



# Bases neurophysiologiques de la douleur et de la nociception

Jean Claude Willer

1. Département de Neurophysiologie Clinique  
Pôle des Maladies du Système Nerveux  
Hôpital Pitié-Salpêtrière
2. Laboratoire de Neurophysiologie  
Faculté de Médecine Paris 6  
Université Pierre et Marie Curie



Comprendre, prévenir, guérir la maladie mais aussi prévenir et soulager la douleur sont les deux fondements de la médecine. En effet, la douleur représente plus de 90 % des causes de consultations. Ce symptôme subjectif, complexe et multidimensionnel est difficile à définir. Le vocabulaire médical est riche de locutions ou de qualificatifs permettant de différencier les douleurs ( en « coup de poignard », « lancinante », « fulgurante », etc..) qui témoignent de la variété des sensations perçues mais illustrent aussi la difficulté à les décrire de façon précise et à donner une définition globale de la douleur.



Louis Jouvet et Odette Balzac dans une scène de Knock  
pièce de Jules Romains, théâtre de l' Athénée, 1937



# Plan du topo 1

Définition – classification

La périphérie

- les nocicepteurs

- les fibres nerveuses

- l' inflammation

Intégration spinale

- neurones nociceptifs spécifiques (couche I)

- neurones convergents (couche V)

  - Explication de la douleur référée

Voies ascendantes de la moelle au cortex



# Plan du topo 2

## Contrôle des messages nociceptifs

### Au niveau spinal

segmentaire  
intraspinal  
supra-segmentaire

### Au niveau supraspinal

structures sous-corticales  
cortex

## Aspects physiopathologiques et stratégies thérapeutiques

Pharmacologiques

Physiques

Psychologiques



## Définition – classification

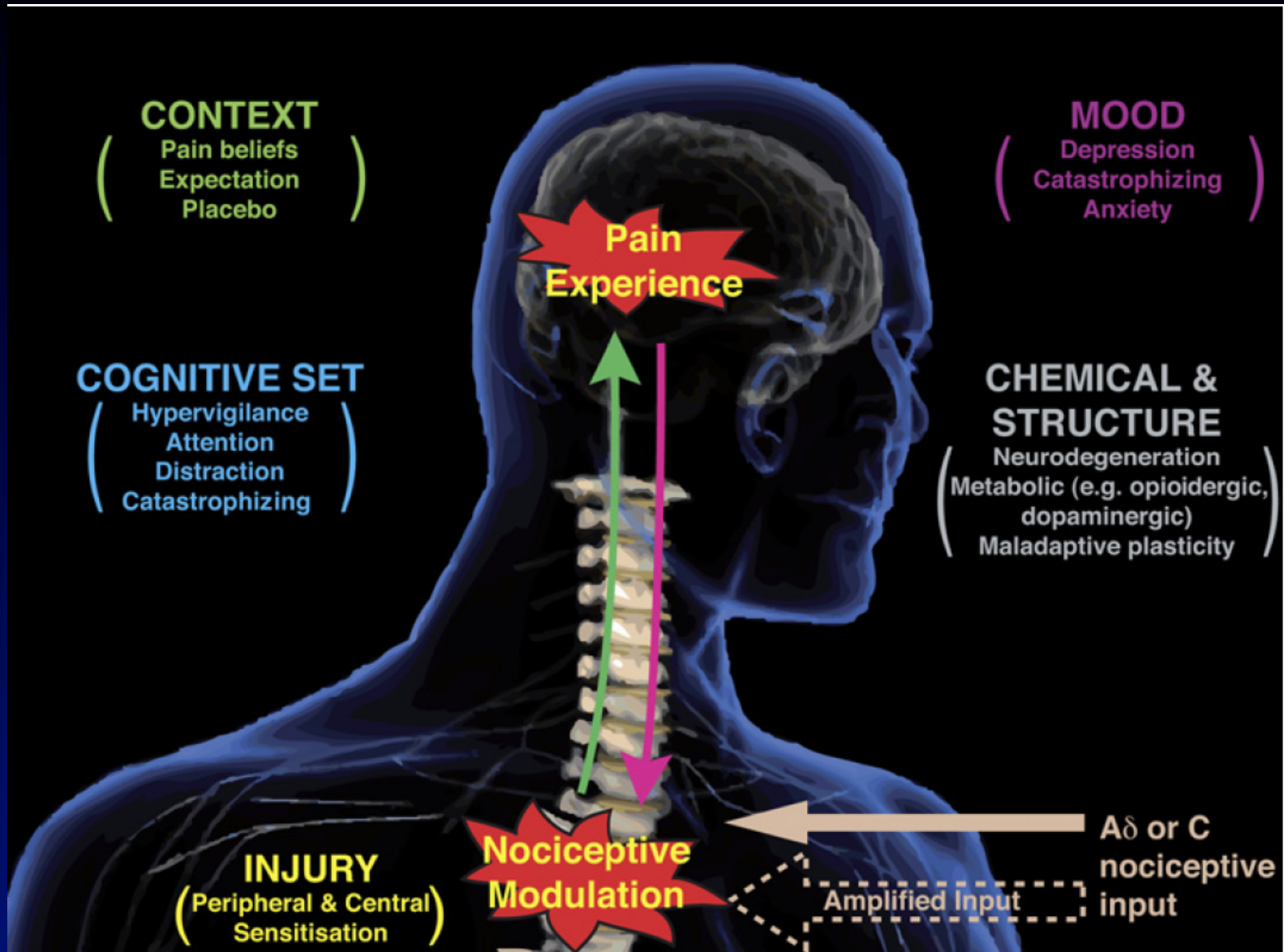
Tentative de définition de la douleur par l' Association Internationale d' étude de la douleur (IASP) :

Il s' agit d' une « expérience » sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en termes d' une telle lésion

Retenir également le caractère multidimensionnel de la douleur



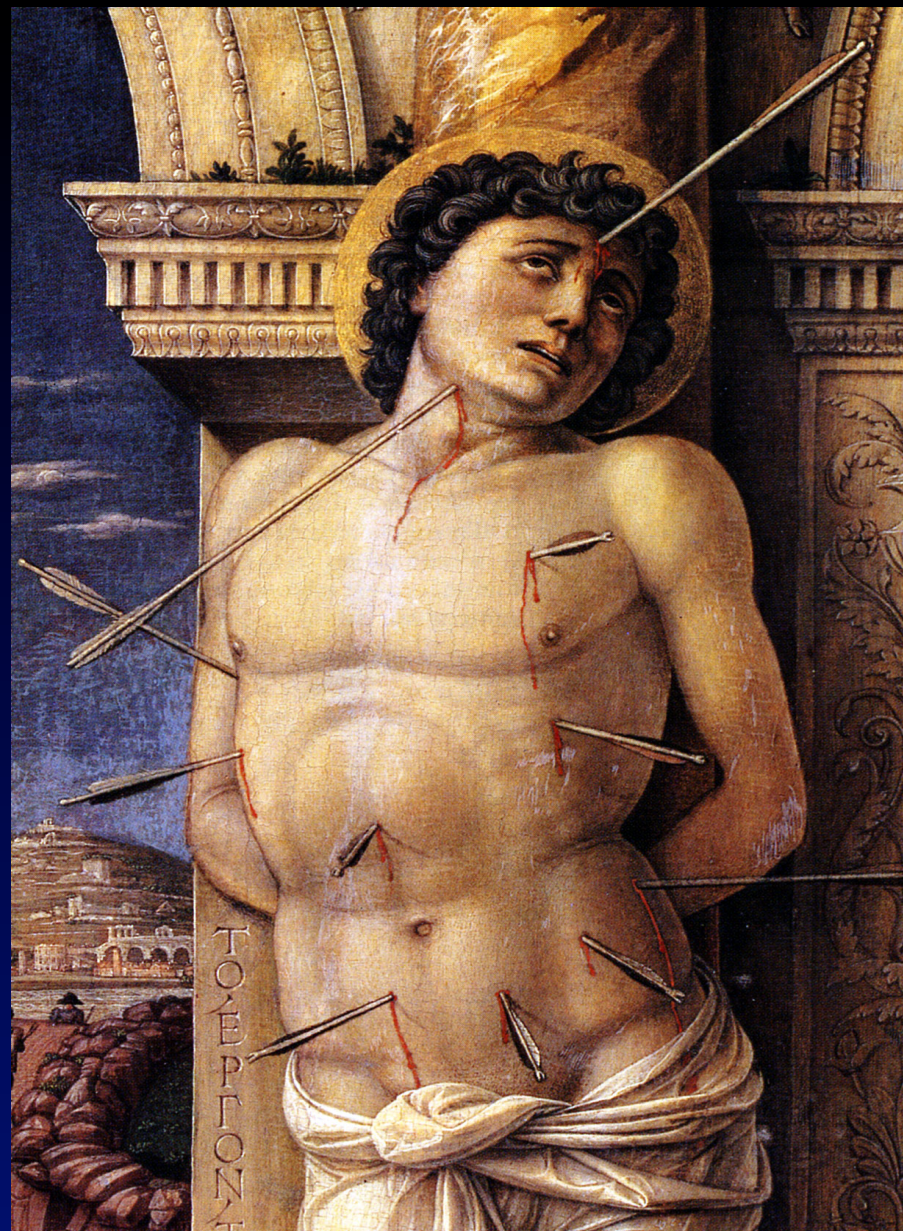
# Multidimensional aspect of pain



From Luis Villanueva 2006

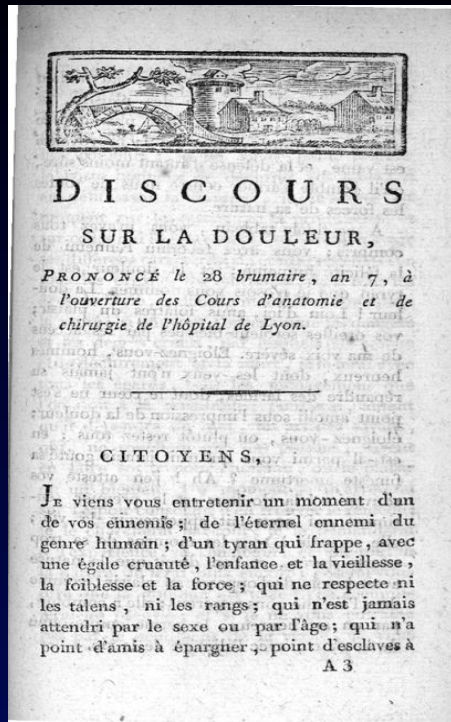


Aspects  
multidimensionnel :  
Douleurs physiques  
Souffrances morales  
Contexte socio-culturel  
Religieux..



Saint Sébastien (détail) – Andrea Mantegna vers 1459  
Kunsthistorisches museum - Vienne





*« J'oserai vous montrer que la douleur est utile ....la douleur n'est point notre ennemi ... : c'est un effort salutaire, un cri de la sensibilité par lequel notre intelligence est avertie du danger qui nous menace... sentinelle vigilante, sans elle , la mort s'avancerait sur nos têtes avant que nous l'eussions soupçonnée, amie sincère, elle nous blesse pour mieux nous servir. Marc Antoine Petit , 1799*

La douleur aiguë constitue un signal d'alarme utile, qui protège l'organisme. Elle déclenche des réactions de protection. On parlera alors de nociception.

Nociception : concept Sherringtonien (1910) à définir



Cependant, une douleur aiguë qui se prolonge (au delà de 3-4 mois) perd son sens protecteur. Elle devient inutile . Il s'agit de la douleur chronique qui, chez l'homme, peut durer des mois, voire des années. l'effet « signal d'alarme » physiologique a disparu et fait place à un état pathologique qui n'est pas seulement inutile mais devient délétère pour le patient.

Nous limiterons ce topo au cadre physiologique, celui de la douleur aiguë, c'est-à-dire à celle qui est évoquée par des stimulations nociceptives et qui entraîne des réactions de protection de l'organisme.



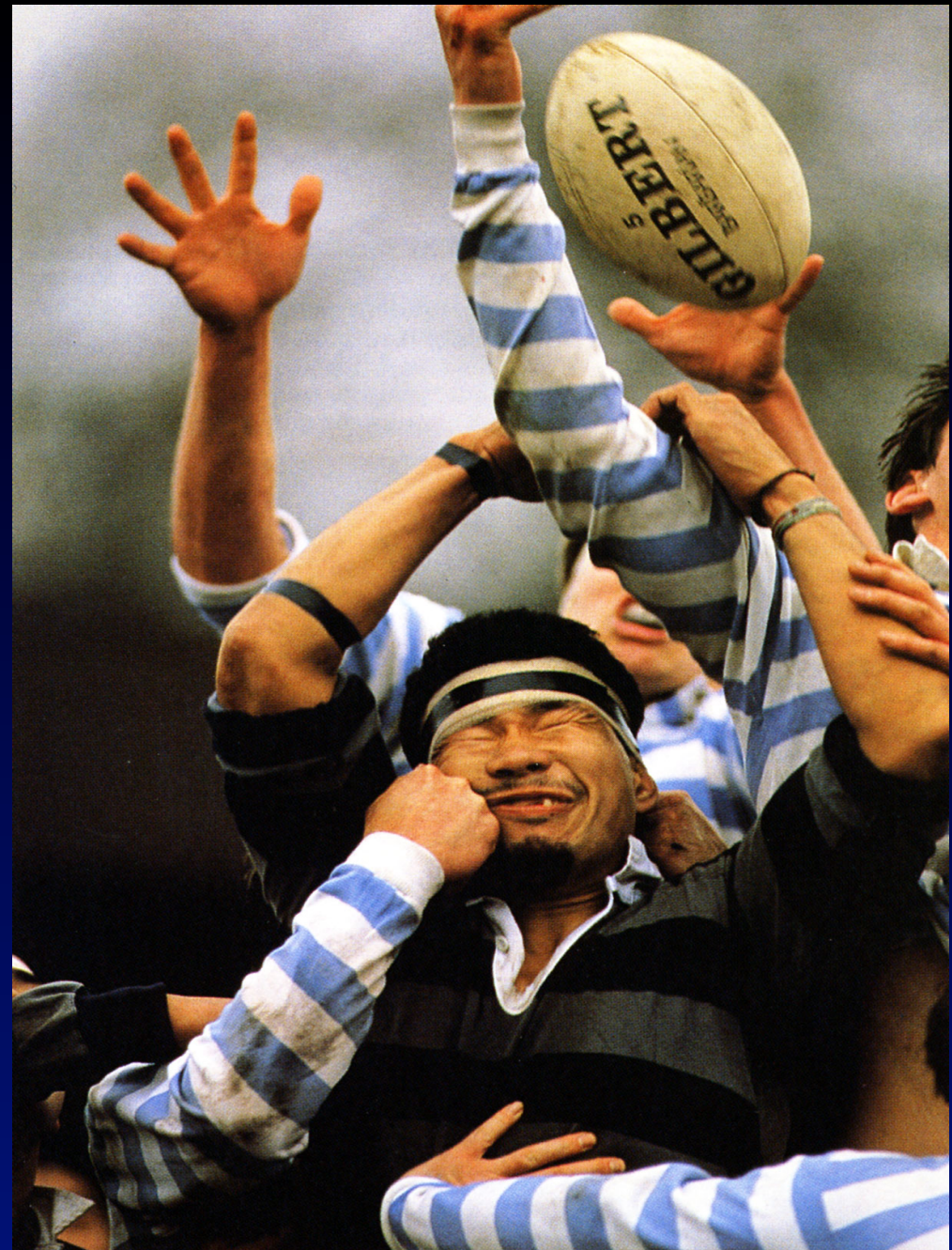
## D. Aiguë

Symptôme

Utile

Protectrice

Signal d'alarme





# Douleur Chronique



D. Chronique

Syndrome

Inutile

Destructrice

Douleur -maladie



# DOULEURS

Extéroceptive

Peau  
Tissus  
sous-cutanés

Pincement  
Piqûre  
Brulure  
Etc..

Proprioceptive

Muscles  
Os  
articulations

Crampes  
Fractures  
Tendinites  
Luxations  
Etc..

Viscérale

Tous  
les viscères  
•Cœur  
•Reins  
•Poumons  
•Etc..

Coliques  
Ulcères  
Angine de  
poitrine  
Appendicite



## les récepteurs de la « douleur » : les nocicepteurs

Le caractère primitif des nocicepteurs polymodaux, peu spécialisés et totipotents, a été souligné : de tels récepteurs existent déjà chez les invertébrés comme l'aplysie ou la sangsue. Le fait qu'ils aient subi l'évolution des espèces sans perdre leurs principaux caractères suggère que leur présence est essentielle à la survie des individus.

On doit sans doute les considérer dans leur ensemble comme un organe sensoriel qui, sans relâche, « ausculte » l'ensemble de notre corps à l'exception de la moelle et du cerveau.

insensibles, notamment à la douleur



## **les récepteurs de la « douleur » : les nocicepteurs** propriétés générales communes

Seuil de décharge élevé

Polymodaux (thermique, mécanique, chimique)

### Terminaisons libres des fibres périphériques

A Delta ( $A\delta$ ) : myélinisées de fin diamètre

vitesse de conduction : 15-30 m/s

C : fibres amyéliniques

vitesse de conduction : 0.5-1m/s

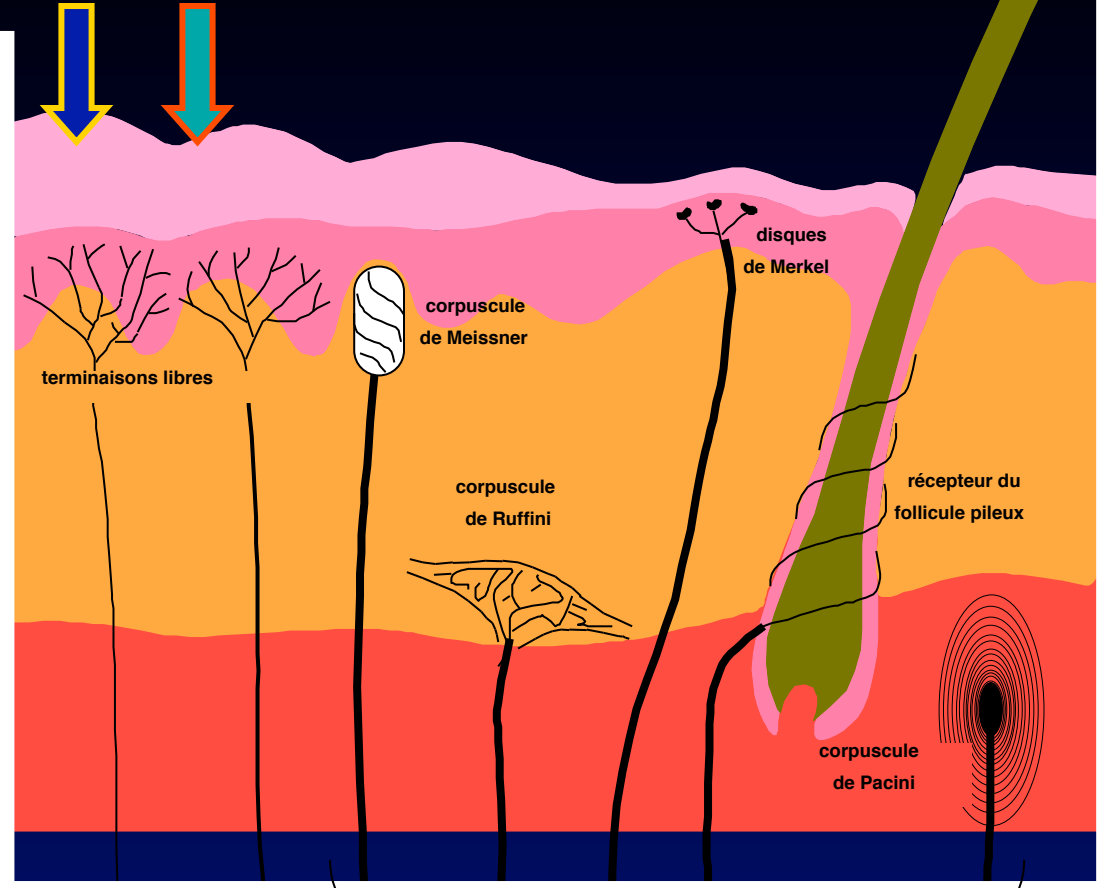
Pour mémoire les fibres myélinisées ont un conduction saltatoire (d'un nœud de Ranvier à l'autre) donc rapide ; alors que les fibres amyéliniques, ont une conduction de proche en proche donc très lente.



# Nocicepteurs

épiderme

derme



fibres

C

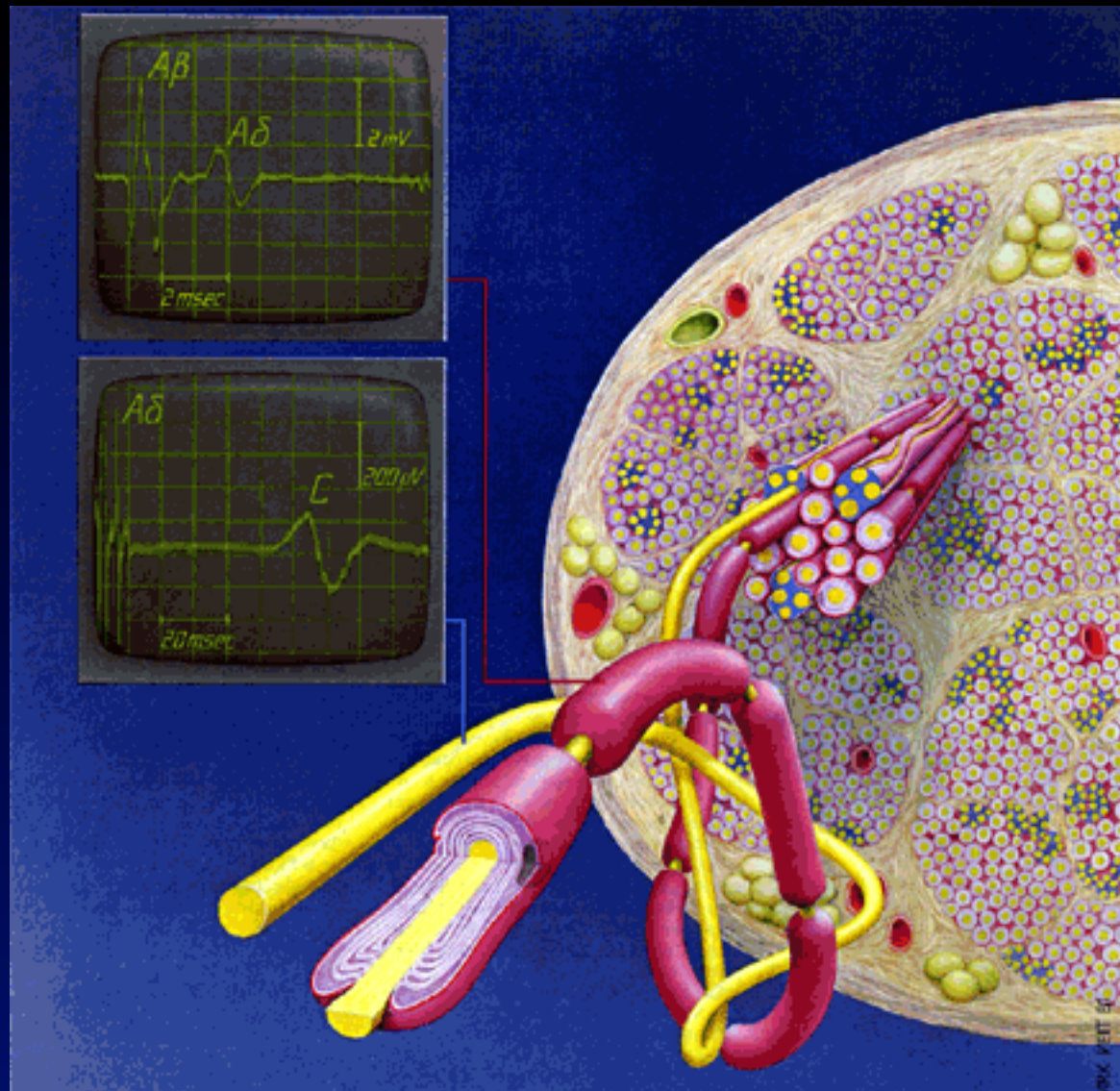
fibres

A  $\delta$

fibres

A  $\beta$





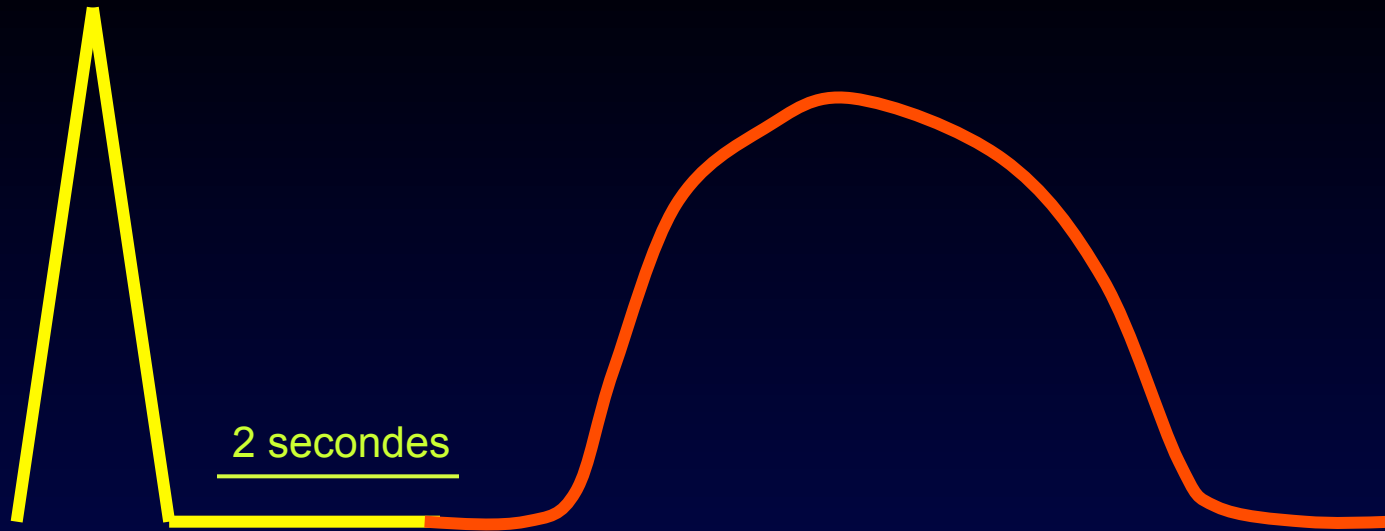
Coupe de nerf et fibres nerveuses A delta et C



Deux types de douleurs aiguës bien différentes :

La douleur rapide : bien localisée - réflexe de retrait

La douleur lente : plus diffuse, lancinante



- douleur à type de piqûre
- douleur rapide
- Fibres  $A\delta$
- (système lemniscal)

- douleur lente
- Fibres C
- douleur à type de brûlure
- (système extra-lemniscal)

Expérience de stimulation thermique nociceptive « laser » appliquée sur le dos de la main d'un sujet volontaire normal  
Dessin de la sensation et explication du dessin



« Il s'agit d'une « expérience » sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire  
.... »

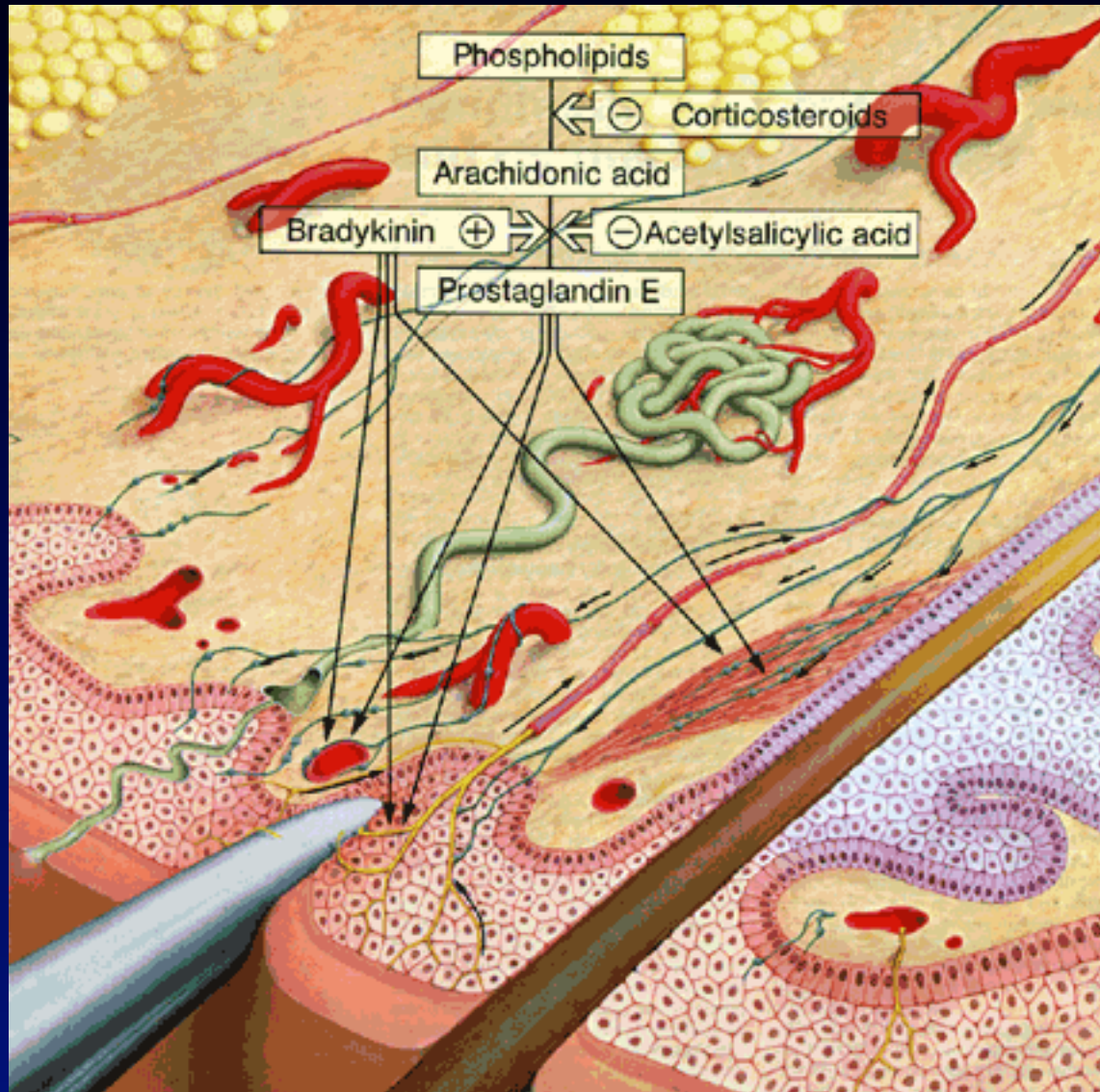
Toute lésion tissulaire entraîne un phénomène inflammatoire constitué d'une cascade d'évènements neurochimique et physiques réalisant la classique triade de Lewis (1927) :  
« rougeur – chaleur – tumeur » et donc Douleur

une vasodilatation responsable de l'érythème (rougeur) clinique ; une accentuation de la perméabilité vasculaire aboutissant à l'œdème (gonflement) ; un réflexe d'axone conduisant à la dilatation artériolaire avoisinante donc à l'extension de l'érythème.



# l'inflammation et la douleur inflammatoire

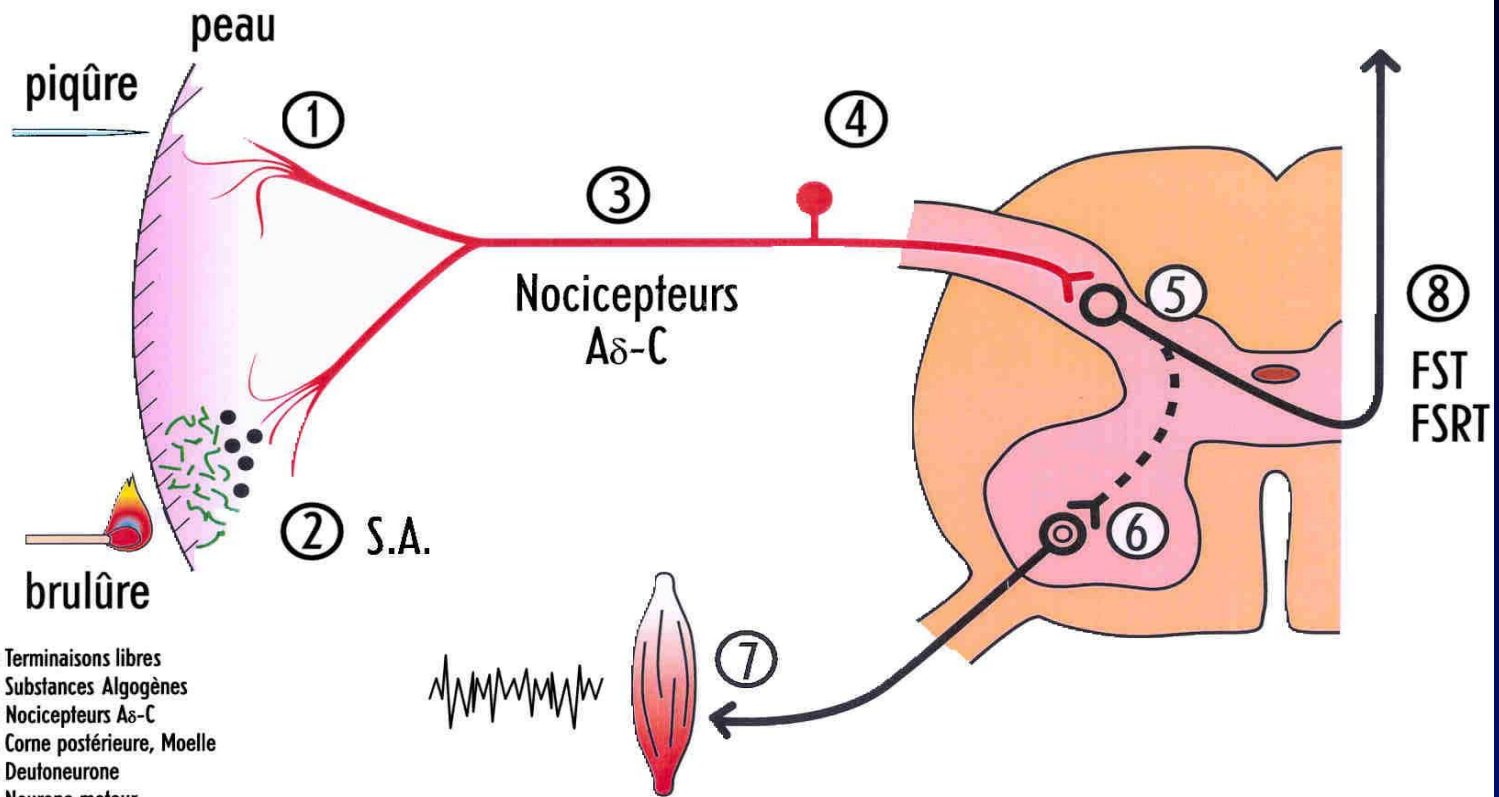
Après lésion : cutanée, muqueuse, tendino-musculaire, articulaire, osseuse ou viscérale





## Pour un premier petit résumé

### Voies de la douleur (de la périphérie à la corne postérieure de la moelle)



- 1 : Terminaisons libres
- 2 : Substances Algogènes
- 3 : Nocicepteurs A $\delta$ -C
- 4 : Corne postérieure, Moelle
- 5 : Deutoneurone
- 6 : Neurone moteur
- 7



# Intégration spinale des messages nociceptifs

## Neurones nociceptifs spécifiques (couche I)

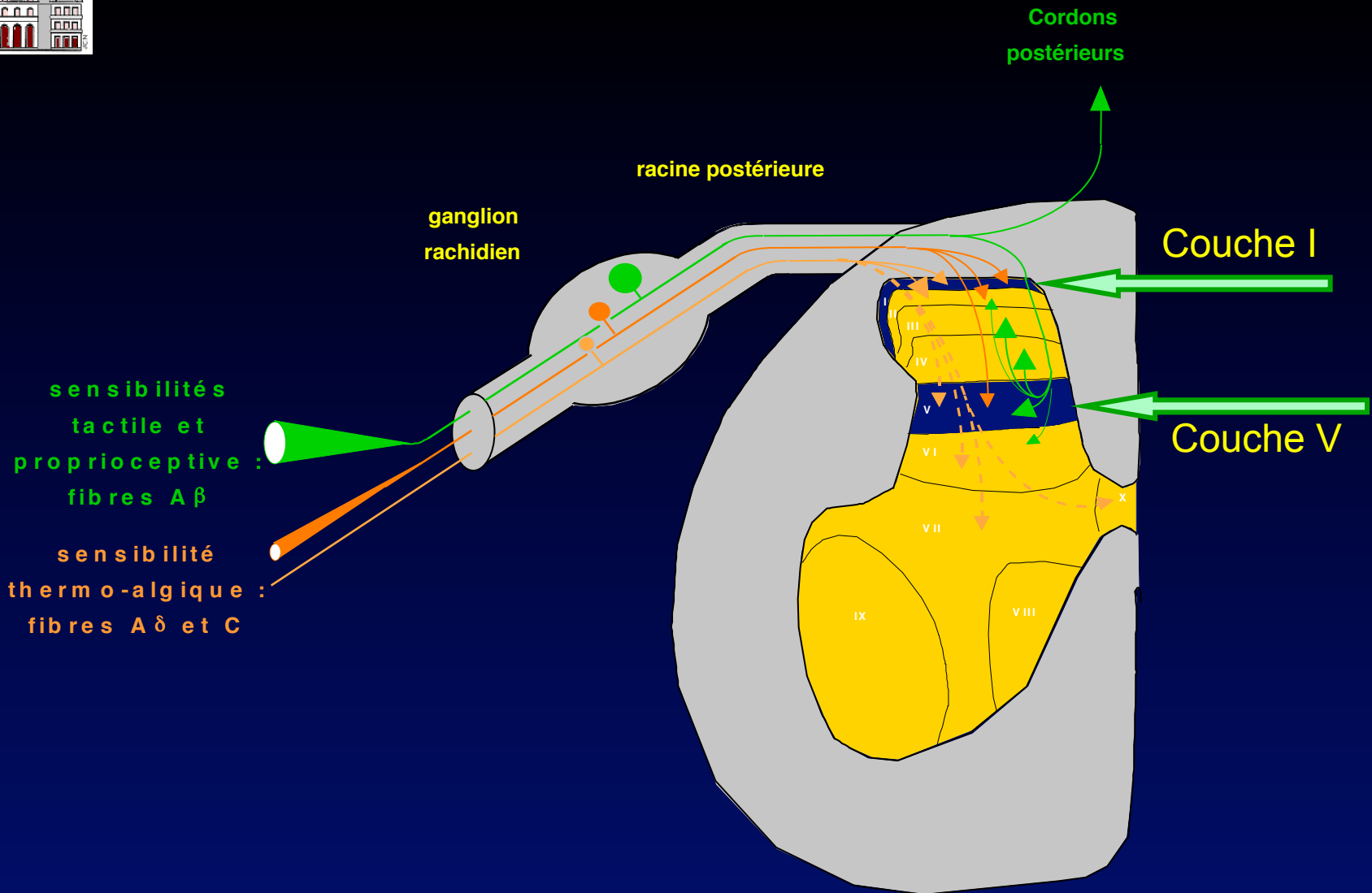
Situés dans les couches les plus superficielles de la corne dorsale de la moelle,  
Ils ne reçoivent que des messages nociceptifs

## Neurones convergents (couche V)

Situés dans des couches plus profondes

- Reçoivent à la fois des messages tactiles et nociceptifs émanant d'un même territoire cutané.
- Reçoivent également des messages nociceptifs d'origine viscérale (explication possible des douleurs référées)

Donner des exemples

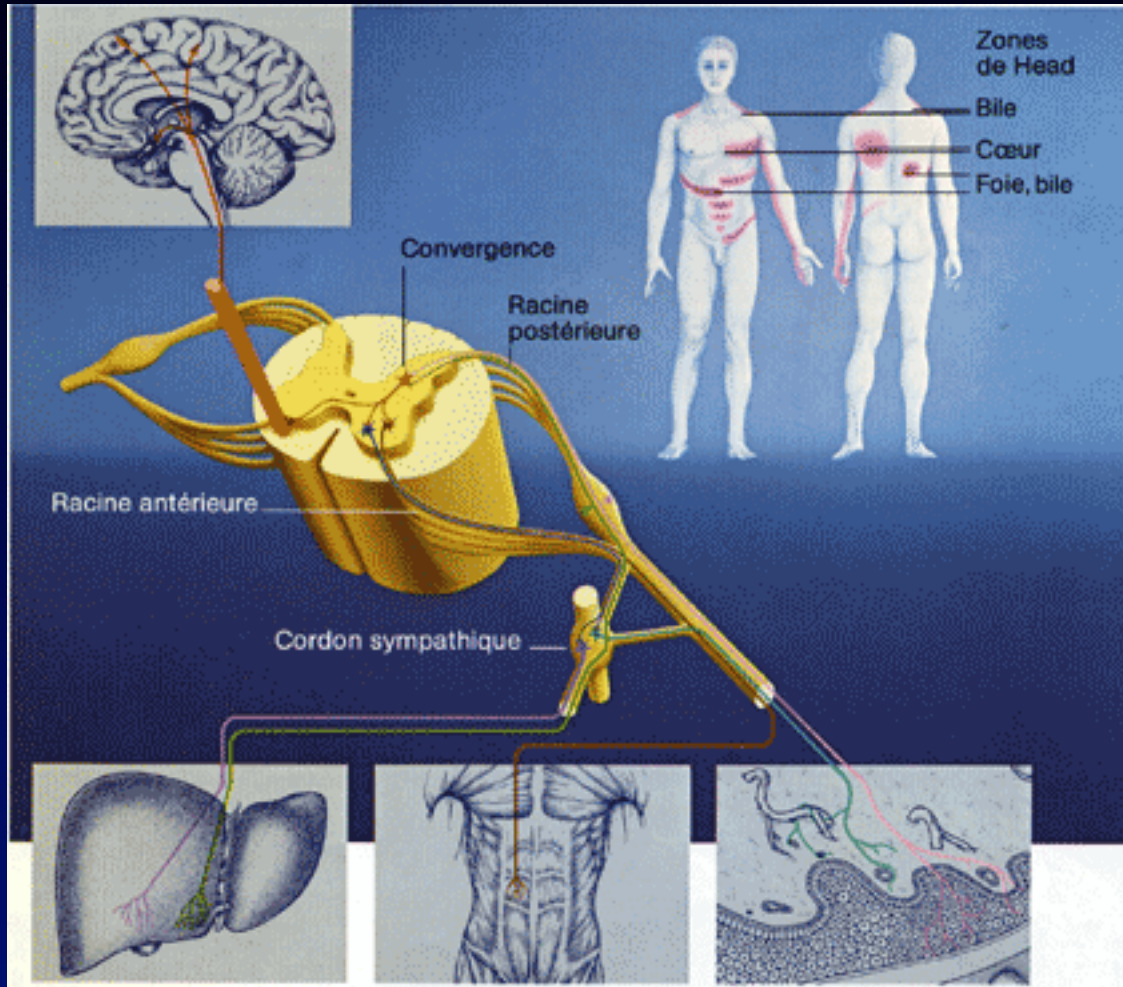


## Intégration spinale des messages nociceptifs





## Explication de la douleur référée différence avec la douleur projetée



*Fig. 4. Douleurs transmises. La convergence de fibres afférentes provenant de la peau et des viscères au niveau des neurones médullaires aboutit à des erreurs de localisation, lors de la perception de douleurs d'origine viscérale: les zones de Head. Par voie réflexe, il se produit une contracture musculaire et une modification dystrophique sympathique de la peau, favorisant l'hyperpathie.*



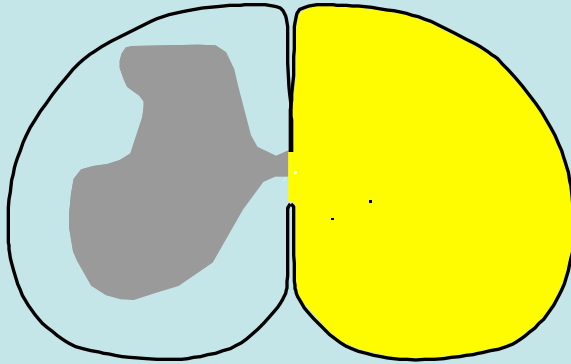
Un peu de neuroanatomie :  
les voies ascendantes de la moëlle  
jusqu' au cortex cérébral.



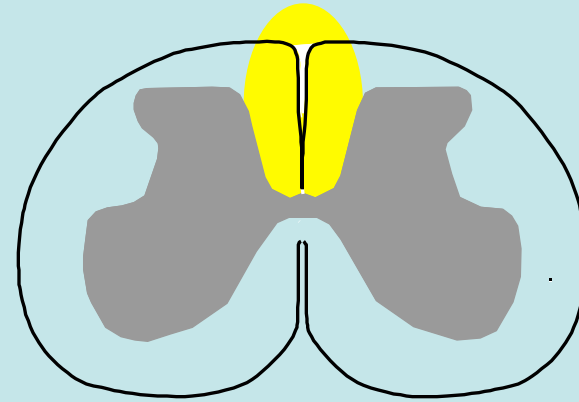
# Lésions médullaires et troubles sensitifs

## Méthode anatomo-clinique de Charcot

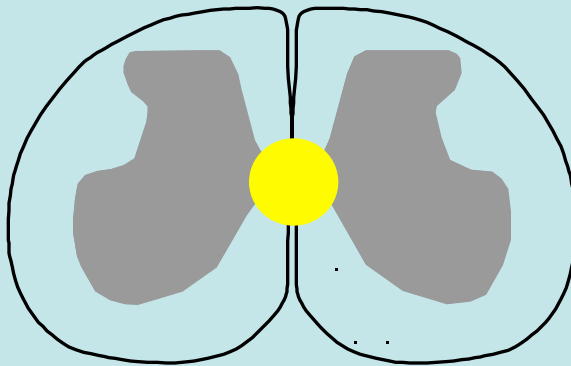
**A** syndrome de Brown -Séguard



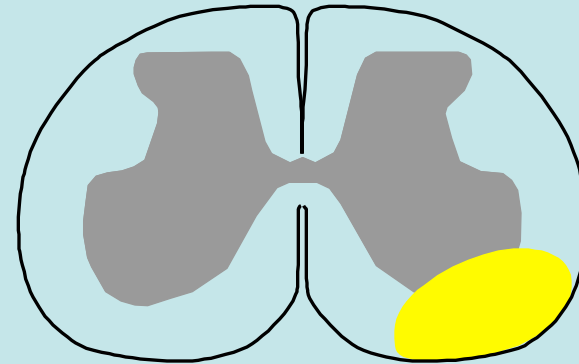
**C** Syndrome cordonal postérieur



**B** Syringomyélie

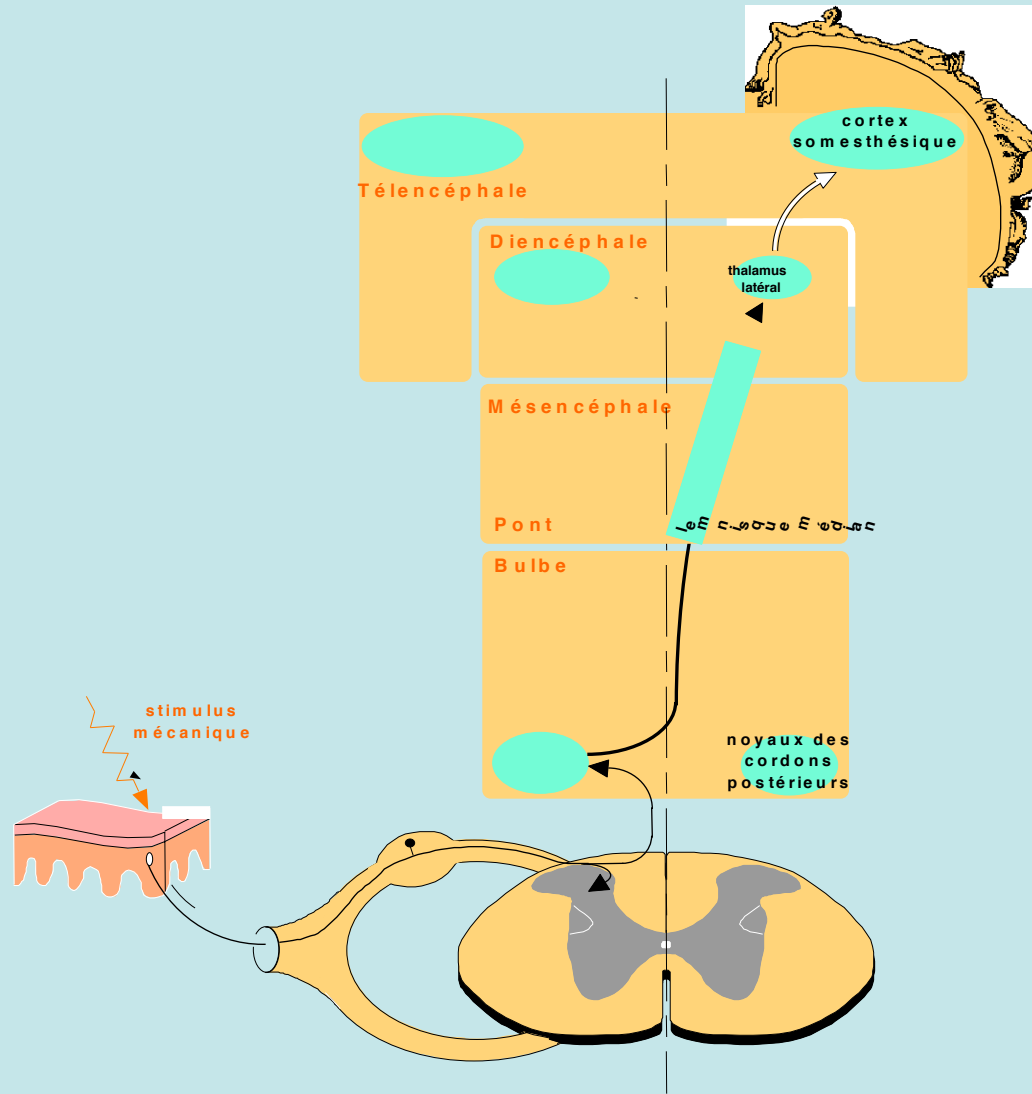


**D** Cordotomie antéro-latérale





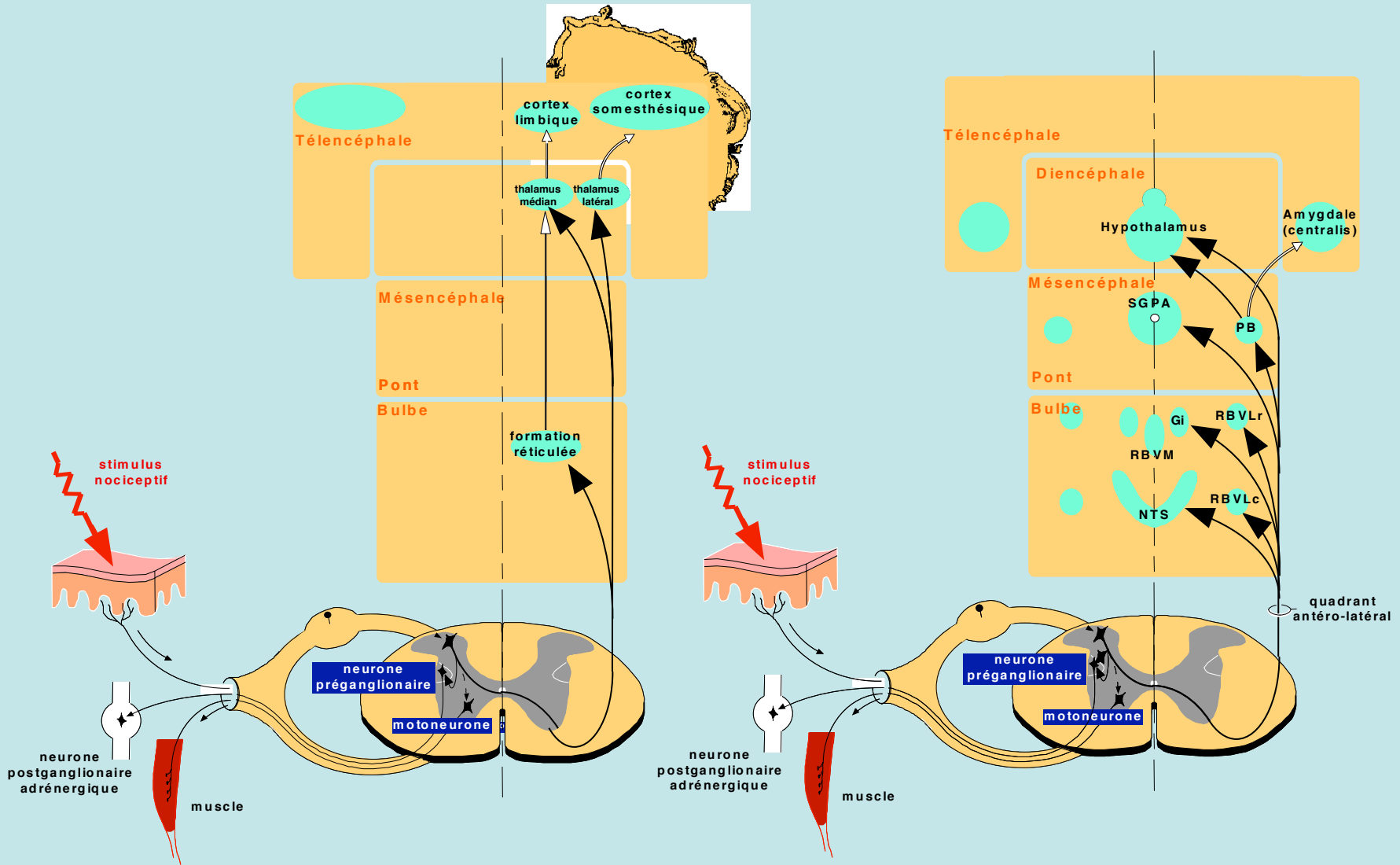
# Voies ascendantes lemniscales



Sensibilité Proprioceptive et Tactile épicrotique (Tact fin, discriminatif)



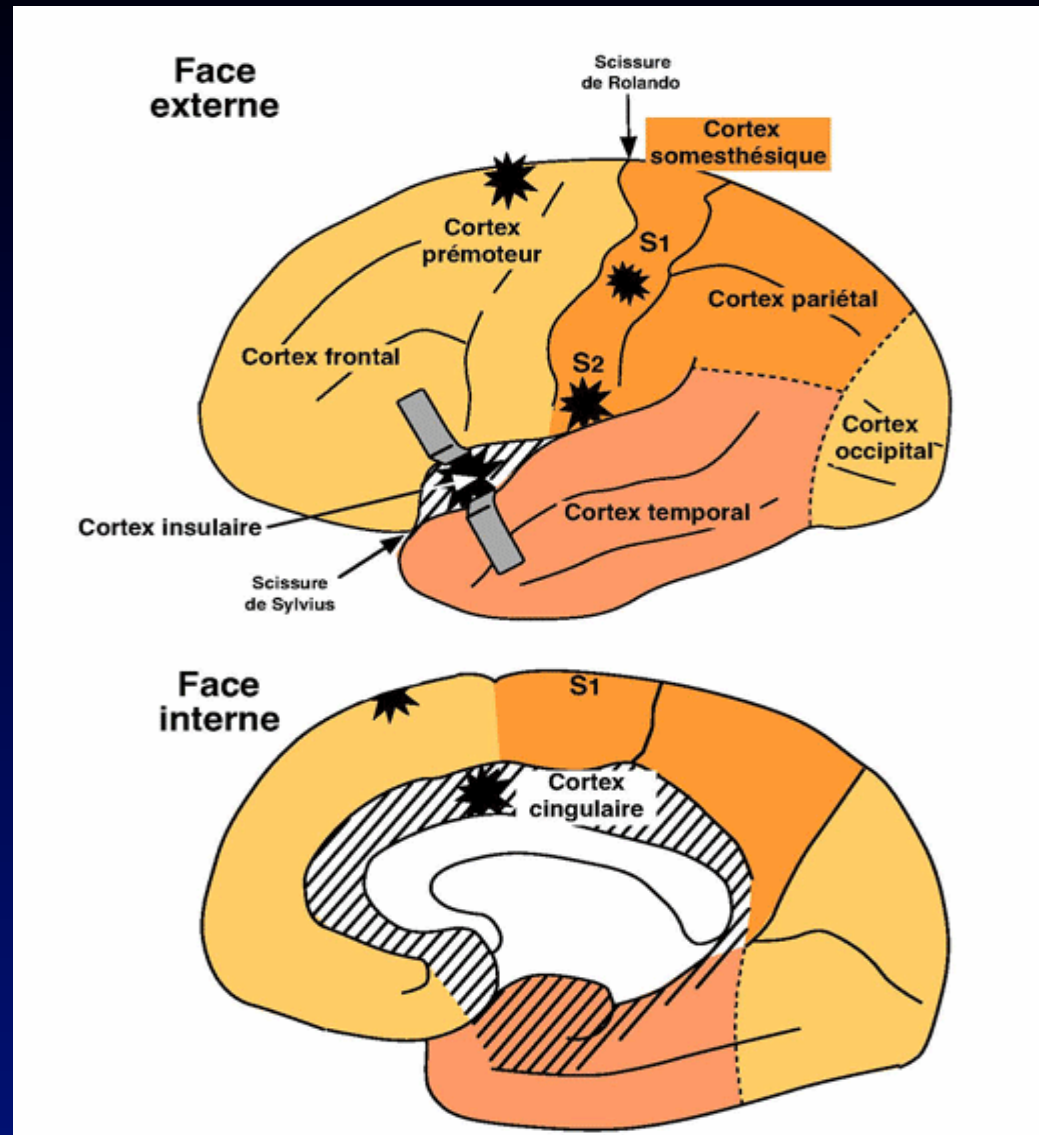
# Voies ascendantes extralemniscales



Sensibilité thermo-algésique



# Projections corticales des messages douloureux





## Plan du topo 2

# Contrôle des messages nociceptifs Au niveau spinal

## 1. Segmentaire (gate control)

2. intra-spinal
3. supra-segmentaire



Melzack R and Wall PD, Pain mechanisms : a new theory,  
Science. 1965 Nov 19 ; 150(699) : 971- 979



R. MELZACK

### THEORIE DU « GATE CONTROL » 1965



P. D. WALL

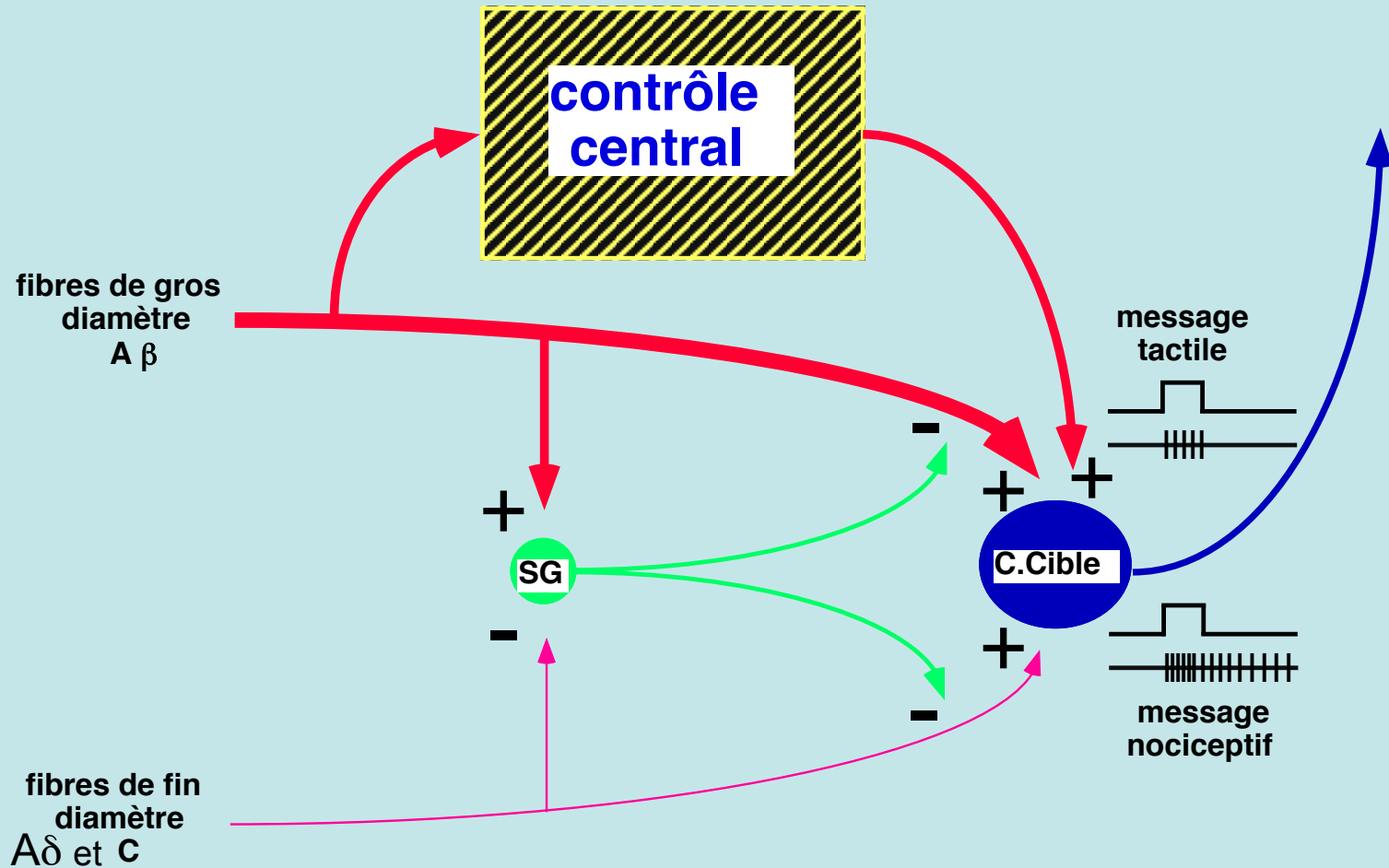
Rôle inhibiteur des fibres de gros diamètre (tactiles) sur les fibres de fin diamètre (nociceptives) au niveau des cellules convergentes (couche 5) via l' interneurone inhibiteur (SG) situé dans les couches 2 et 3 (substance gélatineuse de Rolando).

Application thérapeutique pour le traitement de la douleur :  
la stimulation nerveuse électrique transcutanée  
(TENS, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)





# Contrôle des messages nociceptifs au niveau spinal : contrôle segmentaire (Gate Control Theory of Pain)

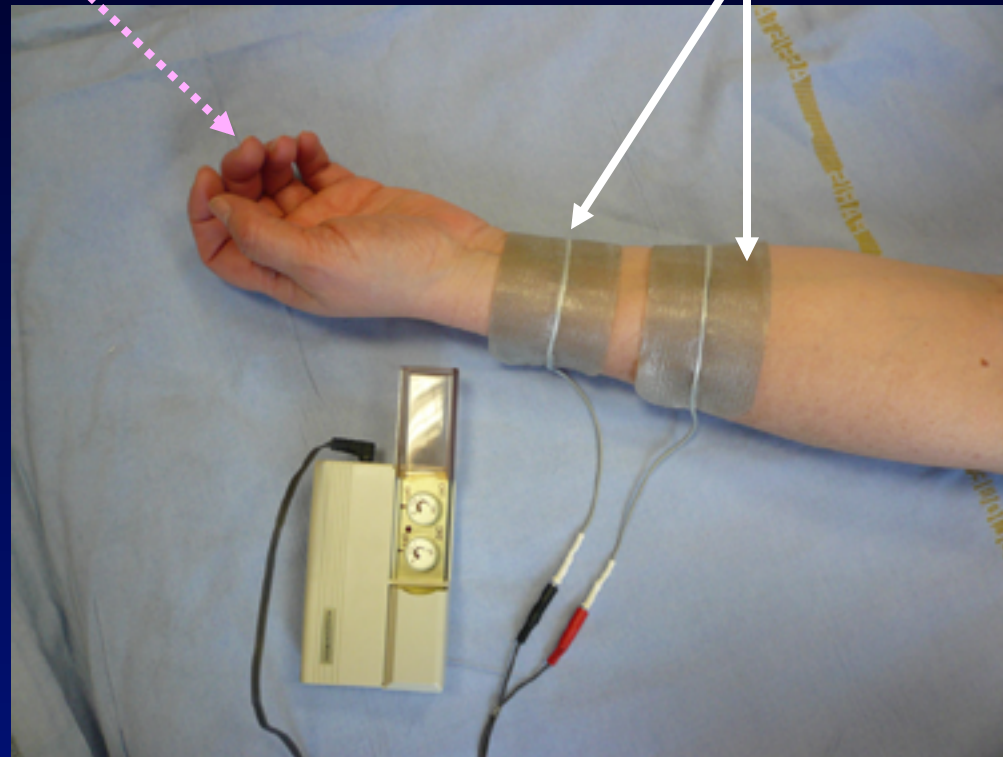


Applications cliniques : TENS (transcutaneous electrical nerve stimulation)



# Example of the TENS procedure for rheumatic pain in the left hand associated with algodystrophic changes of the fingers skin

Large electrodes stimulating simultaneously the large cutaneous fibers of the median, ulnar and radial nerves





## Plan du topo 2

# Contrôle des messages nociceptifs

## Au niveau spinal

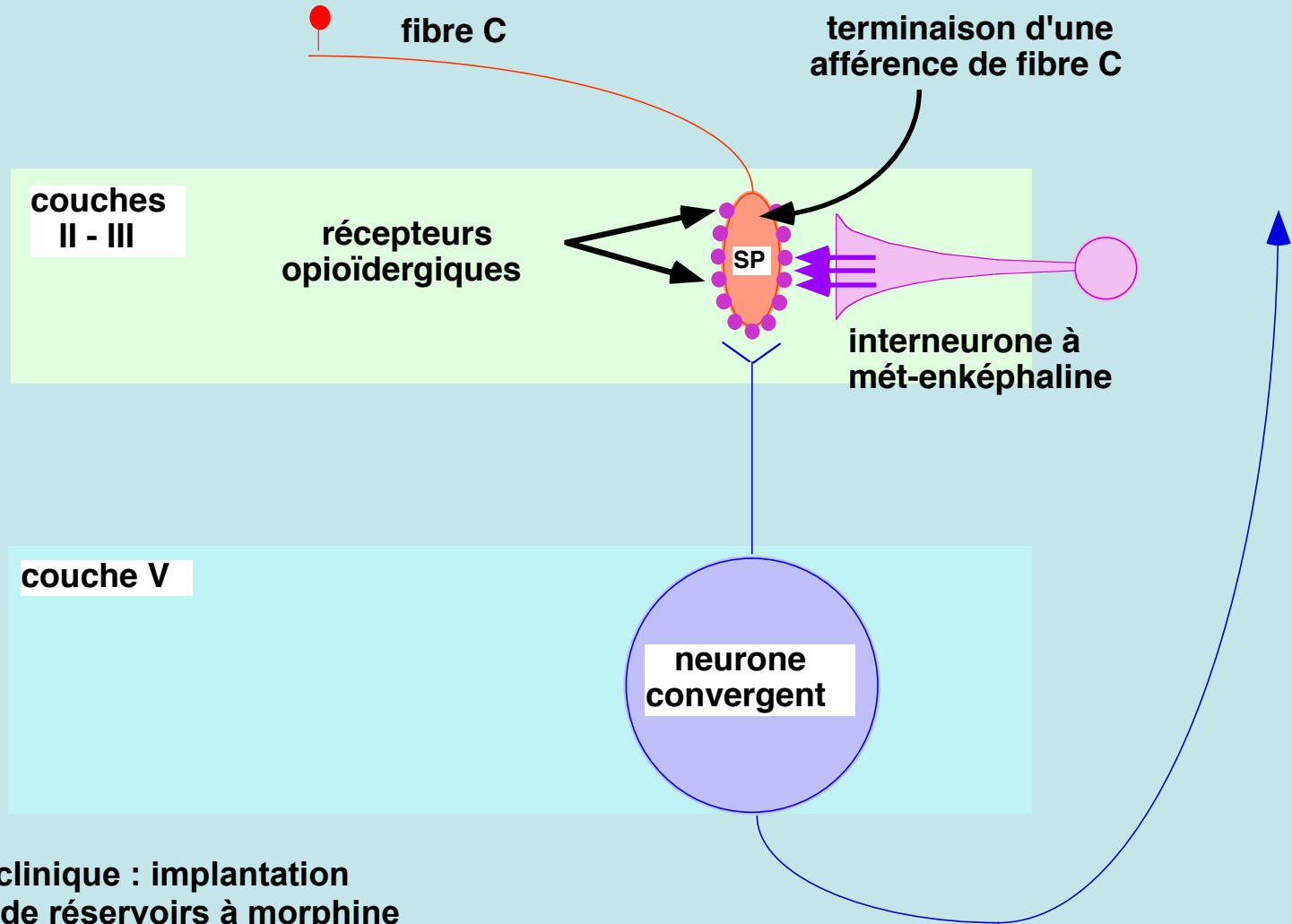
1. segmentaire

## 2. Intra-spinal (neurochimique)

3. supra-segmentaire



# Contrôle intra-spinal des messages nociceptifs : La Mét-Enképhaline (et la morphine) bloquent la transmission du message nociceptif dès le premier relai médullaire



**Application clinique : implantation intrathécale de réservoirs à morphine**



## Plan du topo 2

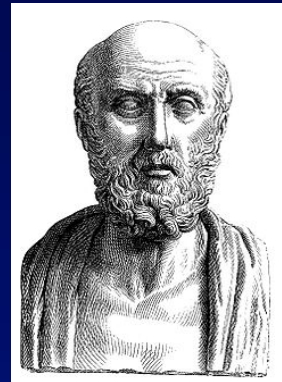
# Contrôle des messages nociceptifs Au niveau spinal

1. segmentaire
2. intraspinal

### 3. supra-segmentaire (CIDN) :

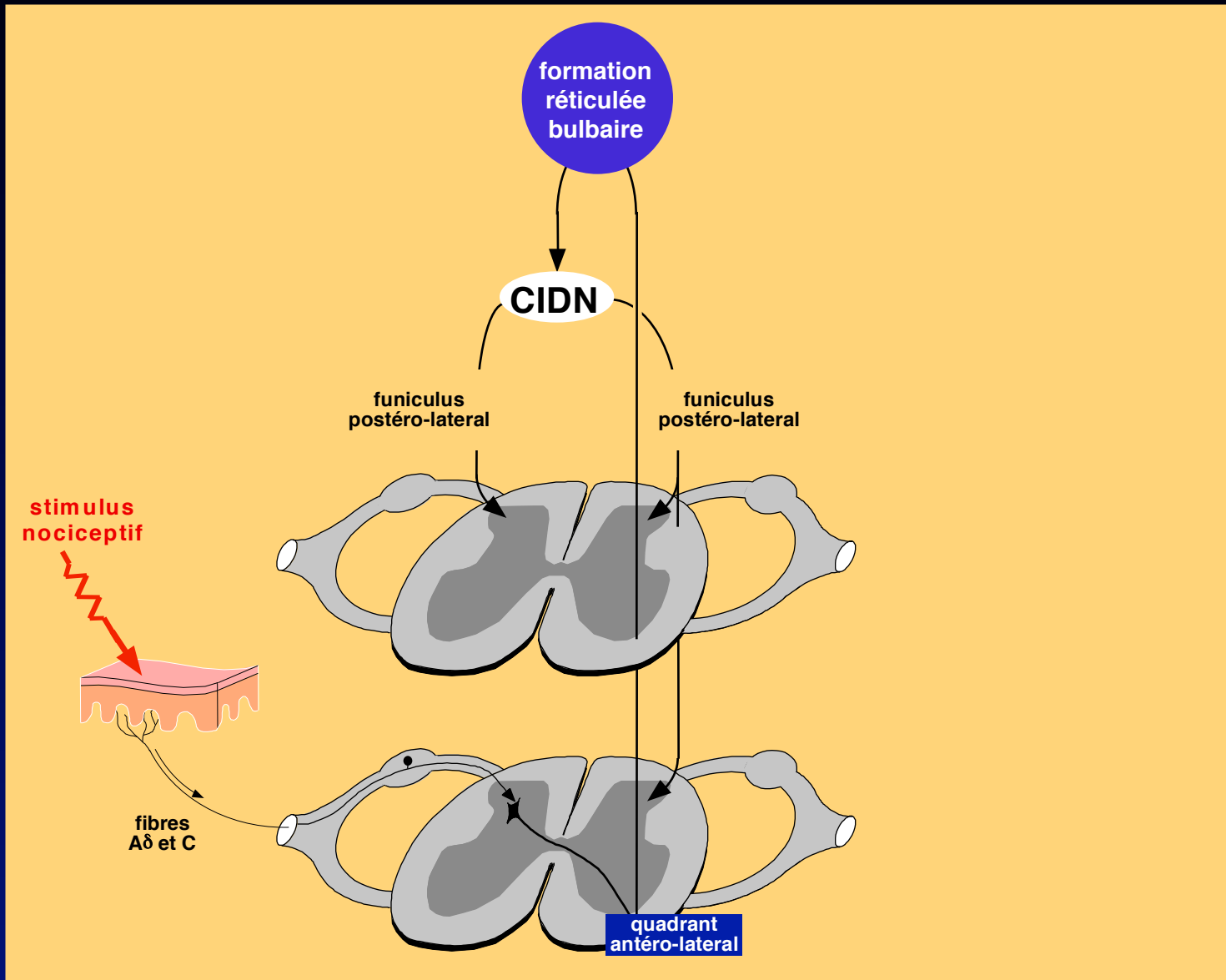
**Contrôles Inhibiteurs Diffus induits par des stimulations Nociceptives**

« Aphorisme d' Hippocrate : lorsque deux douleurs existent à deux endroits distincts du corps, la plus forte fait taire la plus faible. »





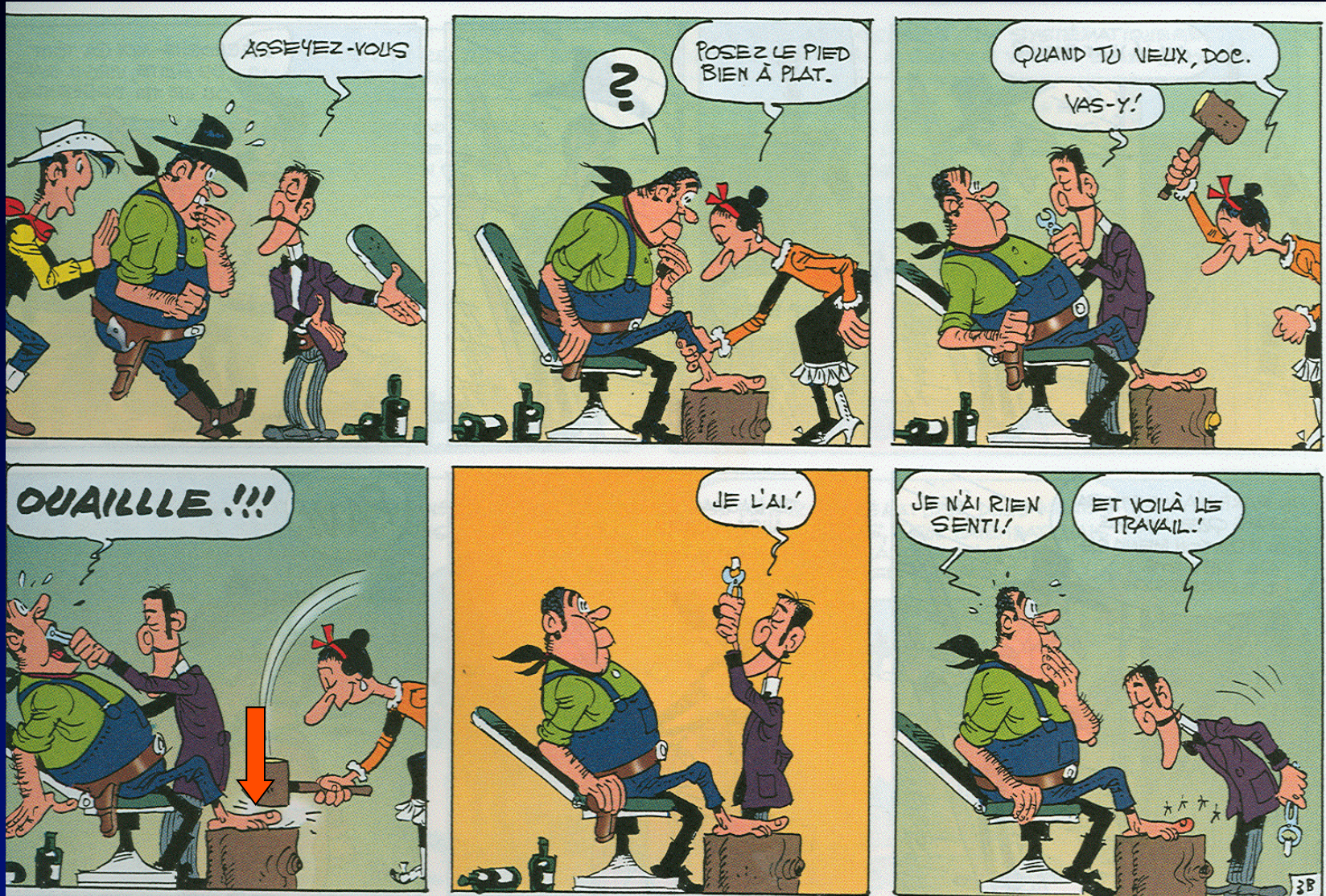
# Contrôle spinal des messages nociceptifs : au niveau supra-spinal Les Contrôles Inhibiteurs Diffus induits par Stimulations Nociceptives (CIDN)





# Contrôles Inhibiteurs Diffus induits par Stimulations Nociceptives (CIDN)

Une douleur forte masque une douleur plus faible hétérotopique  
Phénomène connu en médecine populaire sous le nom de contre-irritation



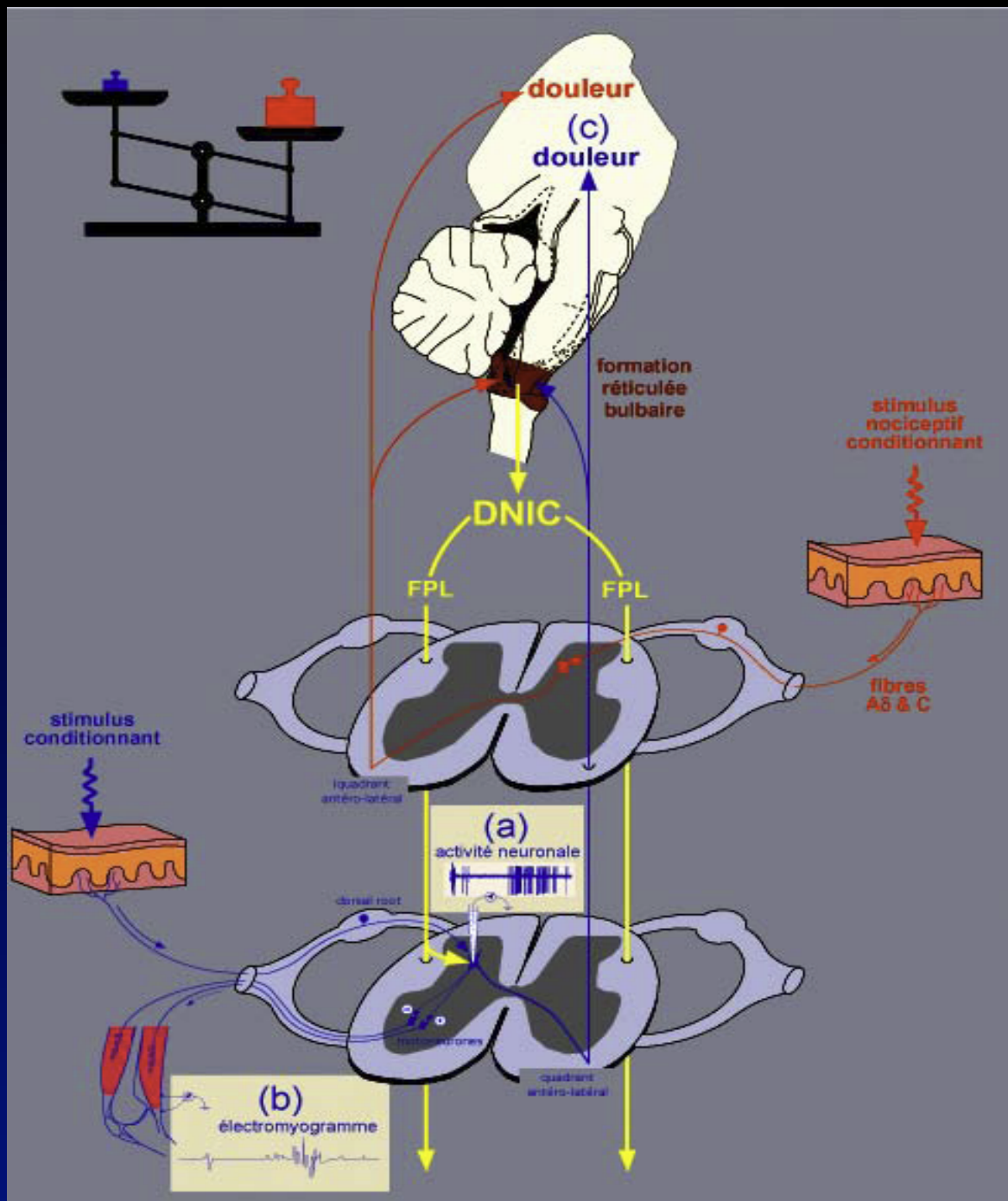


# Les CIDN sont connus depuis l'antiquité

Une douleur forte masque une douleur plus faible hétérotopique  
Phénomène connu en médecine populaire sous le nom de contre-irritation







lorsque deux douleurs existent à deux endroits distincts du corps, la plus forte fait taire la plus faible. »



# Au niveau supraspinal

## Contrôles non spécifiques

### Phénomènes attentionnels

Attention sélective – dérivation de l'attention sur un autre site

Suggestion

Hypnose

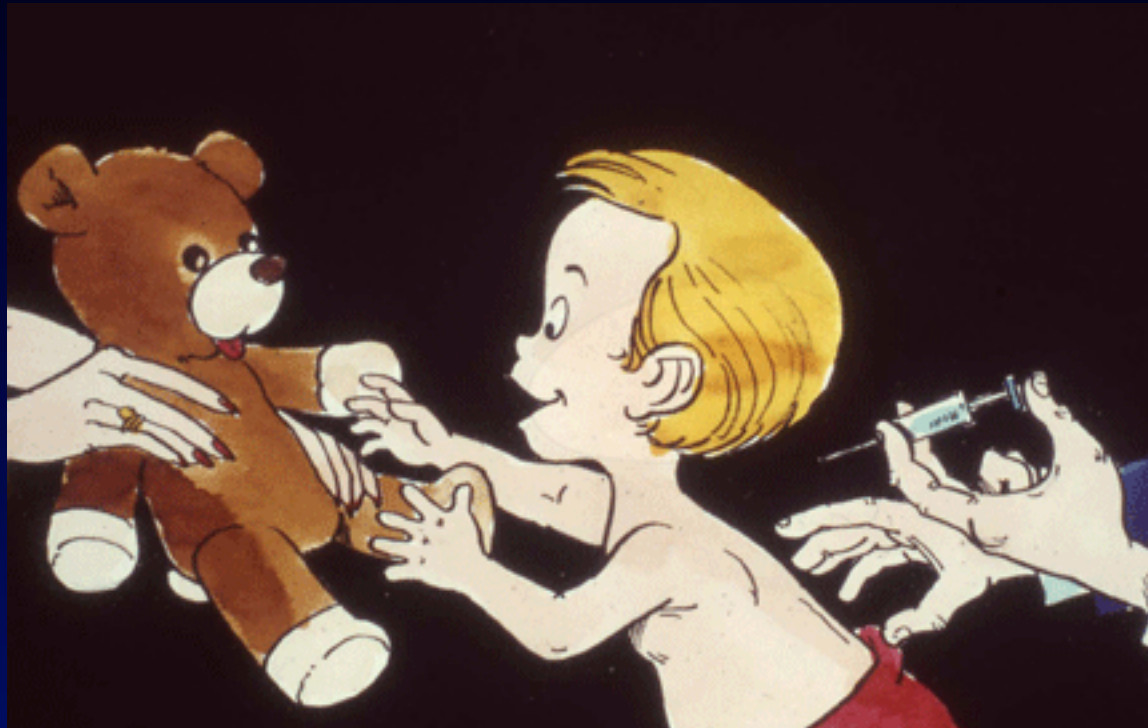
Sofrologie

Stress

Effets placebos.. etc..



## Contrôle supraspinal inhibiteur : phénomènes attentionnels





Stress et douleur !!! Une autre histoire.....



Merci pour votre attention