Un peu de particules marron.

3.4.6.3 3^{ème} cycle

0,25 A pendant 45 min.

Pas de particules marron : fin du conditionnement.

L'eau garde une odeur forte.

3.4.7 Conditionnements complémentaires

3 semaines après le séchage final du dernier conditionnement, l'application de courants, même faibles (< 0,1 A) produit de nouvelles particules marron.

Des conditionnements complémentaires sont donc entrepris, cette fois à l'aide du générateur de courant décrit dans l'Appendice 1.2.

Question très importante : il semble, à la lecture des documents, que les valeurs de courant de conditionnement préconisées par Ravi sont valables pour ses 9 tubes en parallèle (s'il les avait conditionnés un par un - contrainte considérable - il l'aurait dit !). Dans cette hypothèse, il faudrait diviser toutes les valeurs ci-dessus par 9.

???????à préciser?????????

3.5 Caractérisation électrique après conditionnement

3.5.1 Eau

Eau de dessalinisateur neuve.

3.5.2 Mesure d'impédance

La composante réactive (capacitive) de la cellule est négligeable aux fréquences inférieures à quelques centaines de kHz. Un déphasage tension / courant n'est perceptible (à l'oscilloscope) qu'à partir de 1 MHz environ.

On ne mesure donc que la résistance, à fréquence fixe 1 kHz (sinus centré), avec l'appareillage décrit en Appendice 1.1.

Résultats : inexploitable, car cette « résistance » varie avec l'amplitude du signal bipolaire généré, ainsi que dans le temps (1,6 à 18 Ω). Cela est dû à la non-linéarité de la caractéristique $V = f(I)$, sa non-symétrie par rapport à l'origine, et à l'évolution des caractéristiques de l'eau au cours du temps. En outre, celle-ci n'est pas symétrique par rapport à l'origine.

Conclusion : les cellules n'ont pas de résistance définie : elles sont justiciables d'un modèle spécifique (non disponible à ce jour).

3.5.3 Essai de résonance acoustique de l'eau

3.5.3.1 Théorie

- **Longitudinale** : 1/2 onde dans la longueur de la cellule => fréquence fondamentale.
Valeur théorique : 1803 Hz pour V1b, 2390 Hz pour les autres.
- **Radiale** : 1/2 onde dans l'entrefer des tubes => fréquence fondamentale.
Valeur théorique : 1,25 MHz pour toutes les cellules
- **Tangentielle** : 1 onde pour le tour entre tubes => résonance tangentielle.
Valeur théorique : 21 kHz pour toutes les cellules.

N.B.: la résonance radiale risque d'être quasi inexistante, car les tubes ne sont ni parfaitement cylindriques, ni parfaitement centrés. Ainsi, un excentrement de 6/100 mm correspond à 10% d'écart sur le trajet, donc autant sur la fréquence.

3.5.3.2 Mode opératoire

On alimente la cellule avec le générateur de production (cf. Appendice 1.3) avec PCSU1000GU.exe en mode *sweep* couvrant une plage de recherche de ± 4 à 5 % avec un signal *burst*.

Exemple : pour la fréquence de résonance longitudinale 2390 Hz, utiliser le fichier de signal b2400_24_15.lib, et balayer le générateur avec F. Start = 23, F. Stop = 25, Time = 10 s.

Dans tous les cas, estimer le coefficient de surtension.

3.5.4 Essai de résonance self – capacité de la cellule

Fréquence théorique : 25750 Hz pour 25,4 nF et L = 1,5 mH.

N.B.: à faire par acquit de conscience, l'amortissement par la très faible résistance parallèle masquant la résonance à cette fréquence.

4 Essais de production

On alimente la cellule avec le générateur de production (cf. § 3.5.3.2). L'inductance L n'est utilisée (optionnellement) que dans les gammes 3 et 4 ci-dessous (en deçà, elle n'a pas d'effet ; au delà, elle lisse trop le signal).

Le balayage linéaire couvre des plages d'un peu plus d'une octave, avec recouvrements de 5 %, lentement (30 s/octave) de façon à couvrir sans trou la gamme 500 Hz – 2 MHz :

Gamme	Start	Stop
1	475	1 050
2	950	2 100
3	1 900	4 200
4	3 800	8 400
5	7 600	16 800
6	15 200	33 600
7	30 400	67 200
8	60 800	134 400
9	121 600	268 800
10	243 200	537 600
11	486 400	1 075 200
12	972 800	2 150 400

Modulation

???

Paramètres observés :

- Fréquence
- Courant d'alimentation global (ampèremètre continu *analogique*, afin d'éviter des artefacts d'aliasing)
- Signal aux bornes d'une résistance faible ($1\ \Omega$) en série avec la cellule sous test (oscillo en mode différentiel)
- Débit et taille des bulles de gaz.

???

5 Bibliographie

[1] MDG, *Water as Fuel*, <http://waterfuel.100free.com/index.html>

[2] MDG, *Water as Fuel*, http://waterfuel.100free.com/wf_meyer_electrolyser.html

- [3] MDG, *Water as Fuel*, http://waterfuel.100free.com/wf_meyer_lawton.html
- [4] MDG, *Water as Fuel*, http://waterfuel.100free.com/wf_meyer_ravi.html
- [5] MDG, *Water as Fuel*, http://waterfuel.100free.com/wf_meyer_h2earth.html
- [6] Patrick J. Kelly, *A Practical Guide to 'Free-Energy' Devices*, <http://www.free-energy-info.co.uk/PJKbook.pdf>
- [7] Wikipedia, *Electrolyse de l'eau*, http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrolyse_de_l%27eau
- [8] P. Dondon, *TP développement durable*, <http://uuu.enseirb.fr/~dondon/devdurable/TPpilecombustible/TPpileacombustible.htm>
- [9] Forum Génération Hydrogène, *Loi de Faraday*, <http://generation-hydrogene.forumpro.fr/documentaire-f33/loi-de-faraday-t474.htm>
- [10] Forum OUPower.com, *Hydrogen Production via Electrolysis*, [Ravi's Meyer Replication- Tap Water to H2](http://generation-hydrogene.forumpro.fr/documentaire-f33/loi-de-faraday-t474.htm)
- [11] Panacea-BOCAF On-Line University, *Research Paper on Ravi's Water Fuel Cell Replication*, <http://www.panaceauniversity.org/Ravi%20Cell.pdf>
- [12] PESWiki.com, *Water Fuel Cell Open Source Project*, http://peswiki.com/index.php/OS:Water_Fuel_Cell

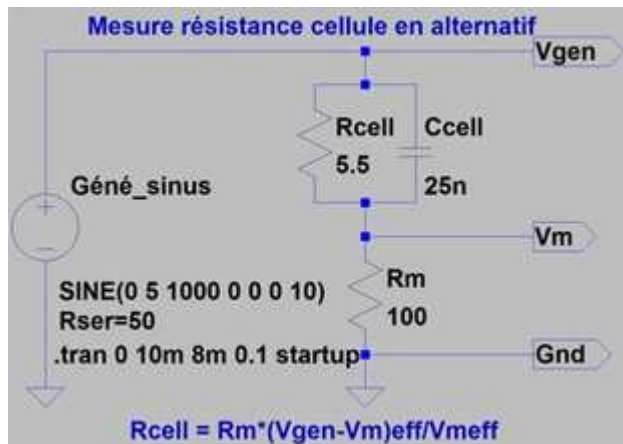
Appendice 1

1 Mesure de résistance de cellule

La mesure est faite en signal sinusoïdal, centré, d'amplitude 1 V afin de rester en dessous de la tension de polarisation de la cellule. La fréquence de 1 kHz est suffisamment basse pour que la réactance de la cellule soit négligeable.

On mesure la ddp efficace **V_{cell}** aux bornes de la cellule, la ddp efficace **V_m** aux bornes de la résistance de mesure **R_m**. Alors

$$R_{cell} = R_m \times V_{cell} / V_m$$

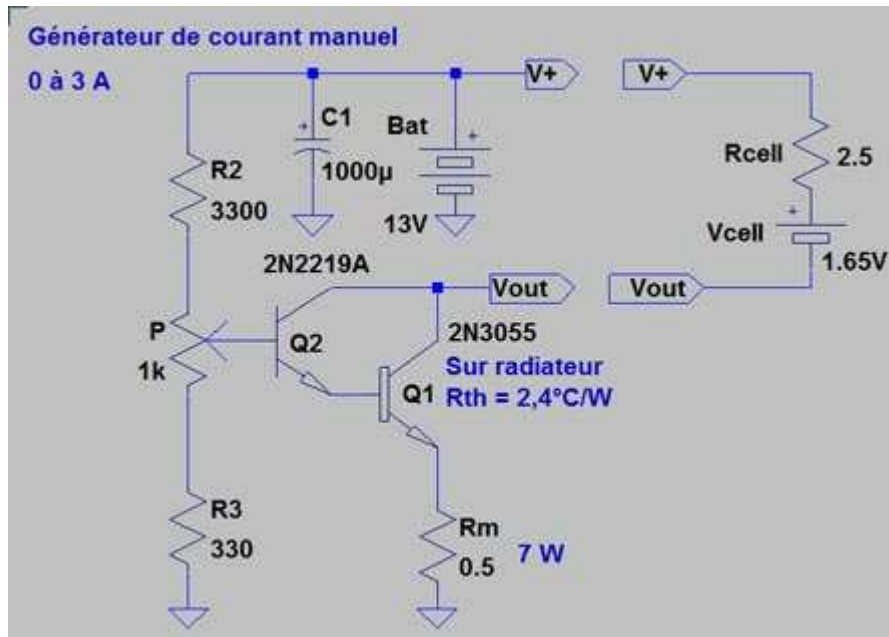


Appareils de mesure utilisés :

- générateur de fonctions Velleman PCGU1000,
- oscilloscope Velleman PCSU1000.

2 Générateur de courant pour conditionnement de cellule

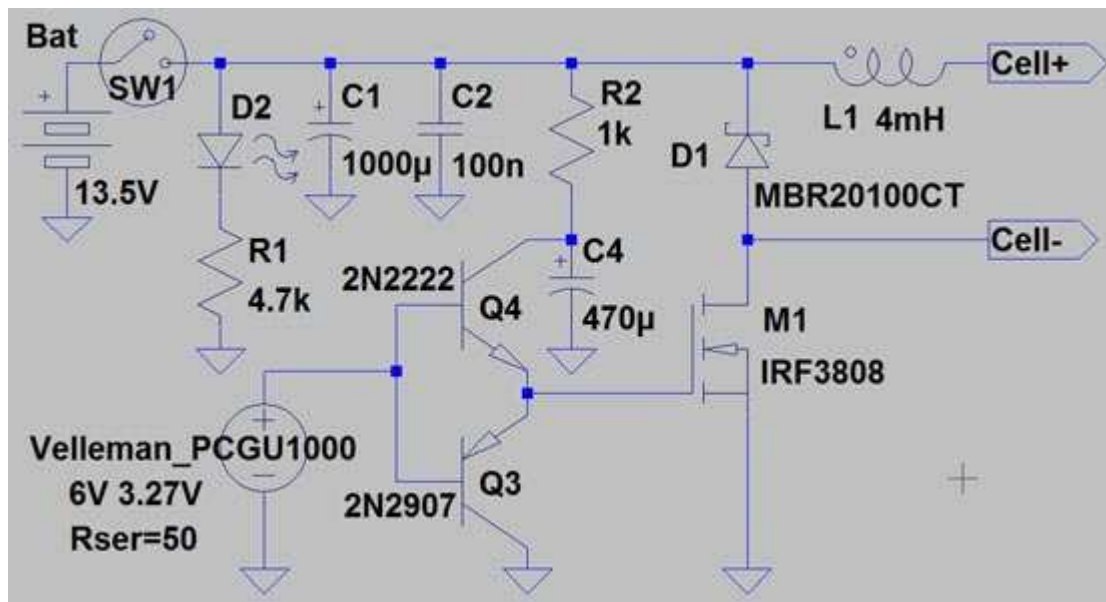
Un générateur sommaire fournit un « puits » de courant continu, ajustable de 0 à 3 A maximum par un potentiomètre. Le courant est mesurable soit par un ampèremètre en série avec la cellule, soit un voltmètre aux bornes de la résistance **R_m**. Un ventilateur améliore le refroidissement du radiateur de **Q1** qui dissiperait 40 W en cas de court-circuit.



3 Générateur de signaux pour production

3.1 Schéma électrique

Les signaux tout-ou-rien sont synthétisés par un générateur Velleman PCGU1000 contrôlé par PC, d'impédance de sortie 50 Ω . Le push-pull **Q3-Q4** assure des transitions brèves en sortie du MOSFET **M1** malgré la capacité d'entrée élevée de ce dernier. L'amplitude et le biais (*offset*) d'entrée sont ajustés avec un signal sinusoïdal de façon à obtenir un rapport cyclique de 50 % en sortie.



N.B. 1 : en pratique, les générateurs 2 et 3 sont assemblés dans le même boîtier, avec bornes communes.

N.B. 2 : un signal « carré » ne comporte pas d'harmoniques paires. Si nécessaire, le PCGU1000 peut générer n'importe quelle forme de signaux, notamment rectangulaires à faible rapport cyclique, donc à large spectre.

3.2 Critiques a priori

Ce générateur présente 2 sérieuses limitations métrologiques :

3.2.1 Les signaux sont de type tout-ou-rien

- Il est difficile de savoir si un effet constaté est dû à la fréquence fondamentale ou une harmonique.
- On ne maîtrise pas les durées de montée et descente, donc le spectre de fréquences.
- Ce spectre est modifié par les éléments réactifs de la cellule (inductance, capacité).

3.2.2 Les signaux sont d'amplitude constante

On ne peut étudier l'influence de la tension appliquée à la ou aux cellules qu'en insérant des résistances ou diodes chutrices en série.