

# Étude scientifique comparative pour la validation d'un courant de neurostimulation

## Courant rectangulaire à moyenne nulle

B. DELALANDE

M. K., Le Longchamp, 38290 La Verpillière  
e-mail : delalandeb@aol.com

*L'ensemble des électrothérapeutes s'accordent à dire que les impulsions rectangulaires à moyenne nulle sont les courants privilégiés pour la neurostimulation. La majorité de nos générateurs modernes utilisent ce type de courant.*

*L'étude scientifique d'un courant met en évidence les propriétés utiles d'un signal de stimulation. Ces propriétés utiles sont calculées à l'aide des formules qu'emploient quotidiennement les électriciens, physiciens et mathématiciens.*

*Les physiothérapeutes doivent effectuer le même travail. Dans le cas contraire, ils s'exposent à conserver une vision empirique et erronée, et à des déductions hâtives.*

*La comparaison du courant rectangulaire par rapport à un signal de référence ne permet pas de valider ce courant de stimulation, ni de retrouver les qualités que nous lui accordons.*

### Introduction

Les courants rectangulaires à moyenne nulle sont largement utilisés dans notre pratique quotidienne. La grande majorité de nos générateurs les proposent. Cette utilisation est la consé-

quence de la théorie qui leurs attribue les propriétés « subjectives » suivantes :

- innocuité ;
- courant simple à réaliser ;
- minimum d'énergie mise en œuvre pour un maximum d'efficacité [1] ;
- régularité des charges électriques transportées [2] ;
- approche physiologique optimale [3].

Une approche par la physique et les mathématiques permet au contraire de dégager des propriétés « objectives » basées sur des critères scientifiques.

Nous en utilisons déjà certaines :

- période (T) exprimée en secondes (s) ou microsecondes ( $\mu\text{s}$ ) ;
- fréquence (F) exprimée en Hertz (Hz) ;
- amplitude (I) exprimée en ampères (A) ou milliampères (mA) ;
- classification du courant (BF, MF, HF).

D'autres sont ignorées ou sont plus complexes à calculer :

- amplitude crête à crête ( $I_{cc}$ ) en ampères (A) ou milliampères (mA) ;
- amplitudes moyennes en ampères (A) ou milliampères (mA) ;
- croissance maximale en milliampères par microseconde ( $\text{mA}/\mu\text{s}$  ou  $\text{mA}\mu\text{s}^{-1}$ ) ou ampères par seconde ( $\text{A}/\text{s}$  ou  $\text{A}\text{s}^{-1}$ ) ;
- impédances minimale et maximale générées en ohms ( $\Omega$ ) ;
- puissance maximale et moyenne en watts (W).

## NOTATION SCIENTIFIQUE

La notation scientifique permet d'exprimer les chiffres en fonction d'une mantisse et d'un exposant en puissance de 10 (E) :

$$1\ 000 = 1,000\ E + 3$$

$$0,001 = 1,000\ E - 3$$

## SYNTHÈSE DE FOURIER

Tout signal peut être décomposé et recréé à l'aide de séries sinusoïdales [4] par les célèbres fonctions du mathématicien français Joseph Fourier (1768-1830). Ces série sinusoïdales sont particulières. Elles comprennent une fondamentale et des harmoniques qui sont des multiples entiers de la fondamentale :

$$I = A_0 \sin(0\omega t) + A_1 \sin(1\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega t + \varphi_2) + A_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots + A_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad [5]$$

$$\omega = 2\pi F \quad (F \text{ est la fréquence fondamentale}).$$

Il est important de connaître la fondamentale et les harmoniques d'un courant. Cette connaissance permet à la fois de le classer et d'apprécier sa complexité.

## Propriétés scientifiques d'un courant

### MÉTHODE

Pour étudier les propriétés citées ci-dessus nous utiliserons deux types d'impulsion :

- **L'impulsion à tester de type rectangulaire** (figure 1), à moyenne nulle, de durée de 600  $\mu\text{s}$  et de pente de montée de 5,000 mA/ $\mu\text{s}$ .
- **L'impulsion « témoin » est sinusoïdale** (figure 2), à moyenne nulle, de durée identique.

À l'aide du générateur, nous recherchons l'intensité minimale nécessaire pour obtenir une sensation, pour les deux types de signaux.

### EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Les signaux sont reproduits dans un logiciel de synthèse de signal pour les graphiques et les calculs de propriétés. Les données sont ensuite converties pour l'exploitation par le logiciel de simulation électronique MICROCAP V (dém) de la société Spectrum Soft ([www.spectrum-soft.com](http://www.spectrum-soft.com)) pour le calcul des harmoniques et des intégrales.

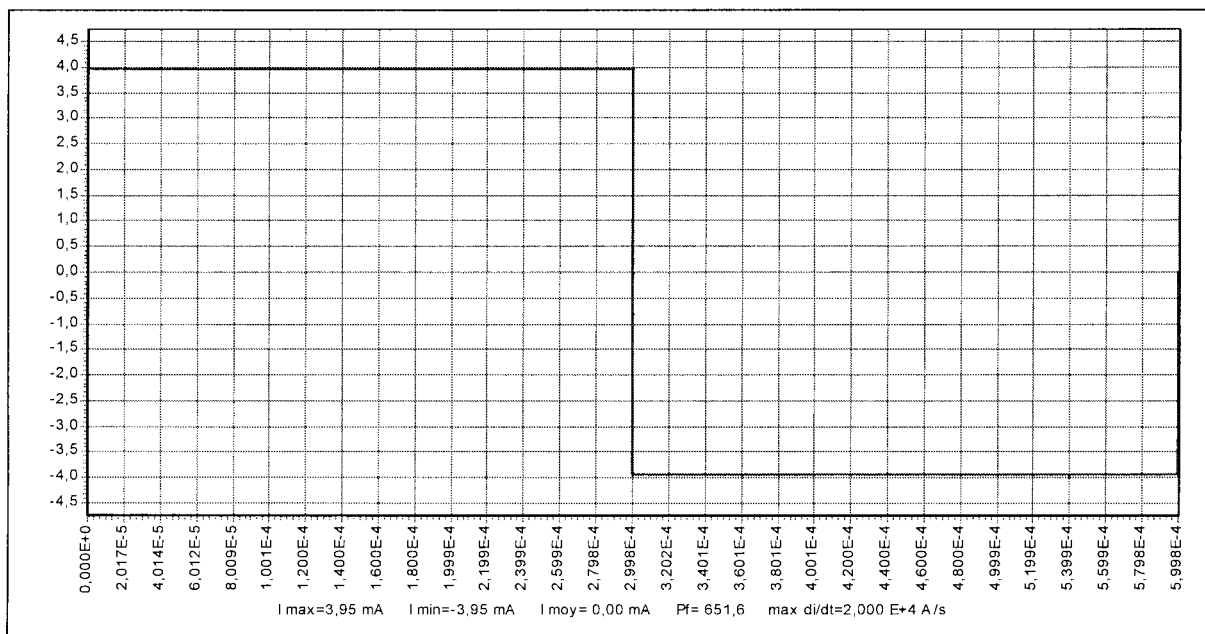


FIG. 1. — Courant rectangulaire à moyenne nulle.

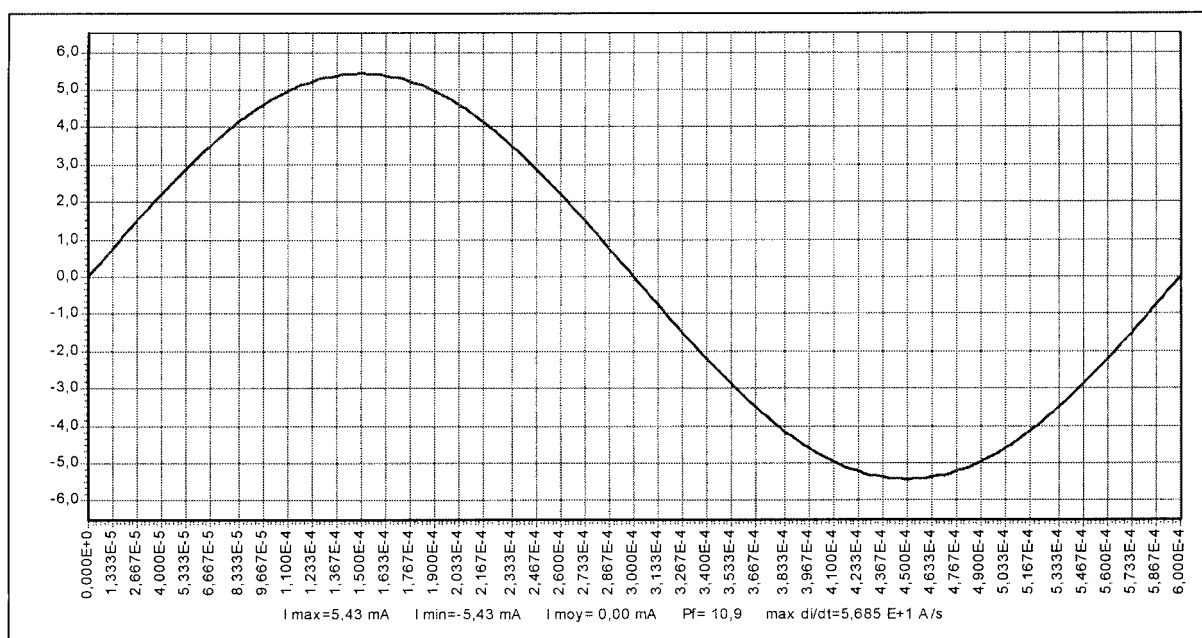


FIG. 2. — Courant sinusoïdal à moyenne nulle.

L'utilisation de ces logiciels n'est pas chose aisée. Les formules employées dans cet article dépassent notre niveau de formation. C'est pour cette raison, que j'ai fait appel aux connaissances d'un ingénieur électronicien et d'un ingénieur EDF.

#### PÉRIODE

La période est la durée nécessaire pour qu'un courant, en partant d'une intensité donnée, recommence à être reproduit à l'identique. Nos deux signaux sont de période identique de 600  $\mu$ s (6E - 4s). Dans cette étude, nous ne tenons pas compte des intervalles entre chaque impulsion. Nous limiterons l'étude aux « motifs » utiles des courants.

#### FRÉQUENCE

La fréquence est l'expression de l'inverse de la période soit :  $F = 1/T$ .

Ce qui nous donne :  $F = 1\ 667$  Hz (en arrondissant). La fréquence calculée est la fréquence fondamentale.

#### CLASSIFICATION DES COURANTS

Nous serions tentés de dire que nos deux courants sont de moyenne fréquence car supérieurs à 1 000 Hz mais inférieurs à 10 000 Hz. Si nos deux courants ont des fréquences fondamentales identiques mais des formes différentes, cela est dû par la présence d'harmoniques.

Les courants peuvent être alors décrits par leurs formules.

— Le courant rectangulaire [6] (limité aux 50 premiers termes, il en contient plusieurs centaines, les termes pairs sont nuls) :

$$I_{\text{rec}} = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + A_5 \sin(5\omega t + \varphi_5) + \dots + A_{49} \sin(49\omega t + \varphi_{49})$$

Le courant rectangulaire comporte des harmoniques (*figure 3*) jusqu'à plus de 81 667 Hz, **c'est un courant de haute fréquence (HF). C'est un courant complexe.**

— Le sinusoïdal est limité à la fréquence fondamentale, **c'est un courant simple :**

$$I_{\text{sin}} = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

**Le courant sinusoïdal est un courant de moyenne fréquence (MF).**

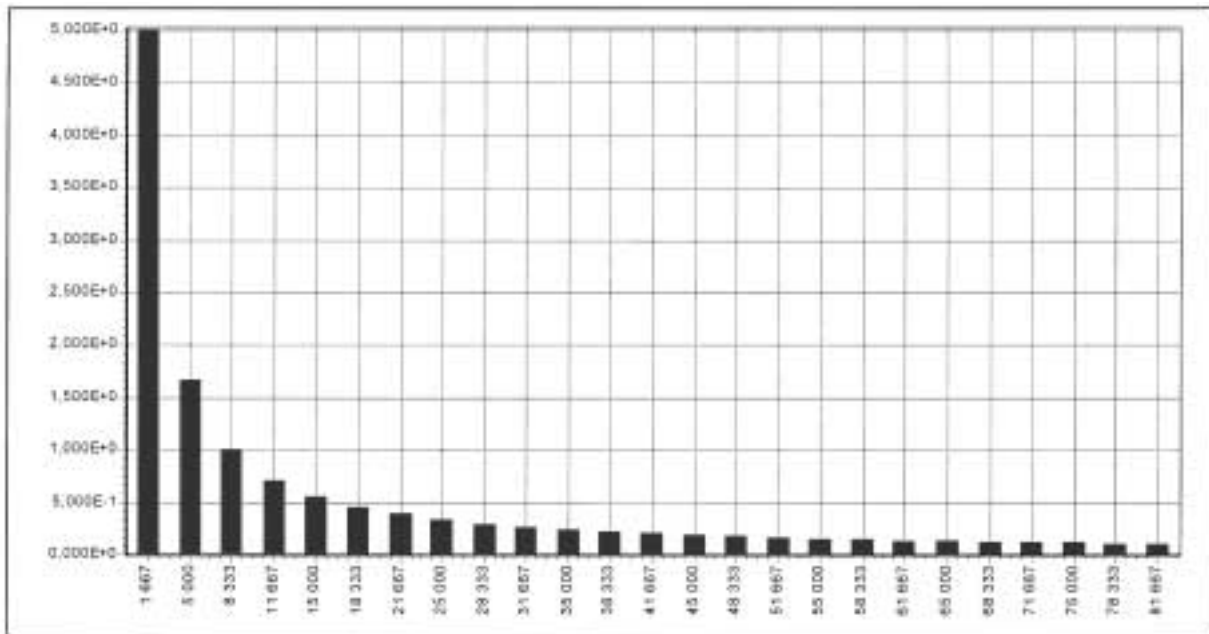


FIG. 3. — Harmoniques du courant rectangulaire.

#### AMPLITUDE

L'amplitude est la valeur maximale (positive ou négative) atteinte par un courant. C'est une valeur, pratique, affichée par nos générateurs. Ce terme est insuffisant pour caractériser les signaux asymétriques. **C'est une valeur crête.**

Dans le cadre de notre expérience, nous avons mesuré :

$$I_{\text{rec}} = 3,95 \text{ mA et } I_{\text{sin}} = 5,43 \text{ mA}$$

Il n'est pas contestable que l'amplitude nécessaire pour le courant rectangulaire est inférieure à la valeur du courant sinusoïdal (+ 37 %). À titre d'information, on trouve 7,07 mA pour un courant triangulaire (+ 79 %).

**La connaissance de l'amplitude n'est pourtant pas suffisante pour conclure à un minimum d'énergie.**

La forme des courants n'est pas identique. Est-on sûr que les impédances sont égales ?

À la différence des électrothérapeutes, les physiciens, électriciens et électroniciens savent qu'il ne faut pas utiliser l'amplitude pour effectuer une comparaison valide. Ils utilisent, pour ce faire, l'amplitude moyenne qui fait abstraction de la forme des courants [7].

#### AMPLITUDE CRÊTE À CRÊTE

L'amplitude crête à crête est la valeur maximale totale atteinte par un courant. **C'est la somme de l'amplitude positive et de l'amplitude négative.** Pour nos signaux, nous avons :

$$I_{\text{CCrec}} = 7,90 \text{ mA et } I_{\text{CCsin}} = 10,86 \text{ mA}$$

#### AMPLITUDE MOYENNE

L'exemple graphique suivant (*figure 4*) vaut mieux qu'un long discours.

Les électrothérapeutes affirment que l'amplitude du courant rectangulaire est inférieure à

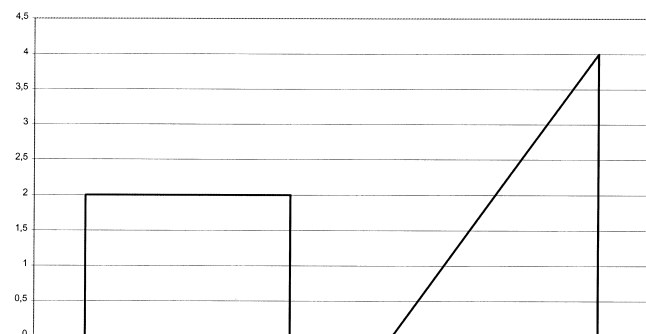


FIG. 4. — Solution graphique d'amplitude moyenne.

celle du triangle, donc l'énergie mise en jeu est nécessairement plus petite.

Les physiciens ne sont pas d'accord avec nous. Si l'amplitude du courant rectangulaire est bien inférieure à celle du triangle, l'amplitude moyenne est identique, de même que les charges électriques transportées. Quant à l'énergie mise en jeu, elle n'est pas calculable sans la connaissance de l'impédance ou de la tension aux bornes du système.

Comment les physiciens affirment-ils la chose ?

L'exemple donné a une solution graphique simple. Il faut rechercher à égaliser les hauteurs des deux formes sans modifier leurs surfaces, sans modifier la longueur ou la base. On opère une transformation rectangulaire et comme les surfaces sont ici égales :

—  $S_{\text{REC}} = \text{longueur} * \text{largeur} = S_{\text{TRI}} = \text{base} * \text{hauteur} / 2$

—  $h_{\text{moy}} = \text{largeur} = \text{hauteur} / 2$

car la longueur est égale à la base et la hauteur est égale à deux fois la largeur.

Pour des signaux de formes plus complexes, on recourt à une méthode similaire, moins facile à calculer qui fait appel aux intégrales.

Nos signaux sont réputés à moyenne nulle. L'amplitude moyenne positive est égale à l'amplitude moyenne négative (au signe près).

L'amplitude moyenne est le courant continu équivalent au résultat de l'intégration partielle des valeurs positives ou négatives de notre signal. **L'amplitude moyenne est toujours inférieure à l'amplitude crête.**

Comme nos courants évoluent en fonction du temps (t), on peut affirmer que ce sont des fonctions temporelles  $I = f(t)$ , donc :

$$I_{\text{m}} = \frac{1}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} f(t) dt \quad [8]$$

Calculer ces intégrales définies dépasse largement le cadre de notre discours. Il est plus commode d'utiliser le logiciel MICRO-CAP V pour obtenir directement les résultats :

$$I_{\text{mrec}} = 3,92 \text{mA} \text{ et } I_{\text{m sin}} = 3,46 \text{mA} \quad [9]$$

L'amplitude moyenne du courant rectangulaire est supérieure (+ 13 %) à celle du courant sinusoïdal (3,53 mA pour un courant triangulaire, + 12 %).

## CROISSANCE MAXIMALE

La croissance maximale est l'expression de la pente maximale d'un courant. **La croissance maximale peut caractériser de bonne manière l'innocuité d'un courant.** C'est en fait l'accélération maximale que prend le courant pour traverser l'organisme. Pour la calculer, il suffit de digitaliser nos courants à intervalles de temps constants très petits (< 1,000 E - 7s). Il faut ensuite prendre les points 2 par 2, pour calculer la pente et retenir la valeur maximale. Ce processus est automatisé par le logiciel.

Il est à noter que pour le courant rectangulaire, les pentes sont constantes et indépendantes de l'amplitude. Pour le courant sinusoïdal, au contraire, les pentes sont dépendantes de l'amplitude.

$$v_{\text{max}} = di_{\text{max}}/dt$$

On trouve :

$$v_{\text{RECmax}} = 5,000 \text{ mA}/\mu\text{s} \text{ et}$$

$$v_{\text{SINmax}} = 0,057 \text{ mA}/\mu\text{s}$$

Ces deux chiffres ne sont pas vraiment renversants. Mais nous sommes abusés par les unités utilisées. Pour les rendre plus « agressifs », effectuons une conversion en A/s :

$$v_{\text{RECmax}} = 5,000 \text{ mA}/\mu\text{s} = (5E - 3/1E - 6) \\ = 5E - 3 * 1E6 = 5 000 \text{ A/s}$$

$$v_{\text{SINmax}} = 0,057 \text{ mA}/\mu\text{s} = (5,7E - 5/1E - 6) \\ = 5,7E - 5 * 1E6 = 57 \text{ A/s}$$

Il est vrai que notre culture « électrothérapique » sous-estime les fronts de montée et de descente. De plus, nous avons l'habitude de privilégier le courant continu. La raison étant que les charges transportées sont minimales pendant ces transitions. Nous croyons, en conséquence, qu'il est facile de les utiliser [10] ou de les créer [11]. Il n'en est rien.

Si notre croyance était une réalité de la physique, EDF utiliserait les courants carrés pour le transport de l'électricité. Si EDF ne le fait pas, c'est pour une simple raison que m'a confirmé

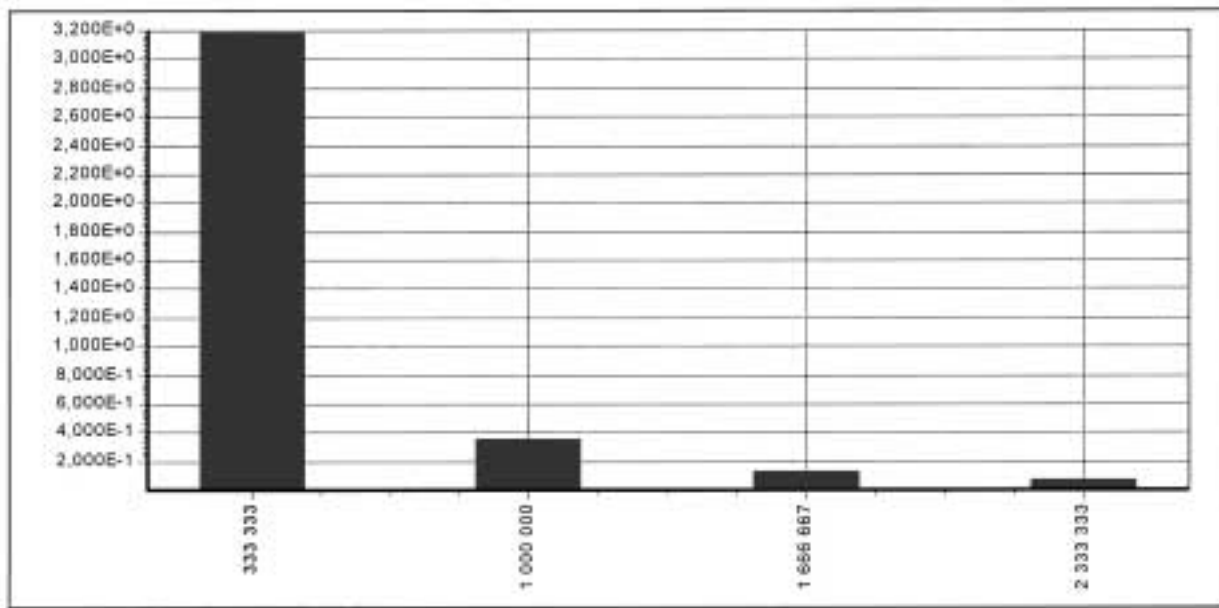


FIG. 5. — Harmoniques du front de montée du courant rectangulaire.

son ingénieur : l'échauffement des lignes serait tel qu'elles fondraient, les pertes seraient effroyables, le transport limité à quelques centaines de mètres, les parasites si importants qu'ils empêcheraient toute communication radio.

En étudiant la composition harmonique du front de montée (*figure 5*) de notre signal rectangulaire, on s'aperçoit qu'il ne contient que des très hautes fréquences (333 333 Hz à 2,333 MHz). Ces très hautes fréquences nous sont pourtant connues. Elles ont des propriétés énergétiques et thermiques et de plus, sont parfaitement tolérées par l'organisme.

**Cette tolérance ne doit pas nous faire oublier que l'absence de sensation n'est pas synonyme d'absence d'effet [12].**

Rechercher à diminuer les temps de montée et de descente des signaux rectangulaires revient à augmenter la présence de composantes très hautes fréquences. Rechercher à diminuer ces temps entraîne un masquage partiel de la sensation normalement attendue en neurostimulation. Ce masquage n'est produit que pour les parties les plus intenses du courant.

Je recevais, l'année dernière, le représentant d'une très grande marque américaine d'appareils de neurostimulation. Il me vantait les qualités de la dernière génération : innocuité,

très bonne tolérance et confort. Je lui demandais les caractéristiques du courant de stimulation qu'il me donnait en affirmant : « nous avons encore amélioré le temps de montée pour une meilleure tolérance. C'est le seul appareil du marché délivrant 100 mA/ $\mu$ s pour un confort optimal. » Je prenais le temps de calculer la pente et lui posais la question suivante : « Pensez-vous qu'il est sans danger d'utiliser un courant qui traverse l'organisme à 100 00 A/s ? ». Il me demandait alors, si j'étais fou ? Je lui répondais que c'est ce que faisait son appareil, lui expliquant les calculs. Il affirmait que je me trompais et vérifiait les calculs. Le résultat était identique ! Toutefois, il concluait : « De toute façon, notre courant est validé par notre équipe médicale. »

**Il n'est pas possible d'accorder scientifiquement un critère d'innocuité au courant rectangulaire.** Il n'est pas mathématiquement possible de supposer que le courant rectangulaire se rapproche de nécessités physiologiques.

IMPÉDANCES MINIMALES ET MAXIMALES GÉNÉRÉES

La forme du courant, la présence d'harmoniques, la surface des électrodes, conditionnent l'impédance du système stimulé [1]. **Pour garan-**

**tir une délivrance régulière des charges, il faut une impédance stable. Pour garantir un minimum d'énergie** avec un maximum d'efficacité à l'intérieur des tissus (où se trouvent nos éléments sensibles), **il faut une impédance faible.**

La formule qui nous donne l'impédance (pour des électrodes de taille identique de 50 cm<sup>2</sup>) est la suivante :

$$Z = \frac{2R}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}} + r \quad [13]$$

L'ennui, c'est que **cette formule ne fonctionne qu'avec les courants sinusoïdaux** et eux uniquement. Une fois encore, il est indispensable de recourir à la simulation :

$$\text{— } Z_{\text{SINMin}} = Z_{\text{SINMax}} = 187 \Omega$$

$$\text{— } Z_{\text{RECMIn}} = 31 \Omega \text{ et } Z_{\text{RECMMax}} = 2\,000 \Omega$$

Il est évident que la transition entre ces extrêmes n'est pas instantanée, l'impédance passe par toutes les valeurs intermédiaires.

**La régularité de délivrance des charges électriques n'est pas scientifiquement démontrée pour le courant rectangulaire.** La recherche d'un minimum d'impédance stable ne peut être atteint pour un maximum d'efficacité.

#### PUISSANCES MAXIMALE ET MOYENNE

C'est la puissance maximale instantanée fournie par le générateur pendant la production du courant. **C'est une puissance crête. C'est un deuxième critère réaliste de l'innocuité d'un courant.** Cette puissance est souvent de très courte durée. Nous avons vu qu'il est possible d'exprimer les courants sous forme de fonctions sinusoïdales. De même, il est possible de le faire à l'aide de segments de droite. C'est ce que nous avons fait pour calculer la croissance. Nous avons digitalisé nos courants analogiques sous forme d'équations linéaires :  $I = at + b$  avec  $t_1 \leq t \leq t_2$ .

Par simplification (translation temporelle), on a pour les segments croissants ou décroissants :  $I = at$  avec  $t_1 - t_1 \leq t - t_1 \leq t_2 - t_1$  et pour les segments horizontaux (courant constant) ;  $I = b$ .

La puissance est l'expression du travail effectué en 1 seconde :

$$P = RI^2 = Ra^2t^2 = Ra^2t^2 = Ra^2$$

Hors a est une pente que nous avons déjà calculée.

— Pour le courant rectangulaire :

$$\text{— } P_{\text{RECMMax}} = Ra^2 =$$

$$R V_{\text{RECMMax}}^2 = 31 * 5000 * 5000 = 775\,000\,000 \text{ W}$$

$$\text{— } P_{\text{RECMIn}} = Rb^2 = 2\,000 * 0,003\,95 * 0,003\,95 = 0,031\,205 \text{ W}$$

$$\text{— } P_{\text{RECMoy}} \approx 2\,000 * 0,003\,95 * 0,003\,95 = 31,205 \text{ mW}$$

— Pour le courant sinusoïdal :

$$\text{— } P_{\text{SINMax}} = Ra^2 =$$

$$R V_{\text{SINMax}}^2 = 187 * 57 * 57 = 607\,563 \text{ W}$$

$$P_{\text{SINMoy}} \approx 187 * 0,0034 * 0,00346 = 2,239 \text{ mW}$$

$$P_{\text{RECMoy}} \gg P_{\text{SINMoy}} (+ 1\,294 \%)$$

Nous supposons qu'il est facile d'établir et de rompre un circuit [10]. Nous affirmons qu'il est possible de le faire en un temps nul [11].

**La physique devrait limiter nos excès. La technologie les encourage :** nous sommes maintenant capables de produire des puissances crêtes de 3 000 millions de Watts avec les dernières générations de stimulateurs.

**3 000 Méga Watts pour stimuler quelques neurones !**

#### Discussion

##### OBJECTIF DE LA NEUROSTIMULATION

La neurostimulation transcutanée a pour but de provoquer artificiellement une réponse de la part d'éléments sensibles situés dans le milieu intracellulaire, au moyen d'un courant électrique. La stimulation n'est pas directe. La stimulation est pratiquée à travers des interfaces constitués par des couples électrodes + peau. C'est la contrainte d'interface. La stimulation doit être minimale. Elle se doit d'employer le minimum d'énergie pour parvenir à une réponse optimale. Le courant choisi doit favoriser la réponse des éléments sensibles. C'est la contrainte de réponse.

## CONTRAINTE D'INTERFACE

Les couples électrodes + peau forment un système qui possèdent des propriétés électriques connues :

**L'impédance est maximale pour le courant continu.** Le courant continu est le meilleur moyen pour favoriser l'action au niveau de l'interface.

**L'impédance diminue quand on augmente la fréquence** de stimulation.

Au-delà d'une certaine fréquence (15 000 Hz environ), l'impédance reste quasi stable.

L'impédance est inversement proportionnelle à la surface des électrodes. Plus la surface augmente moins l'impédance est importante. Plus la surface augmente moins la localisation est bonne. Augmenter la fréquence augmente l'énergie.

La contrainte d'interface impose : l'absence de courant constant, des surfaces importantes pour les électrodes, une fréquence limitée.

La contrainte d'interface n'est pas forcément compatible avec la contrainte de réponse.

## CONTRAINTE DE RÉPONSE

Le neurone sensitif est une cellule d'information. La chaleur, le froid, la pression, l'accélération sont transformés par des capteurs puis véhiculés [14]. Il n'y a pas de neurone possédant des capteurs sensibles aux variations électriques.

**Le neurone n'est pas une cellule électrique.** L'activité électrique du neurone n'est que le résultat de l'emploi d'appareils de mesure inadaptés. L'activité électrique mesurée n'est que le résultat des changements de concentrations ioniques [15]. Il n'y a pas d'appareils, non invasifs, mesurant la variation des flux ioniques.

La réponse du neurone n'est obtenue qu'au-delà d'un seuil. La notion de seuil est individuelle, le seuil est variable. Pour un même individu, le seuil varie en fonction de

l'activité, de la fatigue, du stress, de la zone traitée, de la douleur, etc...

La stimulation doit être maintenue au dessus du seuil un certain temps pour qu'apparaisse une réponse. Pour éviter de perturber la réponse, la stimulation doit être terminée avant cette dernière.

La réponse du neurone n'est jamais immédiate (latence). Si la stimulation est trop lente, il n'y a pas de réponse, si elle est trop rapide, non plus. Au-delà d'une certaine fréquence, il n'y a plus de réponse. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas d'effets nocifs : thermiques, chimiques, destructeurs et irréversibles.

Augmenter l'intensité moyenne du courant diminue le temps de réponse mais ne l'annule pas. Augmenter la pente du courant diminue le temps de réponse mais ne l'annule pas. La notion de temps de réponse minimum est liée à l'accommodation, au seuil et à la chronaxie, donc individuelle. La notion de temps de réponse minimum conditionne la durée minimale de stimulation :  $\text{chronaxie} < \text{stimulation} < 2 * \text{chronaxie}$ .

La contrainte de réponse impose une intensité moyenne permettant de dépasser le seuil et d'une durée minimale à la chronaxie et inférieure à 2 fois cette dernière.

## VALIDATION DU COURANT RECTANGULAIRE

La présence de courant constant est défavorable à une bonne efficacité.

La présence de hautes fréquences et très hautes fréquences n'est pas nécessaire, ni souhaitable.

La présence de pente intense n'est pas nécessaire, l'innocuité n'est pas démontrée.

Le minimum d'énergie n'est pas démontré.

La régularité d'apport de charges n'est pas démontrée.

L'approche physiologique optimale n'est pas acquise.

L'utilisation de courants rectangulaires n'est pas conseillée, ni recommandée.

Il est conseillé, à défaut, d'utiliser des impulsions sinusoïdales.

L'impulsion sinusoïdale n'est pas, non plus, une forme optimale.

## Conclusion

Cet article remet en cause certains grands principes de la neurostimulation. La neurostimulation fait appel, comme moyen, à des courants électriques. Les propriétés des courants électriques font appel à des lois de la physique et aux mathématiques. Ces lois et ces calculs permettent d'affirmer que notre théorie est entachée d'erreurs. Ces erreurs risquent de discréditer l'ensemble de l'électrothérapie et de compromettre la santé de nos patients. Certains des auteurs, cités en référence, ont le pouvoir (le devoir ?) de mobiliser la communauté scientifique. Seront-ils les moteurs de l'émergence d'une nouvelle science ? Je suis optimiste, leur ouverture d'esprit est la garantie d'un débat animé mais passionnant et de la réussite de leur mission.

## Références

- [1] GOBELET C, BRODARD R. Electromyostimulation. Principes de base. *Electrostimulation des nerfs et des muscles*. Paris : Masson ; 1992 : 19.
- [2] ROQUES CF. Principes physiques élémentaires. *Pratique de l'électrothérapie*. Paris : Springer-Verlag ; 1997 : 11.
- [3] CREPON F. Courant d'électrostimulation optimal. *Electrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle*. Paris : Frison-Roche ; 1994 : 31.
- [4] RATEAU R. Les séries de Fourier et l'analyse harmonique. *Electronique Applications*. Paris : Société Parisienne d'édition ; 1980 : 35.
- [5] DEPLANCHE Y. Développements. *Mémo formulaire*. Paris : Casteilla ; 1991 : 36.
- [6] MALFERIOL JM. L'analyse spectrale. *Radio Plans*. Paris : Société Parisienne d'édition ; 75.
- [7] SOROKINE W. Sachons mesurer. *Radio Plans*. Paris : Société Parisienne d'édition ; 67.
- [8] DEPLANCHE Y. Intégrales définies. *Mémo formulaire*. Paris : Casteilla ; 1991 : 50.
- [9] DEPLANCHE Y. Electricité. *Mémo formulaire*. Paris : Casteilla ; 1991 : 149.
- [10] DUMOULIN J, BISSCHOP G *et al.* Electrodiagnostic de stimulation. *Electromyographie et électrodiagnostics*. Paris : Maloine ; 1984 : 33.
- [11] CREPON F. Impulsion unidirectionnelle. *Electrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle*. Paris : Frison-Roche ; 1994 : 23.
- [12] ROQUES CF. Principes physiques élémentaires. *Pratique de l'électrothérapie*. Paris : Springer-Verlag ; 1997 : 10.
- [13] DEPLANCHE Y. Electricité. *Mémo formulaire*. Paris : Casteilla ; 1991 : 150.
- [14] ALBE-FESSARD. Les récepteurs du système somatique. *La Douleur*. Paris : Masson ; 1996 : 15.
- [15] BURGEAT M, KAYSER D. Théorie ionique. *Biophysique du neurone*. Paris : Masson ; 1982 : 105.

## INFORMATION

### **Congrès National de la Douleur organisé par la Société d'Étude et de Traitement de la Douleur (SETD)**

La SETD résulte de la fusion entre la Société Française de la Douleur (SFD) et la Société Francophone D'Étude de la Douleur (SOFRED)

**Dates** : 21 au 23 juin 2001

**Lieu** : Palais des Congrès, Porte Maillot, Paris 8

**Thème** : La Chronicité Douleureuse 8 le passage de la douleur aiguë à la douleur chronique est un phénomène complexe et lourd de conséquences médicales et psychosociales.

Public concerné : professions médicales et para-médicales.

Site Web : [www.setd.org](http://www.setd.org)

**Inscriptions** : MCO Congrès - Marion Le Dantec

Tel : 04 95 09 38 00 - fax : 04 95 09 38 01

e-mail : [marion@mcocongres.com](mailto:marion@mcocongres.com)