

# Evaluation clinique et paraclinique des douleurs neuropathiques

Philippe Convers



Service de neurologie, unité de neurophysiologie clinique  
Hôpital Nord, CHU de Saint Etienne



INSERM U879 CNRL 1028 :  
Intégration centrale de la douleur chez l'Homme  
(UCB Lyon, UJM Saint Etienne)



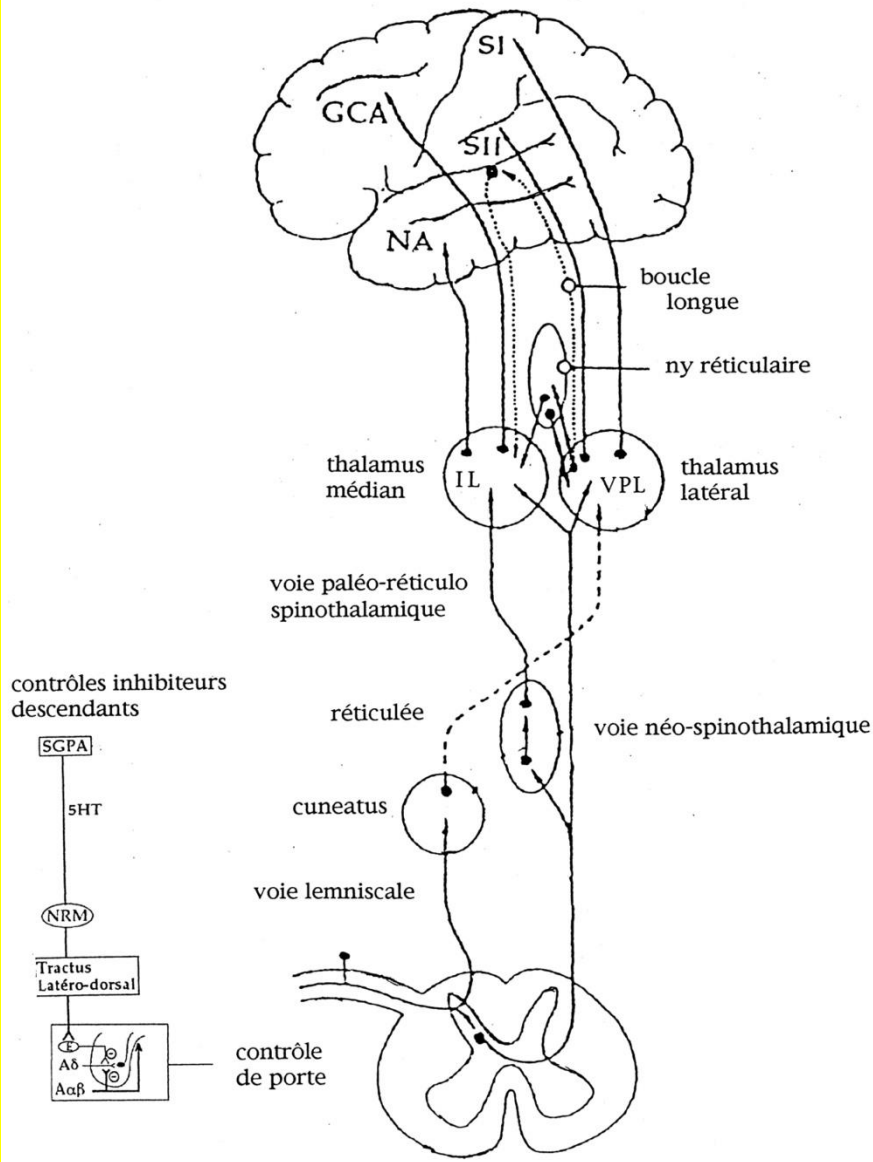
Capacité Douleur, 14/11/2024

# Voie lemniscale

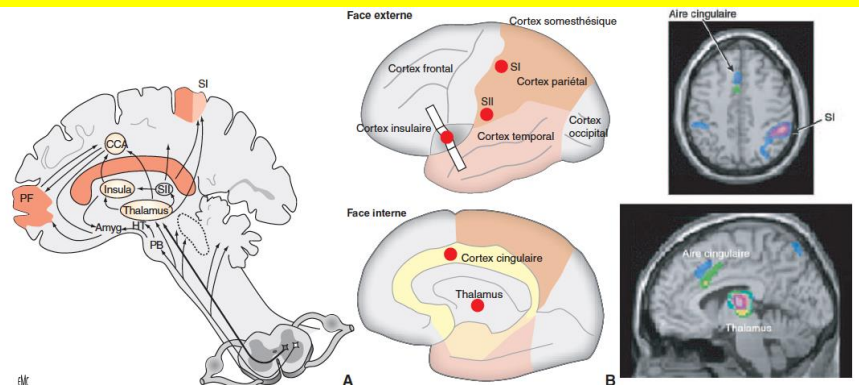
## Voie extra-lemniscale

- Voie latérale  
(néo-spinothalamique)

- Voie médiale  
(paléo-réticulo-spinothalamique)



D'après R. Peyron



# Types de fibres

Voie lemniscale

Voie spinothalamique

Axones sensoriels	A $\alpha$	A $\beta$	A $\delta$	C
Axones des fibres sensorielles musculaires	Groupe I	II	III	IV
Diamètre ( $\mu\text{m}$ )	13 - 20	6 - 12	1 - 5	0.2 - 1.5
Vitesse (m/s)	80 - 120	35 - 75	5 - 30	0.5 - 2
Récepteurs sensoriels	Propriocepteurs des muscles squelettiques	Mécanorécepteurs de la peau	Douleur, température	Température, douleur, démangeaison

Diagram illustrating the types of sensory axons (A $\alpha$ , A $\beta$ , A $\delta$ , C) and their characteristics. The diagram shows the axons and their corresponding receptors. The A $\alpha$  fiber is the largest, followed by A $\beta$ , A $\delta$ , and C. The A $\beta$ , A $\delta$ , and C fibers are associated with the spinothalamic tract, while the A $\alpha$  fiber is associated with the lemniscal tract.

## Définition de la douleur (IASP, 1994)

Expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, en réponse à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en des termes évoquant une telle lésion

« An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage ».

## Définition de la douleur nociceptive

Les douleurs nociceptives sont liées à une lésion d'un tissu non neuronal et à une activation des nocicepteurs

## Définition de la douleur neuropathique

Les douleurs neuropathiques découlent directement d'une lésion ou d'une dysfonction primaire du système nerveux

Groupe de travail IASP (Loeser et Treede, 2008) :

La douleur neuropathique est la conséquence directe d'une lésion ou d'une maladie du système somesthésique.

“pain arising as a direct consequence of a lesion or disease of the somatosensory system”

# Nouvelle classification des types de douleur

WHO, IASP, 2019

Douleur nociceptive	Liée à une lésion d'un tissu non neuronal et à une activation des nocicepteurs	Système nerveux somato-sensitif normal
Douleur neuropathique	Liée à une lésion ou maladie du système nerveux somato-sensitif	Critères diagnostiques neurologiques établis. La présence de signes ou symptômes (allodynie...) ne justifie pas le terme de douleur neuropathique
<b>Douleur nociplastique (ou algopathique ou nocipathique)</b>	Liée à l'altération de la nociception, malgré l'absence d'évidence claire de lésion de tissu ou de menace de lésion causant l'activation des nocicepteurs périphériques ou d'évidence de maladie ou de lésion du système nerveux	Les patients peuvent avoir une association de douleur nociceptive et nociplastique
Douleur d'origine inconnue	Douleur de cause et d'origine inconnues	Douleur ne pouvant être classée comme nociceptive, neuropathique ou nociplastique

## Nociplastic pain: towards an understanding of prevalent pain conditions

Mary-Ann Fitzcharles\*, Steven P Cohen\*, Daniel J Clauw, Geoffrey Littlejohn, Chie Usui, Winfried Häuser

www.thelancet.com Vol 397 May 29, 2021

# Douleur neurologique

- **Lésion lemniscale (---)**
  - Tabès
  - Déjerine-Roussy (Schott et al., 1986; Mauguière et al., 1989)
- **Lésion spinothalamique (++++)**
  - Neuropathie diabétique
  - Wallenberg (Ruel et al., 1992)

## Prépondérance des lésions spinothalamiques

Boivie et al., 1989, 2003 (clinique, thermotest)

Michel et al., 1990 (clinique)

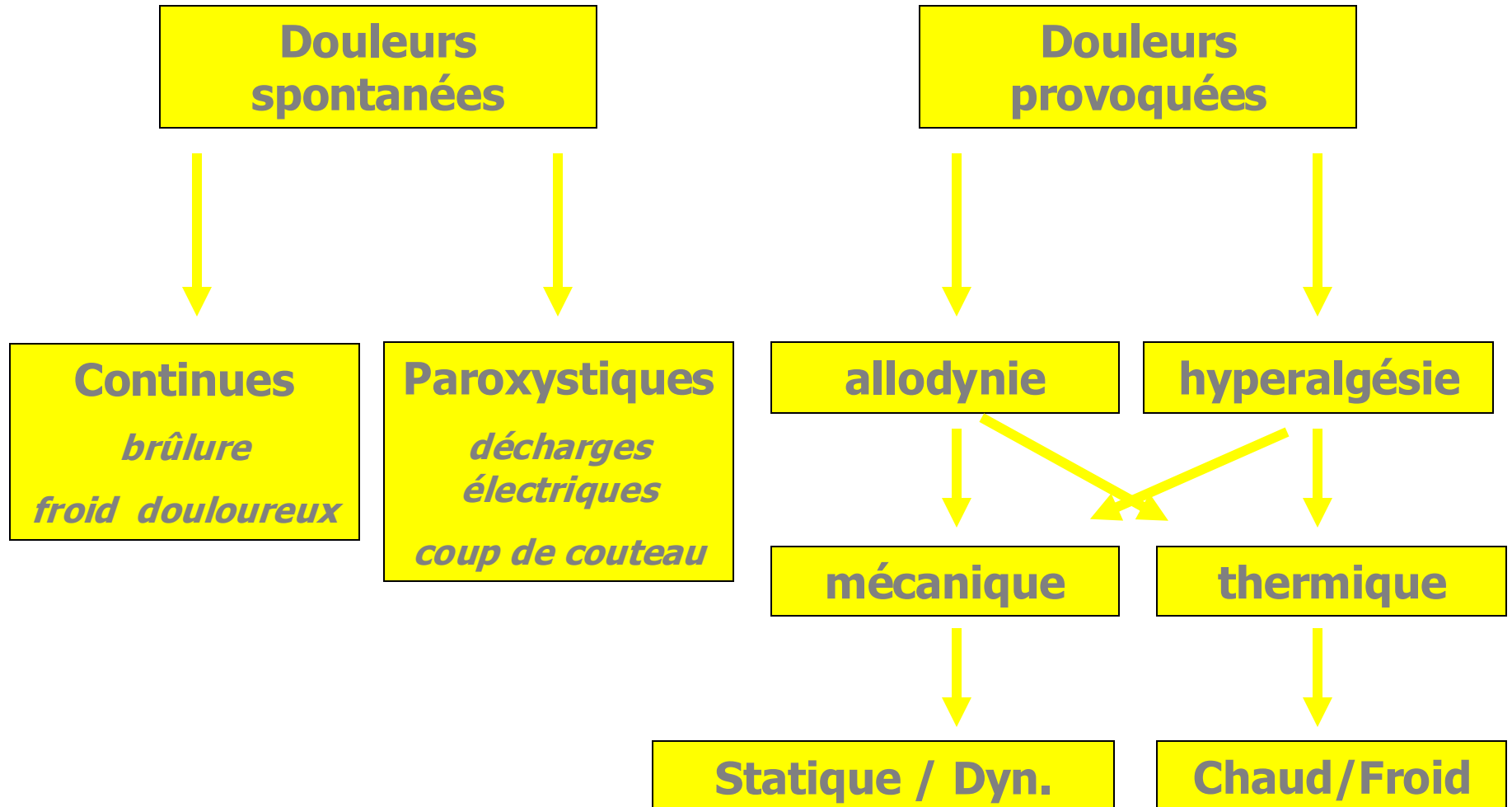
Vestergaard et al., 1995 (thermotest, laser)

Bowscher et al., 1998 (thermotest)

Déséquilibre des deux systèmes d'autant plus qu'ils ne sont pas totalement interrompus avec plasticité aberrante.

Subjectivité des symptômes mais conséquences médico-légales.

# Caractéristiques de la DN



## QUESTIONNAIRE DN4

Estimation de la probabilité de l'existence d'une douleur neuropathique

Répondre par oui ou non à chaque item des 4 questions

OUI =1 point, NON = 0 point

Valeur seuil pour le diagnostic de douleur neuropathique : 4/10

# DN4

### INTERROGATOIRE DU PATIENT

Question n° 1 : La douleur présente-t-elle une ou plusieurs des caractéristiques suivantes ?

1 - Brûlures

2 - Froid douloureux

3 - Décharges électriques

Question n° 2 : La douleur est-elle associée dans la même région à un ou plusieurs symptômes suivants ?

4 - Fourmillements

5 - Picotements

6 - Engourdissements

7 - Démangeaison

### EXAMEN DU PATIENT

Question n° 3 : La douleur est-elle localisée dans un territoire où l'examen met en évidence ?

8 - Hypoesthésie au tact

9 - Hypoesthésie à la piqûre

Question n° 4 : La douleur est-elle provoquée ou augmentée par :

10 - Le frottement

**SCORE DU PATIENT = /10**

Si supérieur à 4/10 probabilité de l'existence d'une douleur neuropathique avec une sensibilité de 82,9 % et une spécificité de 89,9 %.



# Syndrome spinothalamique : caractéristiques cliniques

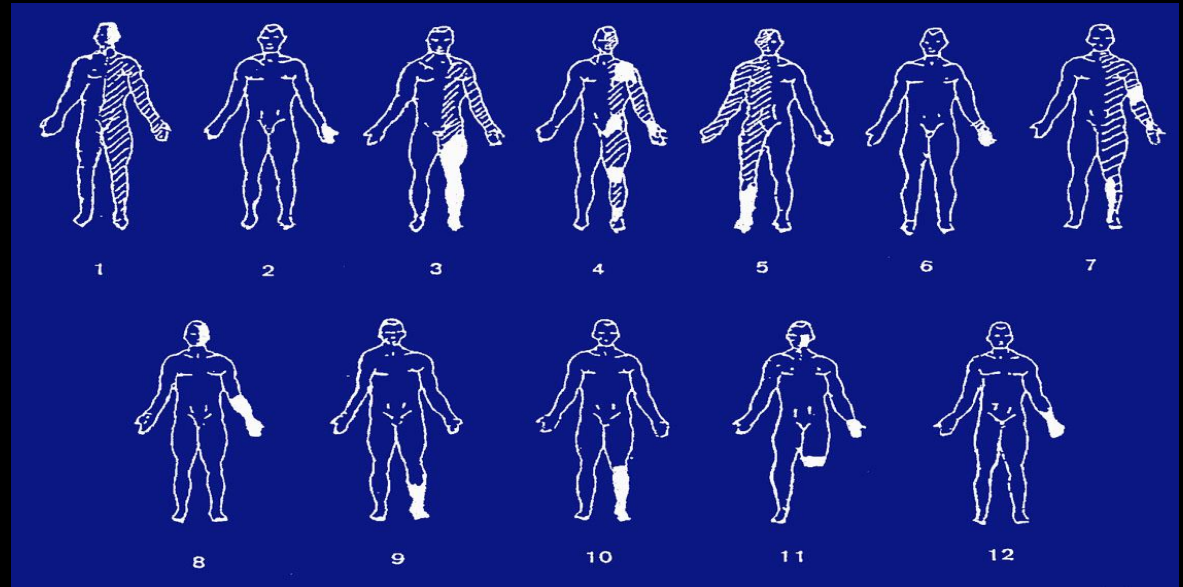
- **Douleurs spontanées**
  - Brûlures, irritation, vrille, dysesthésie douloureuse, décharges électriques
- **Douleurs provoquées +++**
  - Allodynie au froid voire proprioceptive
  - Hyperpathie
  - Sommation et rémanence
- **Topo distale ou trompeuse pseudo-rhumatologique (grosses articulations)**
- **Cotation EVA, échelles DN4 ou autres +++**

# Siège des lésions induisant des douleurs neuropathiques

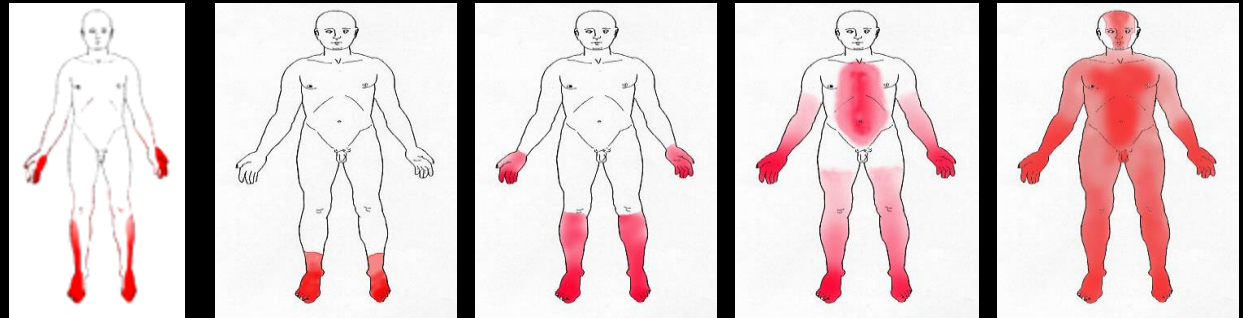
- Tout le long de la voie spinothalamique
- Nerf périphérique : bilatérale
- Moelle épinière : souvent bilatérale
- Tronc cérébral et thalamus : unilatérale
- Cortex : souvent unilatérale
- Nerf périph, moelle et thalamus beaucoup plus fréquents
- Mais il faut savoir les reconnaître lors d'une lésion du tronc cérébral ou du cortex.

# Topographie

DN centrales  
unilatérales



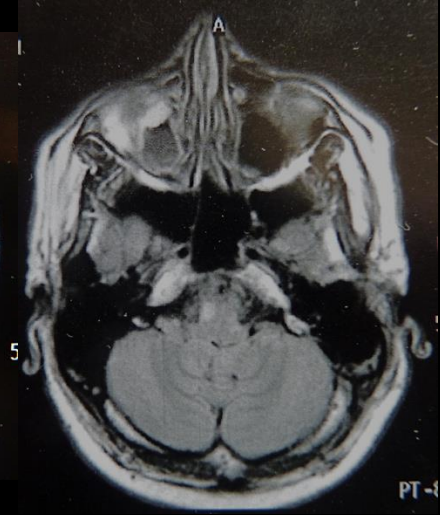
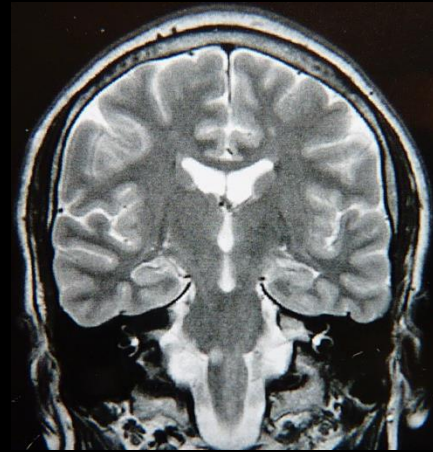
DN périphériques  
bilatérales



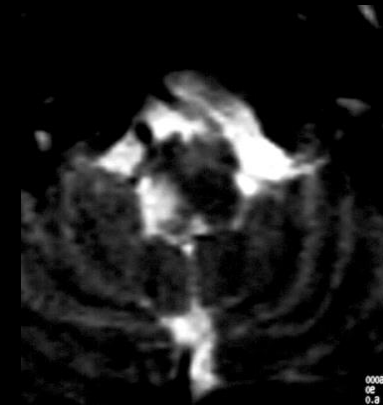
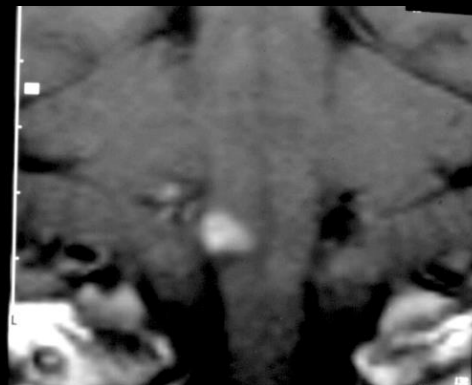
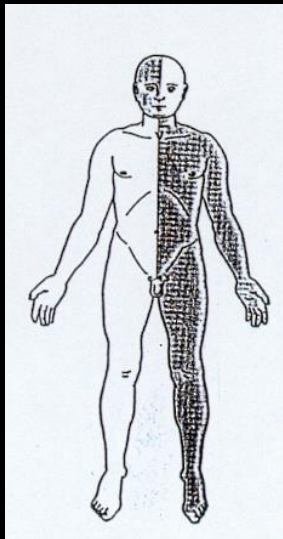


6mn45

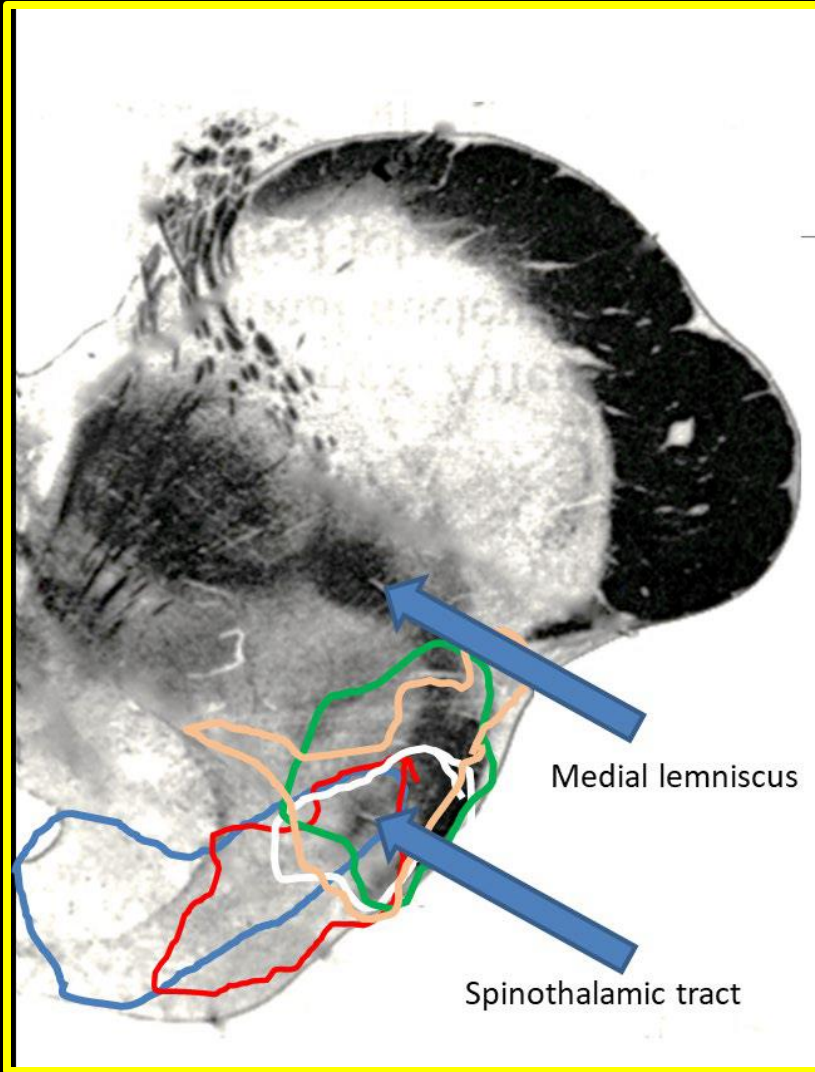
- PL : synthèse intrathécale d'Ig
- Phénomènes paroxystiques de SEP



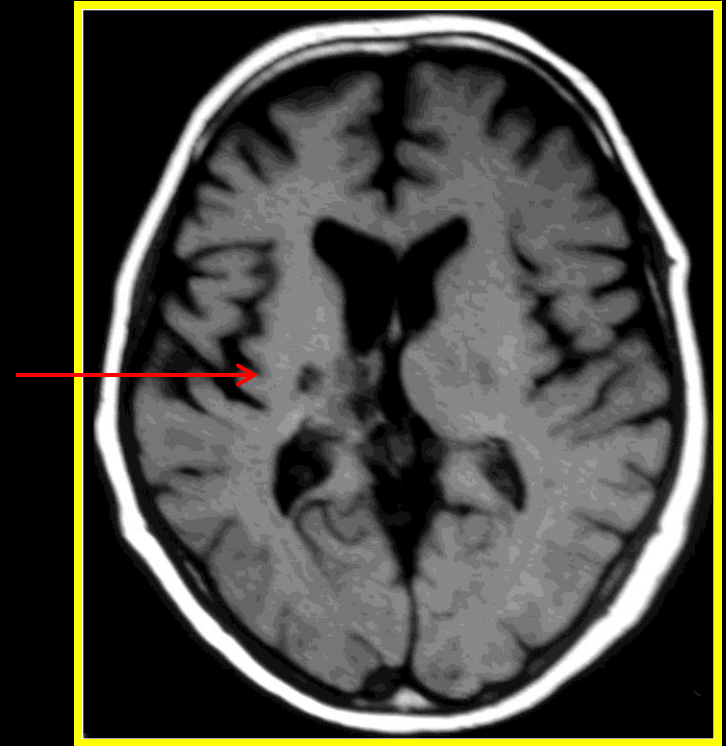
Mais le plus souvent, c'est le **syndrome de Wallenberg** qui est responsable de douleurs neuropathiques de cette topographie (moelle allongée) (50% DN, Ruel 1992)

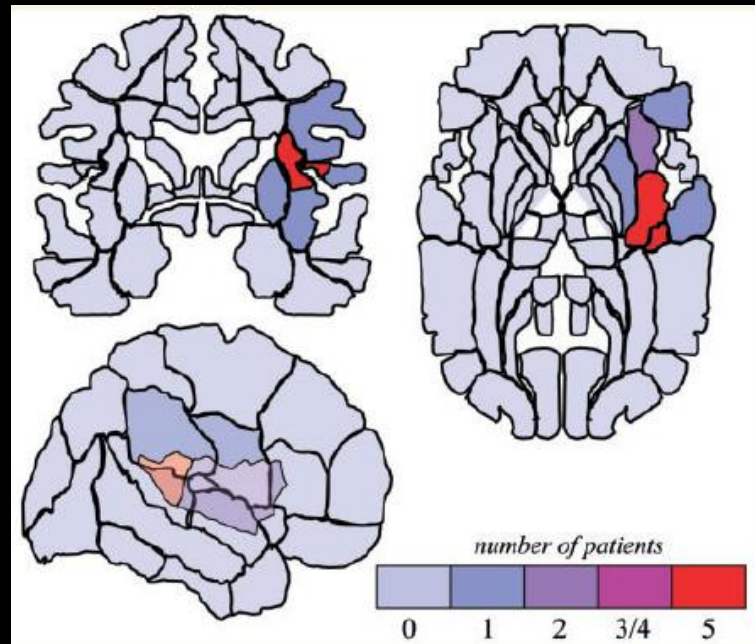
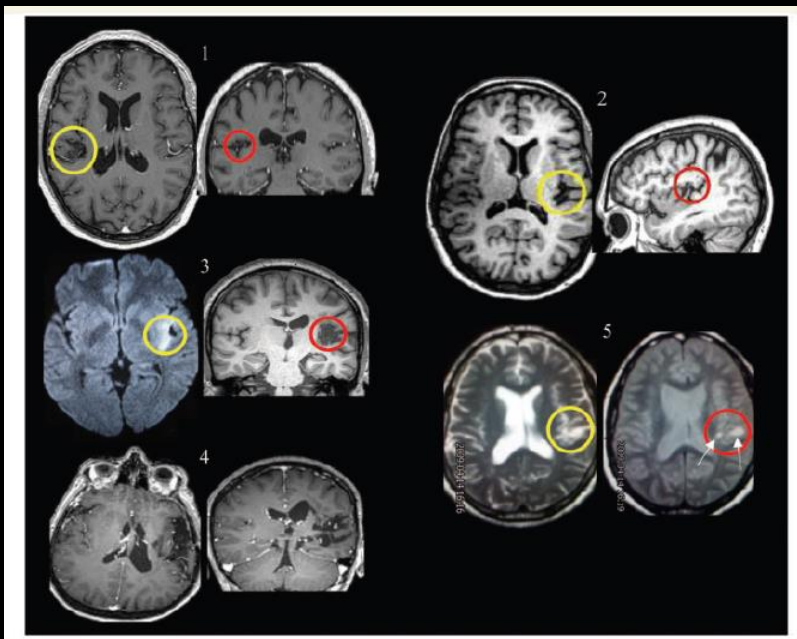


# Lésions mésencéphaliques rares



# Lésions thalamiques plus fréquentes

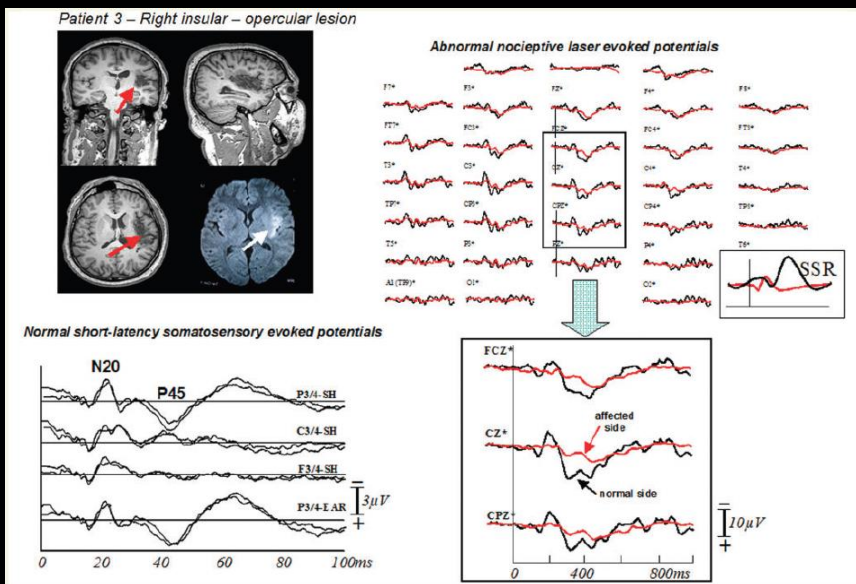




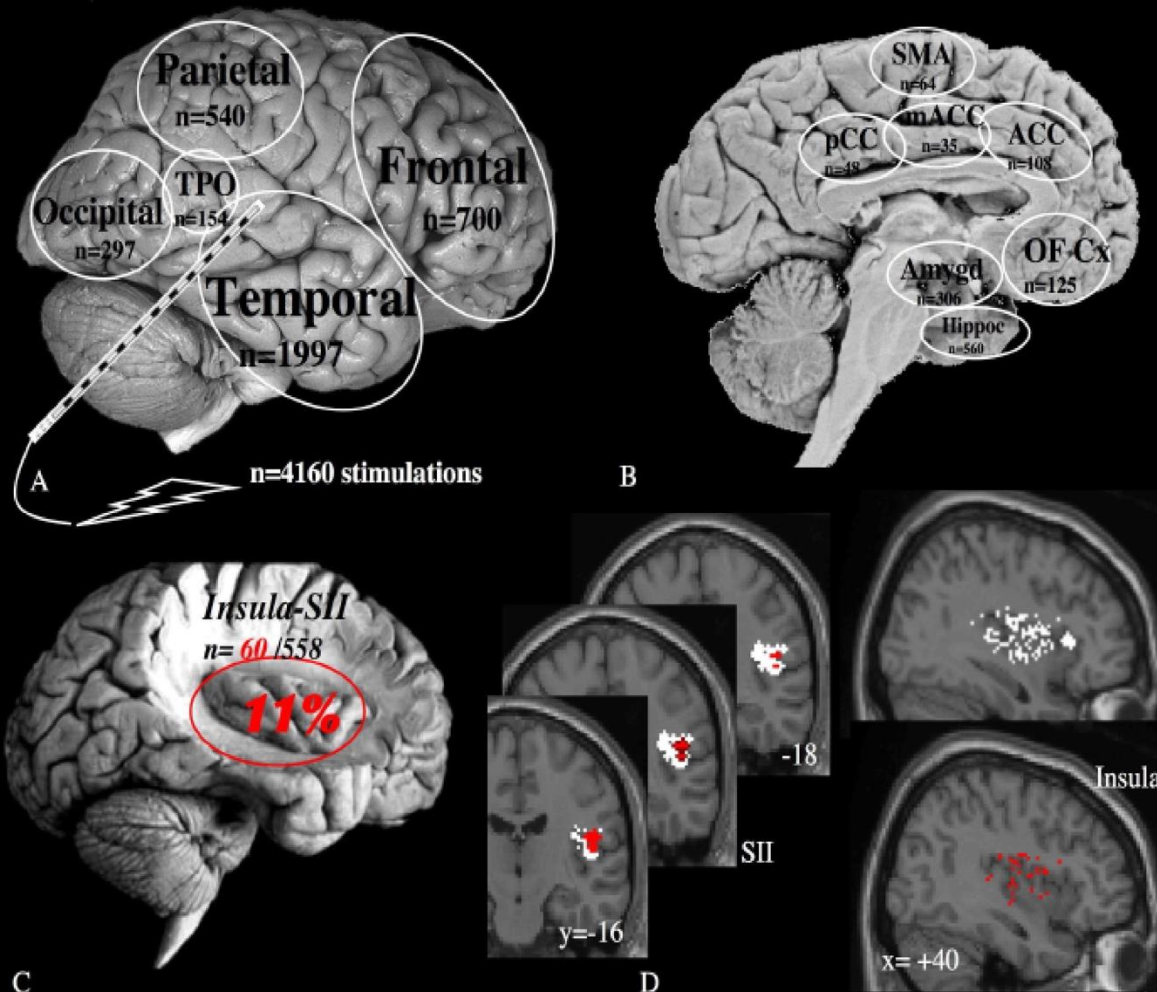
Lésion constante de l'insula postérieure

Déficit thermoalgique (PEL aN)  
Sensibilité lemniscale N (PES N)

Operculo-insular pain (parasyylvian pain):  
a distinct central pain syndrome.  
Garcia-Larrea et al., Brain 2010



# Seule la stimulation de la partie postero-supérieure de l'insula induit de la douleur





23:11:08 27.04.04



1

# **Douleur neuropathique :**

**L'expertise neurophysiologique n'est pas indispensable**

**si la lésion neurologique est identifiée,**

**si elle explique la douleur du patient**

**et s'accompagne de perturbations sensitives concordantes :**

**Hypoesthésie / allodynie / hyperalgie...**

## Mais la clinique est parfois insuffisante ...

- Douleur subjective
- Examen clinique +/- variable
- Discordance entre la clinique et l'imagerie
- Explorations standards normales (ENMG, PES...)
- Problèmes médico-légaux

-> **Expertise neurophysiologique**  
**Indispensable pour objectiver et quantifier**  
**la déafférentation et/ou l'allodynie**

# Exploration des grosses fibres de la voie lemniscale

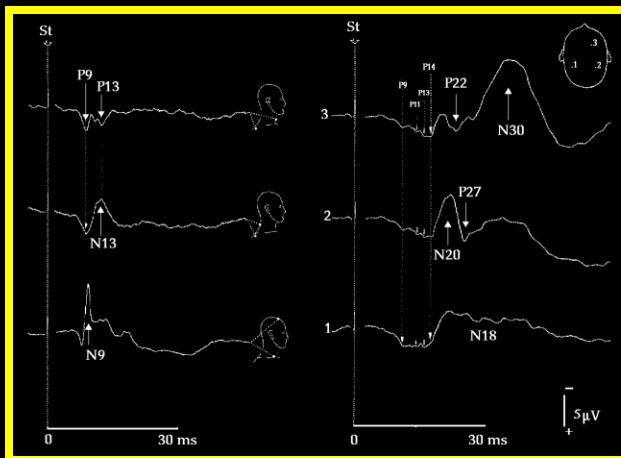
ENMG



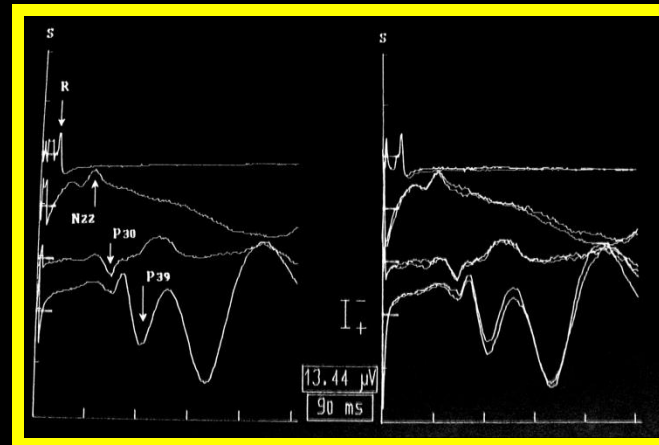
Filaments de Von Frey

PES précoces normaux

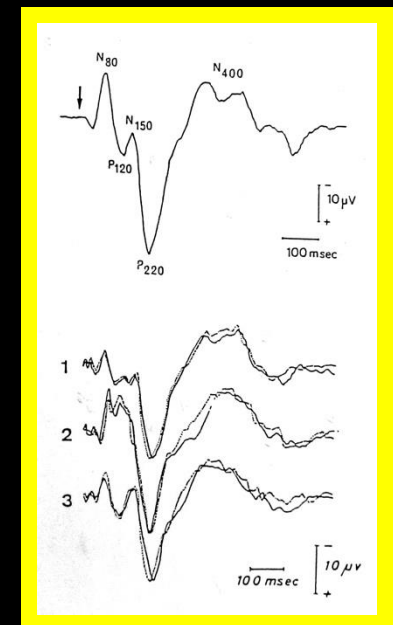
PES tardifs



MS

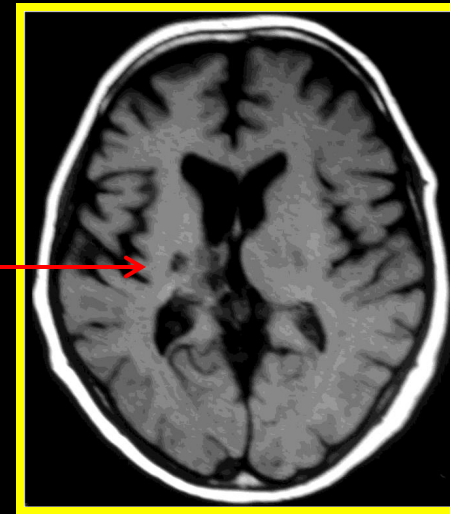


MI

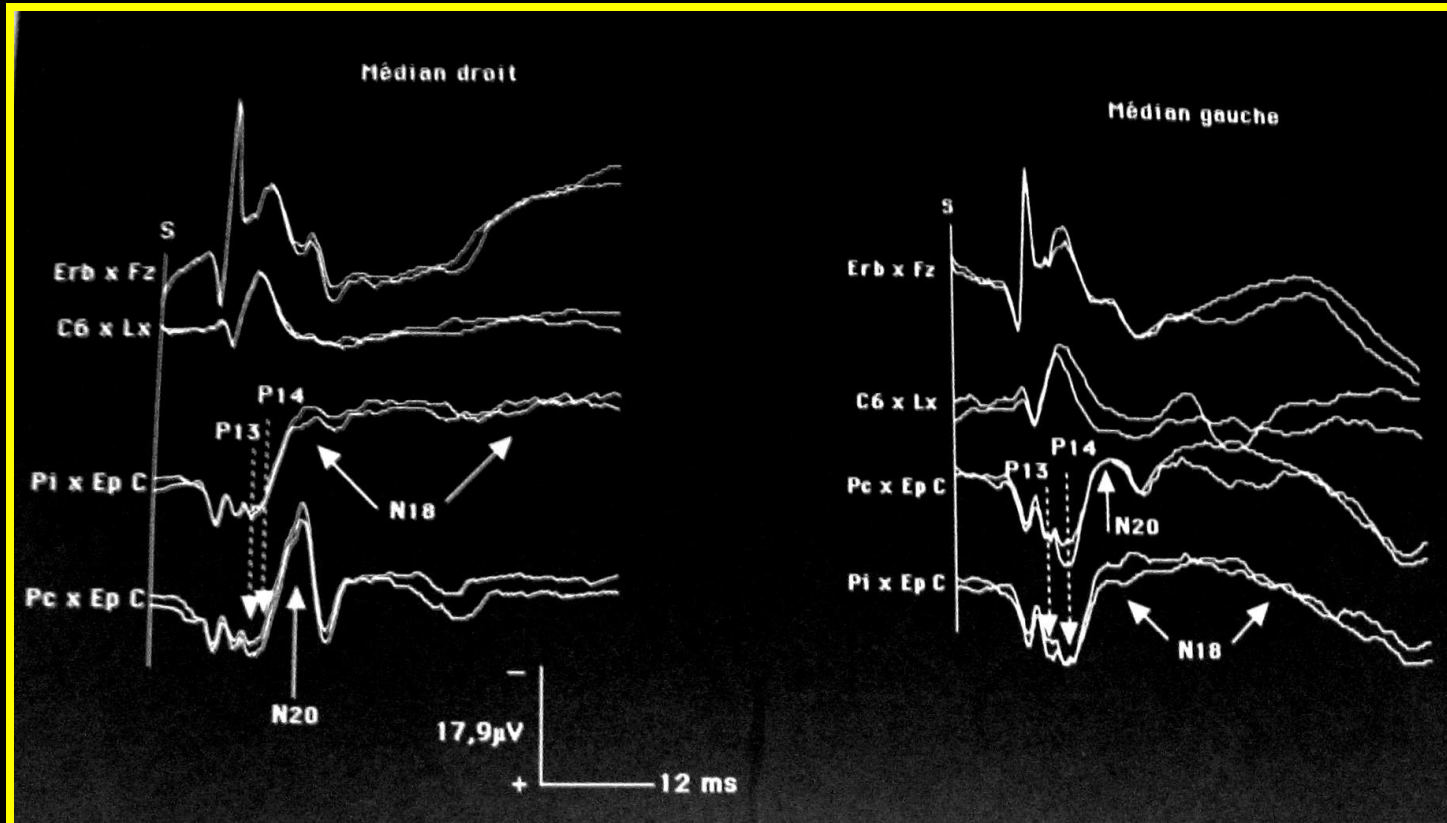


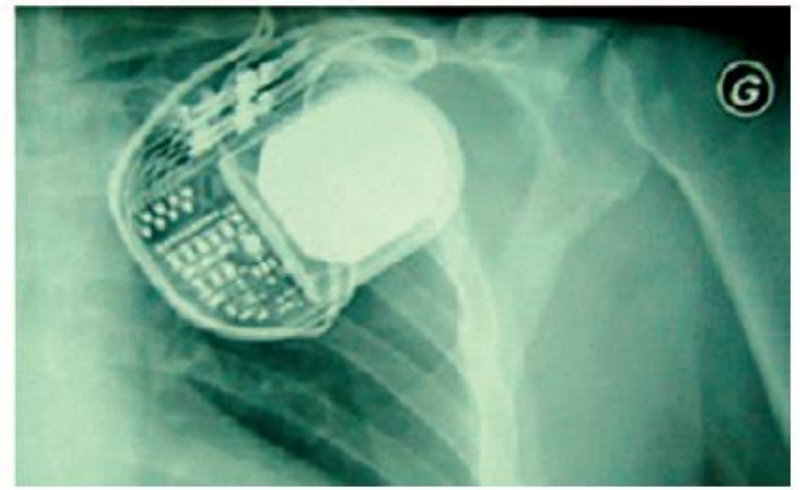
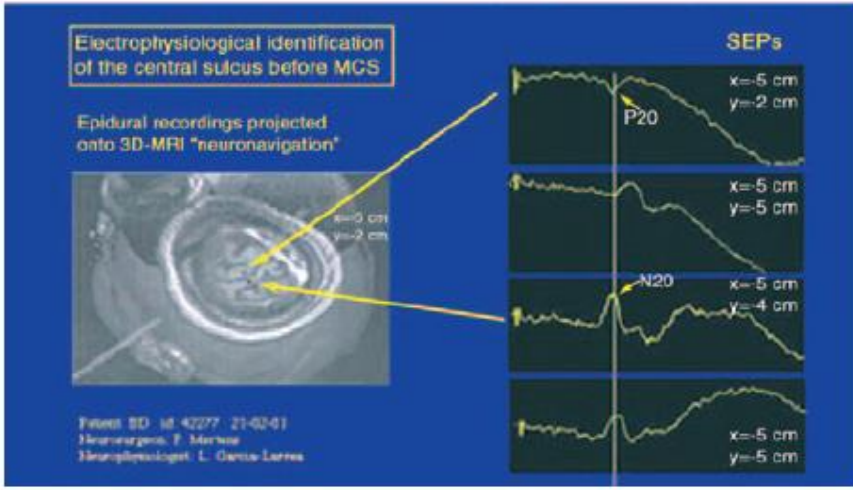
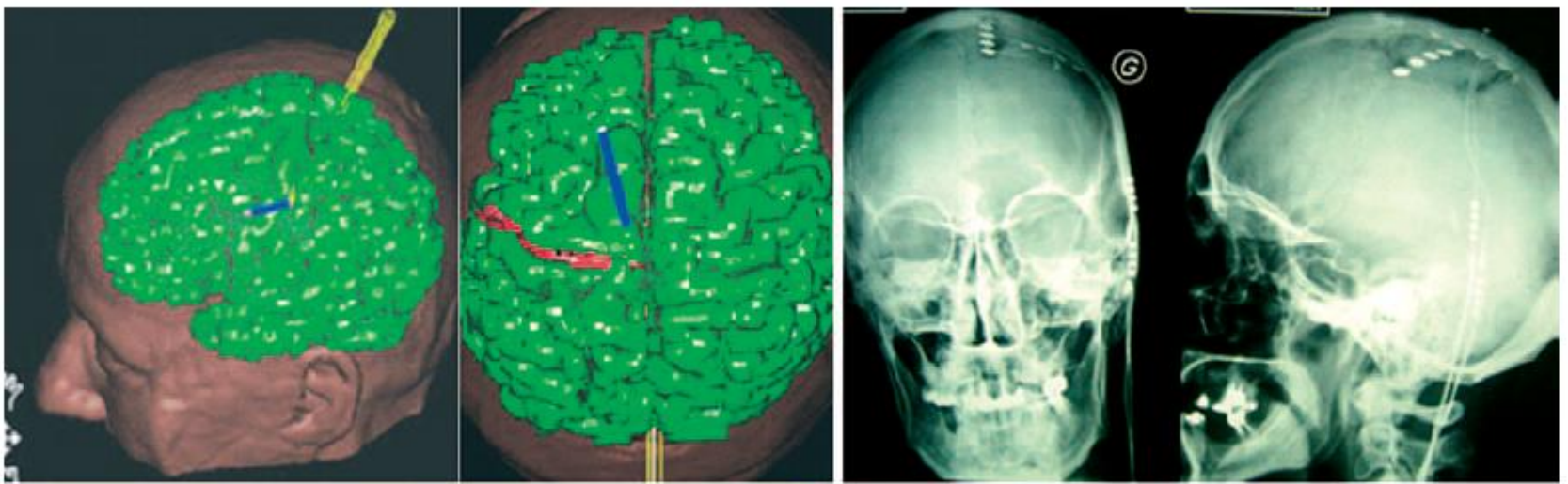
ils renseignent sur l'état fonctionnel de la voie lemniscale au long de son trajet et sur l'afférentation corticale.

**Lacune thalamique droite**  
**Déafférentation lemniscale partielle du MSG**  
**N20 diminué médian G**



**PES**





## Stimulation du cortex moteur

**PES**

Repérage du sillon de Rolando  
(inversion N20/P20)

en complément de l'IRMf

# Expertise des voies spinothalamiques :

## - Psychophysique :

- Sensibilité thermique quantifiée (Thermotest)

## - Electrophysiologique :

- Potentiels évoqués nociceptifs par stimulation thermique laser
- Réflexe nociceptif de flexion R III
- Réponse cutanée sympathique
- CHEPS, CEP, électrodes circulaires, air pulsé, réflexe de clignement

# Sensibilité thermique quantifiée Thermotest





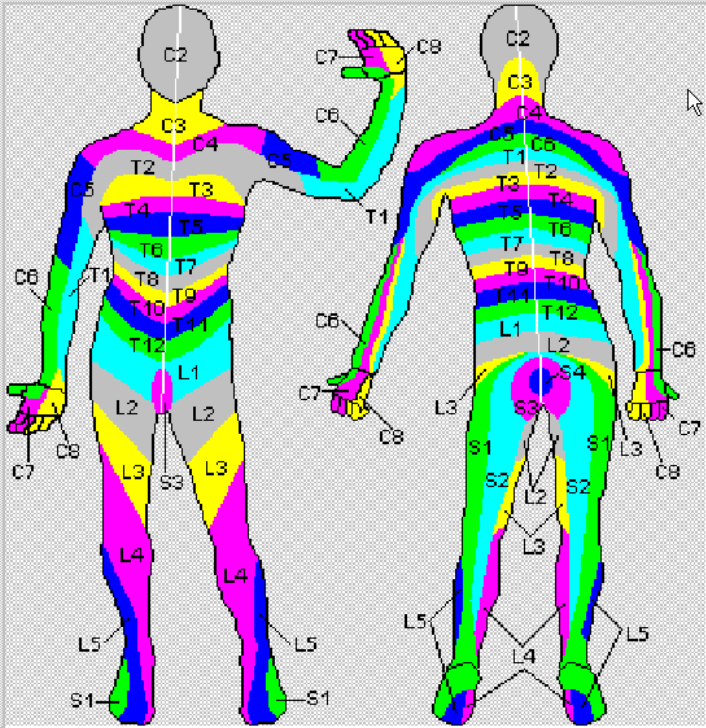
# Sensibilité thermique quantifiée

WinTSA 5.32- Mode thermique

Temp. : 32.0  
Eau : 21.6  
Etat : Hors examen.

Principal Test Patient Program Utilitaire COVAS Quitter

Liste : Témoins Méthod : Staircase Site :  
Patient : XXXXX Program : Sensibilité au chaud Disposit. Large probe 30x30



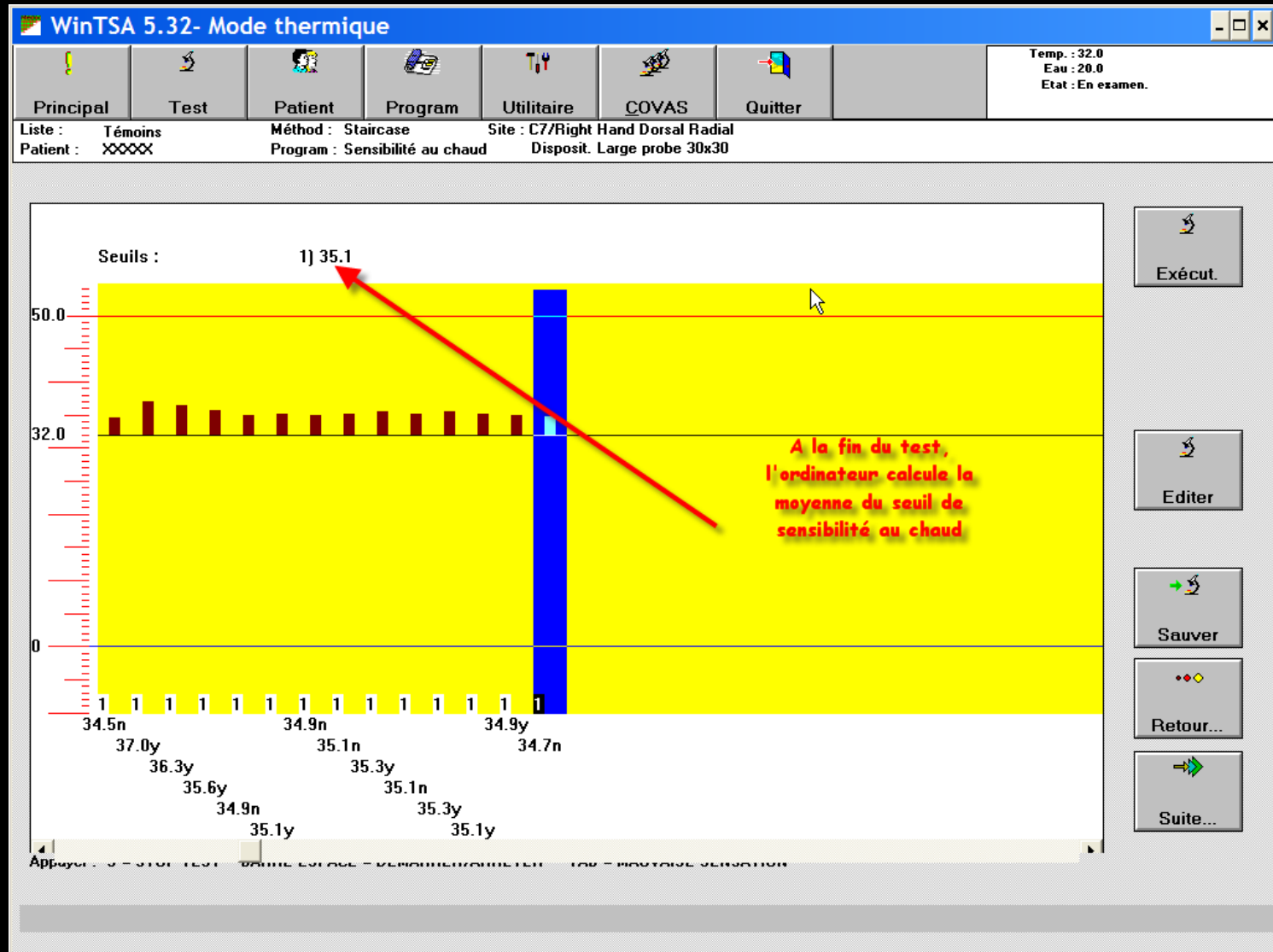
Cliquez sur une région et sélectionner la position exacte dans la liste.

Non sélectionné

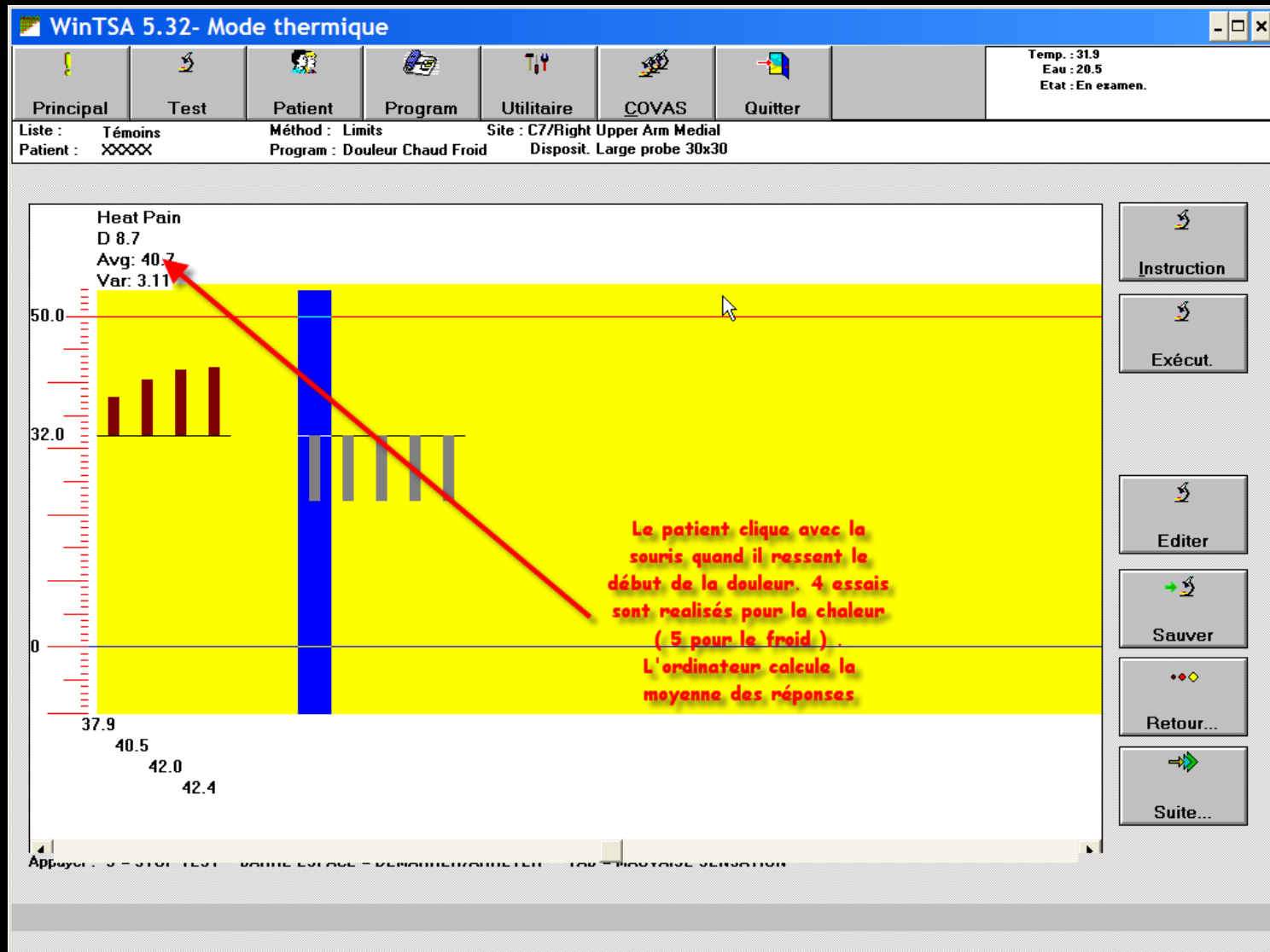
Déf. d'autres sites Retour... Suite...

Détermination de la zone cutanée testée

# Méthode des escaliers : détermination du seuil perceptif



# Méthode des limites : détermination du seuil douloureux



# Sensibilité thermique quantifiée

## THERMOTEST

### Valeurs normales

(moyenne + 2,5 DS en ° C)

Sensibilité chaleur    sensibilité froid

Main	>33,9	<31,1
Épaule	>40,9	<30,2
Pied	>38,5	<30,6
Cuisse	>38,9	<30,3
Face	>33,5	<31

Seuil douloureux chaleur

Main	<35,2
Épaule	<34,5
Pied	<36,1
Cuisse	<35,8
Face	<32,5

⊕° adaptation : 32° C

68 témoins (39 femmes et 29 hommes)

# Sensibilité thermique quantifiée

## Thermotest

Valeurs normales (Moyenne + 2,5 DS en ° C)

	S percept chaleur	S percept froid	S douleur chaleur	S douleur froid
Moyenne	0,816	0,208	1,716	2,756
DS	0,773	0,298	1,795	3,032
Moy +/- 2,5 DS	2,75	0,95	6,2	10,34

Delta droite/gauche : main (25 sujets)

## INTERETS DE L' EXAMEN

- Test psychophysique, qui diffère en fonction de chaque individu, **qui nécessite sa coopération** et permet de quantifier le déficit. Il complète en les quantifiant les données de l' examen clinique.

## PRECAUTIONS

- Accumulation de chaleur sur une même zone qui peut provoquer une brûlure. Il faut attendre entre chaque stimulation thermique.
- Le logiciel est programmé avec des seuils maximum de chaud et de froid : 0 ° C à 50° C maxi.

## ETUDE RETROSPECTIVE (Gueguen et al., 2007)

108 patients (46 femmes et 62 hommes, âge =  $57 \pm 16$  ans)

Douleur d'origine: périphérique 25 cas

médullaire 24 cas

encéphalique 38 cas (17TC, 15Th, 6C)

centrale indéterminée 21 cas

5 zones testables, par côté, selon la clinique

179 mains, 71 épaules, 185 pieds, 63 cuisses, 140 faces

## CONCLUSIONS

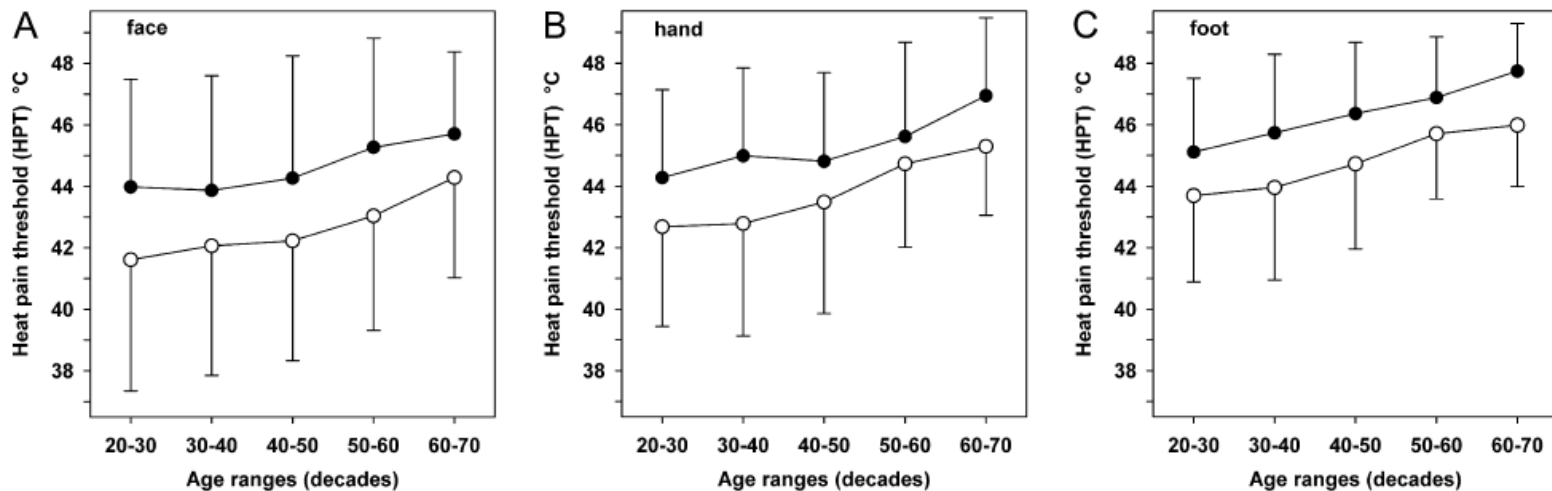
Les zones douloureuses sont associées à une atteinte spinothalamique

La STQ reconnaît cette atteinte spinothalamique : Les SP sont plus performants que les SD

La STQ ne distingue ni le type de douleur ni son origine centrale ou périphérique le plus souvent (tendance pour une relation entre allodynie et delta SP/SD)

## Reference data for quantitative sensory testing (QST): Refined stratification for age and a novel method for statistical comparison of group data

Walter Magerl<sup>a,\*,1</sup>, Elena K. Krumova<sup>b,1</sup>, Ralf Baron<sup>c</sup>, Thomas Tölle<sup>d</sup>, Rolf-Detlef Treede<sup>a</sup>, Christoph Maier<sup>b</sup>



**Fig. 1.** Age dependence of heat pain threshold (HPT) in the face (A), hand (B) and foot (C). HPT increased monotonically with age in all regions, and was approximately 2.1 °C higher in the oldest cohort (50–60 years) than in young adults (20–30 years) independent of gender and test region. In all test areas, HPT in female subjects (open circles) was about 1.6 °C lower than in male subjects (solid circles) independent of age and test region. HPT was lowest in the face, intermediate on the hand and highest on the foot.

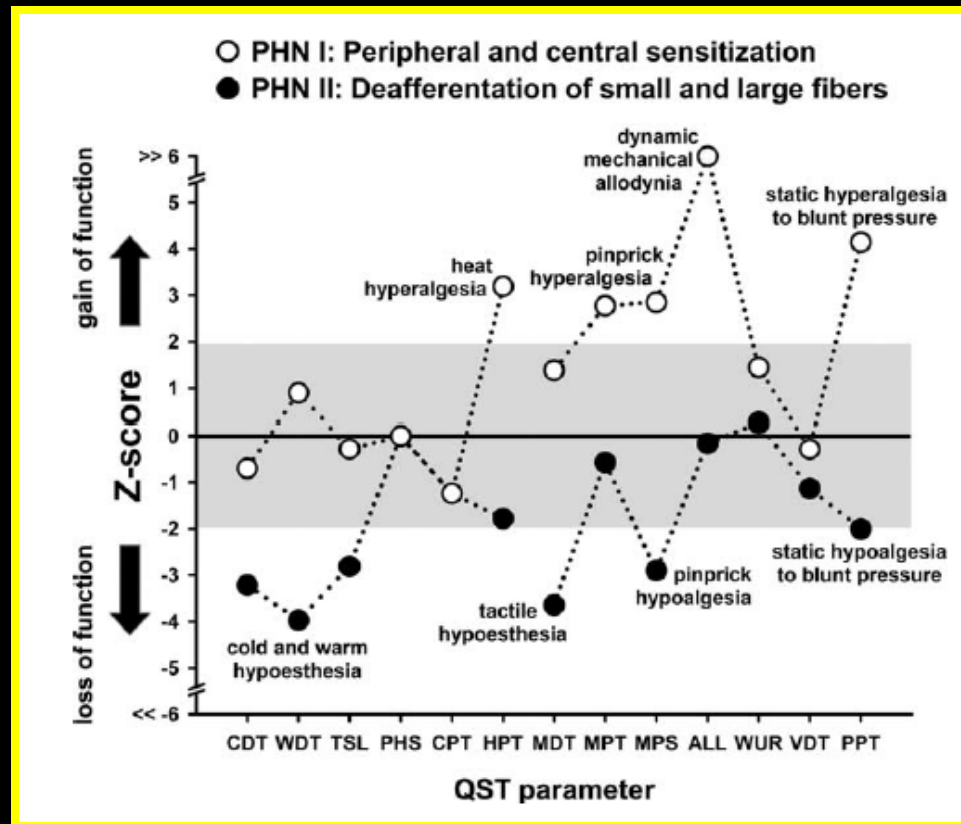


Research papers

Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): Standardized protocol and reference values

R. Rolke <sup>a,b</sup>, R. Baron <sup>c,1</sup>, C. Maier <sup>d,1</sup>, T.R. Tölle <sup>e,\*,1</sup>, R.-D. Treede <sup>a,1</sup>, A. Beyer <sup>f</sup>, A. Binder <sup>c</sup>, N. Birbaumer <sup>g</sup>, F. Birklein <sup>b</sup>, I.C. Bötefür <sup>h</sup>, S. Braune <sup>h</sup>, H. Flor <sup>i</sup>, V. Hugel <sup>f</sup>, R. Klug <sup>j</sup>, G.B. Landwehrmeyer <sup>j</sup>, W. Magerl <sup>a</sup>, C. Maihöfner <sup>k</sup>, C. Rolko <sup>i</sup>, C. Schaub <sup>d</sup>, A. Scherens <sup>d</sup>, T. Sprenger <sup>e</sup>, M. Valet <sup>e</sup>, B. Wasserka <sup>g</sup>

180 sujets  
Main, pied, face  
Âge, sexe, D/G  
Z score +++  
Comparaison de groupes





	Territoire exploré		Avant intervention	Après intervention	
	<b>Sensibilité au chaud</b>	Main	G	44,7	34,9
D			44	34,3	= allodynie
Pied		G	38,6	35,9	
		D	35,4	36,8	
<b>Sensibilité au froid</b>	Main	G	27,2	29,7	
		D	30,4	31,2	
	Pied	G	27,9	27,4	
		D	25,5	27,2	
<b>Douleur au chaud</b>	Main	G	49,9	40,1	
		D	50	43,7	
	Pied	G	50	46	
		D	49,8	41,5	
<b>Douleur au froid</b>	Main	G	0	19,4	
		D	0	27,6	
	Pied	G	0	0	
		D	0	24,9	

Exploration d'une myélopathie cervicale s'étendant de C4 à C7 latéralisée à dte avec des douleur d'allure neuropathique du pied gche et allodynie au froid



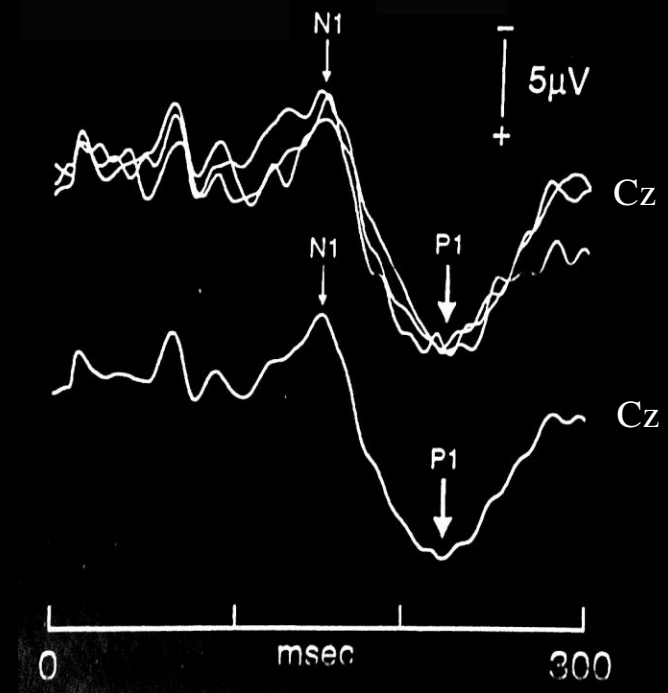
# Potentiels évoqués nociceptifs

## Historique :

jusqu' 'en 1975, la seule stimulation nociceptive utilisable pour une activation synchrone des afférences est **électrique**

- Non sélective de la voie spinothalamique
- Négativité (100-150 ms) puis positivité (200-250 ms) au vertex
- N'est plus utilisé aujourd'hui

## Exemple de réponse normale



(Kakigi, 2000)

# Douleur expérimentale provoquée par une stimulation thermique laser

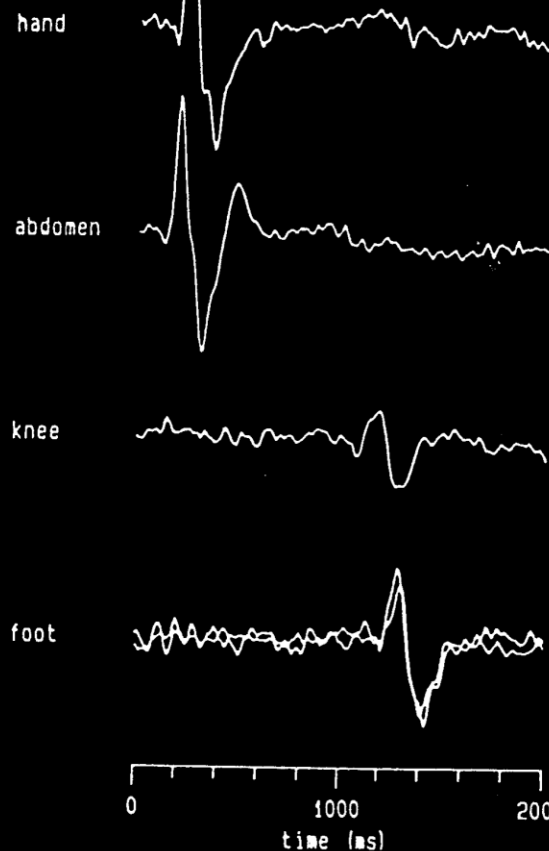
- Piqûre immédiate bien localisée : stimulation des fibres  $A\delta$  myélinisées de petit diamètre
- Brûlure diffuse retardée : activation des fibres C amyéliniques
- Pas de contact avec la peau donc pas d'activation des mécanorécepteurs

**Delta fibers**

**PEL tardif**  
// piqûre  
-> **Visible (240-400ms)**

**C fibers**

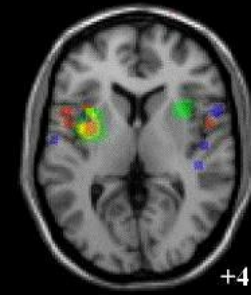
**PEL ultra-tardif**  
// brûlure  
**(1000-1400ms)**  
**Recherche**



1975 : Mor et Carmon  
1° stimulation thermique laser

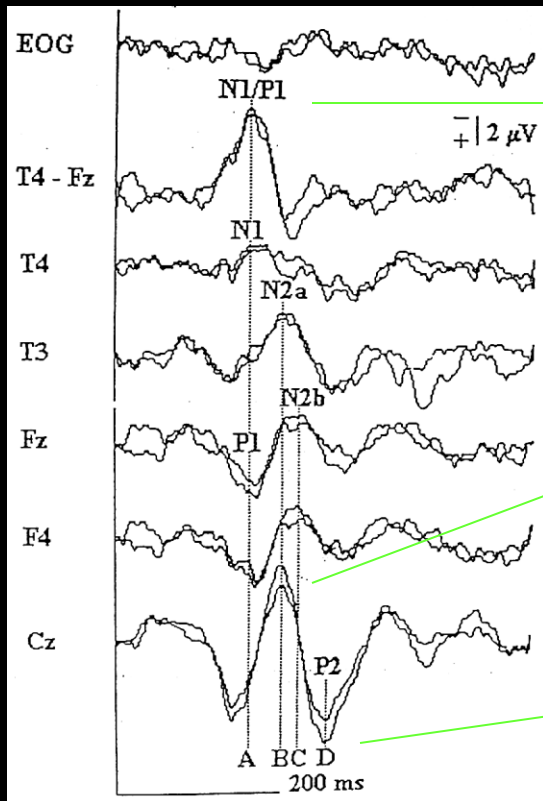
Puis développement  
dans les années 80  
par Bromm et Treede (1983)  
Et Kakigi (1988)

# Exemple de PEN Normal : stimulation des fibres A $\delta$

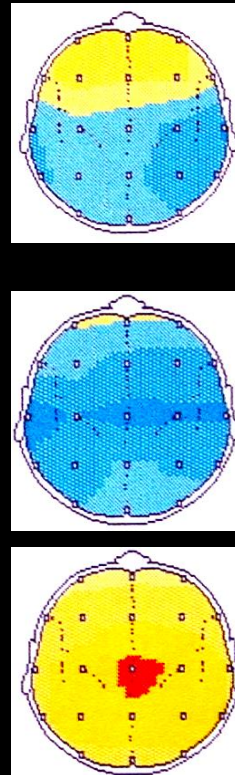


PEN  
TEP  
IRMf

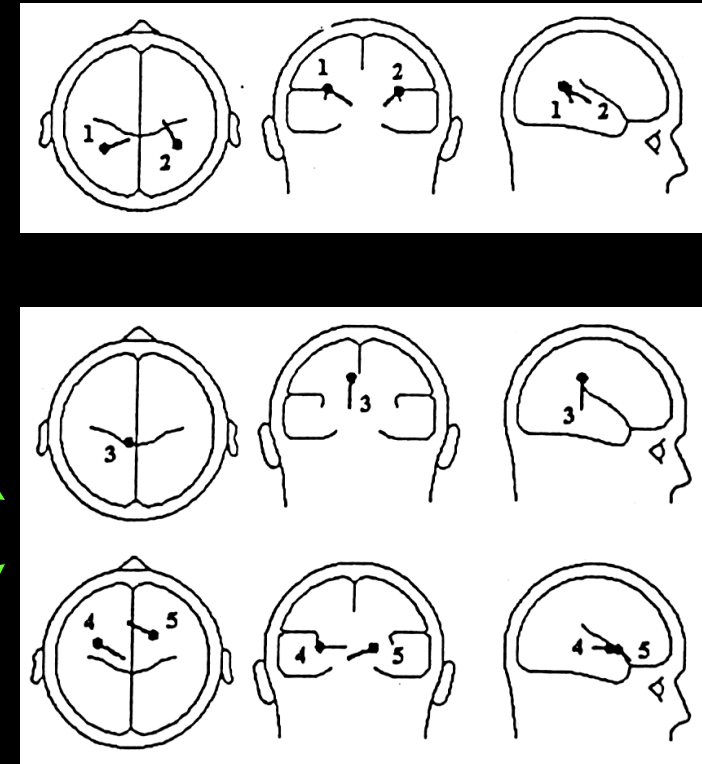
## Courbe



## Cartographie



## Dipôles



## Stimulateur Laser YAP (mJ/mm<sup>2</sup>)

$\lambda$  : 1,34  $\mu\text{m}$

Pénétration : 1 mm

Guidage aisé par fibre optique

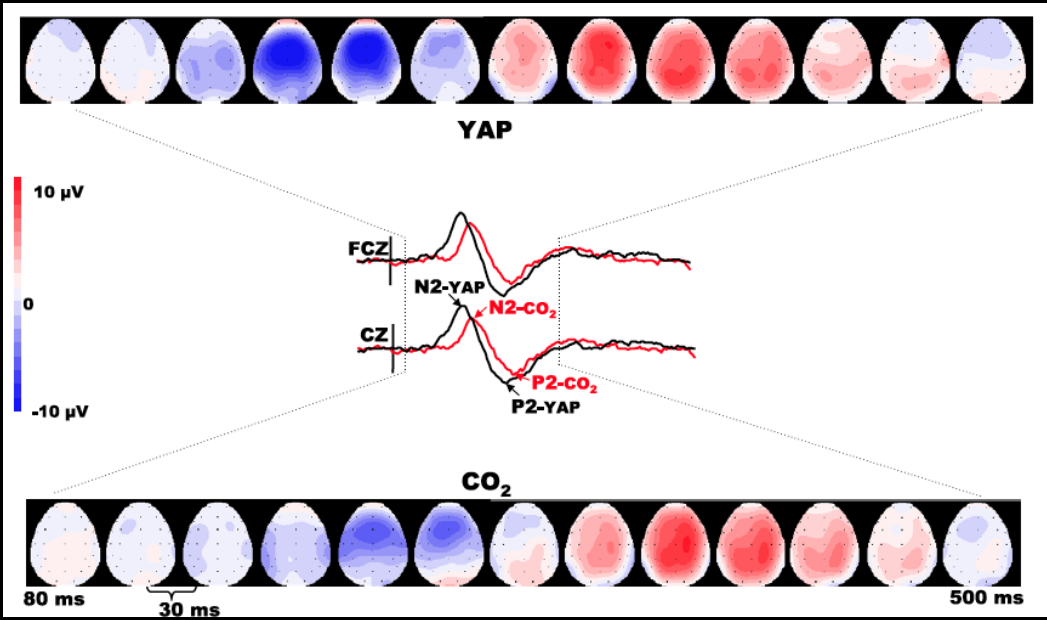


## Stimulateur Laser CO<sub>2</sub> (ms)

$\lambda$  : 10,6  $\mu\text{m}$

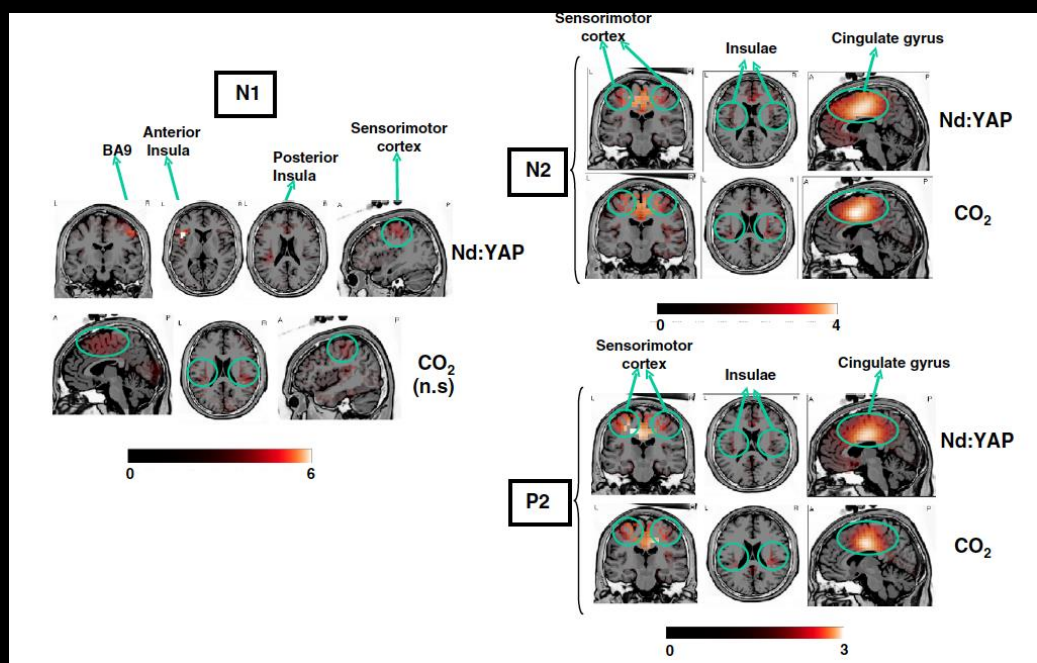
Pénétration : 50  $\mu\text{m}$





## Comparaison laser CO<sub>2</sub> et YAP

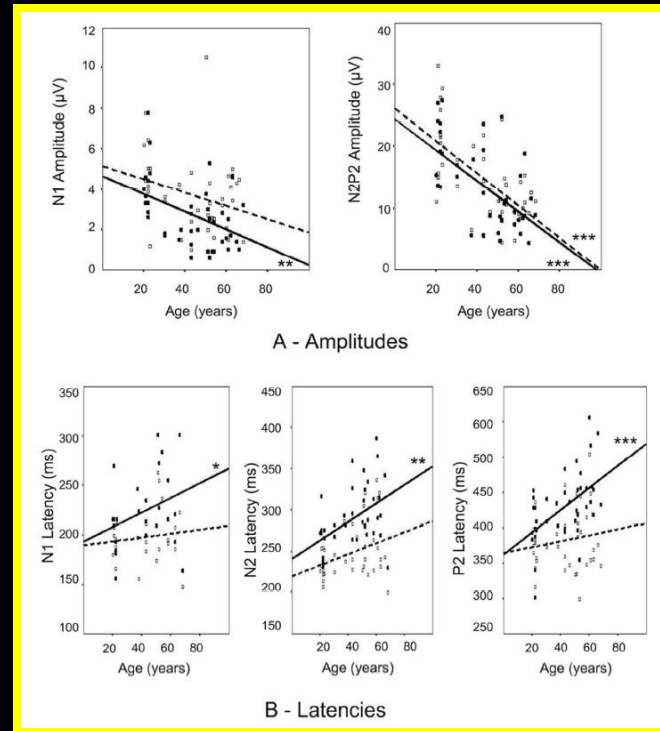
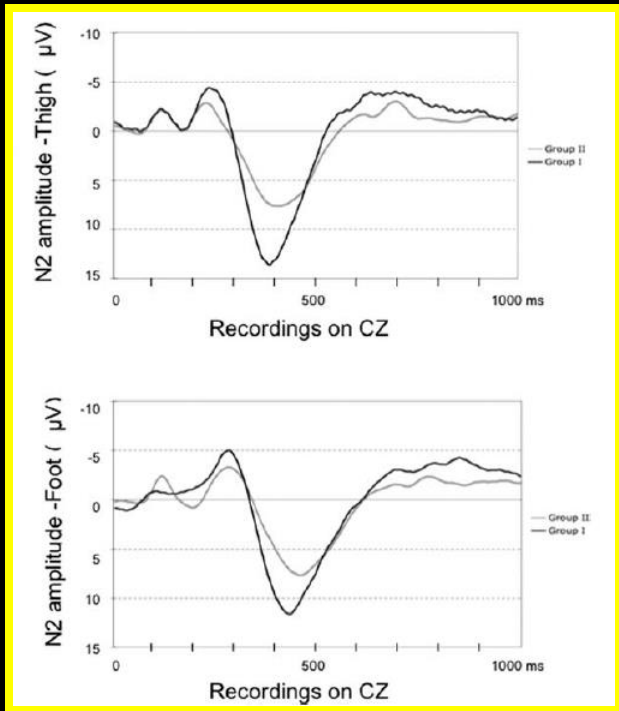
YAP un peu moins  
 « physiologique »  
 mais plus facile  
 car véhiculé par fibre optique et  
 stimulation plus synchronisée  
 (plus cher)



# EFFECTS OF AGING ON LASER EVOKED POTENTIALS

CHRISTELLE CREAC'H, MD,<sup>1,2</sup> ALEXANDRE BERTHOLON,<sup>1</sup> PHILIPPE CONVERS, MD,<sup>2</sup>  
LUIS GARCIA-LARREA, MD, PhD,<sup>3</sup> and ROLAND PEYRON, MD, PhD<sup>1,2</sup>

*Muscle Nerve* 51: 736–742, 2015



En cas de conditions d'enregistrement correctes et sans antalgiques, l'absence de PEL permet d'affirmer un dysfonctionnement de la voie spinothalamique et le caractère neuropathique donc organique d'une douleur chronique.

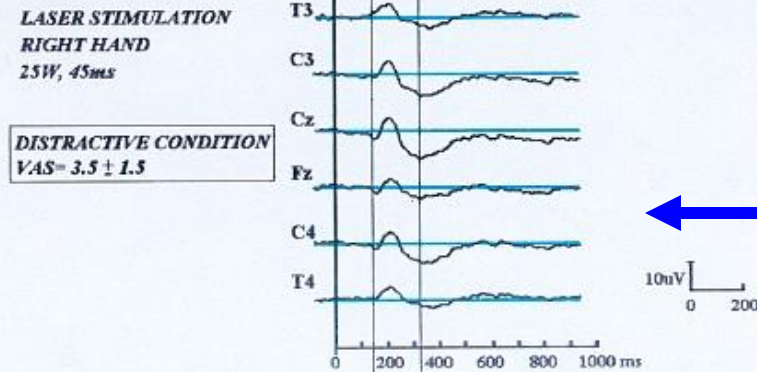
-> prudence sur l'interprétation d'une abolition de PEN sur un seul territoire aux membres inférieurs si âge >55 ans

Confirme et complète les données de Truini et col. , Clin Neurol 2005

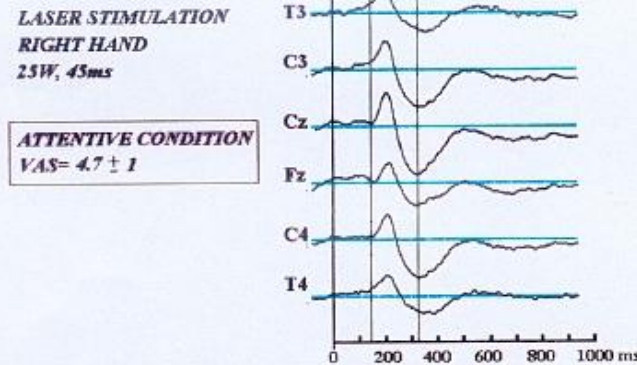
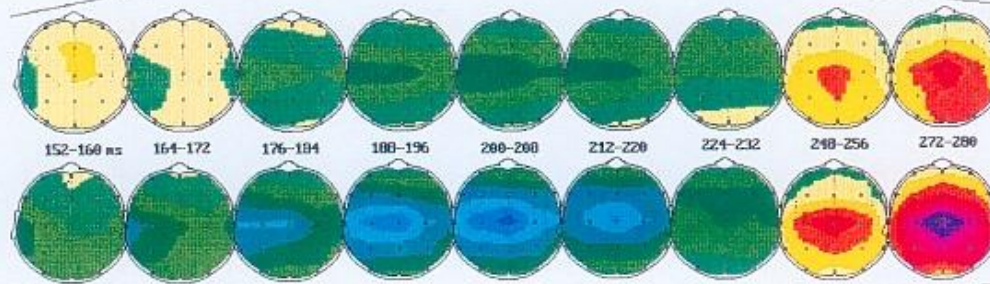
# LEP

Right hand  
25w, 45ms

Attentional  
modulation



Distractive  
Condition  
VAS: 3.5



Attentive  
Condition  
VAS: 4.7

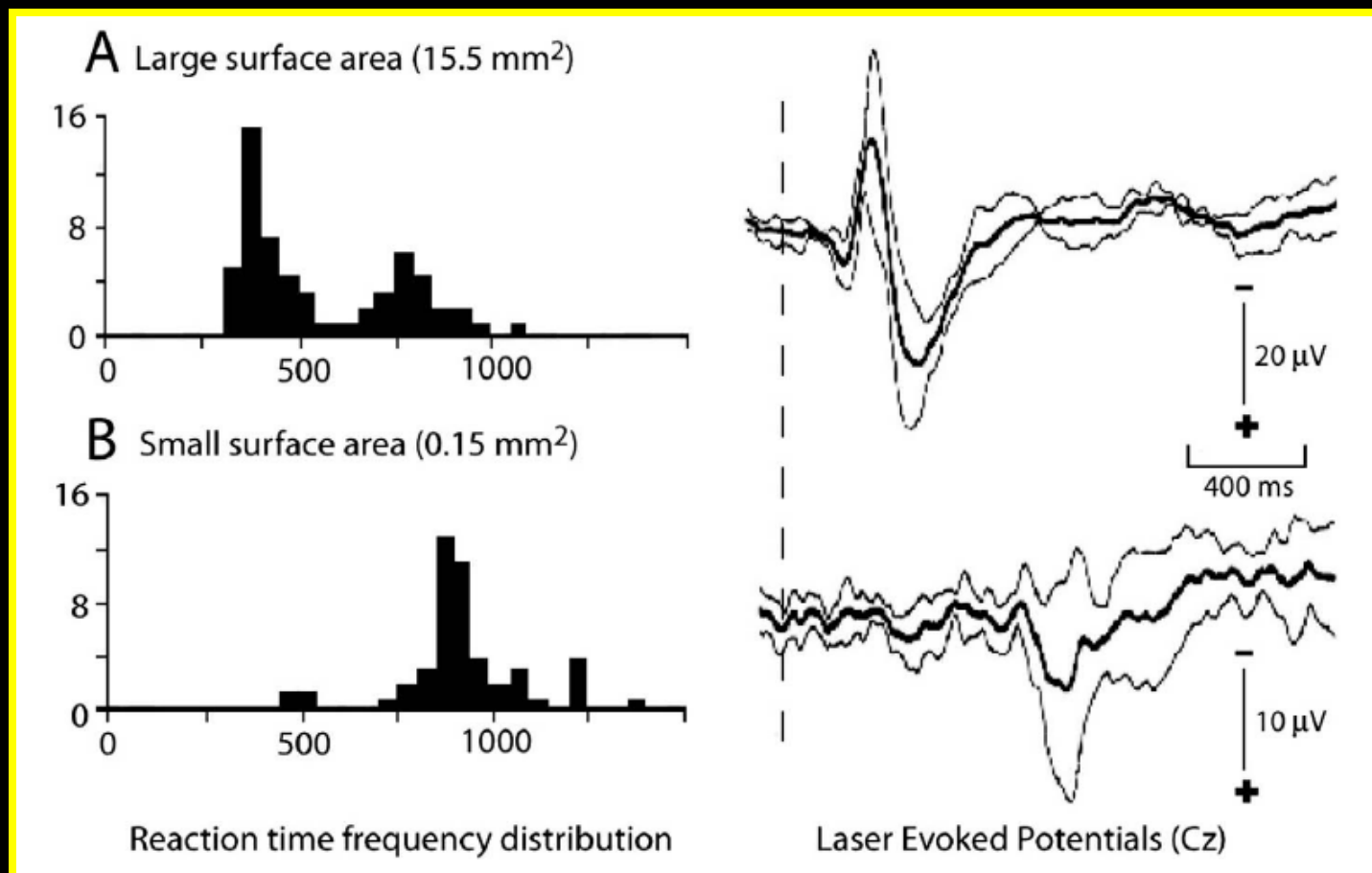


# Exploration des fibres C

- Psychophysique +++
  - seuils perceptifs
- Enregistrement des potentiels évoqués :
  - problème du phénomène : « premier arrivé, premier servi »
  - seulement en recherche
  - enregistrements peu reproductibles en routine

## FIBRES C

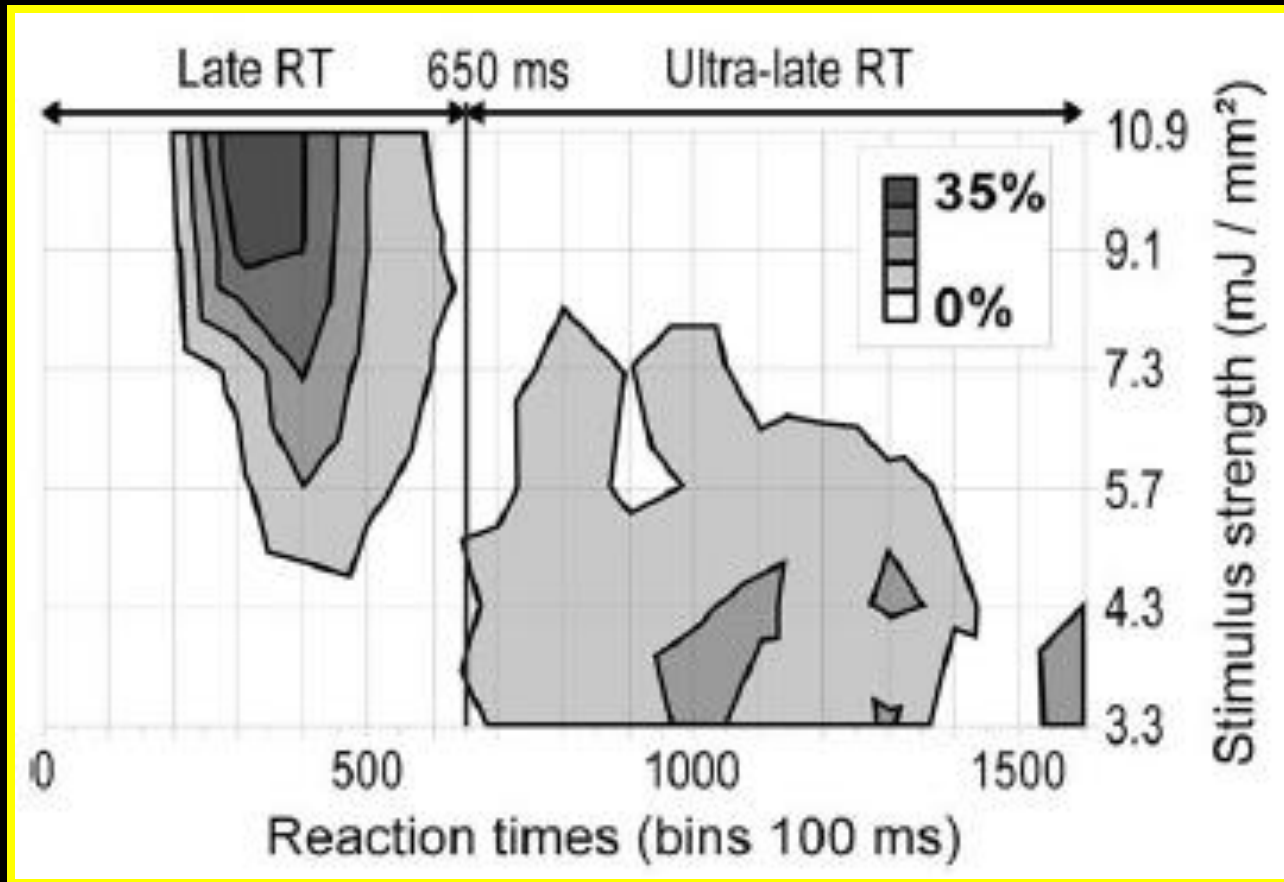
Stimulations sur petites surfaces :  
densité de fibres C 3 à 4 fois supérieure à celle des fibres A $\delta$



(Bragard et col. *Neurosc Lett* 96; Opsommer et col. *Neurophysiol Clin* 1999;  
Tran et col., *Neurosci Lett* 01; Qiu et col., *Neurosci Lett* 2003)

# FIBRES C

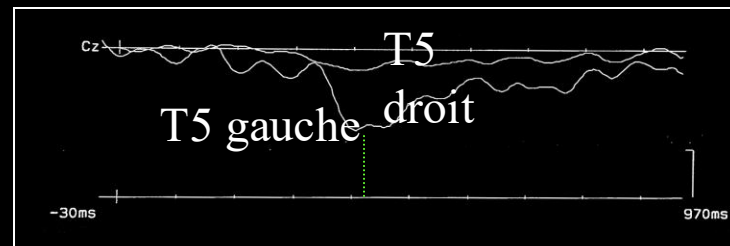
Utilisation de faibles densités d'énergie ( $d = P \times \text{durée} / \text{surface}$ )  
seuil d'activation des fibres C :  $2 \text{ J/mm}^2$  ;  $A \delta$  :  $5-8 \text{ MJ/mm}^2$ )



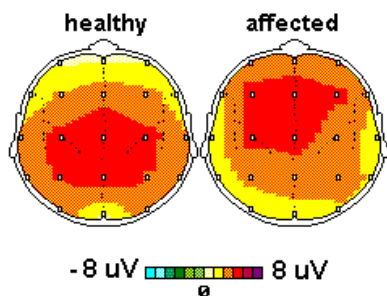
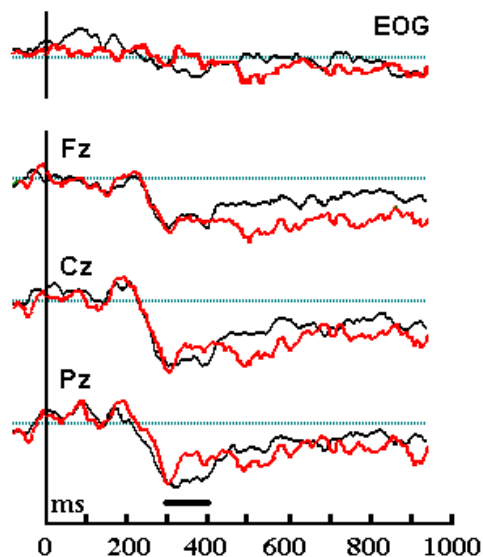
# Technique d'enregistrement des PEL et limites

- Détermination des seuils perceptifs et nociceptifs
- Enregistrement des réponses corticales évoquées par la stimulation laser :
  - Surface cutanée stimulée : disque de 2 à 10 mm (Ad ou C)
  - Moyennage d' une dizaine de réponses (0,2Hz)
  - Intensité de stimulation limitée : risques de brûlures, diabète et Behcet du fait des risques d' ulcérations cutanées.
- Corrélation entre l' intensité de stimulation et l' EVA
- Qualité de la réponse fonction du site stimulé, de l' épaisseur de la couche cornée, de la pigmentation cutanée, de la fatigue des récepteurs
- Pas d' enregistrement possible des réponses périphériques ou spinales
- Importante modulation de la réponse en fonction du niveau de vigilance et d' attention (Garcia Larrea, 97) et des médicaments
- Possibilité de stimulation dermatomale

Douleur T5T6 droite :  
kyste arachnoïdien T5 antérieur

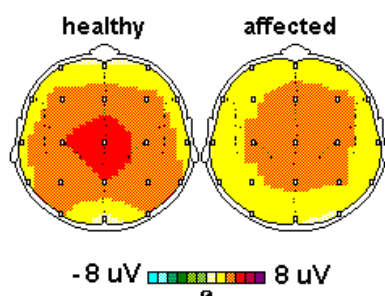
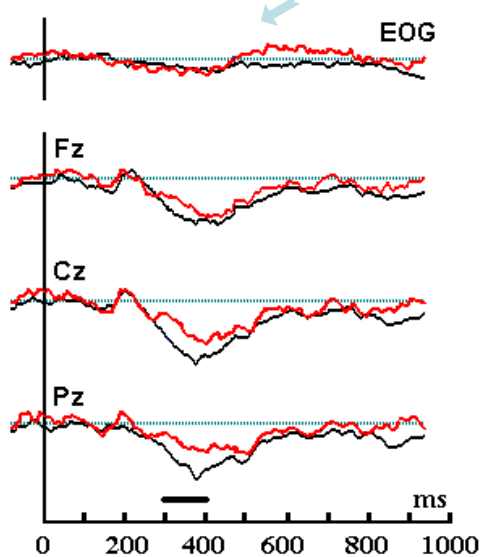


pain sine materia (nonorganic)

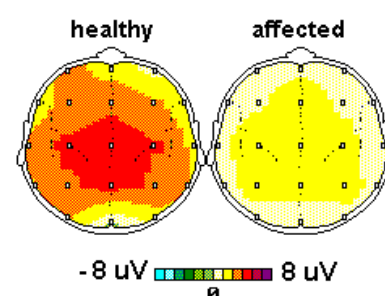
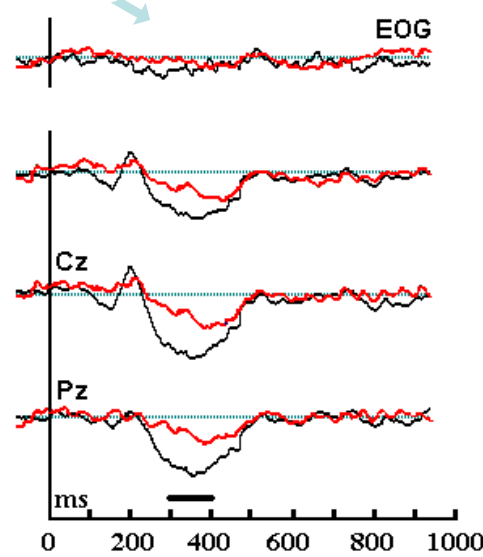


neuropathic central pain

with allodynia / hyperalgesia



spontaneous only



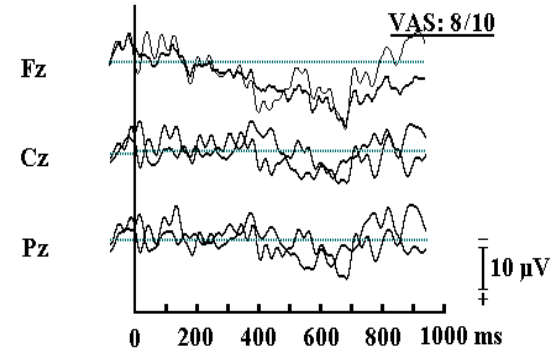
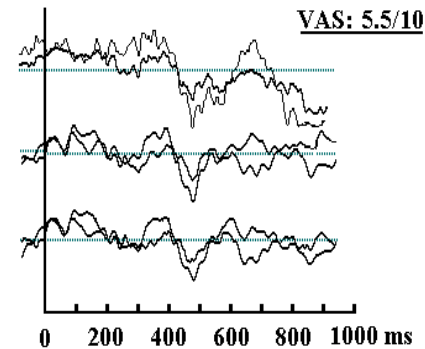
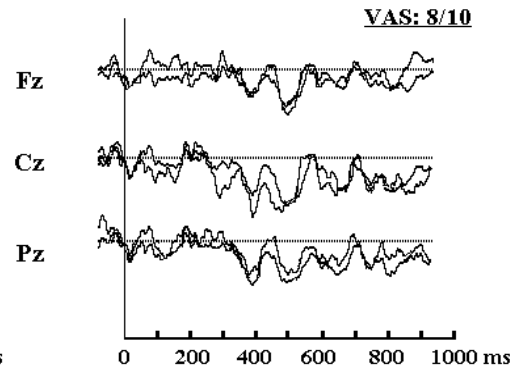
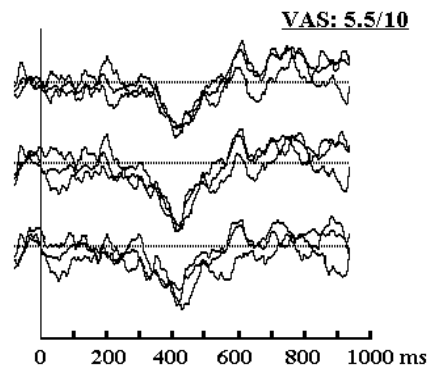
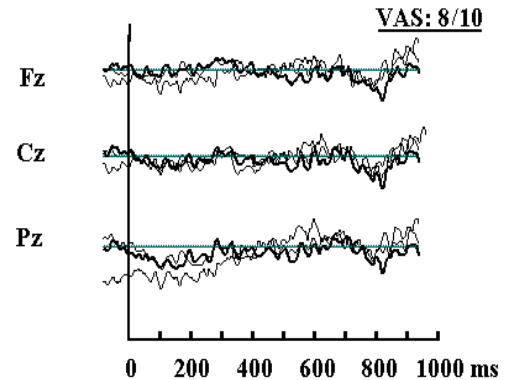
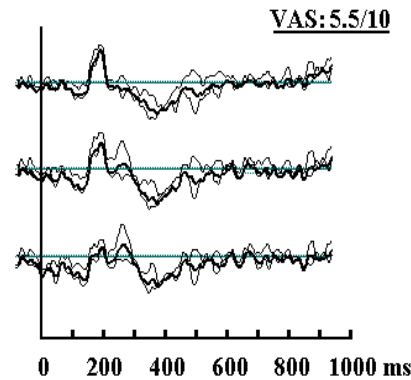
## Normal side

## Painful side

spinal ependymoma  
Central pain, thermal hypoesthesia  
Hyperalgesia to laser (L2)

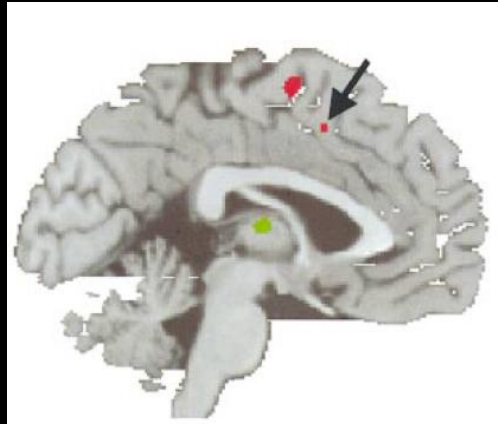
middle cerebral artery stroke.  
Central pain,  
Mechanical & thermal allodynia  
Hyperalgesia to laser

thalamocortical haemorrh, hemi-  
hypoesthesia  
Mechanical & thermal allodynia,  
allodynia to CO<sub>2</sub>-laser

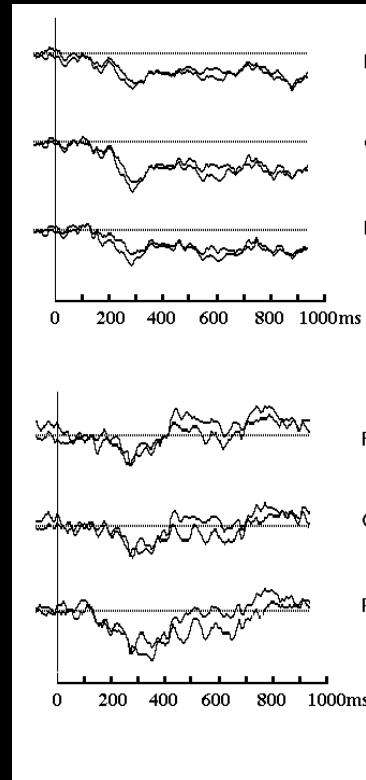


# Non organic pain

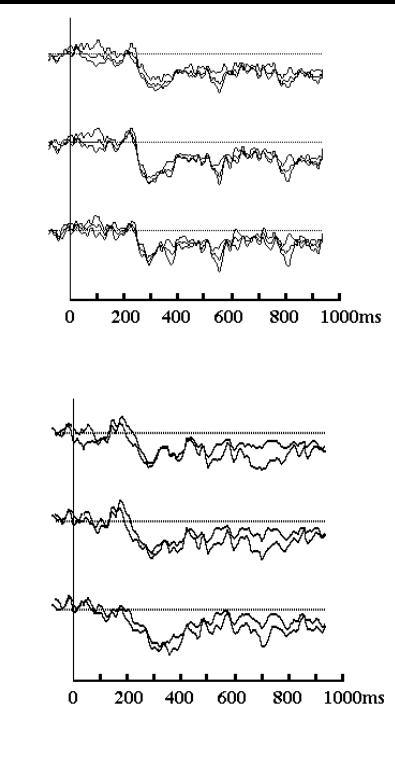
DOI: 10.1093/brain/awh098 *Brain* (2004), 127, 835–843  
Pain catastrophizing and neural responses to pain among persons with fibromyalgia  
R. H. Gracely,<sup>1</sup> M. E. Geisser,<sup>2</sup> T. Giesecke,<sup>3</sup> M. A. B. Grant,<sup>1</sup> F. Petzke,<sup>3</sup> D. A. Williams<sup>1</sup> and D. J. Clauw<sup>1</sup>



# Normal side



# Painful side



# Corrélations électrocliniques

Anomalies proportionnelles à l'atteinte de la voie spino-thalamique et non à l'intensité de la douleur donc hypoesthésie thermoalgique avec ou sans douleur : mêmes anomalies  
En cas d'allodynie ou hyperpathie : pas d'hyperréponse  
Seul cas d'augmentation d'amplitude des réponses : douleur psychogène et fibromyalgie voire douleur nociplastique.  
Affirmer l'origine neurogène d'une douleur

## Intérêt dans l'exploration des polyneuropathies (PN)

- Objectiver et quantifier l'atteinte respective des grosses fibres myélinisées et des petites fibres dans des PN connues
- Estimer l'évolutivité de la PN
- Rechercher un gradient distal/proximal
- Objectiver une neuropathie des petites fibres (NPF)
- Alternative à la biopsie cutanée
- Prouver le respect des petites fibres dans des ganglionopathies



**EFNS GUIDELINES**

**EFNS guidelines on neuropathic pain assessment: revised 2009**

G. Cruccu<sup>a,b</sup>, C. Sommer<sup>a,c</sup>, P. Anand<sup>d</sup>, N. Attal<sup>a,e</sup>, R. Baron<sup>f</sup>, L. Garcia-Larrea<sup>a,g</sup>, M. Haanpää<sup>a,h</sup>, T. S. Jensen<sup>a,i</sup>, J. Serra<sup>a,j</sup> and R. -D. Treede<sup>k</sup>

**Review and recommendations NeuPSIG guidelines on neuropathic pain assessment (Maija Haanpää et al., Pain 152 (2011) 14–27)**

Eur J Neurol, 2023 Aug;30(8):2177-2196. Truini et al.

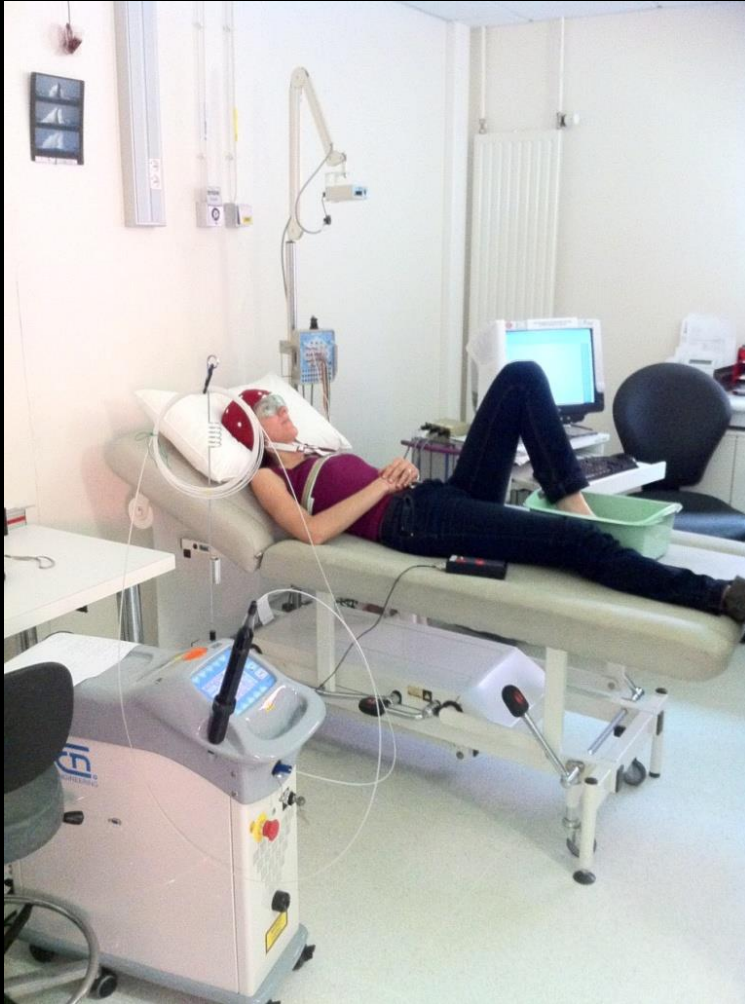
**Joint European Academy of Neurology–European Pain Federation–Neuropathic Pain Special Interest Group of the International Association for the Study of Pain guidelines on neuropathic pain assessment**

« Laser Evoked Potentials (LEPs) are useful for assessing function of the A  $\delta$  pathways in patients with neuropathic pain (Grade A) »  
EFNS Guidelines (Cruccu et al., 2010)

« Skin biopsy (SB) should be performed in patients with painful/burning feet of unknown origin and clinical impression of small fibre dysfunction (Grade B) »EFNS Guidelines (Cruccu et al., 2010)

Measurement of trigeminal reflexes mediated by A-beta fibers can be used to differentiate symptomatic trigeminal neuralgia from classical trigeminal neuralgia. Measurement of laser-evoked potentials is useful for assessing function of the A-delta fiber pathways in patients with neuropathic pain. Functional brain imaging is not currently useful for individual patients in clinical practice, but is an interesting research tool. Skin biopsy to measure the intraepidermal nerve fiber density should be performed in patients with clinical signs of small fiber dysfunction.

# Etude des contrôles de la douleur dont contrôles inhibiteurs diffus (DNIC)



**Cold Pressor Test :**

- Pied controlatéral
- 5 minutes
- Température  $6.2 \pm 2.3^{\circ} \text{C}$

5 ETAPES :

T1 « Référence »

T2 « Habituation »

T3 « Stimulation à intensité égale »

T4 « Stimulation à sensation douloureuse égale »

T5 « Retour à la normale »

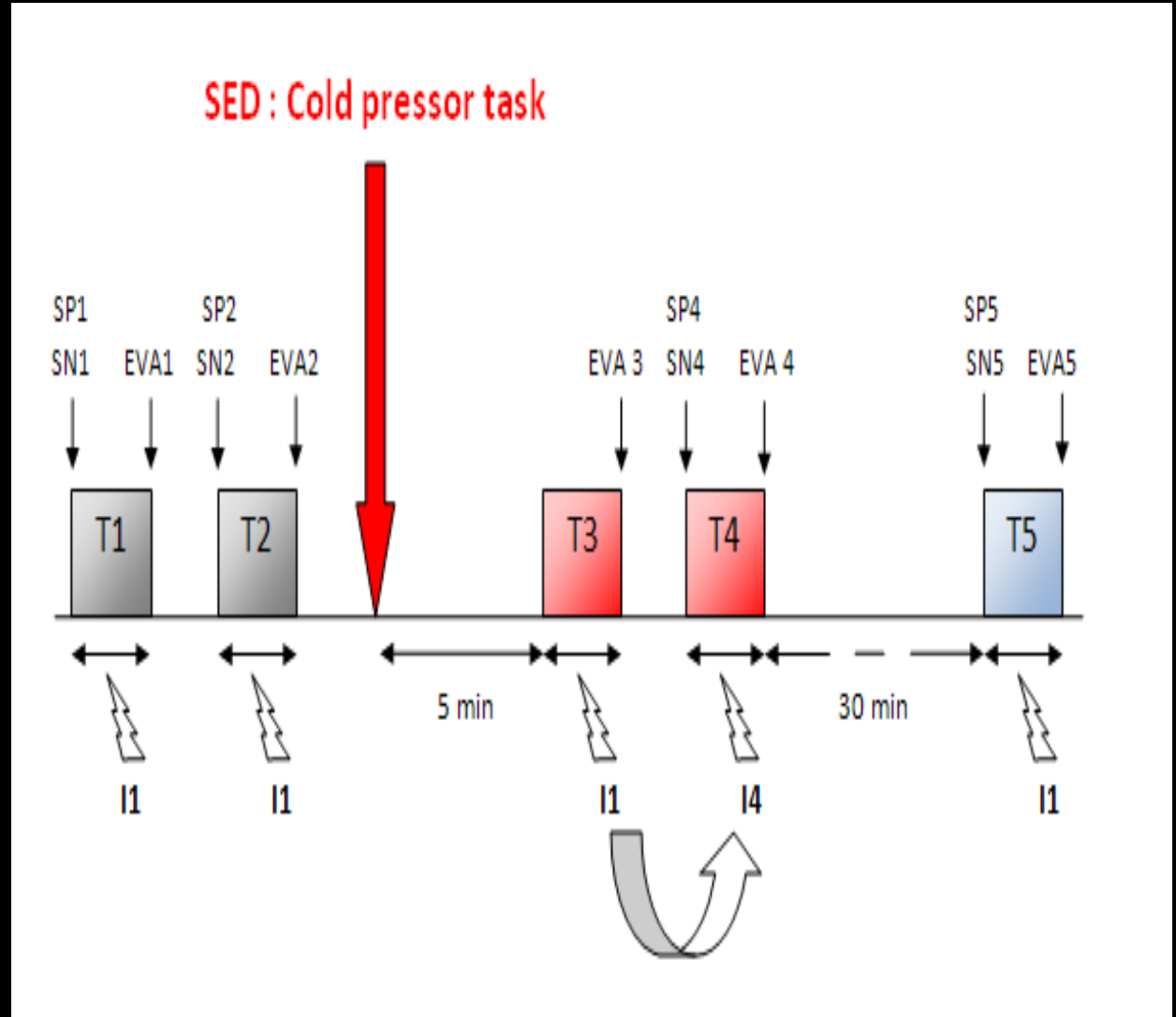
SP : Seuil Perceptif

SN : Seuil Nociceptif

EVA : Echelle Visuelle Analogique

I : Intensité

SED : Stimulation Extéroceptive Douloureuse



# Seuil nociceptif

## Moyennes des intensités des seuils nociceptifs (J)

Augmentation significative à l'étape 4

\*\*\* :  $p < 0,0001$

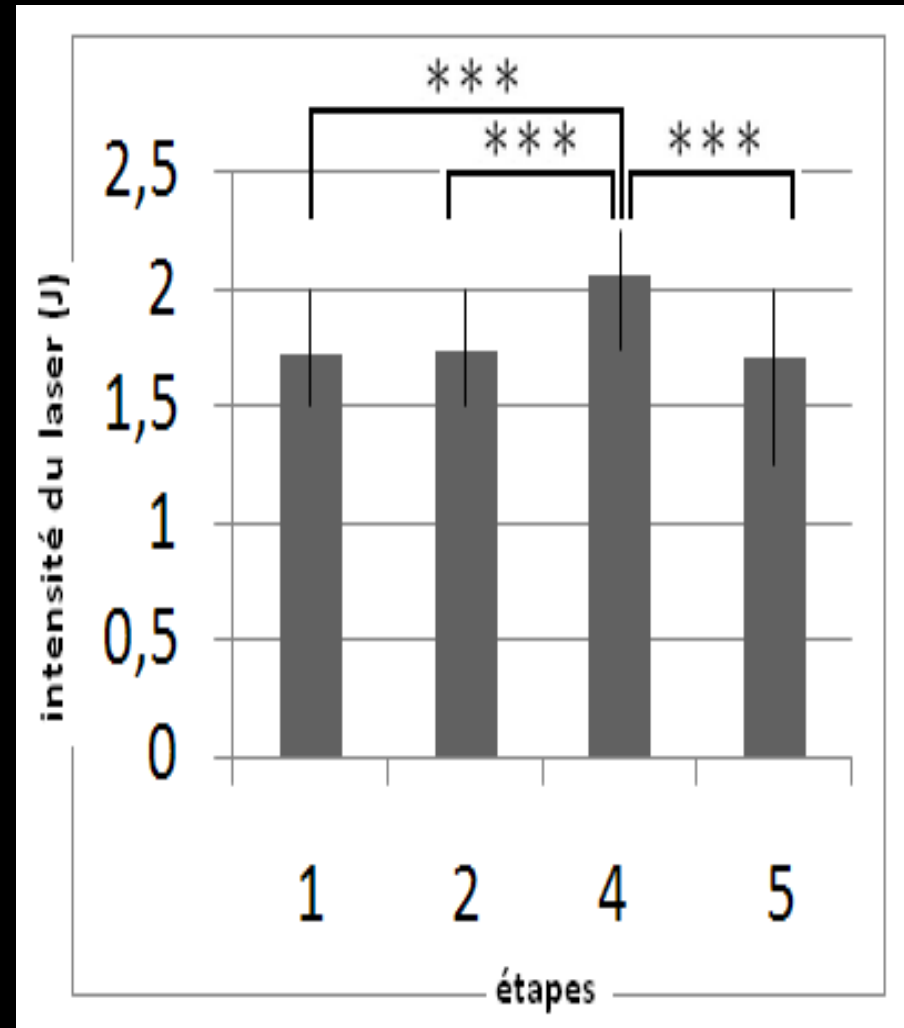
SN<sub>1</sub>=1,7

SN<sub>2</sub>=1,7

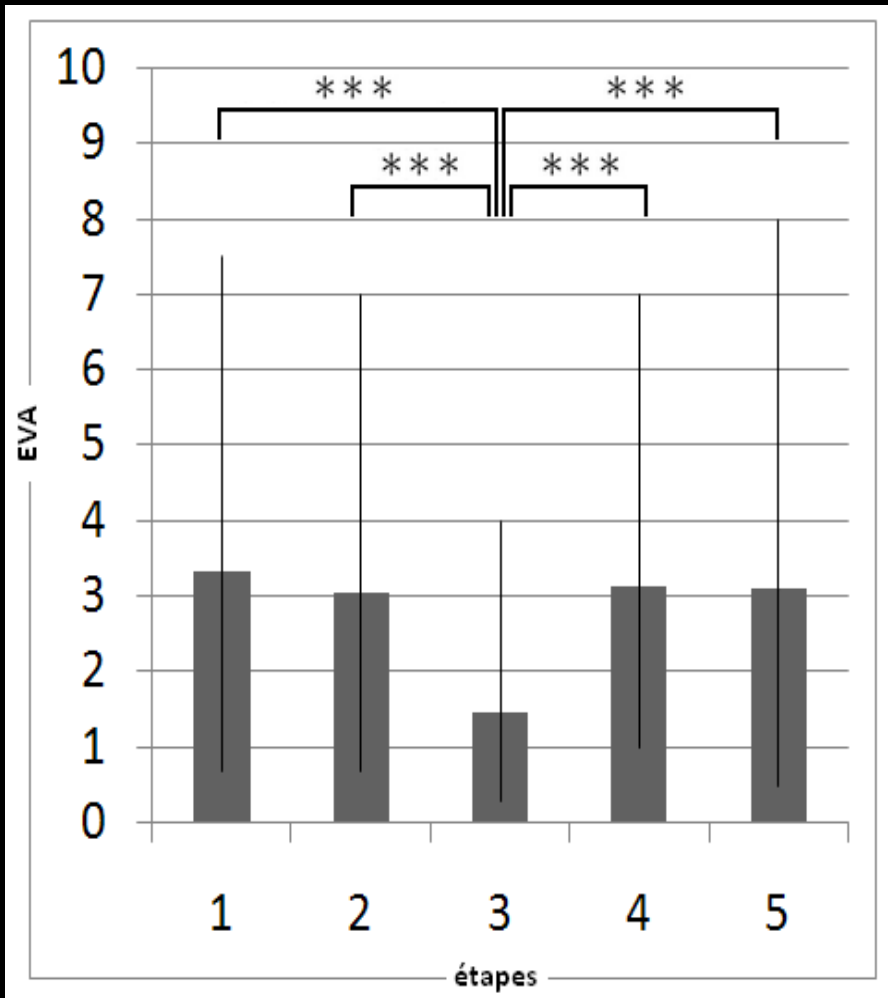
SN<sub>4</sub>=2,1

SN<sub>5</sub>=1,7

↔ ↗ de la tolérance à la douleur  
(objectif 2)



# Echelle Visuelle Analogique



## Moyennes des EVA

Diminution significative à l' étape

\*\*\* :  $p < 0,0001$

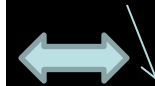
EVA<sub>1</sub> = 3,3

EVA<sub>2</sub> = 3,1

EVA<sub>3</sub> = 1,5

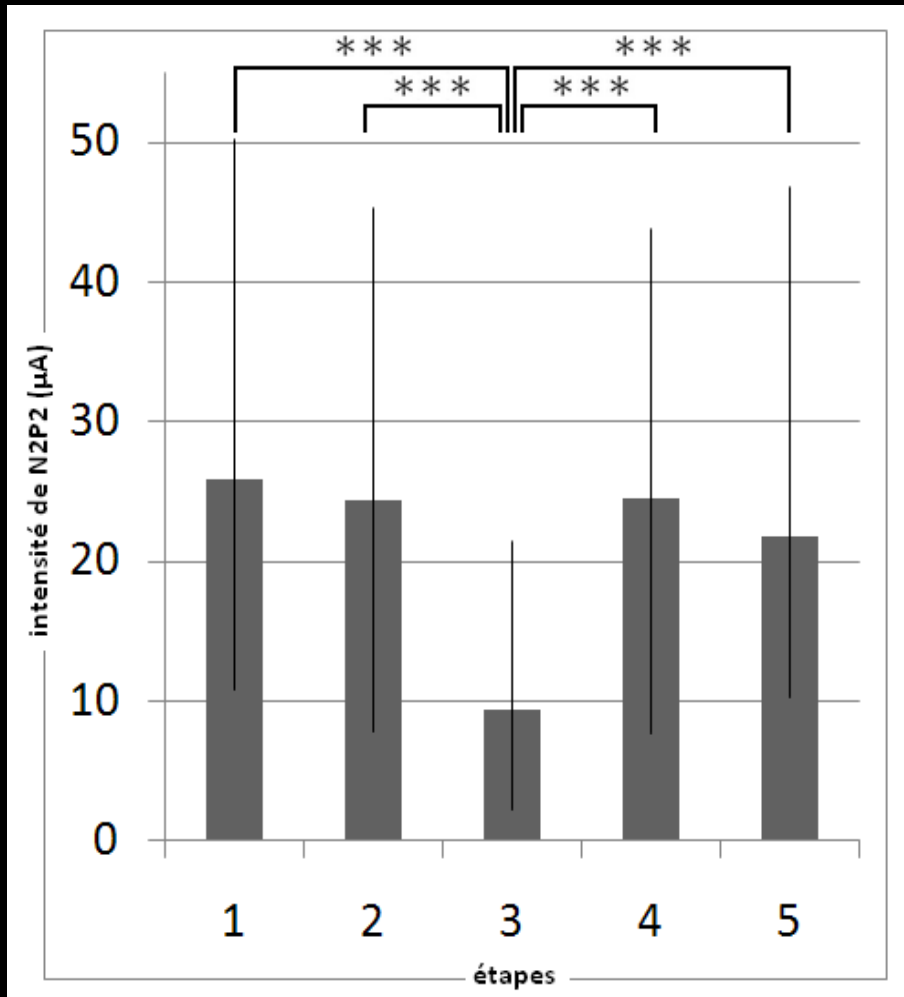
EVA<sub>4</sub> = 3,1

EVA<sub>5</sub> = 3,1



de la perception de la douleur  
(objectif 2)

# Amplitude du complexe N2P2



## Moyennes des amplitudes de N2P2 (µA)

Diminution significative à l'étape 3

\*\*\* :  $p < 0,0001$

$$A1 = 25,9 ; A2 = 24,4 \rightarrow 2 \text{ vs } 1 = -3,3$$

$$A3 = 9,4 \rightarrow 3 \text{ vs } 1 = -17,2$$

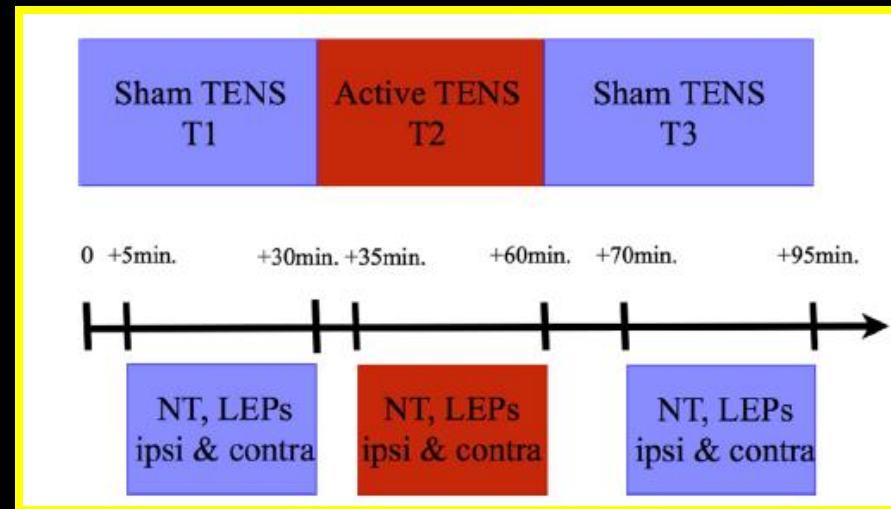
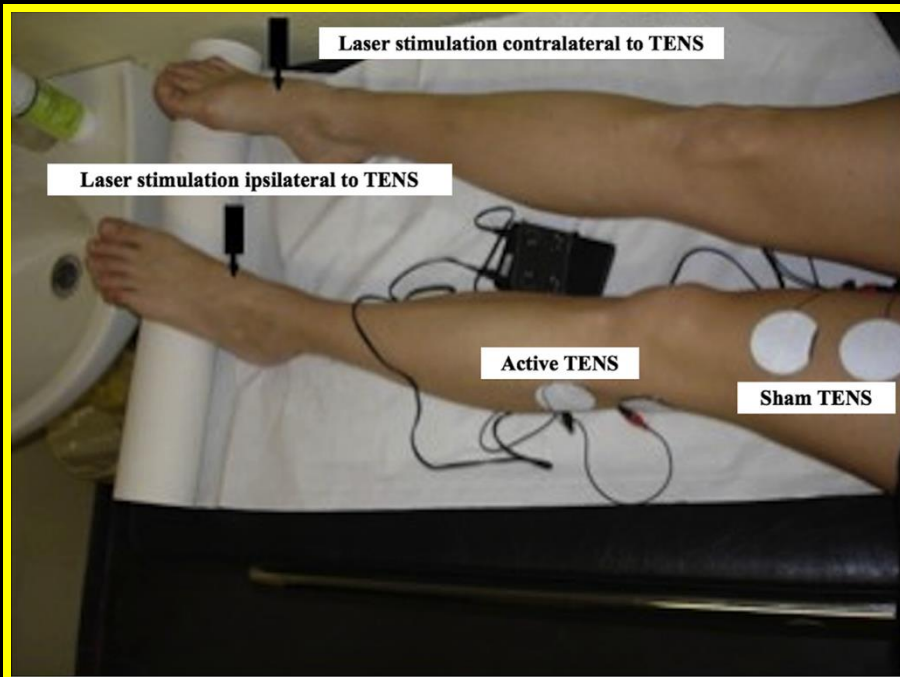
$$A4 = 24,5 \rightarrow 4 \text{ vs } 1 = -1,4$$

$$A5 = 21,8 \rightarrow 5 \text{ vs } 1 = -4,3$$

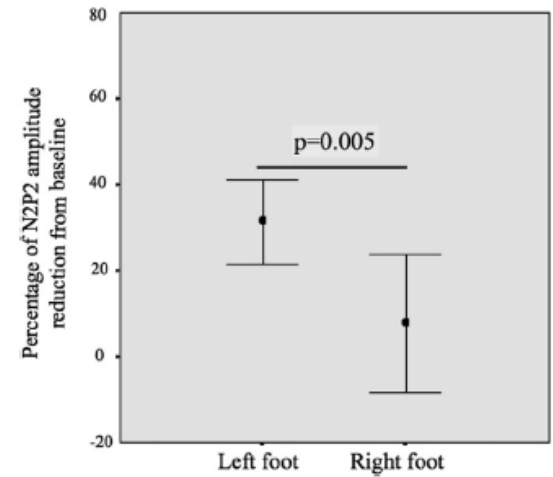
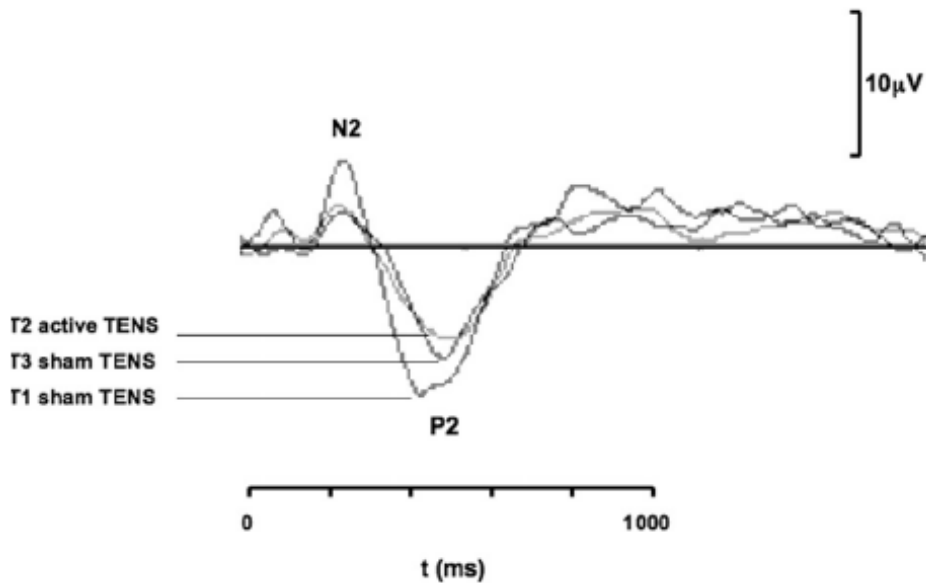
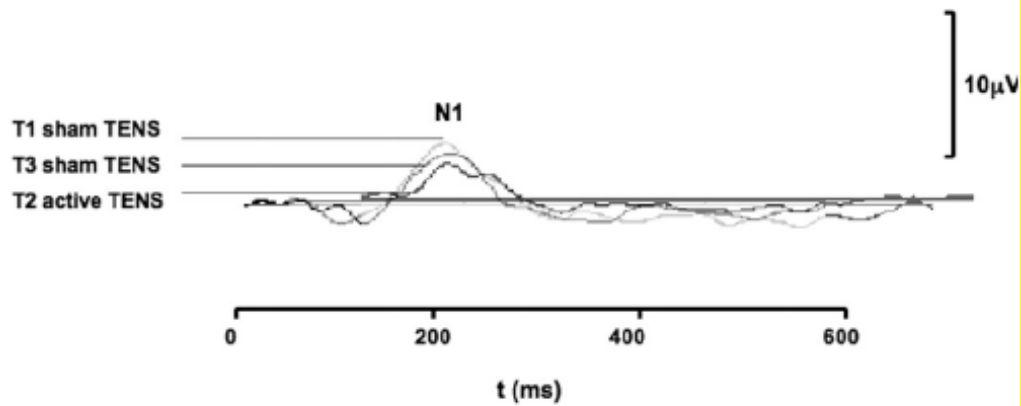
# Modulation of laser-evoked potentials and pain perception by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): A placebo-controlled study in healthy volunteers

François Vassal<sup>a,b,\*</sup>, C. Créac'h<sup>b,c</sup>, Ph. Convers<sup>b,c</sup>, B. Laurent<sup>b,c</sup>, L. Garcia-Larrea<sup>b</sup>, R. Peyron<sup>b,c</sup>

Clin Neurophysiol., 2013, 124(9):1861-7.



TENS active > TENS Sham  
Seulement ipsilatéral





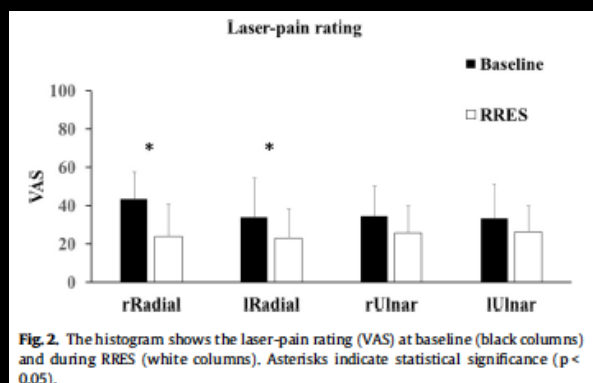
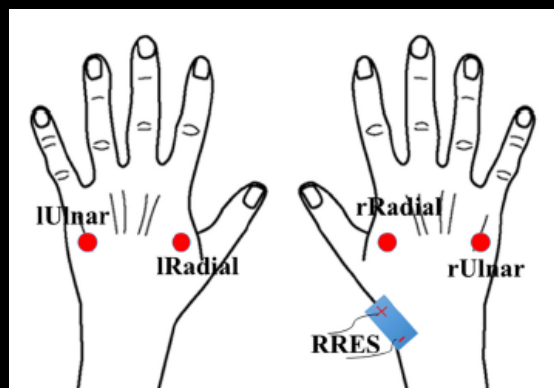
# Laser evoked potential amplitude and laser-pain rating reduction during high-frequency non-noxious somatosensory stimulation



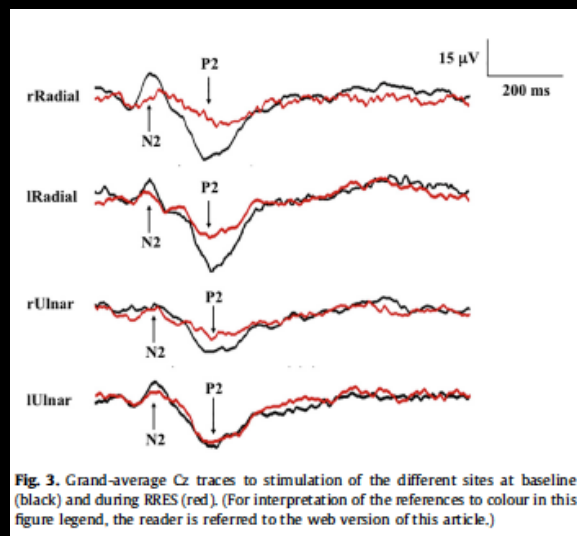
Massimiliano Valeriani <sup>a,b,\*</sup>, Costanza Pazzaglia <sup>c</sup>, Vincenzo Rizzo <sup>d</sup>, Angelo Quartarone <sup>e,f</sup>, Catello Vollono <sup>g</sup>

Clinical Neurophysiology 129 (2018) 920–925

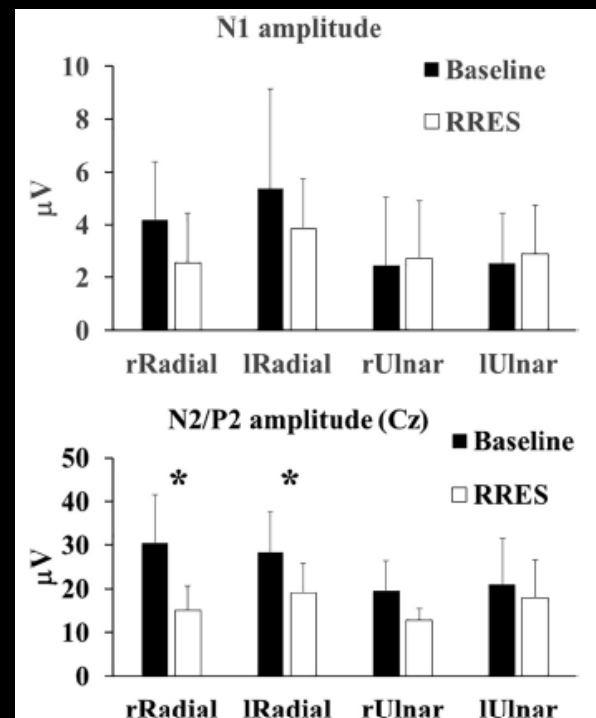
10 normal subjects



**Fig. 2.** The histogram shows the laser-pain rating (VAS) at baseline (black columns) and during RRES (white columns). Asterisks indicate statistical significance ( $p < 0.05$ ).

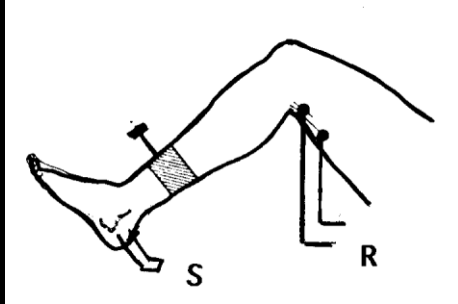


**Fig. 3.** Grand-average Cz traces to stimulation of the different sites at baseline (black) and during RRES (red). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

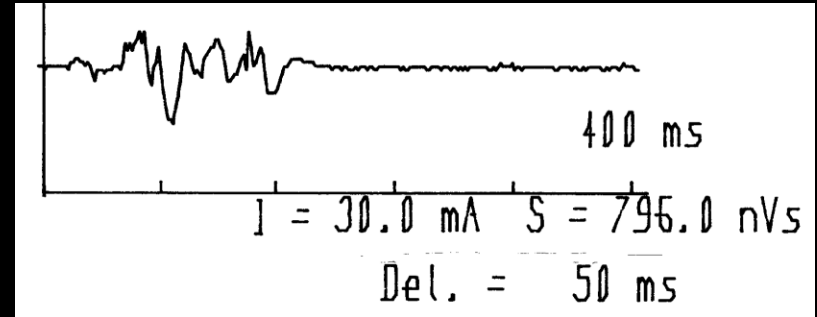


**Fig. 4.** The histograms show the N1 (upper) and the N2/P2 (lower) amplitudes at baseline (black columns) and during RRES (white columns). Asterisks show significant differences ( $p < 0.05$ ).

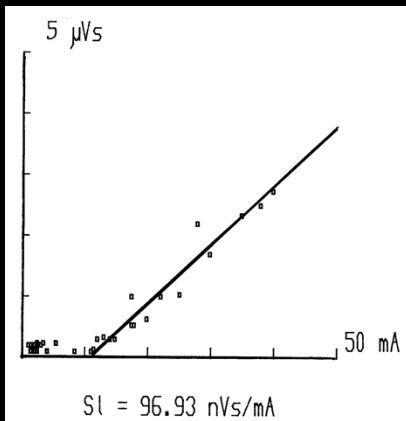
# Nociceptive reflex RIII



Stimulation : ankle  
trains of 5 electrical scarred pulses (period 2 ms)  
Recording : biceps femoris



RIII curve



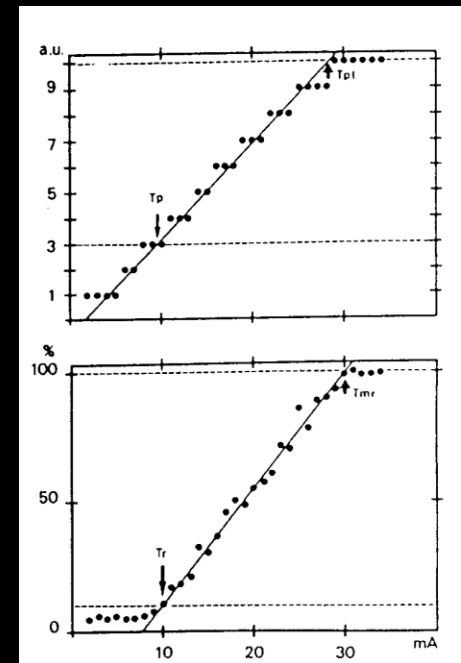
Resulting curve

RIII Surface/stim intensity

VAS

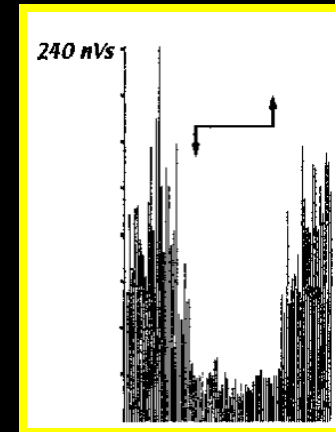
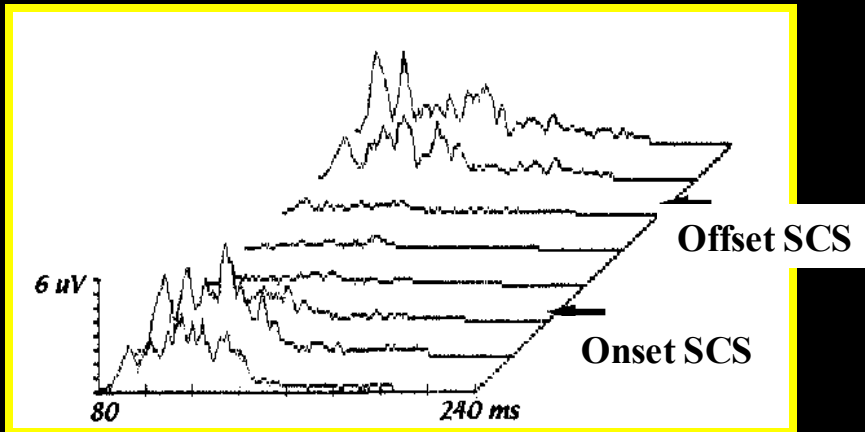
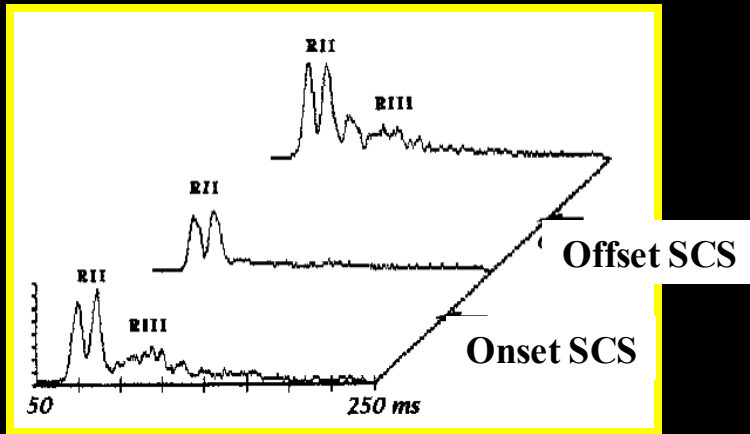


RIII



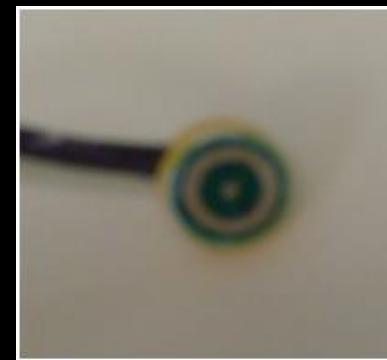
From Willer, 1990

# Nociceptive reflex RIII and TENS

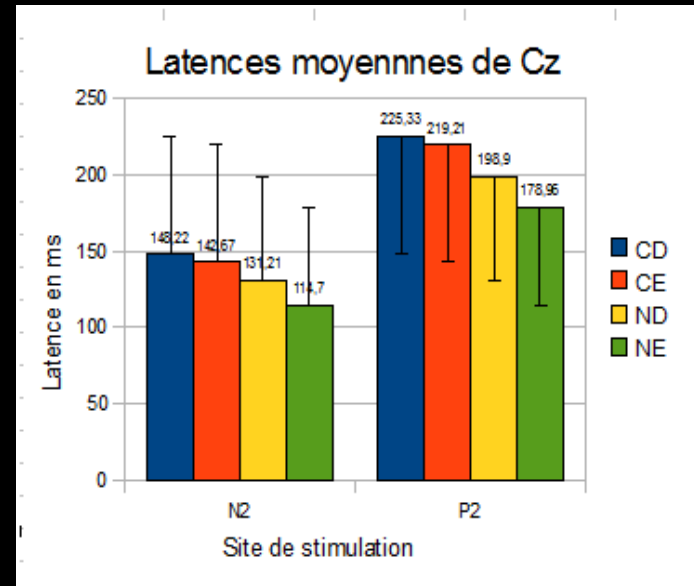
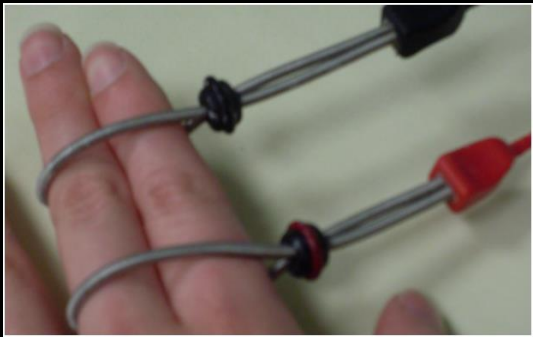
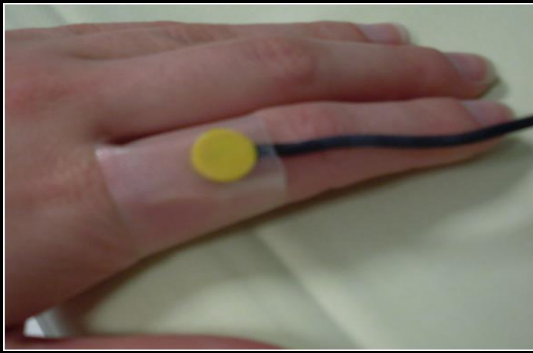


# ELECTRODE CIRCULAIRE

## Electrode Normale vs Electrode Circulaire



EN	EC
Grosses Fibres A $\beta$	Fibres A $\beta$ , A $\delta$ et C ?
	Faible distance entre les pôles
	Cathode en forme de tige plus douloureuse
douleur diffuse	douleur de type épingle



## ELECTRODE CIRCULAIRE

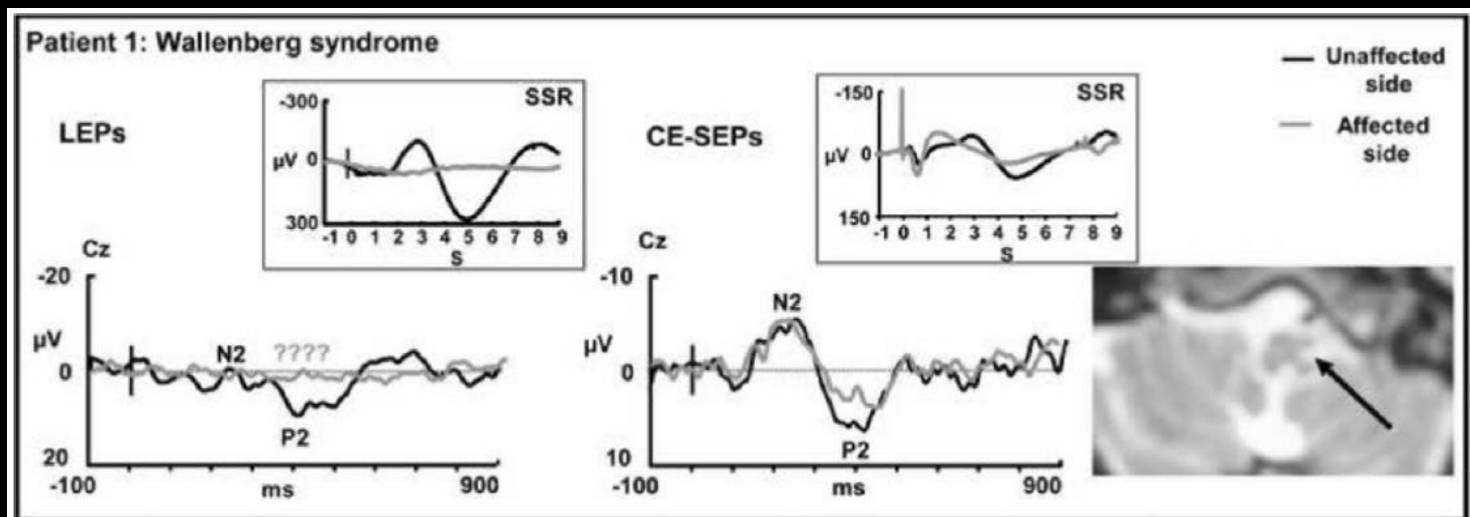
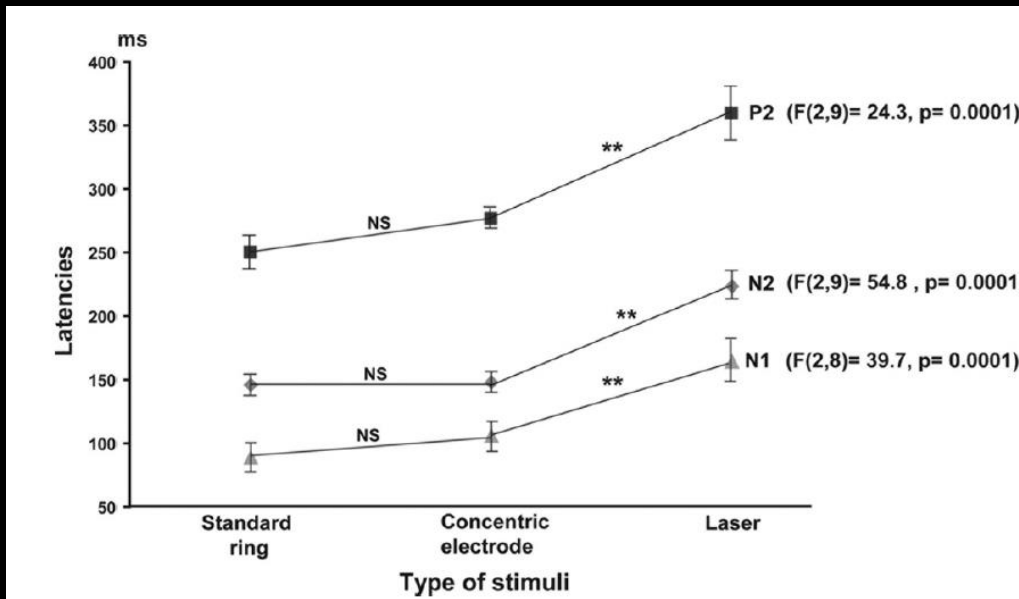
Valeurs normales de latences en ms en Cz pour N2

	CD= circulaire doigt	CE= circulaire épaule	ND= normale doigt	NE= normale épaule
Moyenne	148 ms	143 ms	131 ms	115 ms
Ecart type	34 ms	53 ms	19 ms	32 ms
Moyenne +2,5 * écart type = valeur de référence	<b>234 ms</b>	276 ms	179 ms	195 ms

Beaucoup moins chère que le stimulateur laser

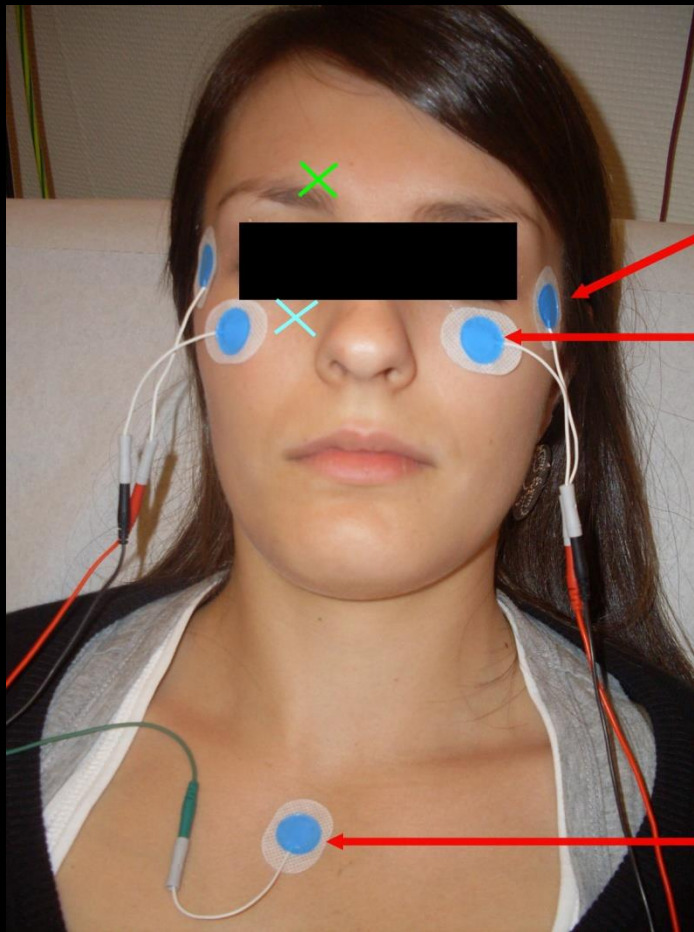
# Que stimule réellement l'EC ?

(Perchet et al., Pain, 2012)



Hypothèse : La co-activation par l'EC des fibres Ab lentes, Ad et C

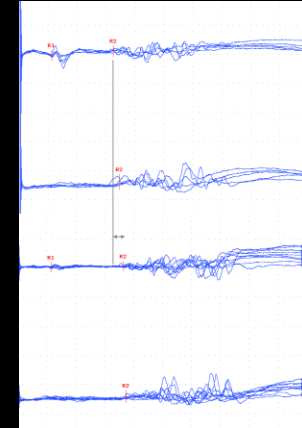
# Réflexe de clignement (Blink )



Electrode de  
référence

Electrode active

Electrode de terre



## Stimulation

- EC supra-orbitaire
- EN supra-orbitaire
- EC infra-orbitaire
- EN infra-orbitaire

# Valeurs Normales des Blink reflex (BR) (en ms)

<b>R1</b>	EN Supra	EN Infra	EC Supra	EC Infra
Valeur normale	11,86	10,45	13,77	12,5

	EN Supra		EN Infra		EC Supra		EC Infra	
	<b>R2 H</b>	<b>R2 C</b>	<b>R2 H</b>	<b>R2 C</b>	<b>R2 H</b>	<b>R2 C</b>	<b>R2 H</b>	<b>R2 C</b>
Valeur normale	37,84	40,49	37,23	38,38	45,82	47,85	44,58	46,53

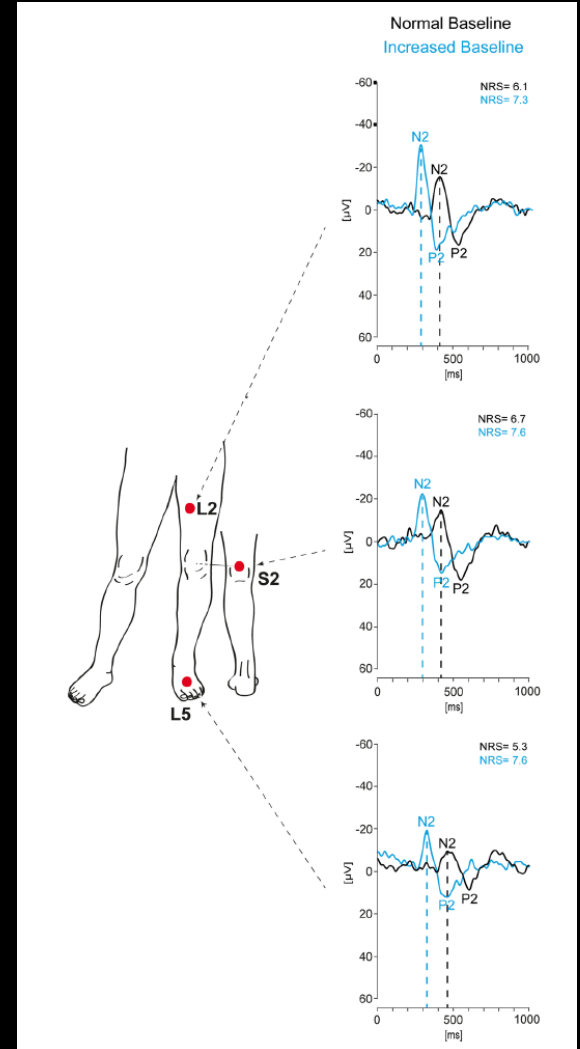
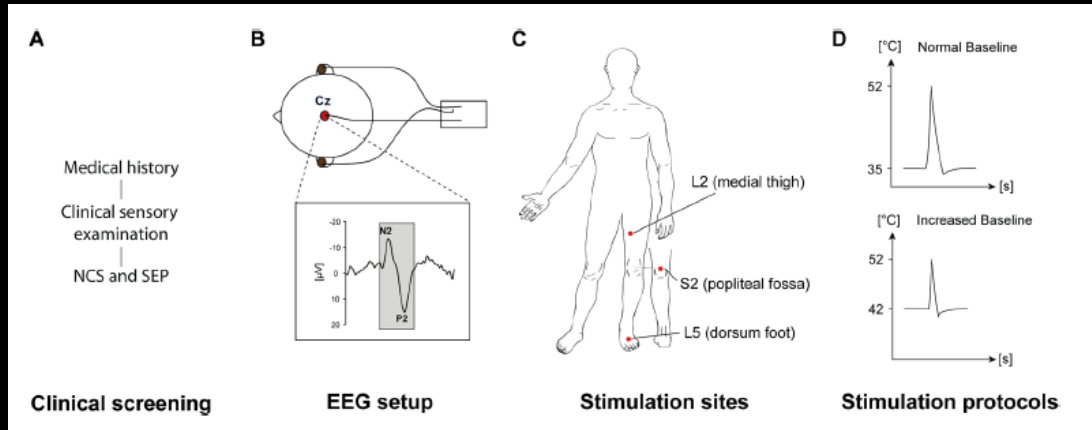
Utile pour l'expertise des **douleurs trigéminales**



# Normative data of contact heat evoked potentials from the lower extremities

J. Rosner<sup>1</sup>, P. Hostettler<sup>1</sup>, P. S. Scheuren<sup>1</sup>, L. Sirucek<sup>1</sup>, J. Rinert<sup>1</sup>, A. Curt<sup>1</sup>, J. L. K. Kramer<sup>2,3</sup>, C. R. Jutzeler<sup>1,2,3</sup> & M. Hubli<sup>1</sup>

Sci Rep. 2018 Jul 20;8(1):11003. doi: 10.1038/s41598-018-29145-8.

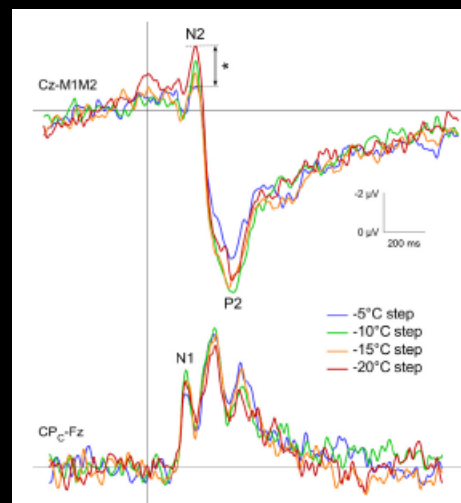
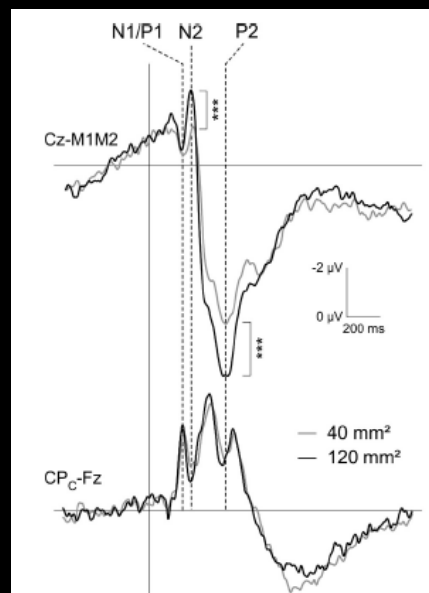
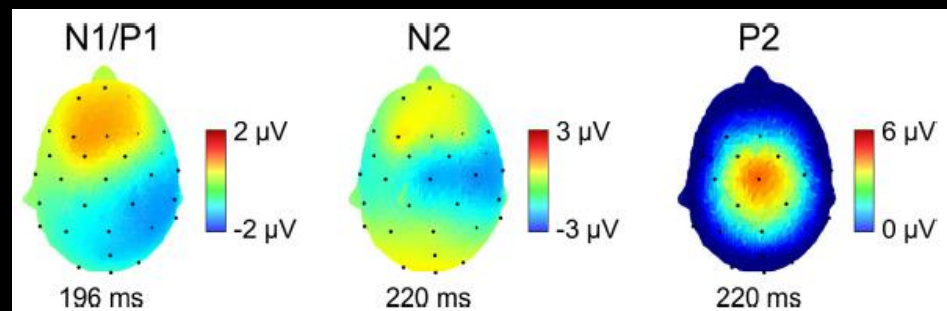
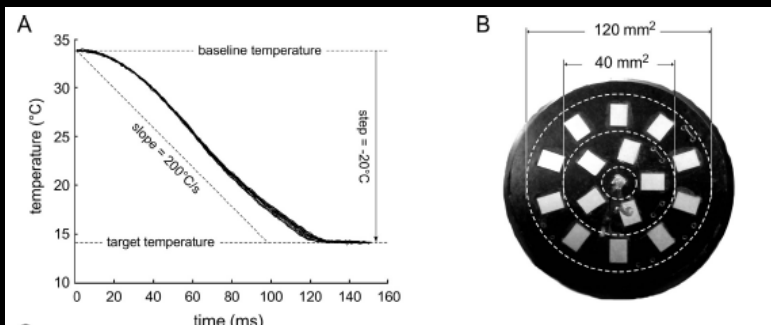


# Event-related brain potentials elicited by high-speed cooling of the skin: A robust and non-painful method to assess the spinothalamic system in humans



Roxane De Keyser<sup>a</sup>, Emanuel N. van den Broeke<sup>a</sup>, Arthur Courtin<sup>a</sup>, André Dufour<sup>b</sup>, André Mouraux<sup>a,\*</sup>

Clinical Neurophysiology 129 (2018) 1011–1019



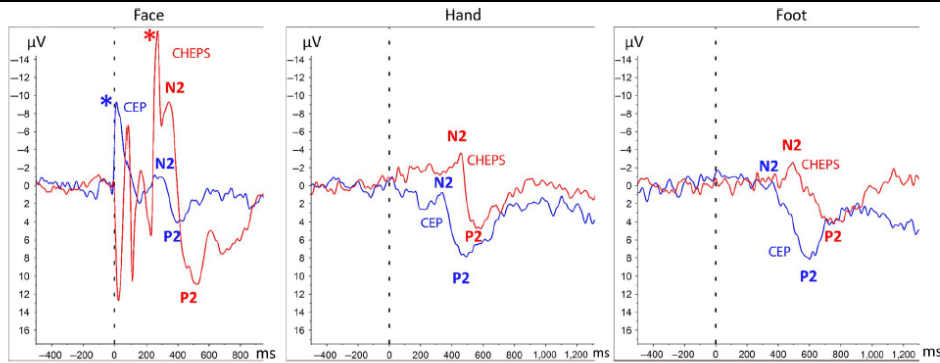
## ColdEPs

# Cold-evoked potentials versus contact heat-evoked potentials— Methodological considerations and clinical application

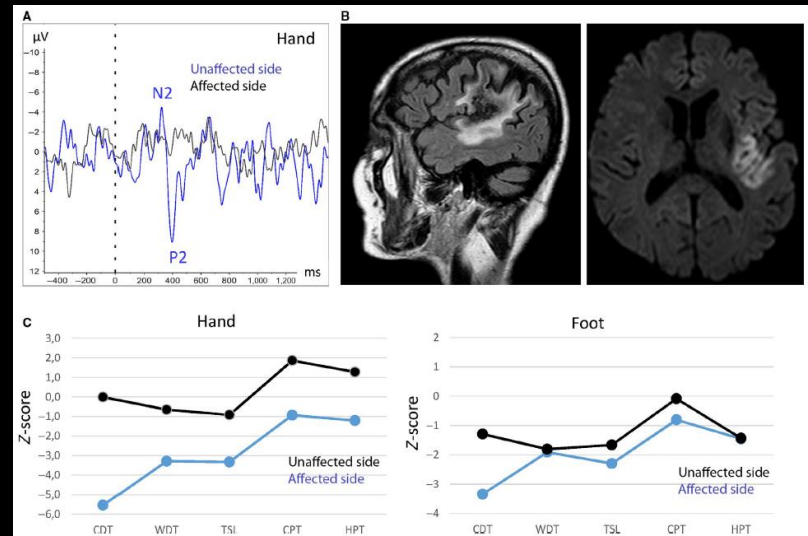
Philipp Hüllemann | Annika Nerdal | Manon Sendel | Dilara Dodurgali |  
Julia Forstenpointner | Andreas Binder | Ralf Baron

*Eur J Pain.* 2019;23:1209–1220.

16 sujets sains



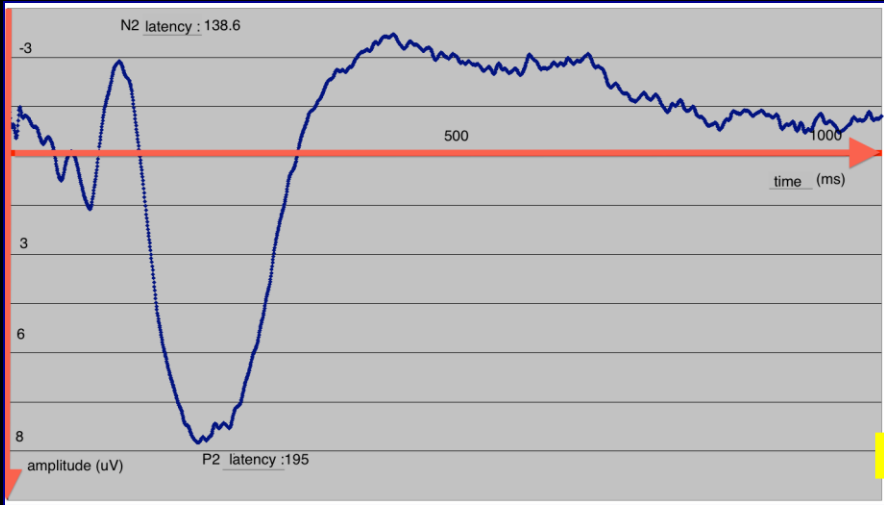
**FIGURE 1** CEPs versus CHEPs. The grand averages of CEPs and CHEPs are shown here. Cold-evoked potentials had shorter latencies as compared to contact heat-evoked potentials; only CHEPs amplitudes at the face were markedly higher. CEPs are presented with blue lines, CHEPs with red lines. CEPs and CHEPs stimulation was performed at the hand and foot dorsum. \*Thermode artefacts caused by adjacent thermode position near the EOG. CEPs: Cold-evoked potentials; CHEPs: contact heat-evoked potentials; N2: N2 latency marker; P2: P2 latency marker



**FIGURE 5** Central pain: (a) CEPs at the affected right hand were suppressed (black line), whilst normal at the contralateral left side (blue line). CEPs were only detectable at the hand dorsum whereas no visible CEPs could be retrieved from the feet. (b) This patient suffered from central pain caused by a stroke in the left insula. (c) QST showed abnormal cold detection at the affected hand and foot. Blue line = affected right side; black line = healthy contralateral side. QST abbreviations and explanation of the y-axis values are given in Figure 3

# Air-puff evoked potentials. Long latency vertex response. Normative values

Recording: EEG10/20 (Cz x nose)  
BP: 0,3-100Hz, TA: 1s  
Micromed® system

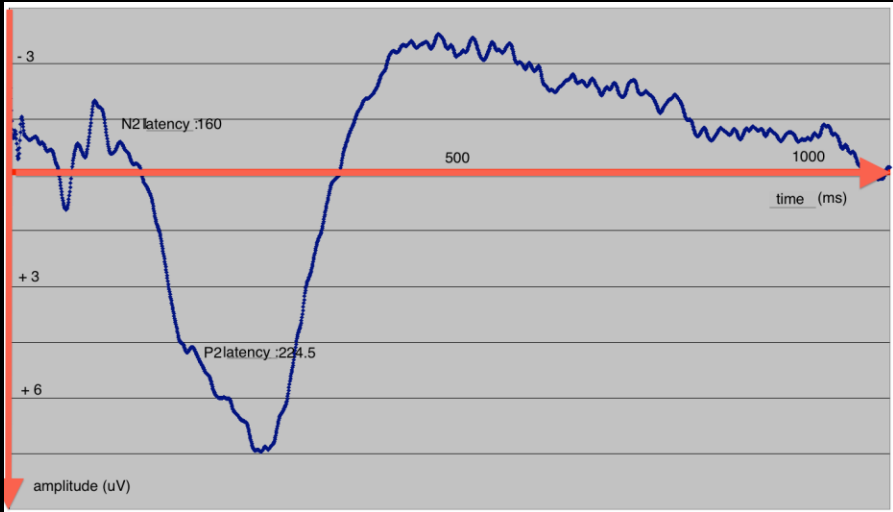


Latency	N2 (ms)	P2 (ms)
Mean	138,7	195,8
SD	7,1	22,5
<b>M + 2,5 SD</b>	<b>156,5</b>	<b>252,1</b>

**M + 2,5 SD** **78,35**



## Hand EP Grand Mean



Latency	N2 (ms)	P2 (ms)
Mean	160	224,5
SD	25,1	32,1
<b>M + 2,5 SD</b>	<b>222,8</b>	<b>304,8</b>

Amplitude	N2/P2 (uV)	%diffD/G
Mean	9,6	31
SD	3,8	17,2
<b>M + 2,5 SD</b>		<b>74</b>

## Foot EP Grand Mean

20 normal volunteers