



2013/2014

Note D'Application

Principe de détection du
Maximum sur un signal bruité



Ibtissame BOUSSIF

Elève Ingénieur GE5

Sommaire

1. Introduction

2. Détection du maximum d'un signal bruité

2.1 Définition et détection d'un extremum

2.2 Principe de détection du maximum d'un signal

3. Recherche du maximum dans le cas de l'onde V

3.1 Validation de la présence d'onde : Estimation du bruit

3.2 Recherche du maximum (onde V)

3.3 Machine à états pour la recherche de l'onde V

4. Conclusion

1. Introduction

La société ECHODIA est un équipementier qui développe et commercialise des appareils de diagnostic médical dans les domaines ORL et neurologie. Cette société a été créée en 2009 par Thierry HASSOUN qui en a la présidence. Elle est située à Clermont-Ferrand à l'école de médecine.

ECHODIA a créé son propre logiciel d'acquisition et traitement des signaux appelé ECHOSOFT. Ce dernier permet de réaliser des mesures de Potentiels Evoqués Auditifs (PEA), signaux témoins de la santé du nerf auditif du patient.

Les PEA sont caractérisés par trois ondes I, III, V. Chaque onde spécifie une zone du nerf auditif.

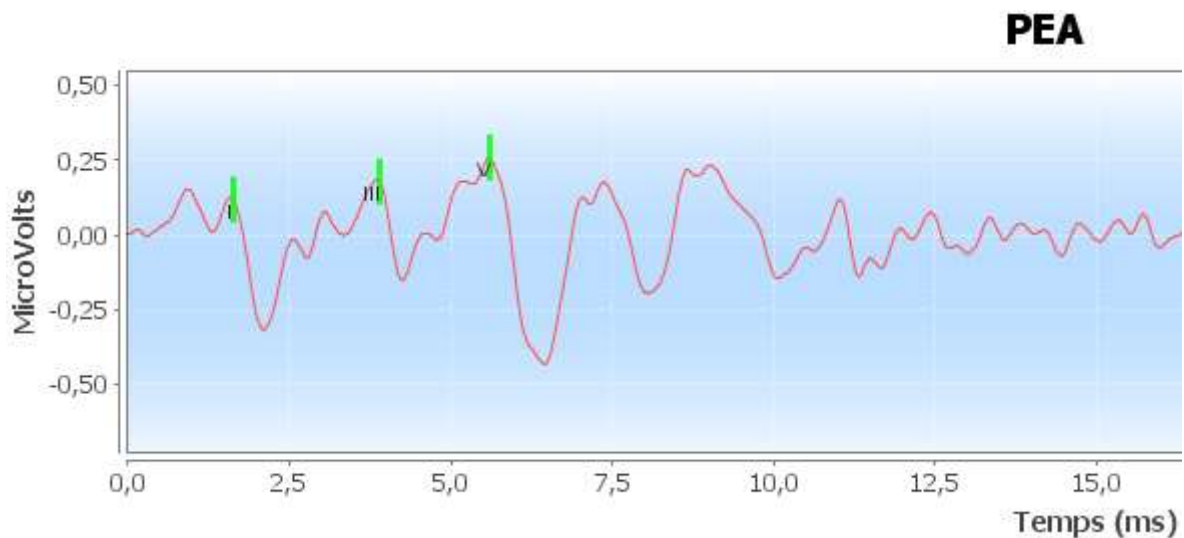


Figure 1 : Exemple d'un recueil de PEA sur l'ECHOSOFT.

La figure 1 illustre un aperçu des PEA. Les trois ondes caractéristiques sont placées automatiquement par des marqueurs verts. Je m'intéresserai uniquement à l'onde V qui est l'ondulation la plus importante du nerf auditif.

Le sujet de cette note d'application consiste à expliquer le principe de détection d'un maximum sur un signal bruité. Tout d'abord, je vais expliquer les démarches de recherche du maximum de façon générique, ensuite je vais illustrer cette démarche par un exemple. Pour cela, je vais me projeter dans le cadre de mon projet de fin d'études.

2. Détection du maximum d'un signal bruité

2.1 Définition et détection d'un extremum

Dans le cas d'un signal bruité, la méthode classique est de procéder par un filtrage du signal afin de distinguer le bruit du signal utile. Dans notre cas, le filtrage peut être destructif en termes du maximum recherché.

Généralement, la recherche d'un extremum d'un signal est basée sur la méthode de la dérivée. Soit S un signal bruité pour lequel on cherche à détecter le maximum. On procède par la méthode de la dérivée. Pour cela, on choisit des points du signal permettant de calculer la dérivée.

Afin de mieux lisser le résultat, on choisit quatre points du signal pour le calcul de la dérivée.

$$\frac{dS[i]}{dt} = \frac{(S[i+2] + S[i+1] + S[i-1] + S[i-2])}{4}$$

L'annulation de cette dérivée, détermine un extremum. Il peut être un maximum, un minimum ou un point d'inflexion (pente légère du signal). Afin de repérer cet extremum, il est nécessaire de déterminer les instants d'annulation de la dérivée. Ces instants d'annulation témoignent l'apparition d'un pic du signal ou d'un point d'inflexion.

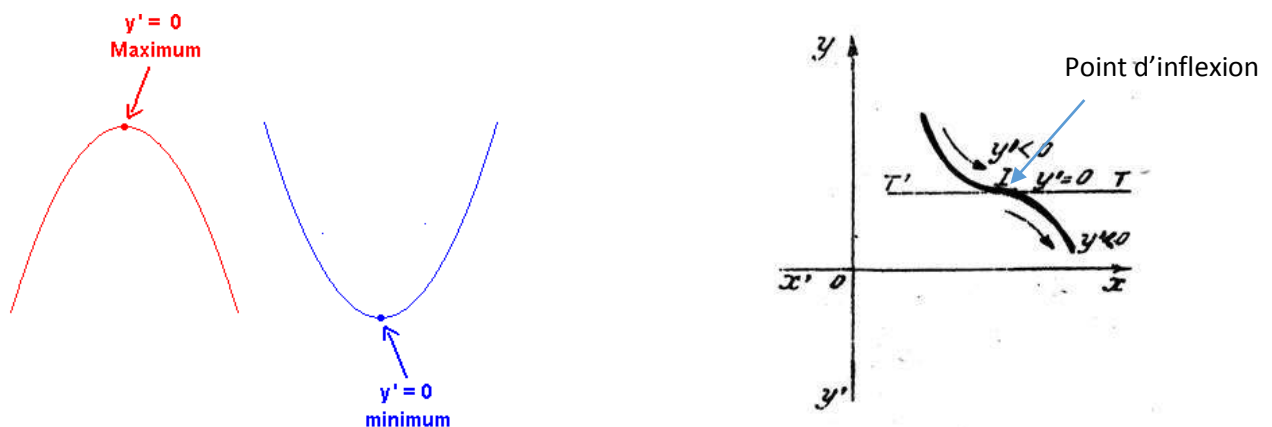


Figure 2 : Différentes possibilités de l'annulation de la dérivée

La figure 2 illustre les différentes possibilités de l'annulation de la dérivée. Pour spécifier la nature de l'extremum (maximum, minimum ou point d'inflexion), il faut se baser sur un autre critère.

En effet, on doit préciser une zone d'observation correspondante à chaque annulation de la dérivée. Cette zone peut être nommée la zone d'annulation de la dérivée. Dans cette zone, un maximum doit être précédé par une dérivée positive et suivie par une dérivée négative. Un minimum doit être précédé par une dérivée négative et suivie par une dérivée positive et finalement un signe identique de part et d'autre de la zone d'annulation de la dérivée représente un point d'inflexion.

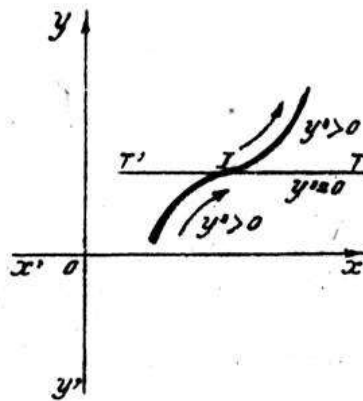


Figure 3 : Principe de détection d'un point d'inflexion

La figure 3 représente le principe de détection d'un point d'inflexion. La dérivée est identique de part et d'autre de la zone d'annulation.

2.2 Principe de détection du maximum d'un signal

Un signal aléatoire contient plusieurs maximums selon les zones d'observation. Le but est de déterminer le maximum de toutes les zones d'observation du signal. Afin de déterminer cela, je vais illustrer la démarche de détection du maximum sous forme algorithmique.

1. Récupération du signal
2. Calcul de la dérivée
3. Recherche des zones d'annulation de la dérivée
4. Déterminer la nature des extremums
 - 4.1 Un maximum (la dérivée est positive puis négative)
 - 4.2 Un minimum (la dérivée est négative puis positive)
 - 4.3 Un point d'inflexion (la dérivée a le même signe de part et d'autre de la zone)
5. Recherche du premier maximum à partir du début de la zone d'observation
6. Recherche du premier point minimum après le point maximum
 - 6.1 Si un autre maximum est repéré avant le minimum alors suppression du point maximum précédent.

7. Calcul des pentes entre le maximum et le minimum
8. Comparaison des pentes et recherche de la pente la plus forte
9. Stockage du maximum et minimum correspondant à la pente la plus forte
10. Vérification : si l'amplitude du maximum est trois fois plus grande que le niveau du bruit alors le maximum du signal est validé. Sinon, répéter le processus en procédant au filtrage du bruit.

Cet algorithme permet de détecter le maximum de différents types de signaux en prenant en considération le niveau du bruit.

La détection du maximum d'un signal quelconque est une procédure itérative basée sur plusieurs critères tels que : la zone d'annulation, la pente la plus forte, le niveau du bruit. En respectant toutes ces données, et en implémentant cet algorithme sur Matlab, par exemple, on pourra accéder au maximum d'un signal.

La première partie consistait à déterminer le maximum de façon générale, dans la deuxième partie de cette note d'application je vais illustrer les démarches expliquées précédemment dans le cadre de mon projet de fin d'études.

3. Recherche du maximum dans le cas de l'onde V

Les PEA, réponse du nerf auditif à une stimulation, sont composés de trois ondes caractéristiques notées onde I, III et V. L'onde V est l'ondulation la plus importante du nerf auditif.

On s'intéresse dans cette partie à cette onde qui, dans la plupart des tests audiométriques constitue un maximum du signal PEA. Notons au passage que le signal PEA, réponse du nerf auditif à une stimulation, est un signal bruité. En effet, plusieurs facteurs peuvent bruite ce signal tel que l'agitation du patient lors du test, mouvement de sa mâchoire, mouvement aléatoire du patient...

Tous ces critères font du potentiel évoqué auditif un signal bruité. Le but est de détecter le maximum, c'est à dire l'onde V dans le cadre du projet, plongé dans ce signal bruité.

3.1 Validation de la présence d'onde : Estimation du bruit

Les PEA sont enregistrés à partir d'un grand nombre d'acquisitions autour de 1000 stimulations moyennées puis filtrées. Les stimulations sont alternées, c'est-à-dire qu'une sur deux est positive, l'autre est négative.

Le bruit est estimé par le calcul de l'écart-type des acquisitions positives et négatives soustraites.

Estimation Bruit

$$= \text{Ecart type} (\text{Moyenne des acquisitions positives} \\ - \text{Moyenne des acquisitions négatives})$$

Le critère de validation du calcul est le même que la partie précédente. Si l'amplitude de l'onde V dépasse trois fois la valeur du bruit alors le marqueur vert est placé sur cet onde ce qui revient à dire que l'onde V est le maximum du signal.

3.2 Recherche du maximum (onde V)

La démarche de recherche d'un maximum repose sur le même principe de la dérivée que précédemment.

L'onde V est caractérisée dans le cas optimal, par un signal présentant un maximum suivi d'un point d'inflexion et enfin un minimum. L'onde V est représentée par le palier (point d'inflexion) s'il existe, sinon elle est représentée par le maximum.

En réalité, même si un maximum (ou point d'inflexion) est présent dans la zone de recherche, il ne peut pas toujours être considéré comme étant l'onde V.

Comme précédemment, la détection de l'onde V se fait suivant un algorithme :

1. Préciser la zone d'observation (l'onde V n'apparaît jamais avant 5 ms)
2. Recherche des maximums et de leurs minimums associés dans la zone d'observation
3. Si plusieurs couples détectés, on prend en compte le couple de plus forte pente
4. Si un point d'inflexion est situé entre le maximum et le minimum retenus, il est considéré comme étant l'onde V.

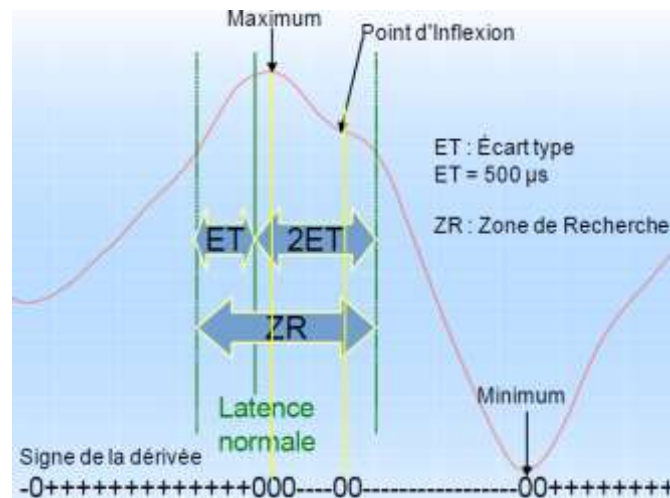


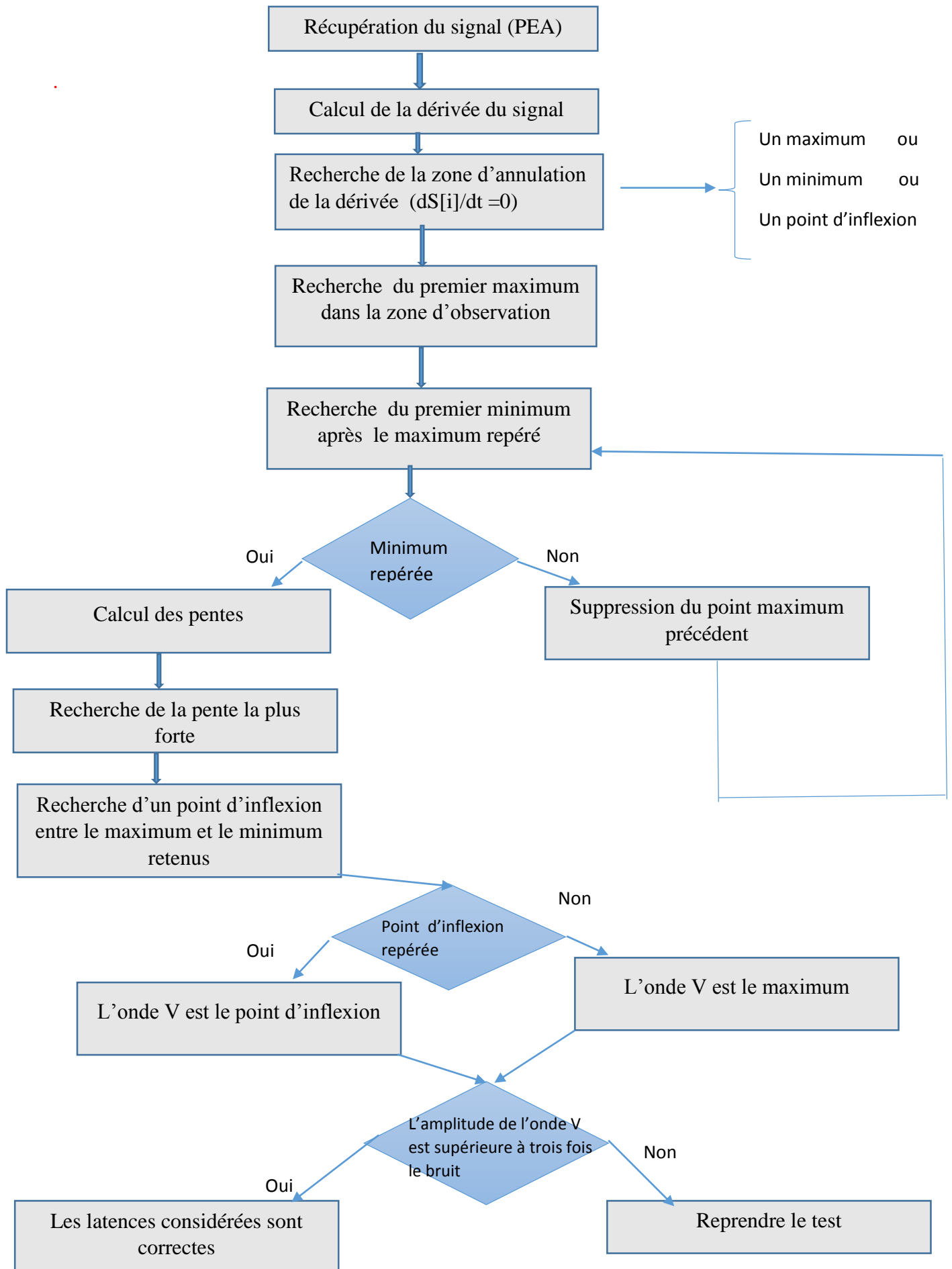
Figure 4: Recherche de l'onde V

L'illustration 4 résume la démarche de recherche de l'onde V. L'onde V est recherchée dans une fenêtre contenant la latence normale.

3.3 Machine à états pour la recherche de l'onde V

L'algorithme implémenté sur le logiciel ECHOSOFT est le suivant :

Détection du maximum dans un signal bruité



4. Conclusion

La détection d'un maximum est basée sur la méthode de la dérivée. L'implémentation de l'algorithme générale expliquée précédemment permet de détecter le maximum d'un signal quelconque. La deuxième partie est une application de cette méthode générale à un cas spécifique du domaine médical. L'algorithme implémentée sur l'Elios (boitier qui permet de réaliser des tests audiométriques) aura pour fonction la détection de l'onde V qui est l'ondulation la plus importante du nerf auditif et qui juge si le patient est sain ou pas.