

PROGRAMME d'e-learning  
**Collège des Enseignants en Neurochirurgie**

Prise en charge Neurochirurgicale de la Douleur

Responsable de l'e-module « Douleur » :  
**Philippe RIGOARD**

Responsables scientifiques du projet :  
**Jean-Luc BARAT & Philippe RIGOARD**

**Partie A :**  
Douleur

**Partie B :**  
Neurochirurgie  
lésionnelle  
de la douleur

**Partie C :**  
Neuromodulation  
de la douleur

**Partie D:**  
« Camp de base »

**Module 10 :**  
Portfolio des thérapies de neuromodulation  
implantable

P.RIGOARD



En partenariat avec:



# SOMMAIRE

## **Partie A : Retour aux bases ...**

- Beaucoup de patients différents ...
- Tant de dispositifs et d'options ...

## **Partie B : Indications**

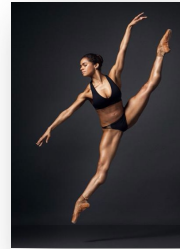
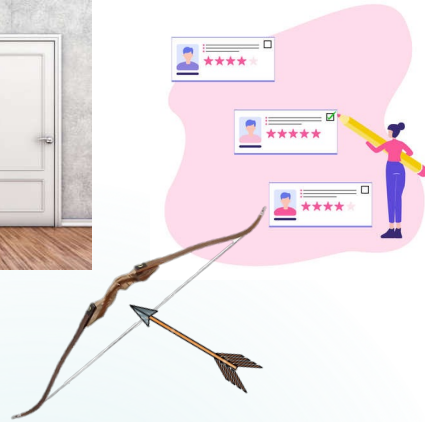
- Membres inférieurs
- Membres supérieurs
- Région cervico-céphalique
- Douleur périnéale
- Douleur axiale



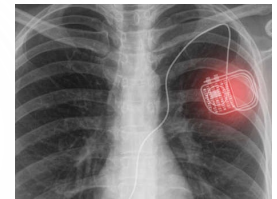
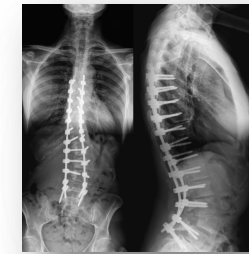
# **PARTIE A : RETOUR AUX BASES**

# Beaucoup de patients différents ...

## Emploi/profession

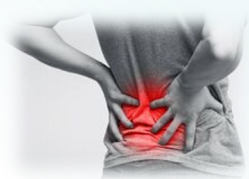


## Historique médical

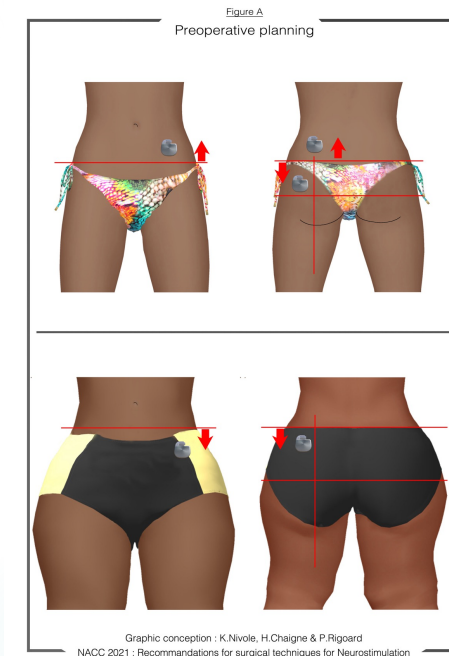


**Patients souffrant de douleurs chroniques**

## Type/localisation de la douleur

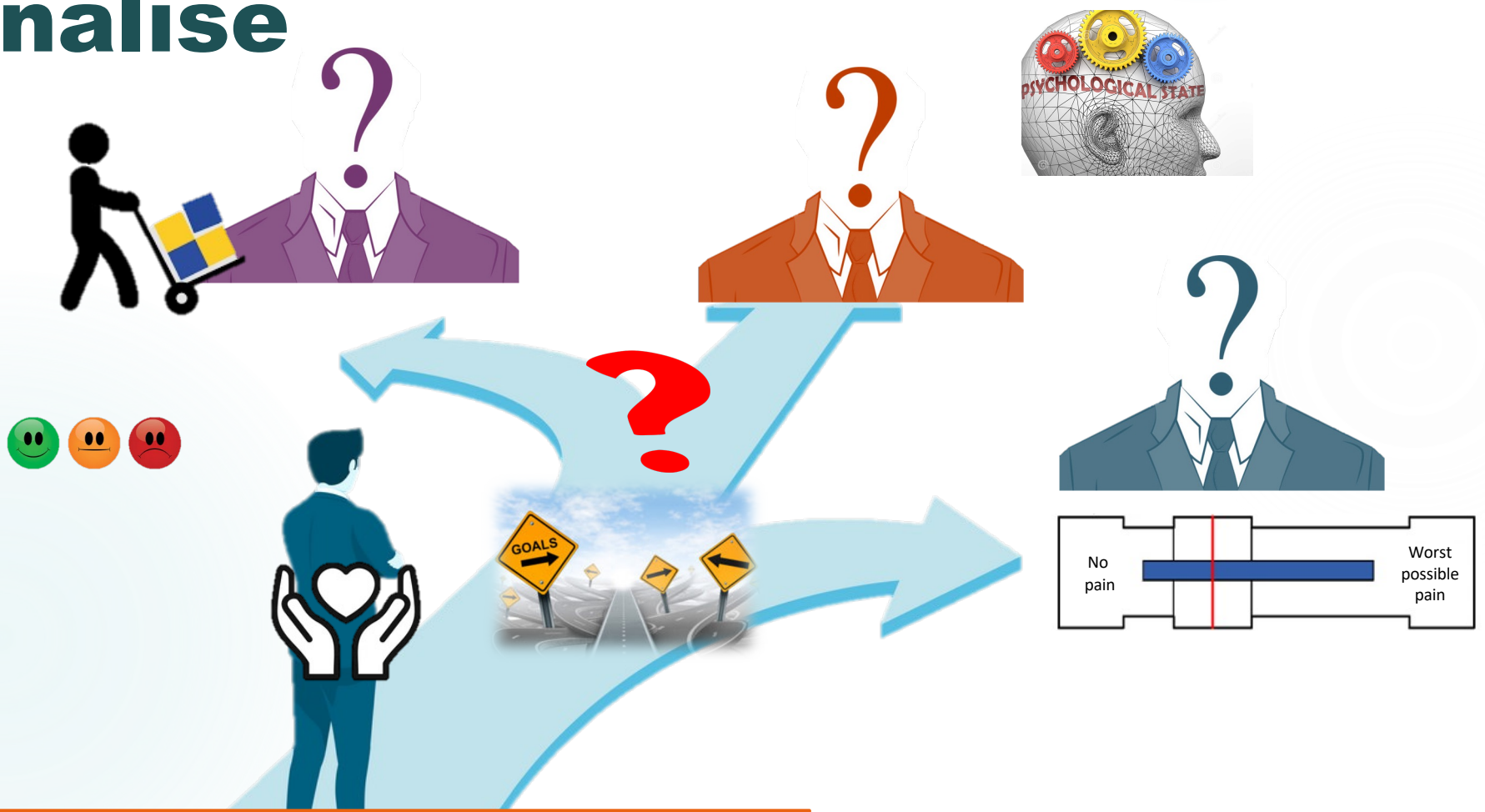


## Âge & Morphologie



Graphic conception : K.Nivole, H.Chaigne & P.Rigoard  
NACC 2021 : Recommendations for surgical techniques for Neurostimulation

# Profil du patient et parcours de soins personnalisé



Qualité de vie liée à la santé

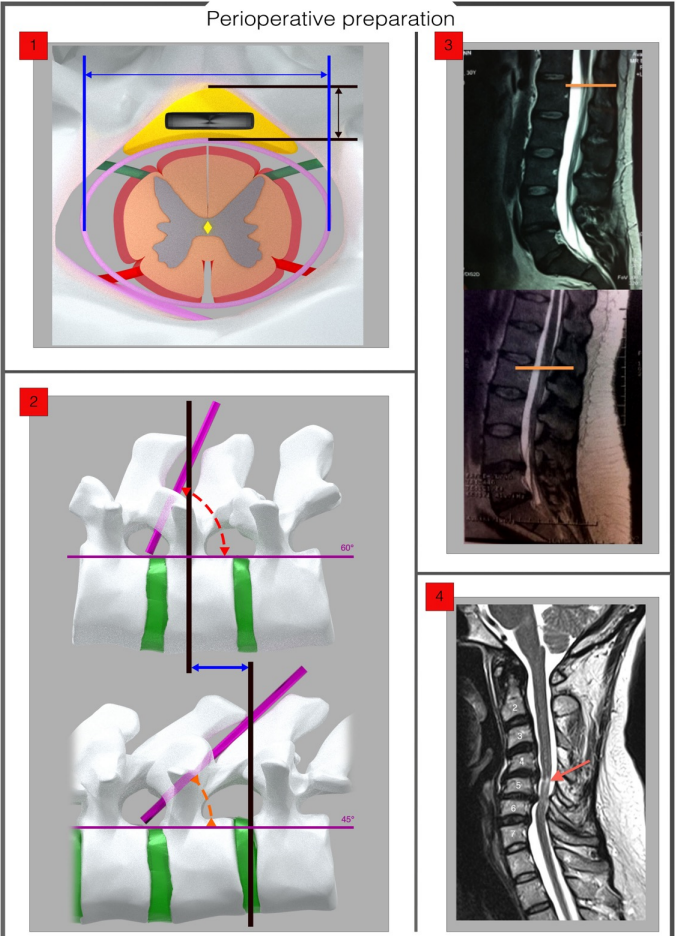
# Directives internationales de la NACC 2022

## The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC): Recommendations for Surgical Technique for Spinal Cord Stimulation

Timothy R Deer <sup>1</sup>, Marc A Russo <sup>2</sup>, Jay S Grider <sup>3</sup>, Jason Pope <sup>4</sup>, Philippe Rigoard <sup>5</sup>, Jonathan M Hagedorn <sup>6</sup>, Ramana Naidu <sup>7</sup>, Denis G Patterson <sup>8</sup>, Derron Wilson <sup>9</sup>, Timothy R Lubenow <sup>10</sup>, Asokumar Buvanendran <sup>10</sup>, Samir J Sheth <sup>11</sup>, Rany Abdallah <sup>12</sup>, N Nick Knezevic <sup>13</sup>, Stefan Schu <sup>14</sup>, Harold Nijhuis <sup>15</sup>, Pankaj Mehta <sup>16</sup>, Ricardo Vallejo <sup>17</sup>, Jay M Shah <sup>18</sup>, Michael E Harned <sup>3</sup>, Navdeep Jassal <sup>19</sup>, Jose Manuel Gonzalez <sup>20</sup>, Thomas P Pittelkow <sup>21</sup>, Shachi Patel <sup>22</sup>, Stana Bojanic <sup>23</sup>, Kenneth Chapman <sup>24</sup>, Natalie Strand <sup>25</sup>, Alexander L Green <sup>26</sup>, Peter Pahapill <sup>27</sup>, Alessandro Dario <sup>28</sup>, Fabian Piedimonte <sup>29</sup>, Robert M Levy <sup>30</sup>

Figure B

Perioperative preparation

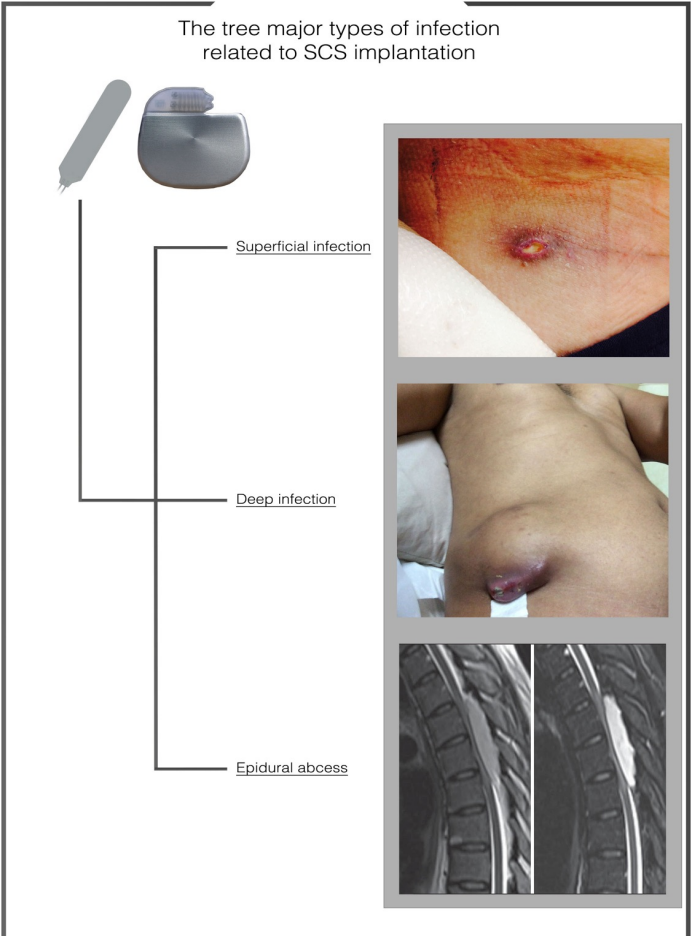


Graphic conception : K.Nivole, H.Chaigne & P.Rigoard

NACC 2021 : Recommendations for surgical techniques for Neurostimulation

Figure C

The tree major types of infection related to SCS implantation

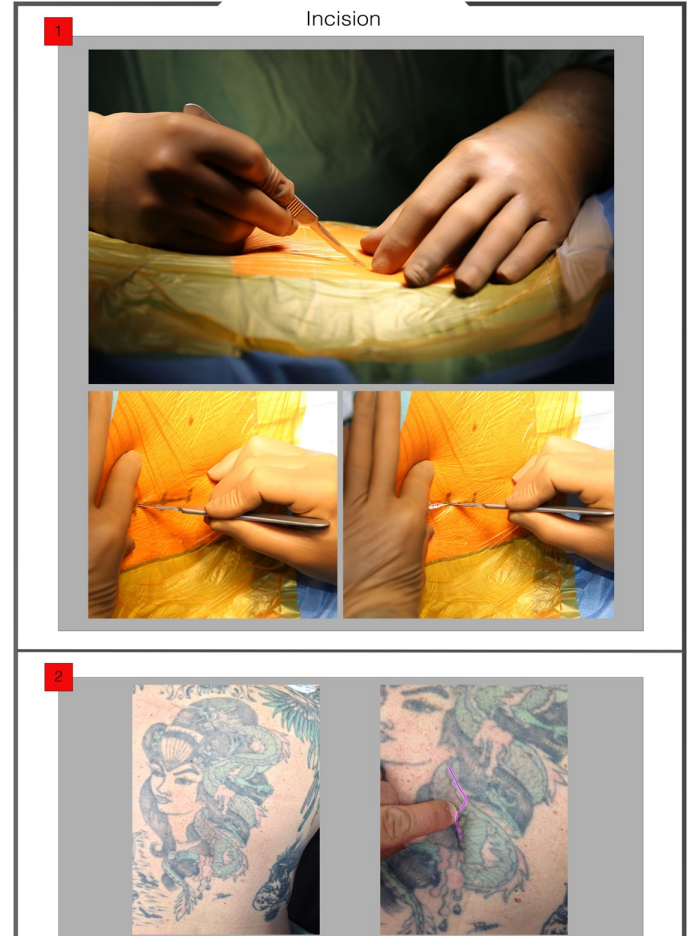


Graphic conception : K.Nivole, H.Chaigne & P.Rigoard

NACC 2021 : Recommendations for surgical techniques for Neurostimulation

Figure E

Incision



Graphic conception : K.Nivole, H.Chaigne & P.Rigoard

NACC 2021 : Recommendations for surgical techniques for Neurostimulation

# Tant de dispositifs et d'options ...

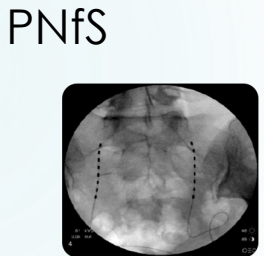
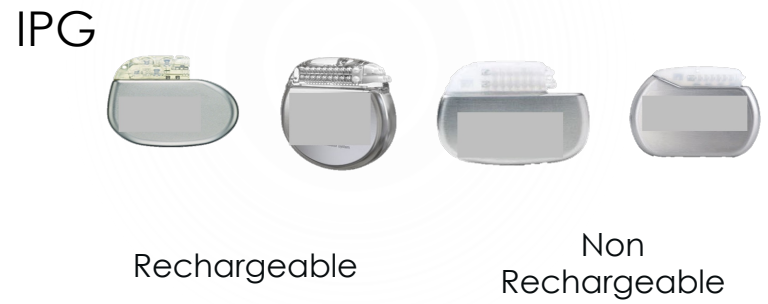
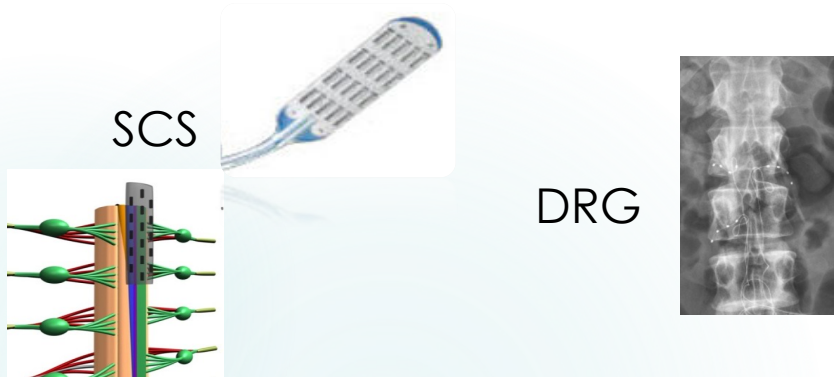
## Ciblage spatial

## Ciblage temporel

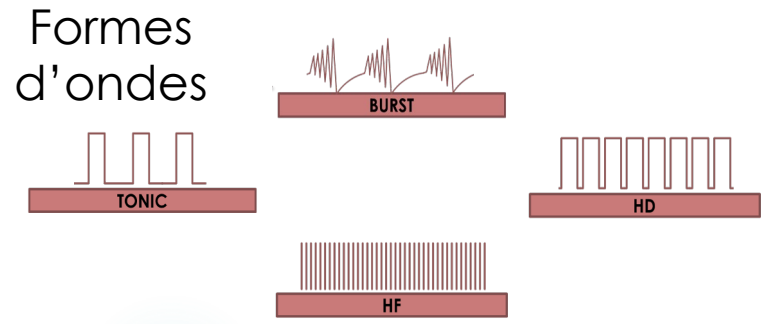
→ Cibler les structures neuronales/les zones douloureuses

→ Pour délivrer l'énergie / les formes d'onde

### L'arsenal de la neuromodulation



### Combinaisons possibles !



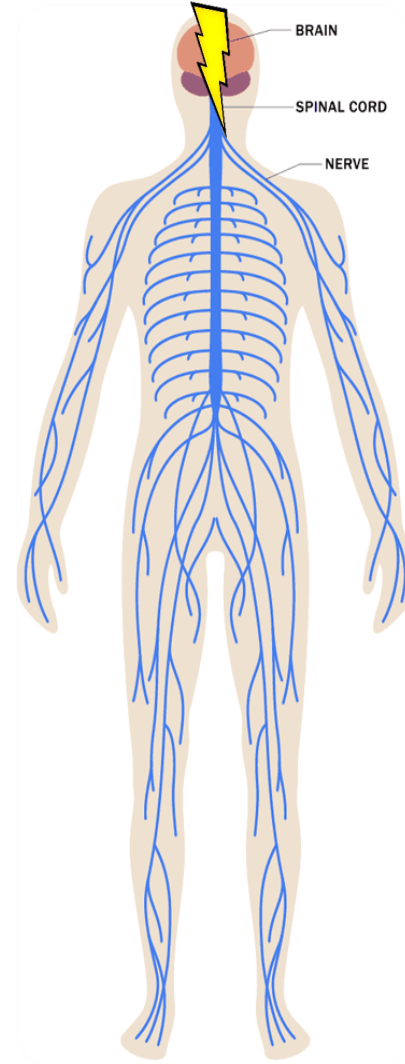
# Cibles potentielles de neurostimulation pour la douleur chronique



Cortex/Stimulation structures cérébrales profondes



Stimulation de la moelle épinière



Stimulation du ganglion de la racine dorsale



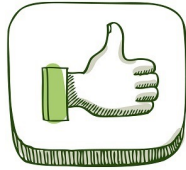
Stimulation des nerfs périphériques

**Système nerveux central**

**Système nerveux périphérique**



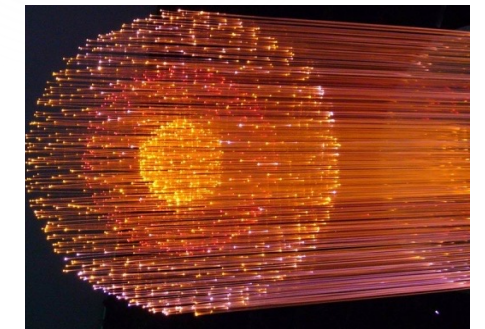
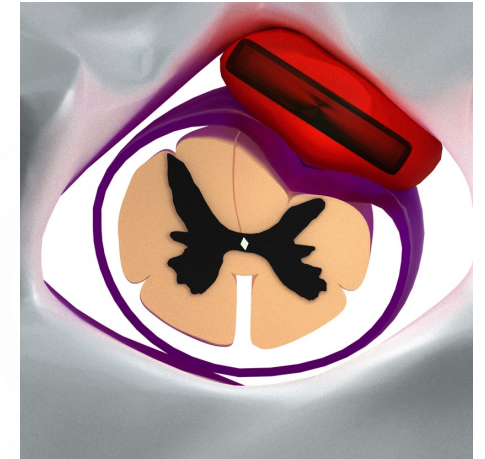
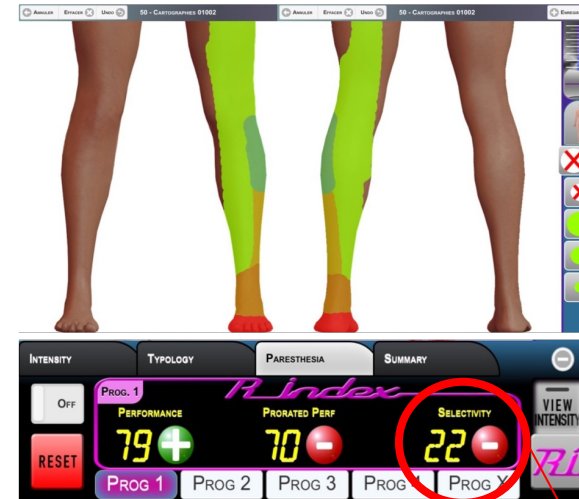
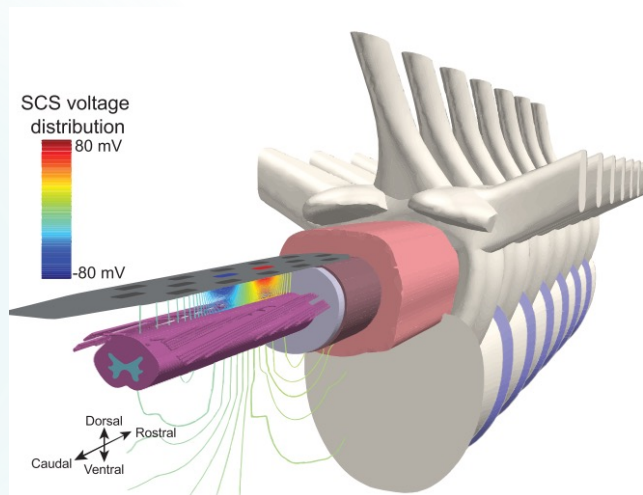
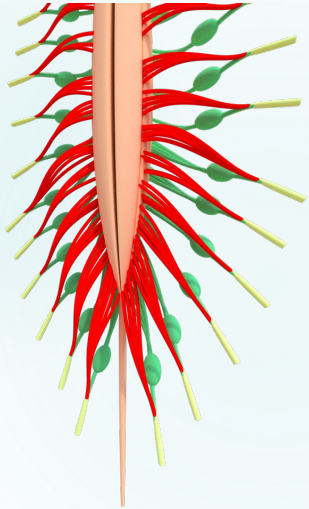
# Cortex / Stimulation des structures cérébrales profondes



# Stimulation de la moelle épinière

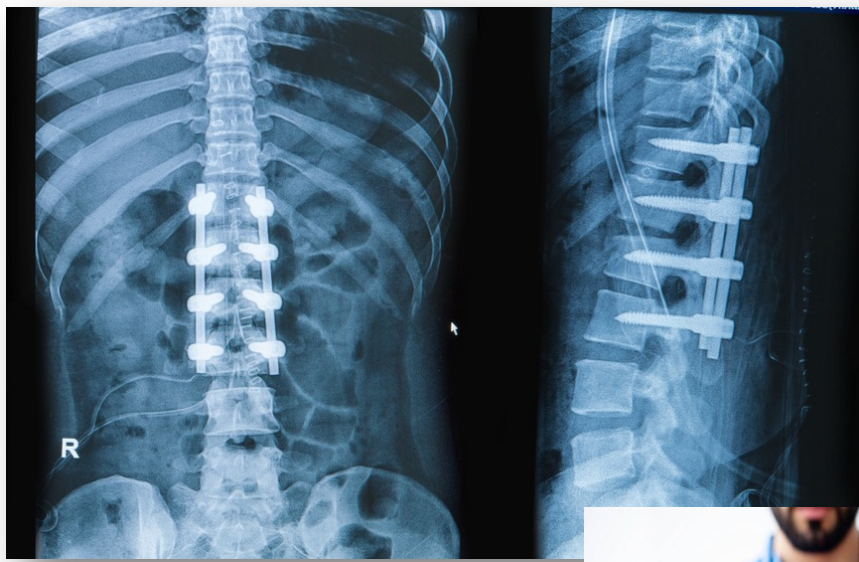
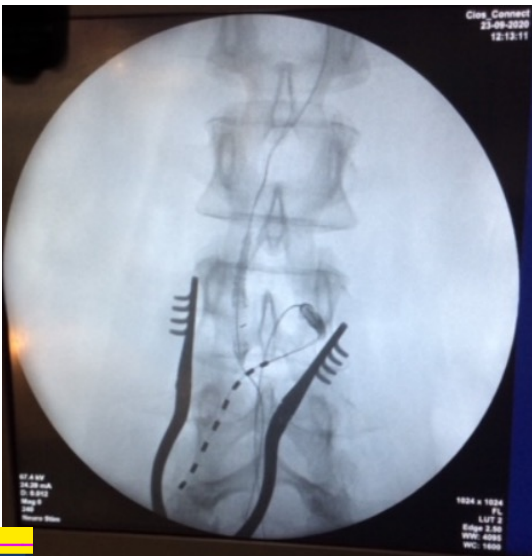
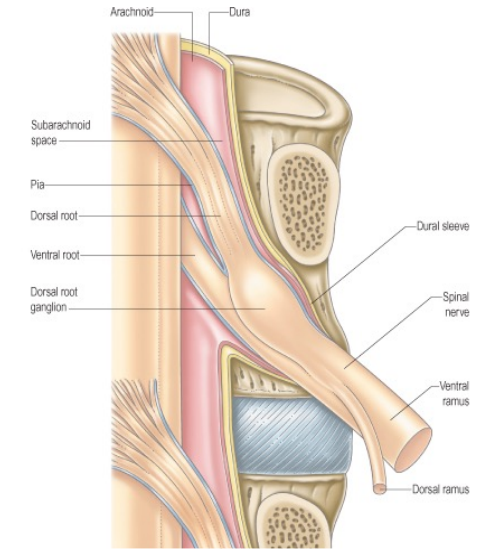


Toutes les fibres nerveuses et les éléments relatifs à la douleur primitive.



Sélectivité très faible

# Ganglion de la racine dorsale



Prog. 1 <i>R Index</i>		
Performance	Prorated Perf	Selectivity
86	94	78

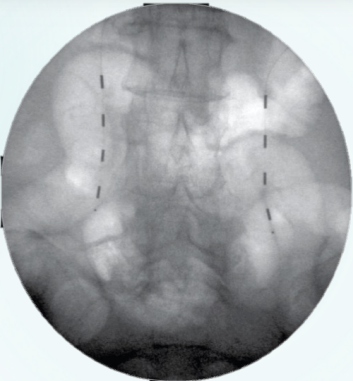
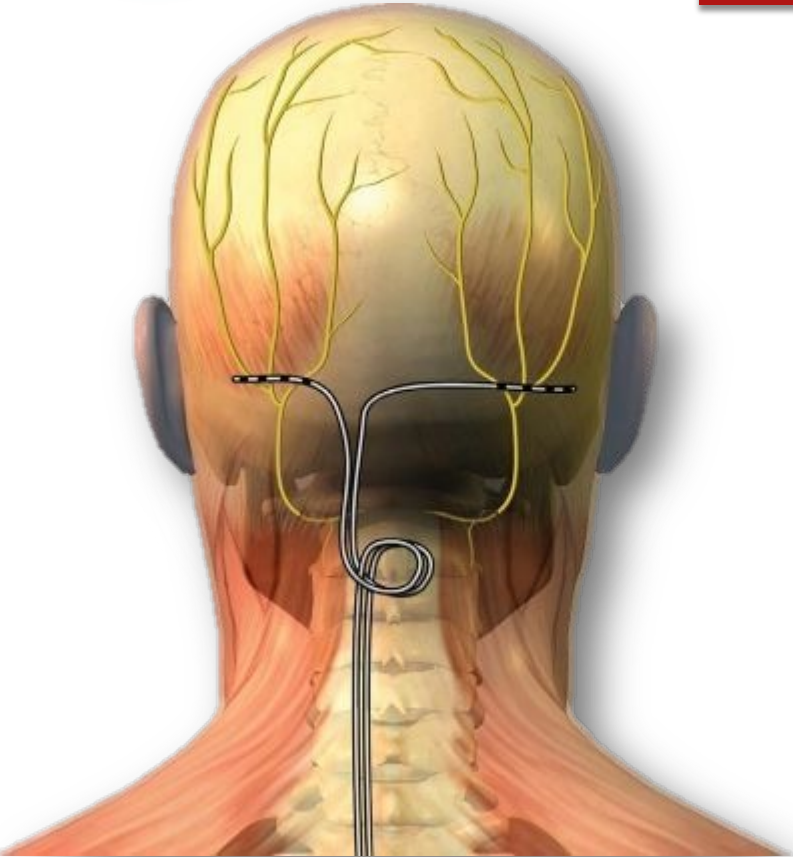
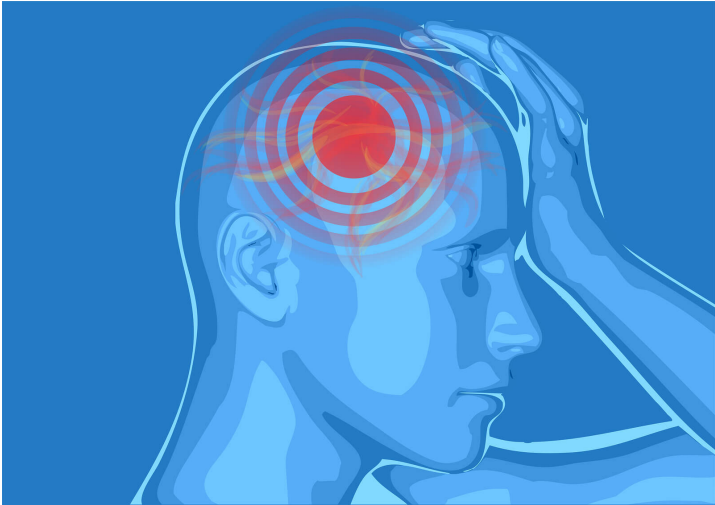


- Bonne performance
- Très bonne performance au prorata
- Bonne sélectivité

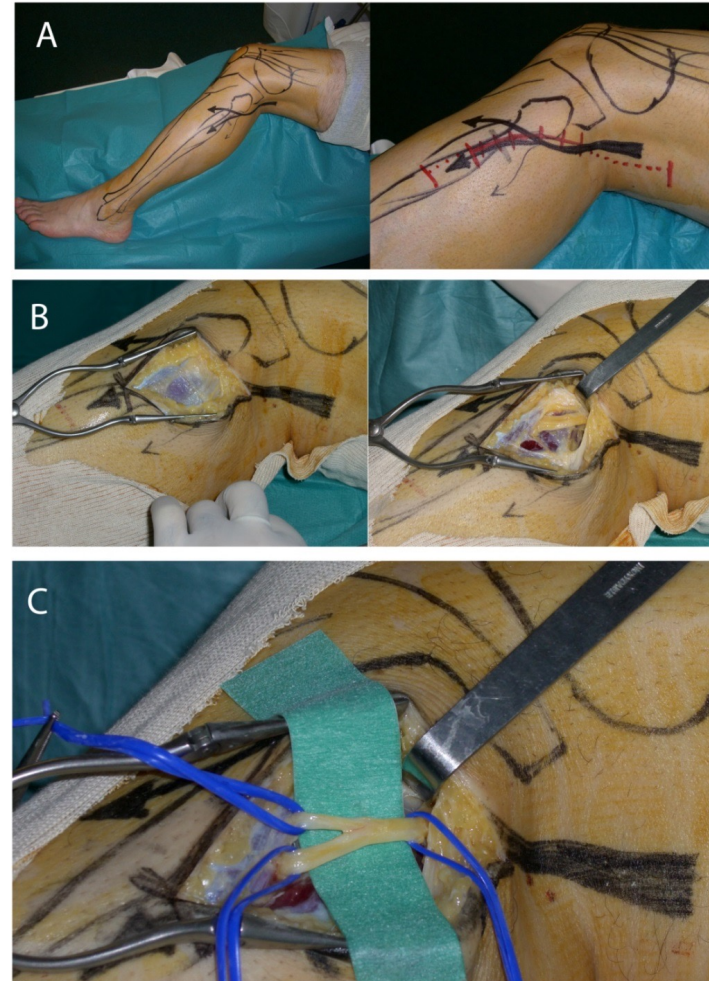
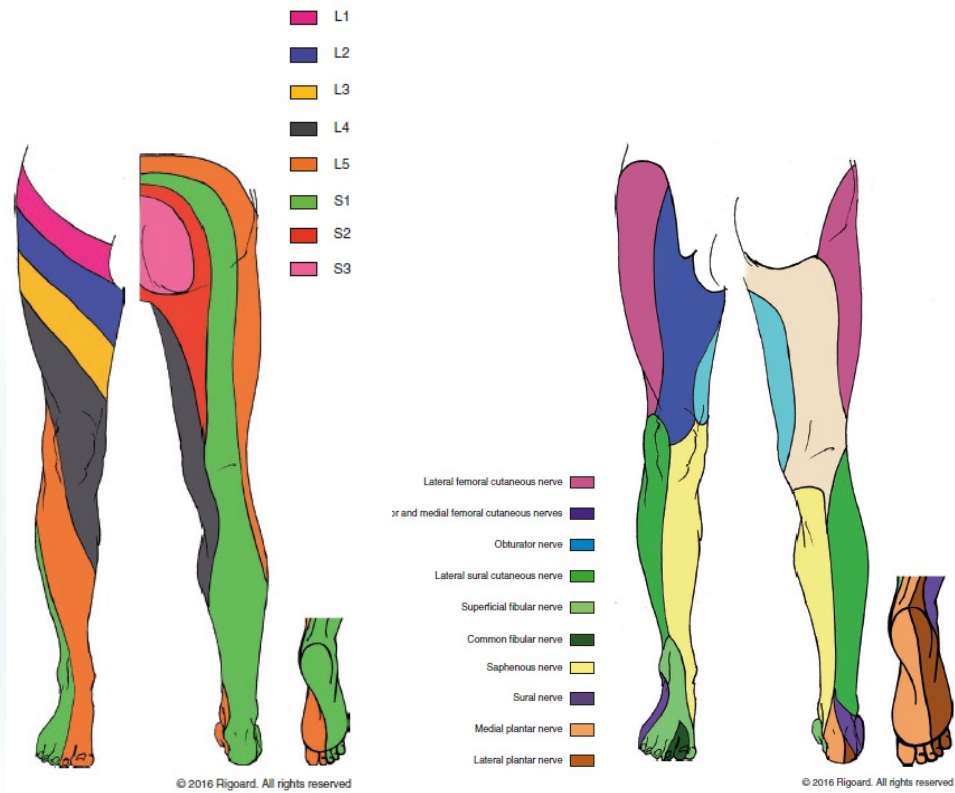
INTENSITY    TYPOLOGY    PARESTHESIA    SUMMARY



# PNS et PNfS

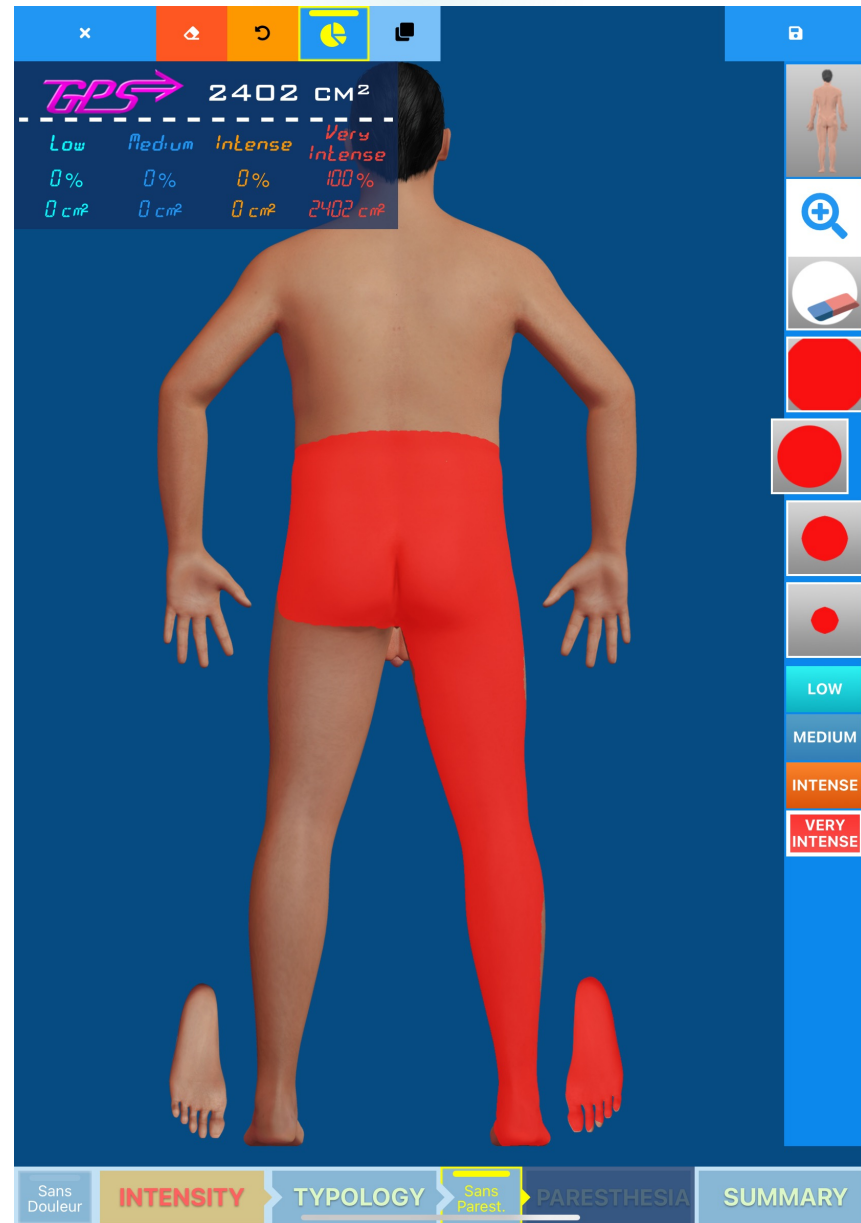


# Stimulation du nerf fibulaire



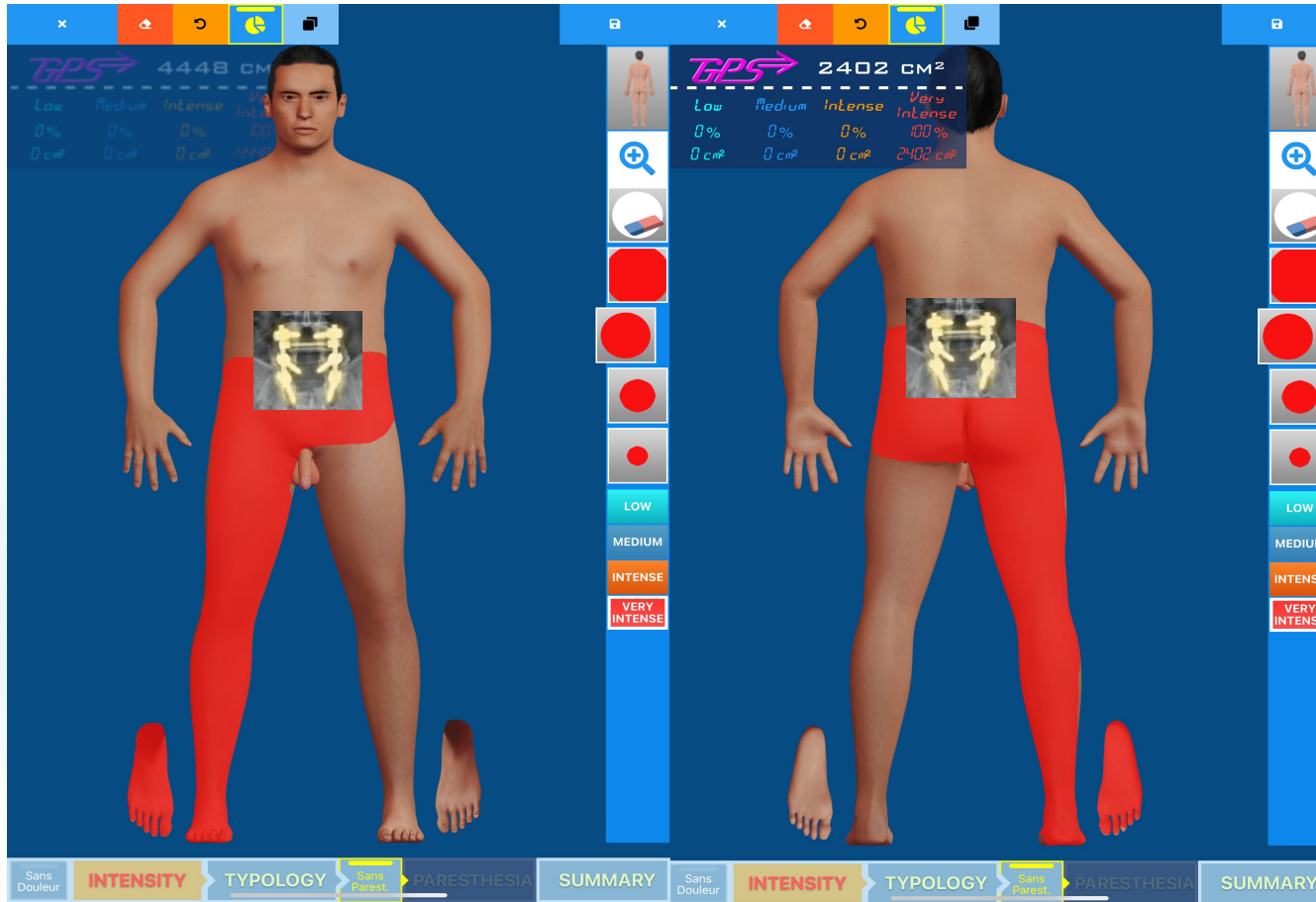
# **PARTIE B : QUELS DISPOSITIFS POUR QUELLES INDICATIONS ?**

# Membres inférieurs



# Membres inférieurs – Ciblage spatial

## Douleur radiculaire et/ou dorsale vierge (PSPS-T1)



Patients avec :

- Neuropathie diabétique (et autre)
- PVD
- Dystrophie sympathique réflexe

Choix possibles de CIBLAGE SPATIAL :

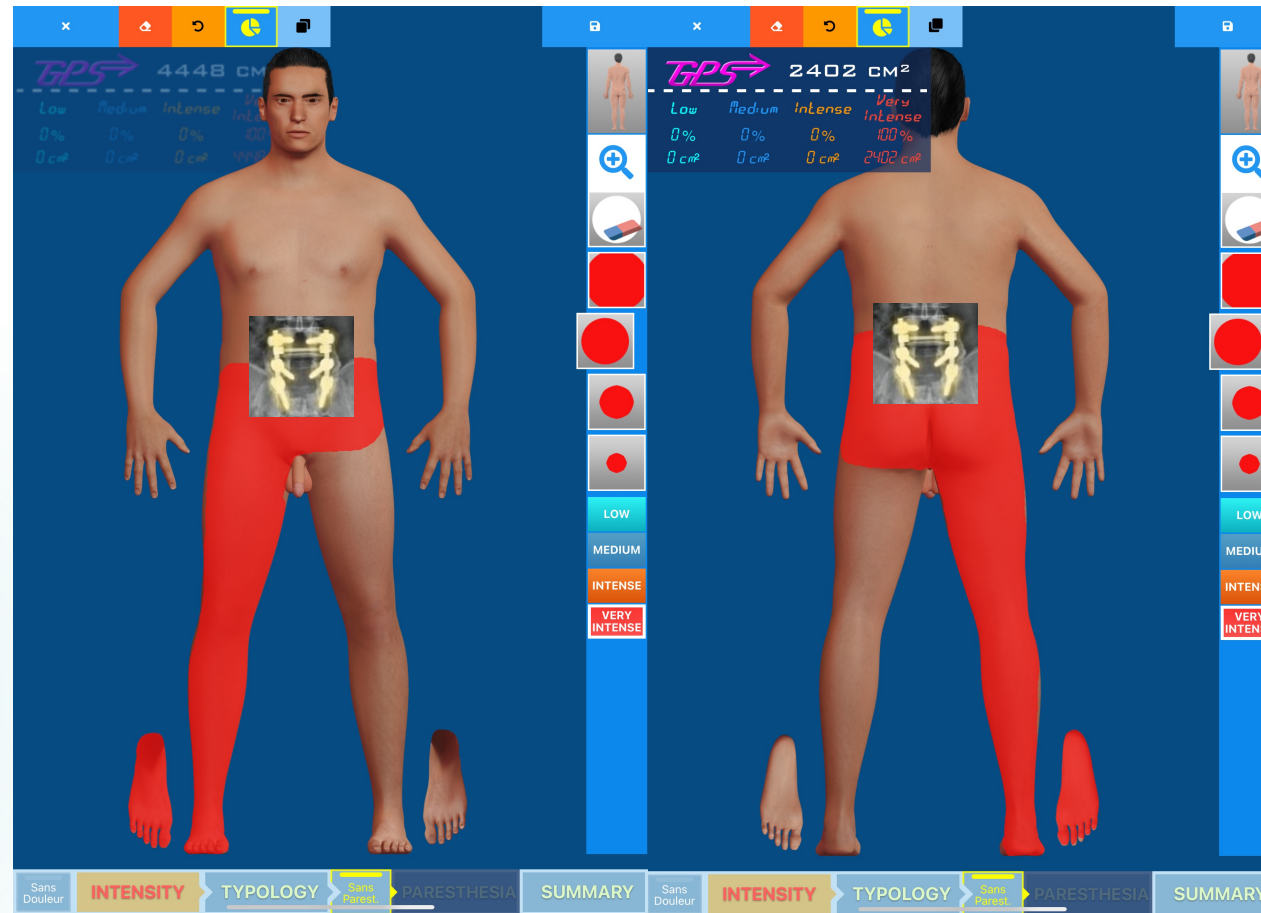
- SCS
- DRG ⚠ Sans chirurgie préalable de la colonne vertébrale
- SubQ (PSPS-T1)

Deer et al. A Systematic Literature Review of Dorsal Root Ganglion Neurostimulation for the Treatment of Pain. Pain Med. 2020  
Deer et al. Dorsal root ganglion stimulation yielded higher treatment success rate for complex regional pain syndrome and causalgia at 3 and 12 months: a randomized comparative trial. Pain. 2017  
de Vos et al. Burst spinal cord stimulation evaluated in patients with failed back surgery syndrome and painful diabetic neuropathy. Neuromodulation. 2014  
Eldabe et al. A Randomized Controlled Trial of Subcutaneous Nerve Stimulation for Back Pain Due to Failed Back Surgery Syndrome: The SubQStim Study. Neuromodulation. 2019  
North RB, et al. Spinal cord stimulation versus repeated lumbosacral spine surgery for chronic pain: a randomized, controlled trial. Neurosurgery. 2005  
Kumar K, et al. Spinal cord stimulation vs. conventional medical management: a prospective, randomized, controlled, multicenter study of patients with failed back surgery syndrome (PROCESS study). Neuromodulation. 2005



# Membres inférieurs – Ciblage spatial

## Syndrome de douleur spinale persistante après chirurgie (PSPS-T2)



Rigoard et al. How Should we Use Multicolumn Spinal Cord Stimulation to Optimize Back Pain Spatial Neural Targeting? A Prospective, Multicenter, Randomized, Double-Blind, Controlled Trial (ESTIMET Study)].

Neuromodulation 2020

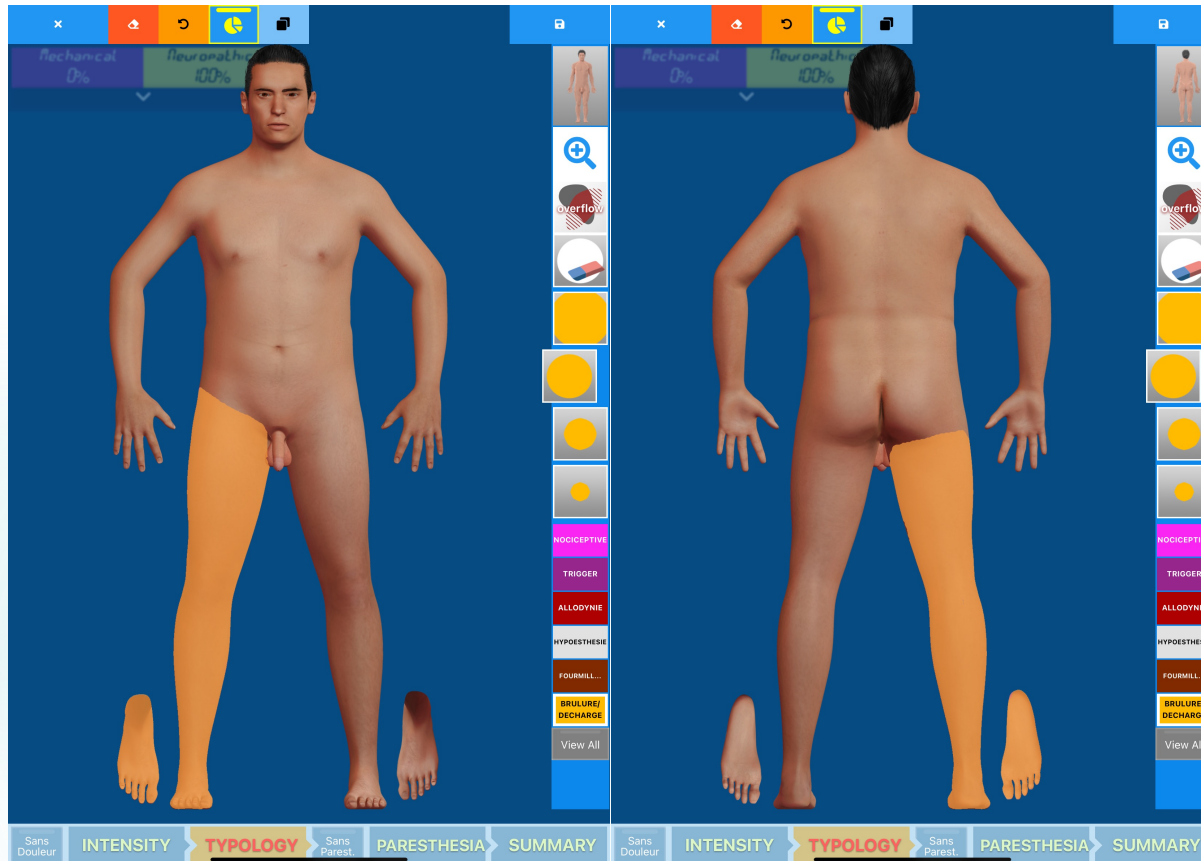
Deer et al. A Systematic Literature Review of Spine Neurostimulation Therapies for the Treatment of Pain. Pain Med. 2020

Rigoard et al. Multicolumn spinal cord stimulation for predominant back pain in failed back surgery syndrome patients: a multicenter randomized controlled trial. Pain. 2019

Al-Kaisy et al. Prospective, Randomized, Sham-Control, Double Blind, Crossover Trial of Subthreshold Spinal Cord Stimulation at Various Kilohertz Frequencies in Subjects Suffering From Failed Back Surgery Syndrome (SCS Frequency Study). Neuromodulation. 2018

# Membres inférieurs – Ciblage temporel

## Douleur radiculaire et/ou dorsale vierge (PSPS-T1)



Patients avec :

- Neuropathie diabétique (et autre)
- Artérite
- Dystrophie sympathique réflexe

+/- paresthésie ?

Choix possibles de CIBLAGE TEMPOREL :

- Stim conventionnelle
- HF, Burst, Contour, FAST, HD, DTM Closed-loop
- Combo stim

Fishman et al. Twelve-Month results from multicenter, open-label, randomized controlled clinical trial comparing differential target multiplexed spinal cord stimulation and traditional spinal cord stimulation in subjects with chronic intractable back pain and leg pain. *Pain Pract.* 2021

Goudman et al. High-dose spinal cord stimulation for patients with failed back surgery syndrome: a multicenter effectiveness and prediction study. *Pain.* 2021

Mekhail et al. Long-term safety and efficacy of closed-loop spinal cord stimulation to treat chronic back and leg pain (Evoke): a double-blind, randomised, controlled trial. *Lancet Neurol.* 2020

Deer et al. Success Using Neuromodulation With BURST (SUNBURST) Study: Results From a Prospective, Randomized Controlled Trial Using a Novel Burst Waveform. *Neuromodulation.* 2018

Deer et al. Dorsal root ganglion stimulation yielded higher treatment success rate for complex regional pain syndrome and causalgia at 3 and 12 months: a randomized comparative trial. *Pain.* 2017

De Vos et al. Burst spinal cord stimulation evaluated in patients with failed back surgery syndrome and painful diabetic neuropathy. *Neuromodulation.* 2014

Al-Kaisy et al. Sustained effectiveness of 10 kHz high-frequency spinal cord stimulation for patients with chronic, low back pain: 24-month results of a prospective multicenter study. *Pain Med.* 2014

# Pourrions-nous ajuster automatiquement la stimulation ?

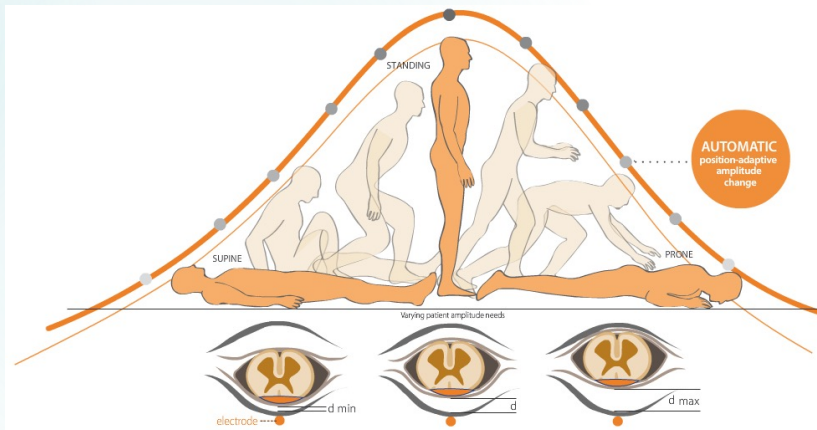
THE LANCET  
Neurology

> Lancet Neurol, 19 (2), 123-134 Feb 2020

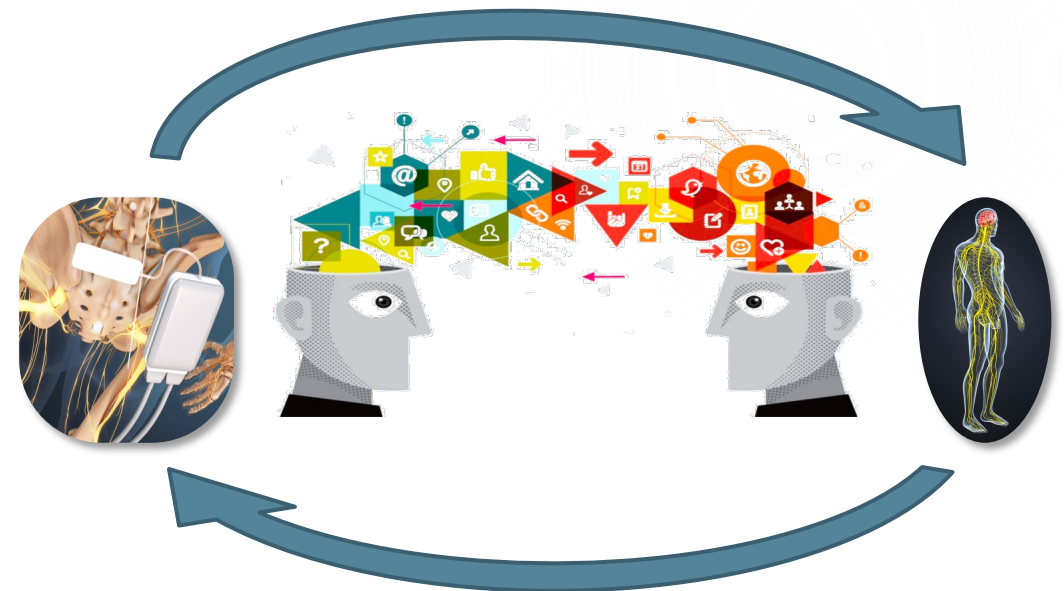
## Long-term Safety and Efficacy of Closed-Loop Spinal Cord Stimulation to Treat Chronic Back and Leg Pain (Evoke): A Double-Blind, Randomised, Controlled Trial

Nagy Mekhail<sup>1</sup>, Robert M Levy<sup>2</sup>, Timothy R Deer<sup>3</sup>, Leonardo Kapural<sup>4</sup>, Sean Li<sup>5</sup>, Kasra Amiridelfan<sup>6</sup>, Corey W Hunter<sup>7</sup>, Steven M Rosen<sup>8</sup>, Shrif J Costandi<sup>9</sup>, Steven M Falowski<sup>10</sup>, Abram H Burgher<sup>11</sup>, Jason E Pope<sup>12</sup>, Christopher A Gilmore<sup>13</sup>, Farooq A Qureshi<sup>14</sup>, Peter S Staats<sup>5</sup>, James Scowcroft<sup>15</sup>, Jonathan Carlson<sup>16</sup>, Christopher K Kim<sup>3</sup>, Michael I Yang<sup>17</sup>, Thomas Stauss<sup>18</sup>, Lawrence Poree<sup>19</sup>, Evoke Study Group

Conception : Étude prospective, multicentrique, à bras parallèles, randomisée, en double aveugle et contrôlée.



## Stimulation adaptative en boucle fermée



# L'étude EVOKE : principaux résultats

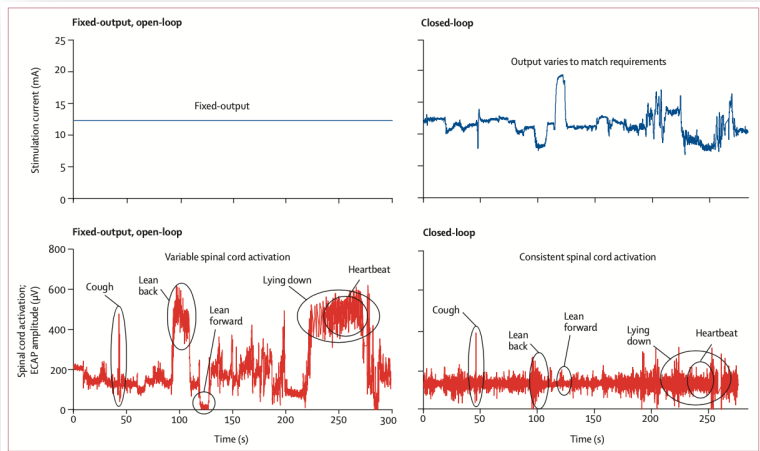
THE LANCET  
Neurology

> Lancet Neurol, 19 (2), 123-134 Feb 2020

## Long-term Safety and Efficacy of Closed-Loop Spinal Cord Stimulation to Treat Chronic Back and Leg Pain (Evoke): A Double-Blind, Randomised, Controlled Trial

Nagy Mekhail<sup>1</sup>, Robert M Levy<sup>2</sup>, Timothy R Deer<sup>3</sup>, Leonardo Kapural<sup>4</sup>, Sean Li<sup>5</sup>, Kasra Amirdehlan<sup>6</sup>, Corey W Hunter<sup>7</sup>, Steven M Rosen<sup>8</sup>, Shrif J Costandi<sup>9</sup>, Steven M Falowski<sup>10</sup>, Abram H Burgher<sup>11</sup>, Jason E Pope<sup>12</sup>, Christopher A Gilmore<sup>13</sup>, Farooq A Qureshi<sup>14</sup>, Peter S Staats<sup>5</sup>, James Scowcroft<sup>15</sup>, Jonathan Carlson<sup>16</sup>, Christopher K Kim<sup>3</sup>, Michael I Yang<sup>17</sup>, Thomas Stauss<sup>18</sup>, Lawrence Poree<sup>19</sup>, Evoke Study Group

Comparaison entre la stimulation en boucle fermée et la stimulation en boucle ouverte



n=134 (67 dans chaque groupe)

12 months

	Closed-loop group	Open-loop group	Difference (95% CI)	p value
<b>VAS percentage change from baseline*</b>				
Overall pain	72.3% (29.0)	56.2% (38.5)	16.0% (3.6 to 28.5)	0.012
Back pain (hierarchical secondary outcome)	69.4% (30.6)	54.0% (39.5)	15.4% (2.5 to 28.3)	0.0205
Leg pain (hierarchical secondary outcome)	72.9% (31.0)	62.1% (37.5)	10.7% (-1.8 to 23.3)	0.0007

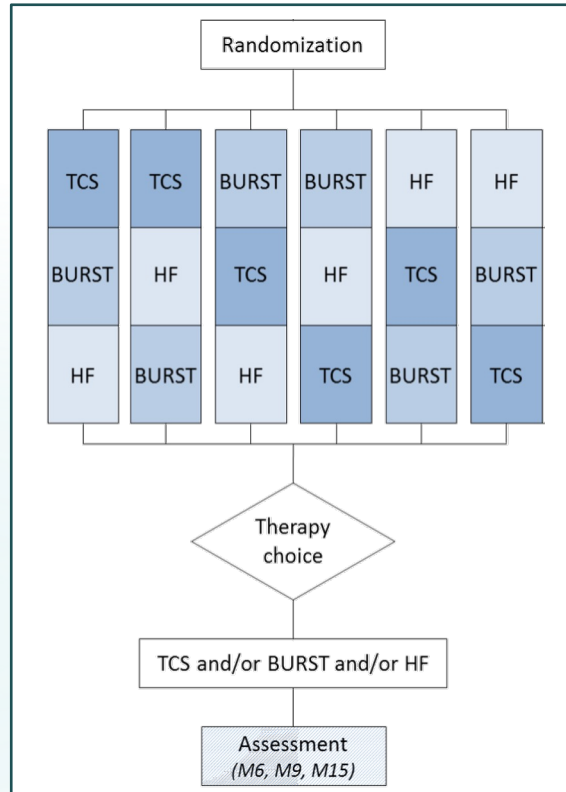
Principales conclusions de l'étude EVOKE :

**Un meilleur soulagement de la douleur au niveau des maux de dos et de jambes grâce à la boucle fermée**

**Effet durable de la SCS en boucle fermée à 12 mois**

# L'étude MULTIWAVE

Étude prospective, " en double aveugle ", randomisée en cross-over.



28/28 patients inclus



20/28 patients ont été randomisés et implantés de façon permanente.

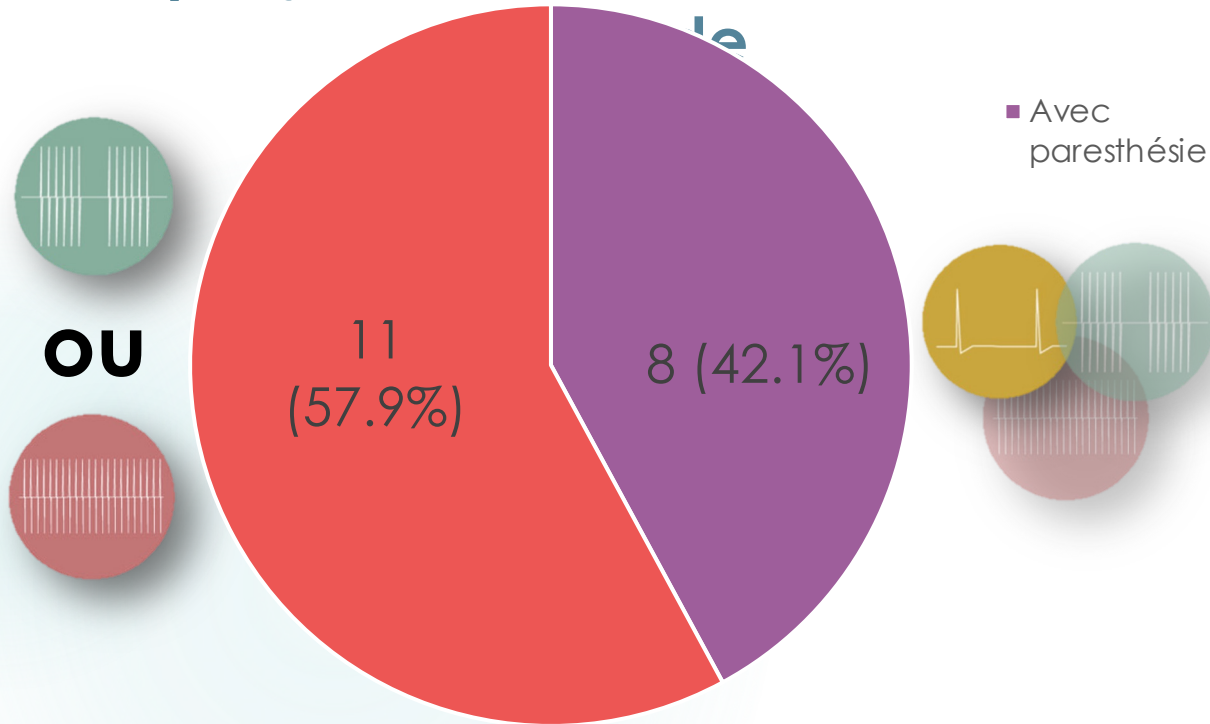


19 patients ont terminé l'étude (suivi à 15 mois)

Prospective, Randomized Study Comparing Conventional, Burst And High Frequency Spinal Cord Stimulation In Refractory Failed Back Surgery Syndrome Patients After A 32-contact Surgical Lead Implantation.  
P. RIGOARD / [www.clinicaltrials.gov](http://www.clinicaltrials.gov)

# Choix final de la forme d'onde du patient lors du suivi à 15 mois

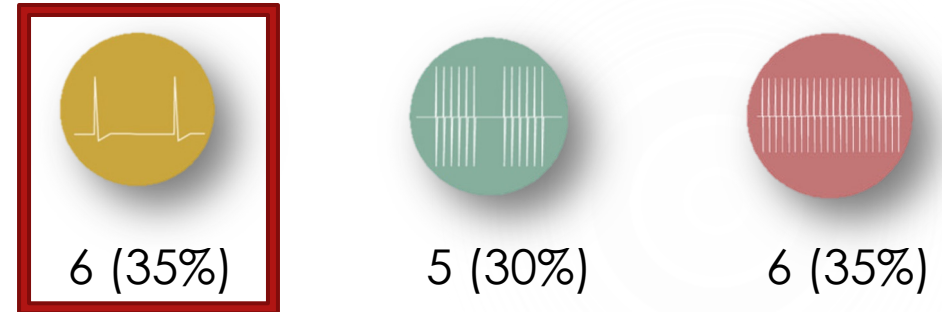
## Aperçu de l'utilisation des formes



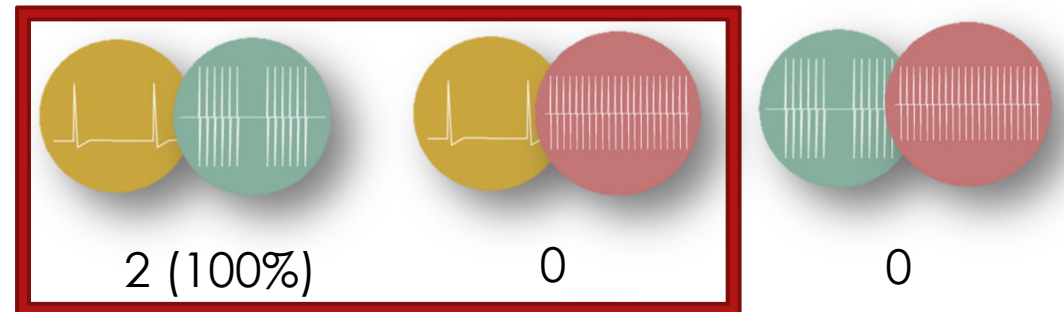
**OU**

**Toujours un besoin de parésie !**

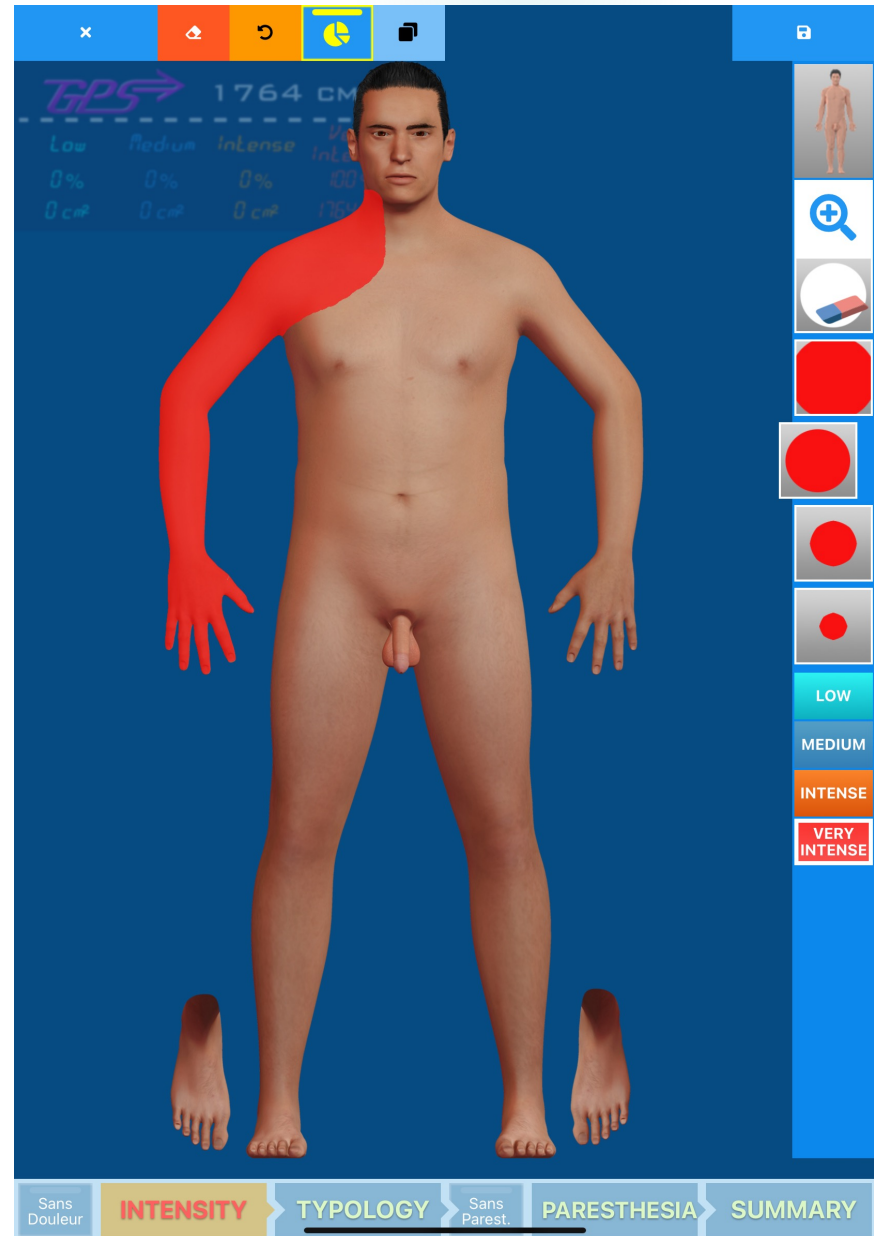
## ■ Patients utilisant 1 forme d'onde



## ■ Patients utilisant 2 forme d'onde

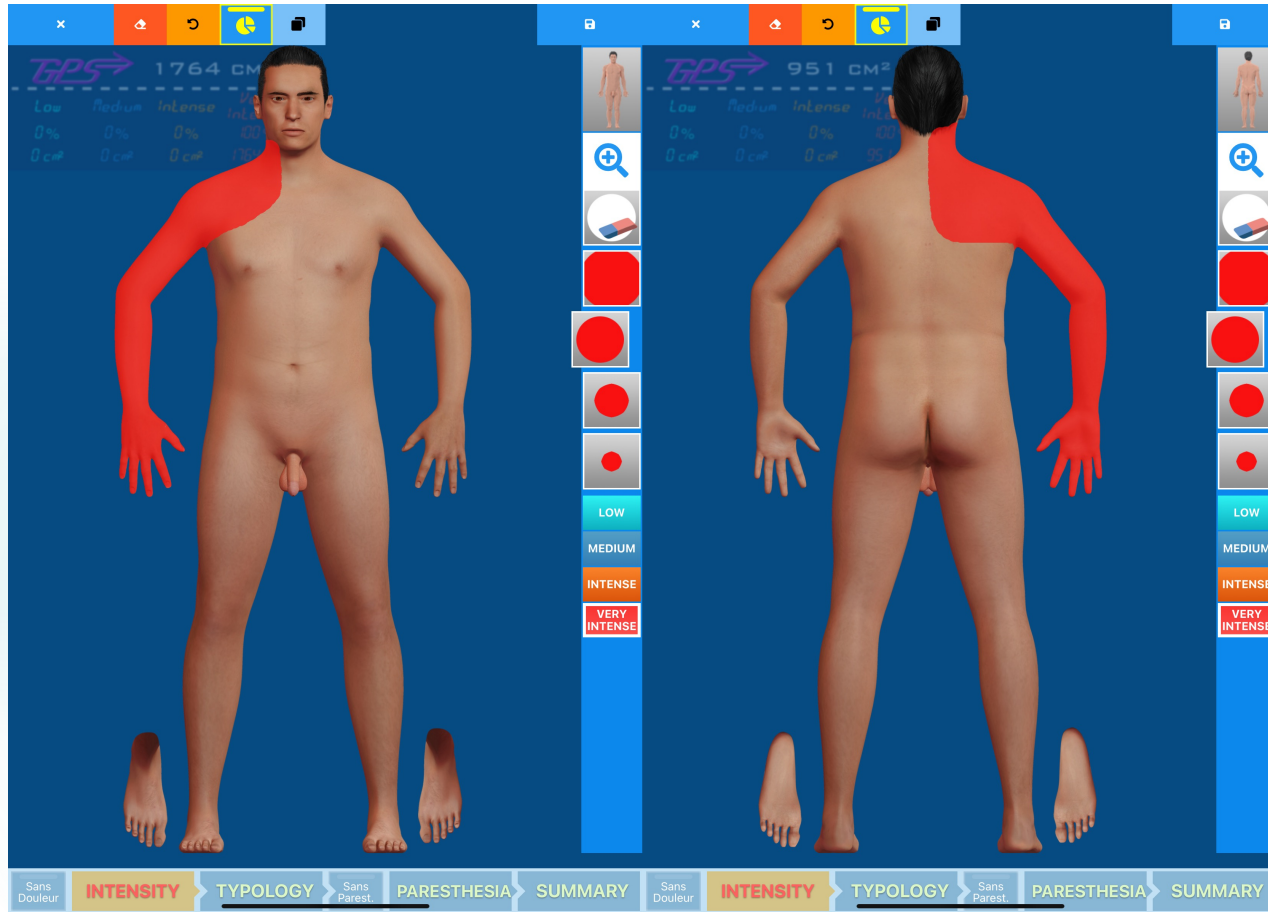


# Membres supérieurs



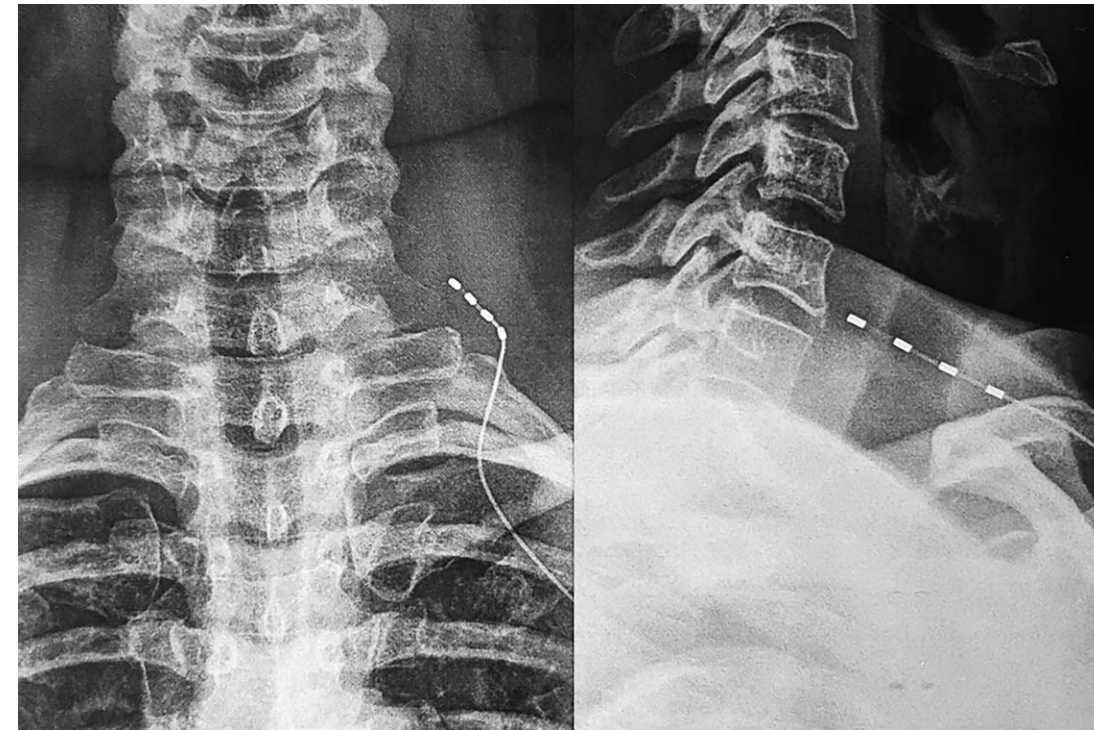
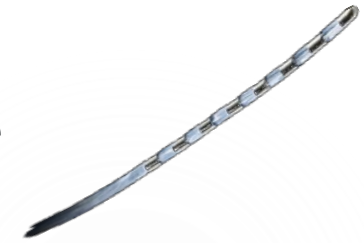
# Membres supérieurs – Ciblage spatial

## Névralgie cervico-brachiale



Choix possibles :

SCS percutané

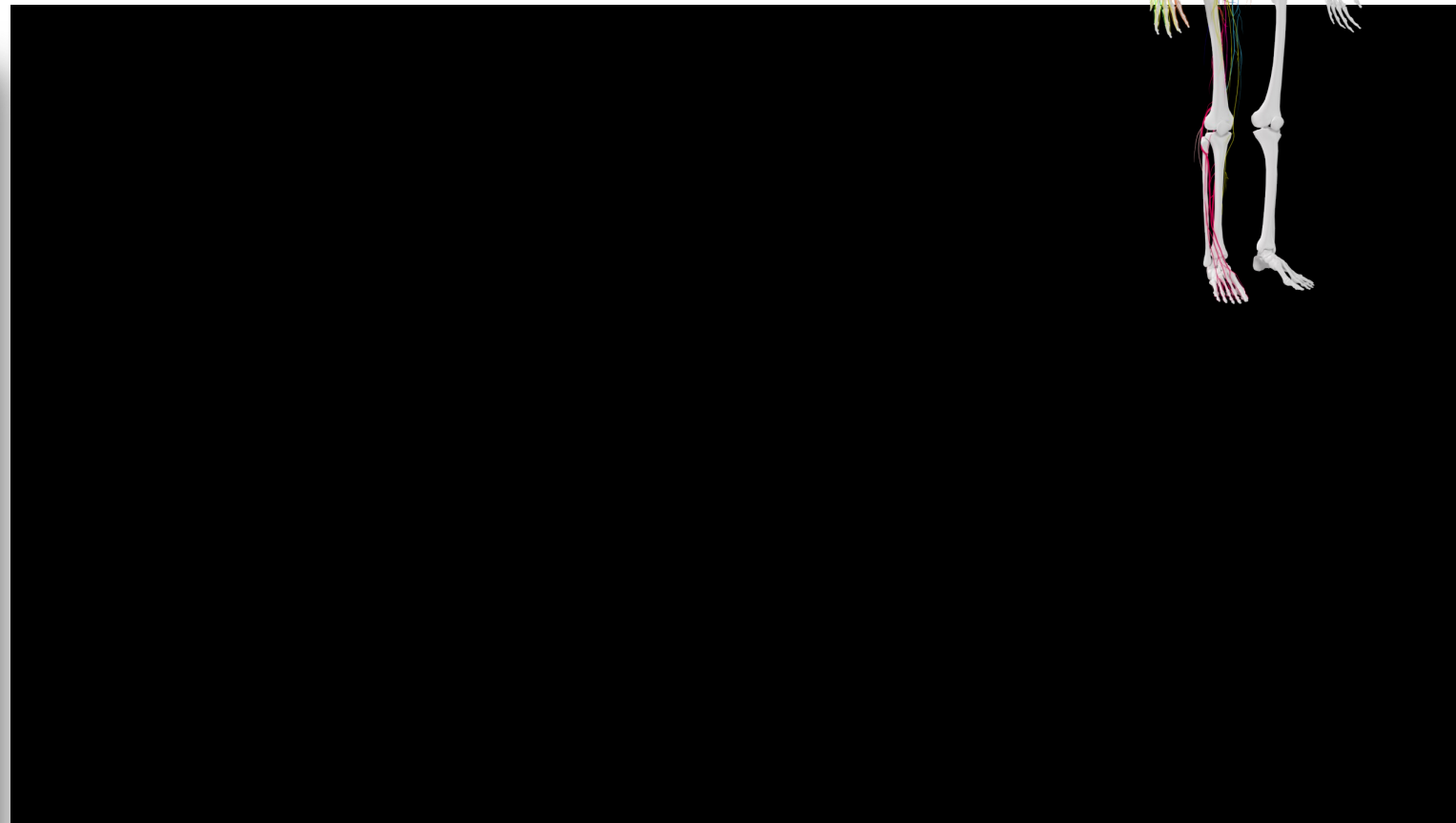
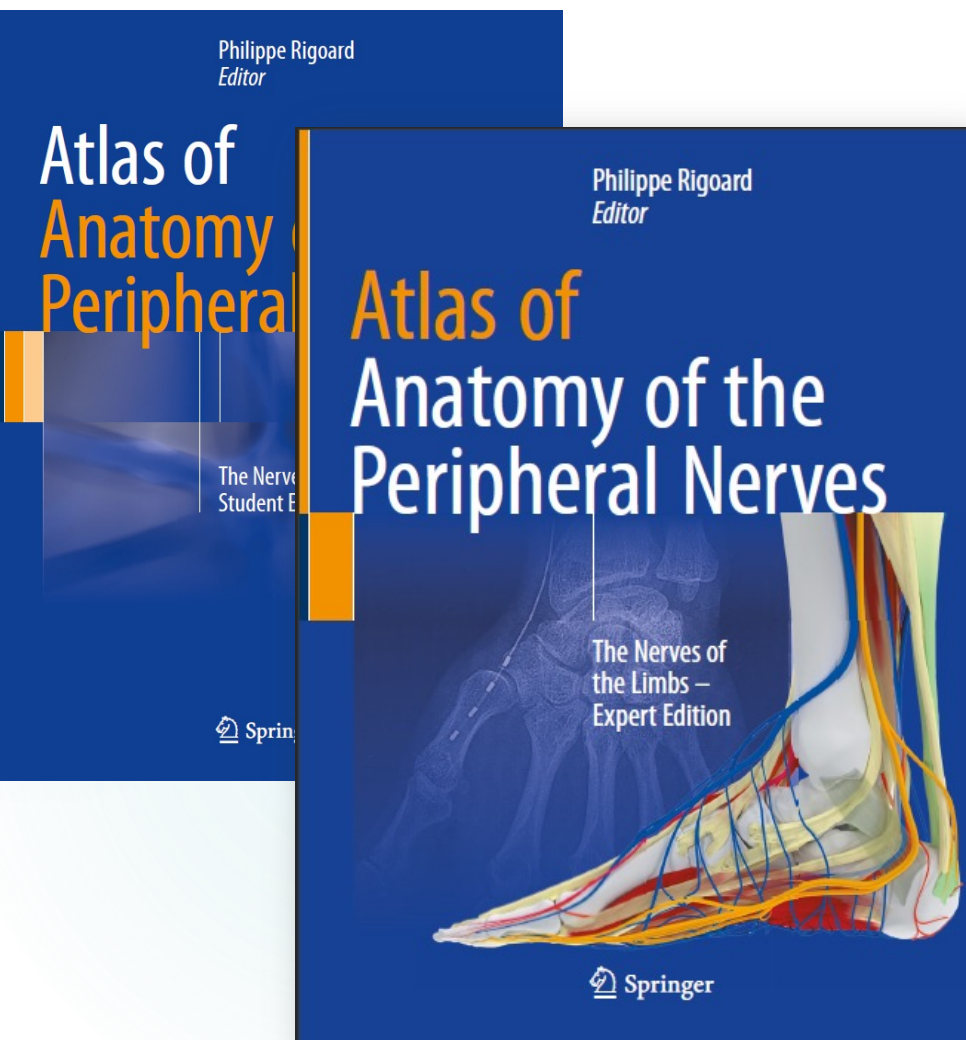
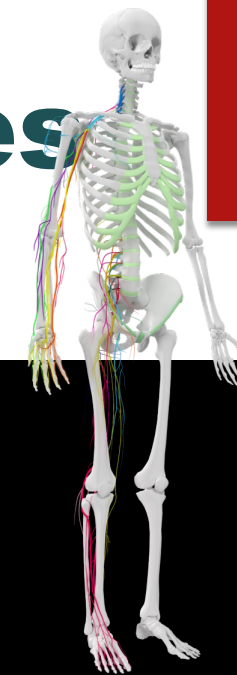




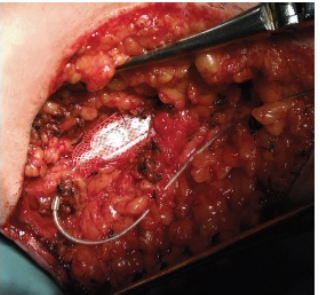
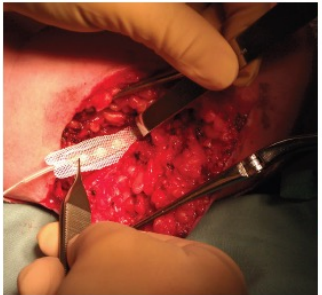
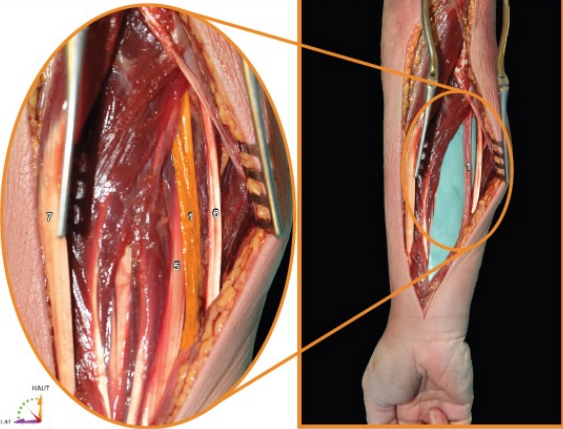
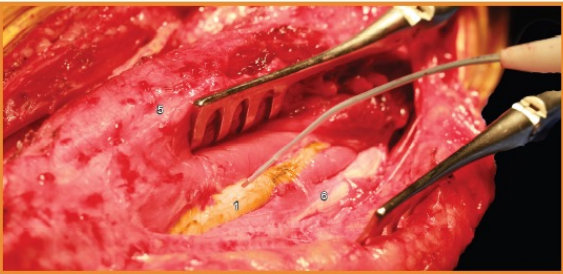
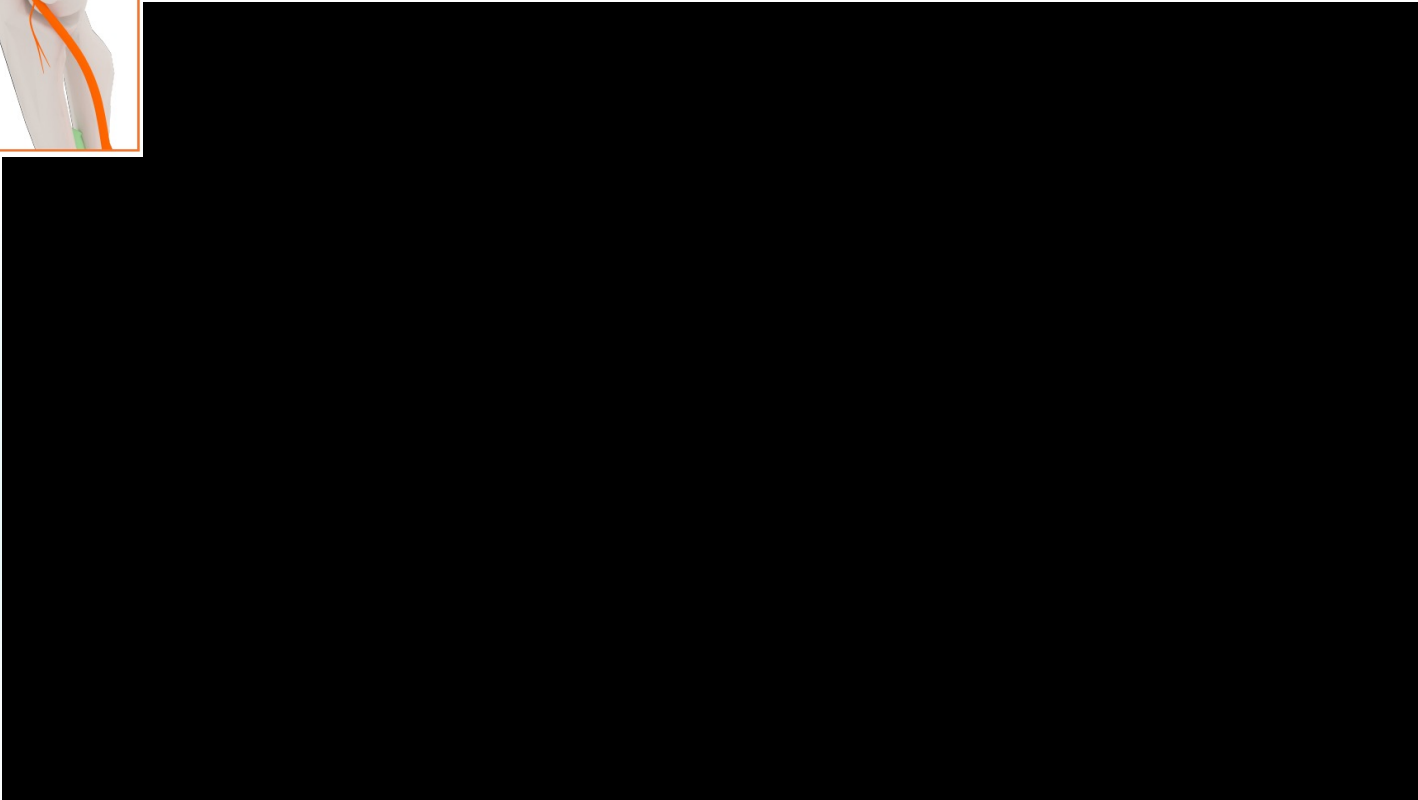
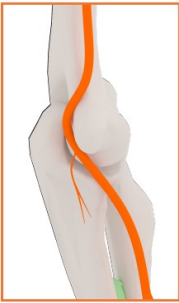
# Stimulation des nerfs périphériques

(voir module 14 « Stimulation nerveuse périphérique »)

25

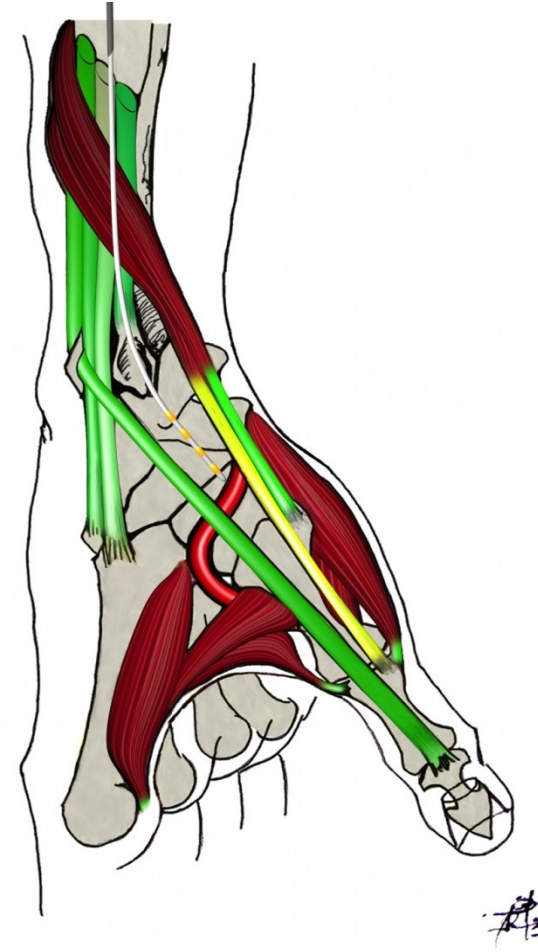
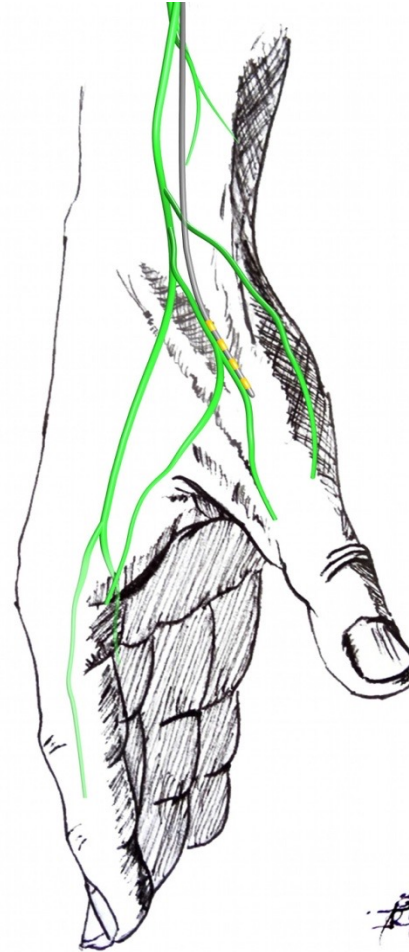
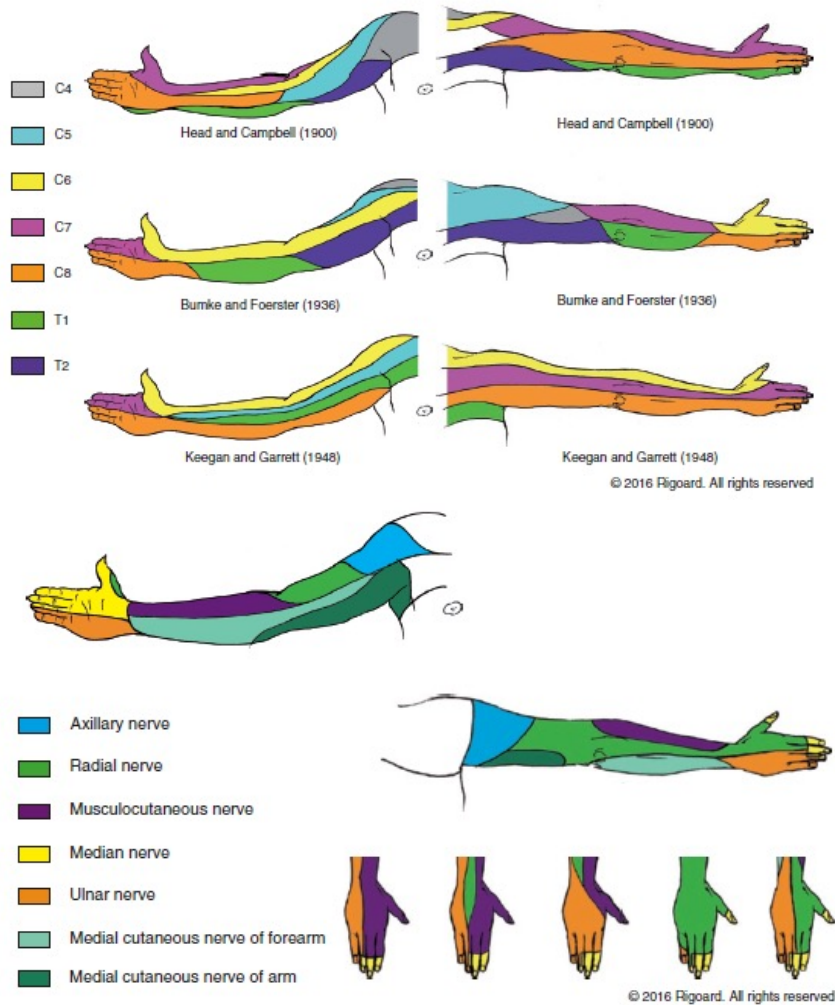


# Stimulation nerveuse ulnaire



# Douleur neuropathique du membre supérieur

## Stimulation du nerf radial



# Région cervico- céphalique



# Région cervico-céphalique – Ciblage spatial

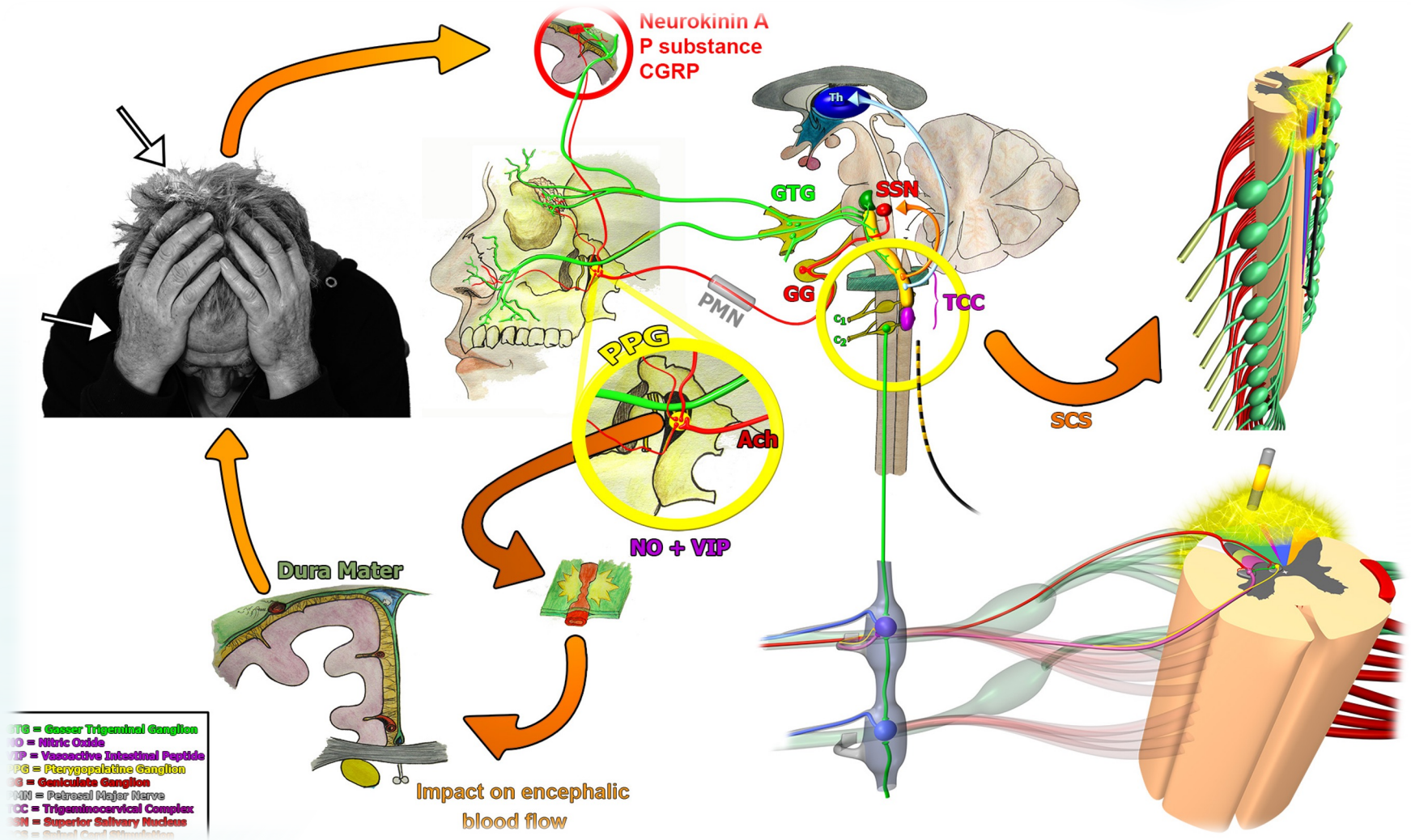
## Douleur de la face



Névralgie du trijumeau (V) : 

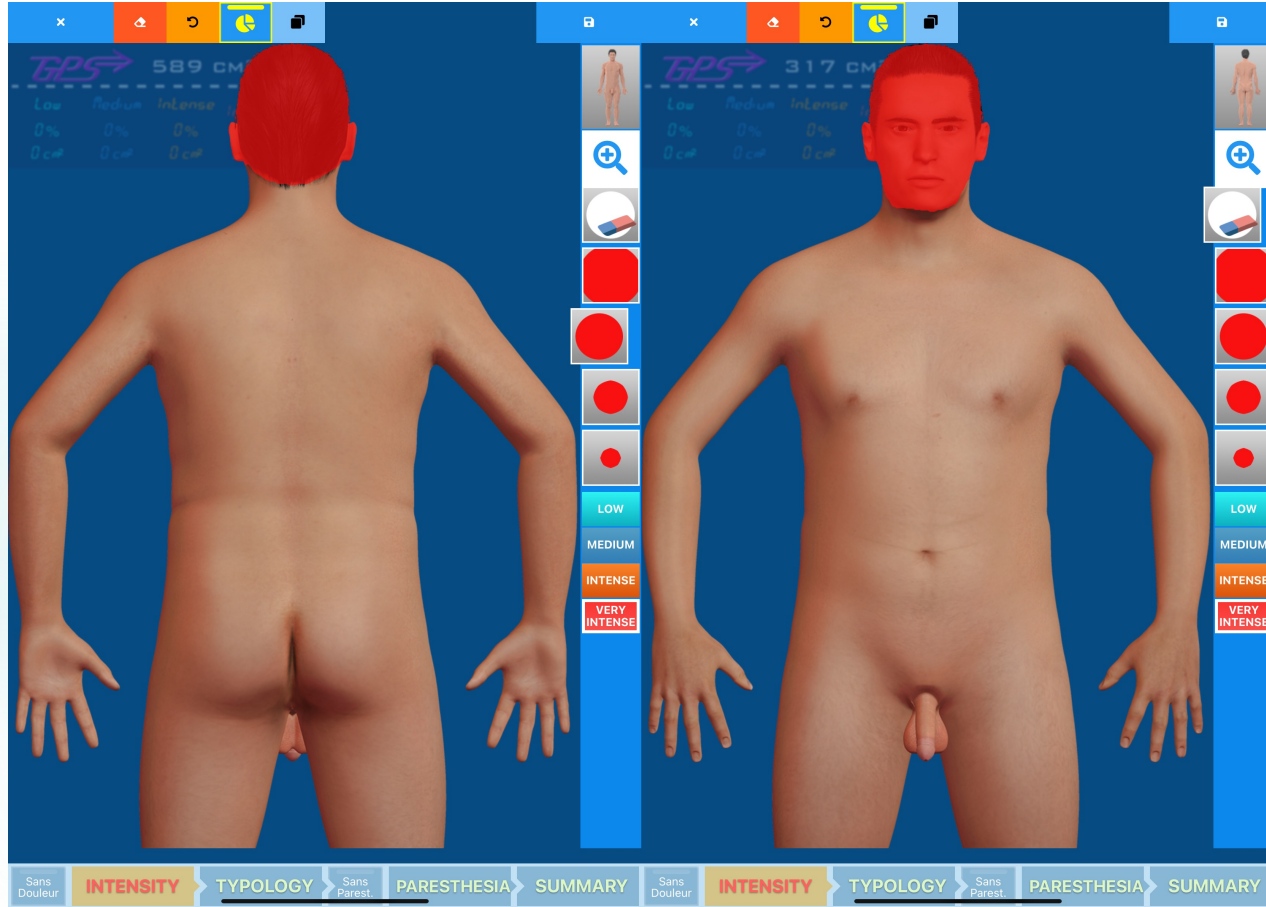
Maux de tête, céphalées à répétition : 

# Mécanisme d'action de la SCS / Douleur de la face



# Région cervico-céphalique – Ciblage temporel

## Douleur de la face



### Choix possibles de CIBLAGE TEMPOREL :

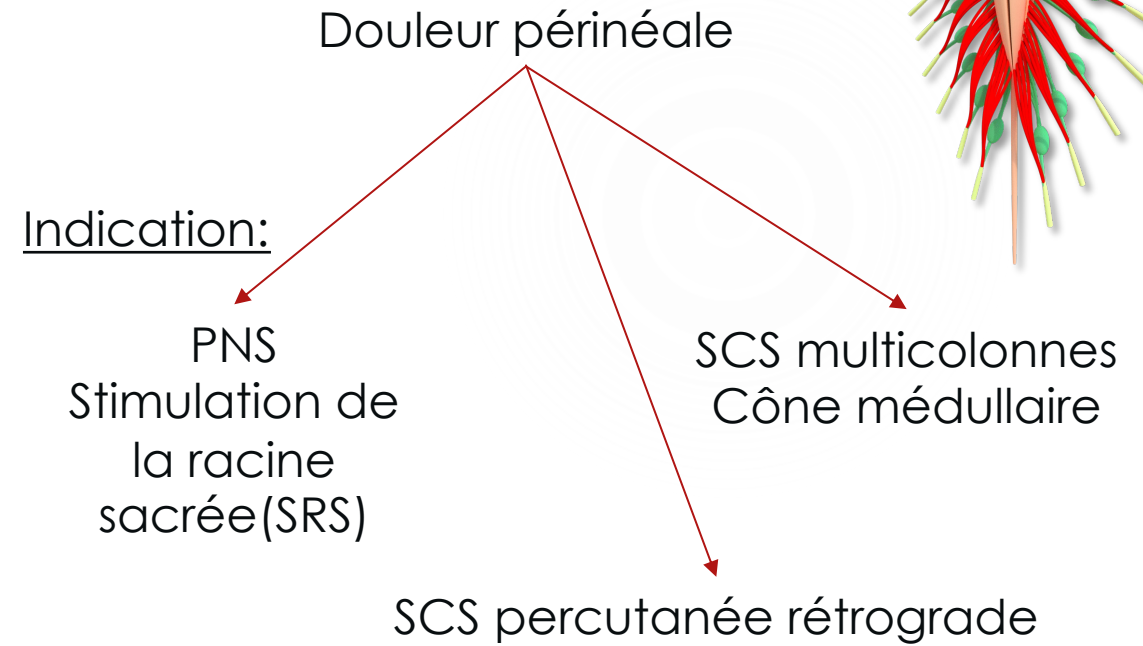
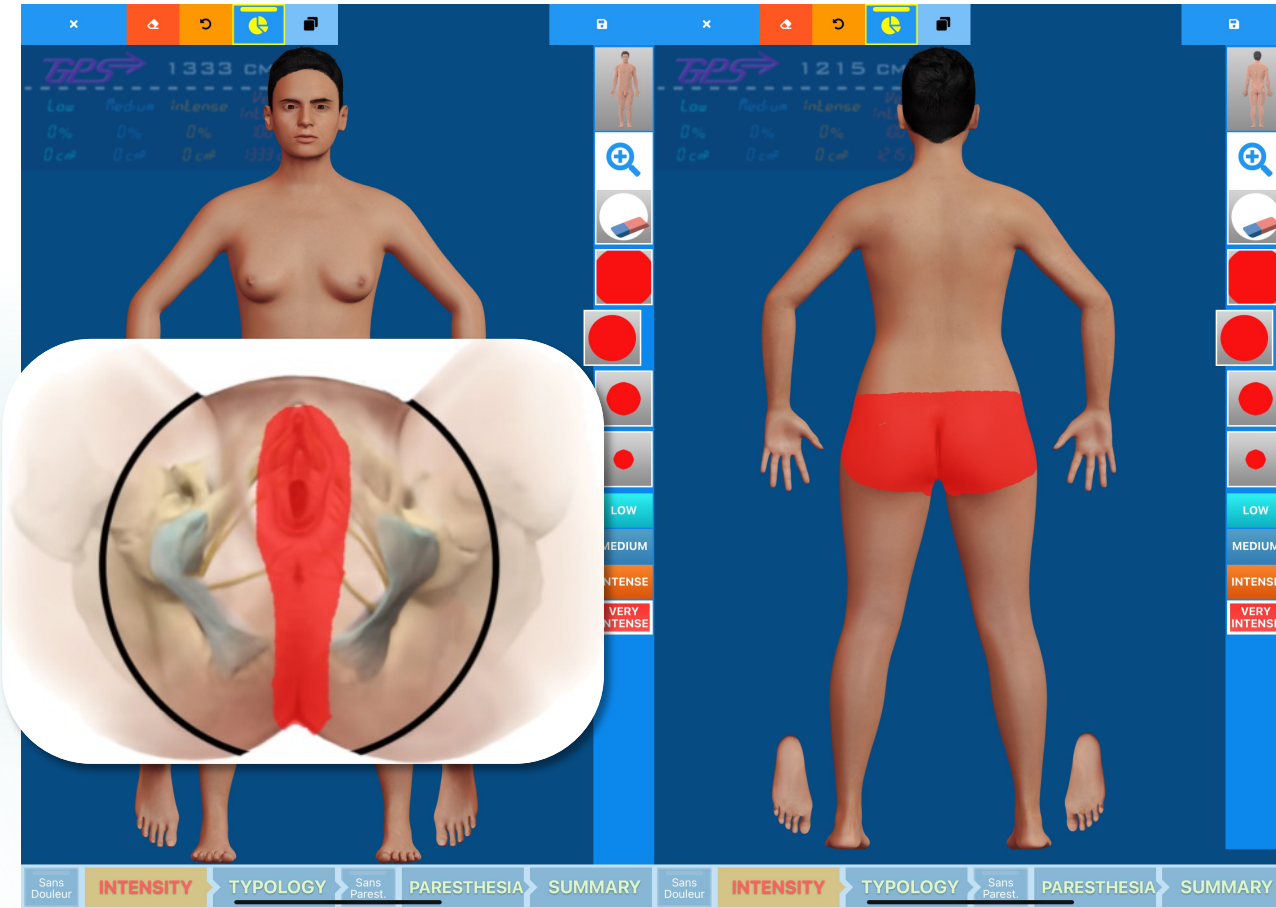
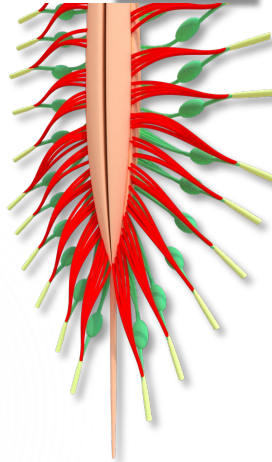
- Stim conventionnelle
- HF, Burst, FAST, HD
- Combo Stim

# **Douleur périnéale**





# Douleur périnéale – Ciblage spatial



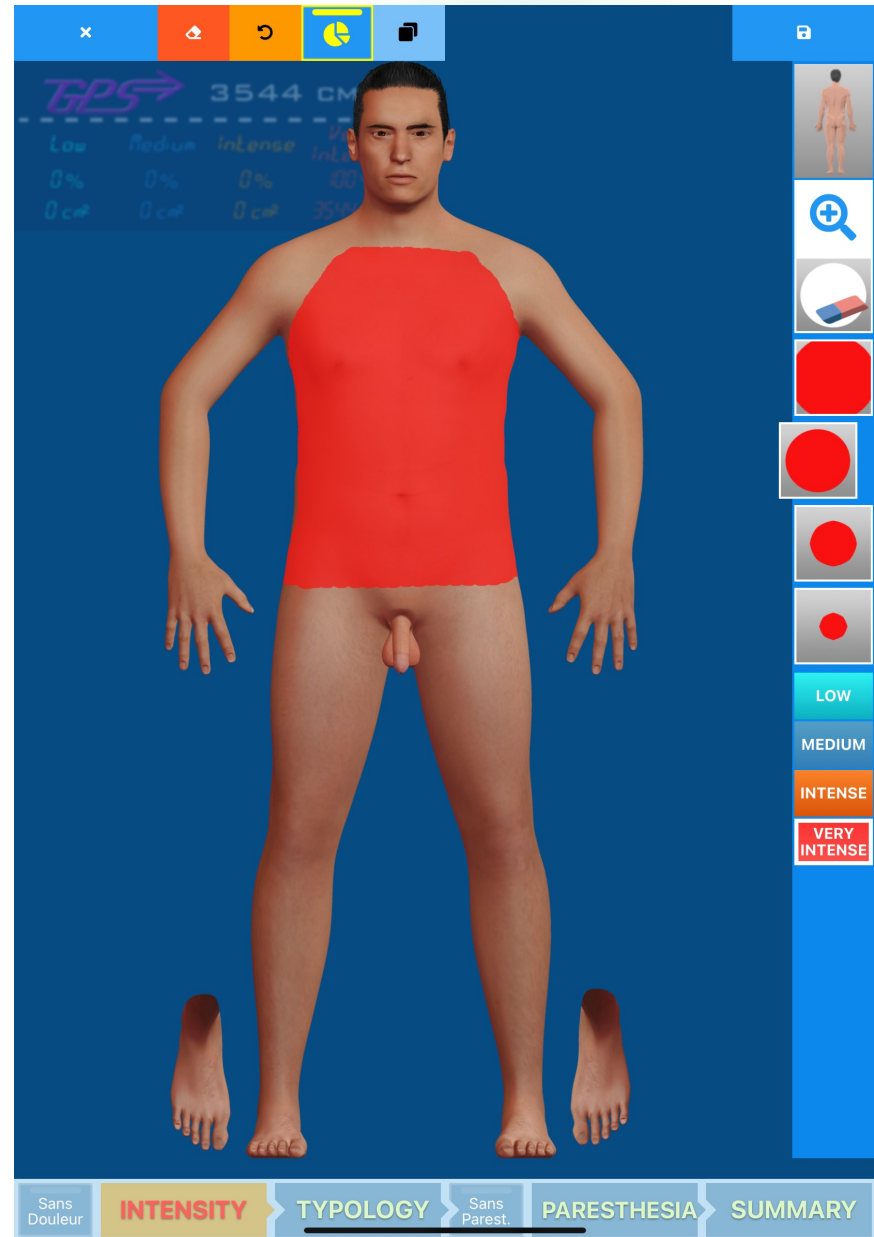
# Douleur périnéale – Ciblage temporel



## Choix possibles de CIBLAGE TEMPOREL :

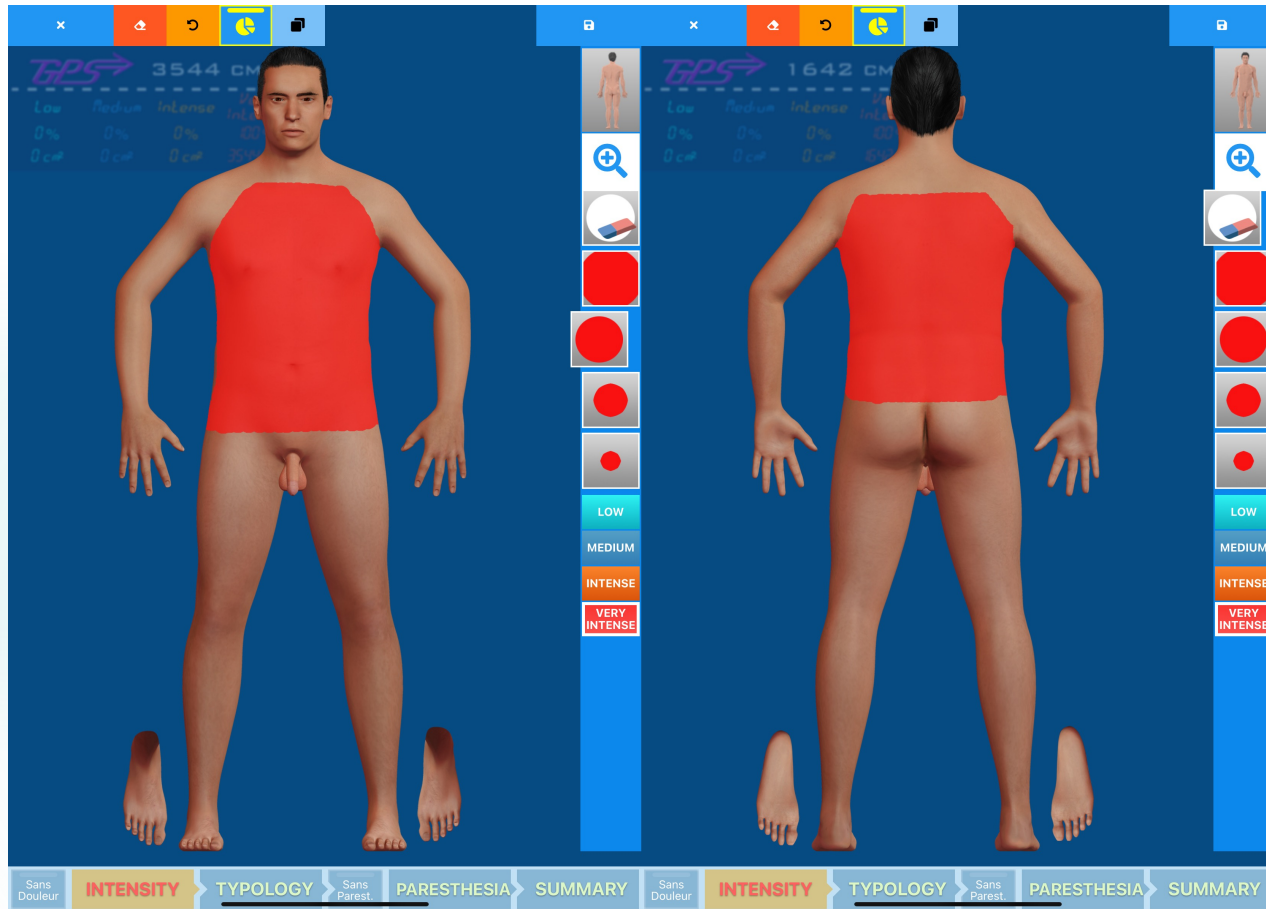
- Stim Conventionelle
- HF, Burst, Contour, FAST, HD
- Combo Stim

# Douleur axiale



# Douleur axiale

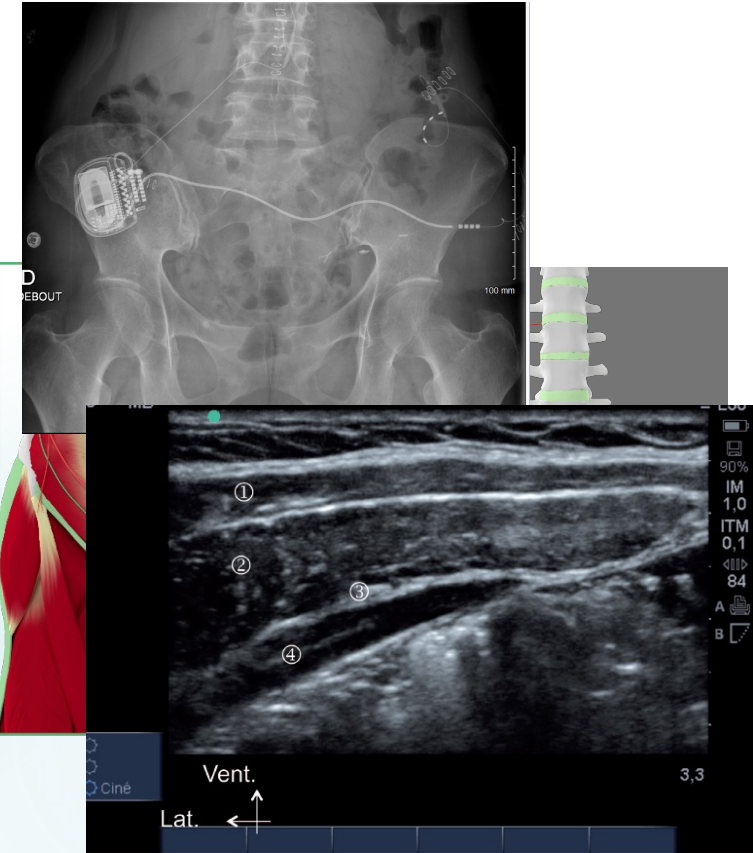
## Douleur du tronc



Choix possibles :

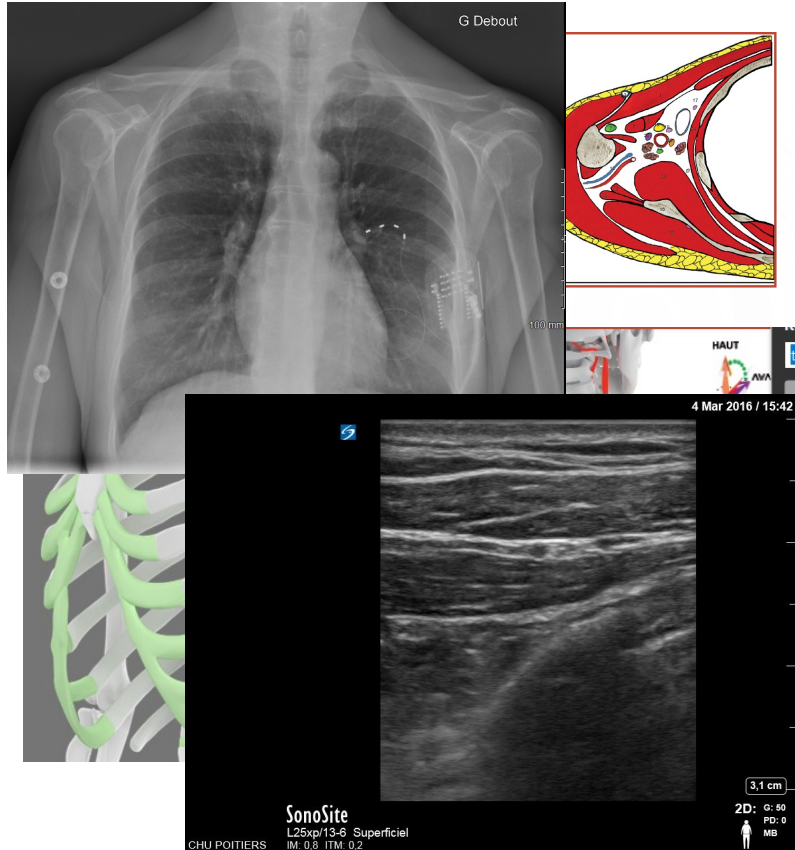
- Douleur de dos → Cf. PSPS T1
- Zona métamérique → DRG  
→ SCS
- Douleur du tronc → SCS
- Douleur à l'aine → SCS, PNS, DRG

# La PNS pour une sélectivité optimale !



- 1. External oblique muscle
- 2. Internal oblique muscle
- 3. Iliohypogastric and ilioinguinal nerves
- 4. Transversus abdominus muscle

**nerf ilio-inguinal**



**nerf long thoracique**



# CERVICO-CEPHALIC AREA

Trigeminal Neuralgia : PNS or PNfS/ONS

Headache, Cluster Headache : cervical SCS?





## UPPER LIMBS

Cervico-Brachial Neuralgia : SCS (perc) or PNS approach

Radicular Pain: DRG or SCS or PNS





# TRUNK

SCS

Back Pain : PNfS

Metameric Zona : DRG or SCS

# PERINEAL PAIN

PNS (Sacral root)

SCS (Multi-column SCS)



# CONCLUSION

# Conclusion – Créez votre propre algorithme !

Quel dispositif pour quel patient ?

## SCS

**1ère intention :**

- PSPS-T2 (perc ou surg)
- Douleur radiculaire neuropathique avec paresthésie et sensation désagréable (SCS sans paresthésie)
- Névralgie cervico-brachiale (perc SCS)
- Douleur du tronc (SCS infra paresthésique)
- Douleur périnéale (SCS multi-colonnes)

**2nd intention :**

- Douleur radiculaire pure (membre inférieur et supérieur)
- Neuropathie diabétique
- Artérite
- Dystrophie sympathique réflexe
- Maux de tête
- Céphalée à répétition
- Zona métamérique

## DRG



Sans chirurgie préalable de la colonne vertébrale

**1ère intention :**

- Douleur radiculaire membre inférieur et supérieur
- Neuropathie diabétique
- Artérite
- Dystrophie sympathique réflexe
- Zona métamérique

## PNS

**1ère intention :**

- Douleur périnéale (PNS de la racine sacrale)

**2nd intention :**

- Douleur du plexus

**3ème intention :**

- Douleur radiculaire
- Douleur du plexus ressenti dans la main

## PNfs

**1ère intention :**

- Douleur du dos

**2nd intention :**

- Douleur trigéminal

## ONS

**1ère intention :**

- Douleurs cervico-faciales (perc ou surg)
- Douleur faciale (nerf trijumeau)

# Conclusion – Multidimension et données !

(voir module 2 « évaluation de la douleur en 2022 »)

45

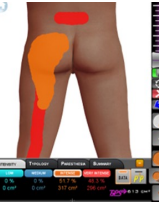
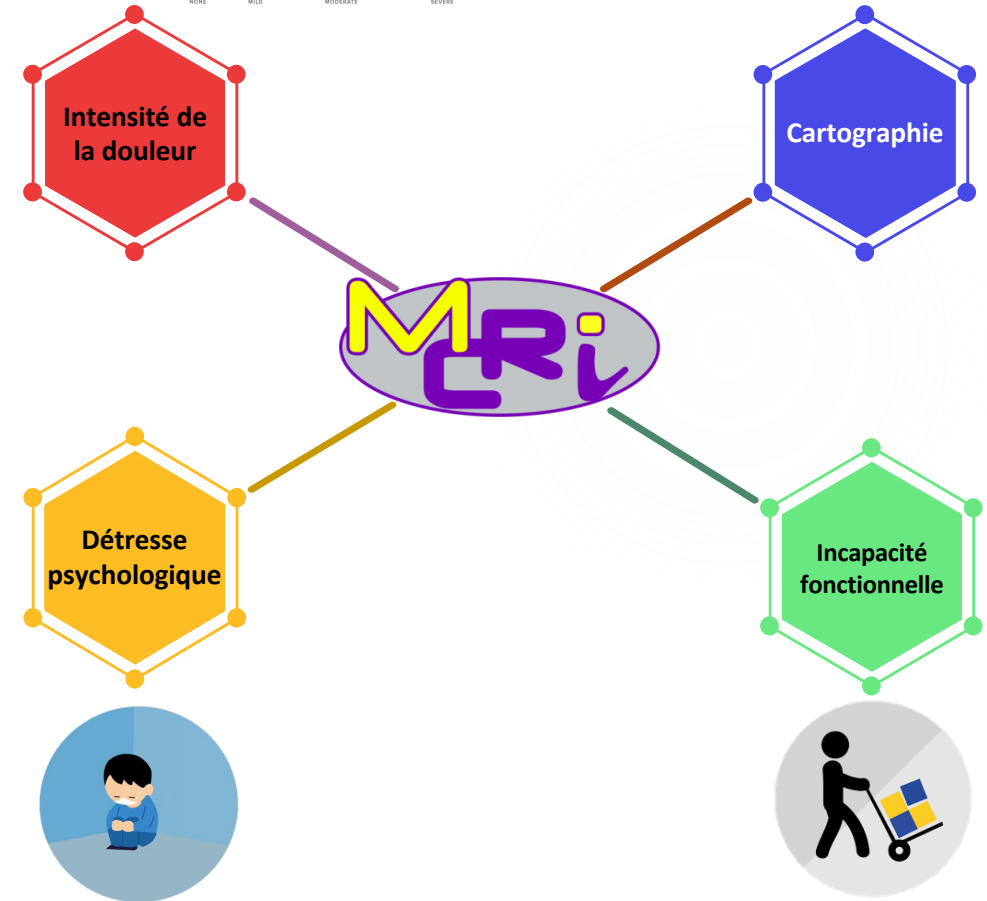
Journal of Clinical Medicine

MDPI

Article

**A Novel Multi-Dimensional Clinical Response Index Dedicated to Improving Global Assessment of Pain in Patients with Persistent Spinal Pain Syndrome after Spinal Surgery, Based on a Real-Life Prospective Multicentric Study (PREDIBACK) and Machine Learning Techniques**

Philippe Rigoard <sup>1,2,3,\*</sup>, Amine Ounajim <sup>1,4</sup>, Lisa Goudman <sup>5,6</sup>, Pierre-Yves Louis <sup>7,8</sup>, Yousri Slaoui <sup>4</sup>, Manuel Roulaud <sup>1</sup>, Nicolas Naiditch <sup>1</sup>, Bénédicte Bouche <sup>1,2</sup>, Philippe Page <sup>2</sup>, Bertille Lorgeoux <sup>1</sup>, Sandrine Baron <sup>1</sup>, Elodie Charrier <sup>9</sup>, Laure Poupin <sup>9</sup>, Delphine Rannou <sup>9</sup>, Géraldine Brumauld de Montgazon <sup>10</sup>, Brigitte Roy-Moreau <sup>11</sup>, Nelly Grimaud <sup>12</sup>, Nihel Adjali <sup>1</sup>, Kevin Nivole <sup>1</sup>, Mathilde Many <sup>1</sup>, Romain David <sup>1,13</sup>, Chantal Wood <sup>1</sup>, Raphael Rigoard <sup>14</sup>, Maarten Moens <sup>5,6</sup> and Maxime Billot <sup>1</sup>



1. Construire un "indice multidimensionnel de réponse clinique" (MCRI)
2. Comparer l'MCRI avec l'EQ-5D, l'ODI, l'HADS et le NPRS :
  - 2.1. Corrélation entre les composantes de la douleur
  - 2.2. Sensibilité / spécificité pour identifier l'impression globale de changement du patient.

# Quiz : question

1. La stimulation du ganglion spinal est une technique intéressante pour couvrir de manière plus sélective une douleur distale, chronique, réfractaire à connotation neuropathique.

- Vrai
- Faux

# Quiz : réponse

1. La stimulation du ganglion spinal est une technique intéressante pour couvrir de manière plus sélective une douleur distale, chronique, réfractaire à connotation neuropathique.

- Vrai
- Faux

# Quiz : question

2. La stimulation nerveuse périphérique du plexus n'est pas adaptée pour traiter les douleurs réfractaires de membre fantôme.

- Vrai
- Faux



# Quiz : réponse

2. La stimulation nerveuse périphérique du plexus n'est pas adaptée pour traiter les douleurs réfractaires de membre fantôme.

- Vrai
- Faux

# Quiz : question

3. La stimulation médullaire nécessite d'implanter de manière chirurgicale des électrodes de stimulation plates, comportant au moins 3 colonnes de stimulation.

- Vrai
- Faux

# Quiz : réponse

3. La stimulation médullaire nécessite d'implanter de manière chirurgicale des électrodes de stimulation plates, comportant au moins 3 colonnes de stimulation.

- Vrai
- Faux

# Quiz : question

4. La stimulation sacrée est une alternative intéressante pour stimuler les racines motrices sacrées dans les problèmes de continence mais elle ne constitue pas une technique fiable pour tenter de soulager les douleurs périméales.

- Vrai
- Faux

# Quiz : réponse

4. La stimulation sacrée est une alternative intéressante pour stimuler les racines motrices sacrées dans les problèmes de continence mais elle ne constitue pas une technique fiable pour tenter de soulager les douleurs périméales.

- Vrai
- Faux

# Quiz : question

5. Le seuil de dépolarisation des racines dorsales est supérieur au seuil de dépolarisation des cordons postérieurs.

- Vrai
- Faux

# Quiz : réponse

5. Le seuil de dépolarisation des racines dorsales est supérieur au seuil de dépolarisation des cordons postérieurs.

- Vrai
- Faux