



**La recherche
en matière de traumatismes
du système nerveux central**

**entre espoirs et réalités en 2014
KAP OUEST 29 MARS 2014**



Institut pour la recherche
sur la Moelle épinière
et l'Encéphale

La recherche en matière de traumatismes du système nerveux central

Traumatismes Médullaires

La moelle épinière

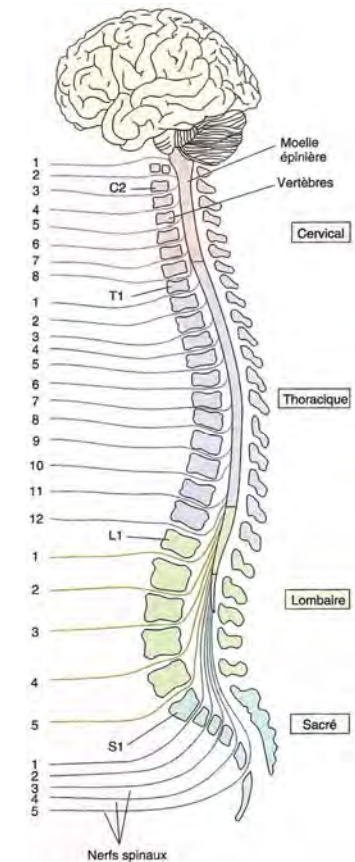
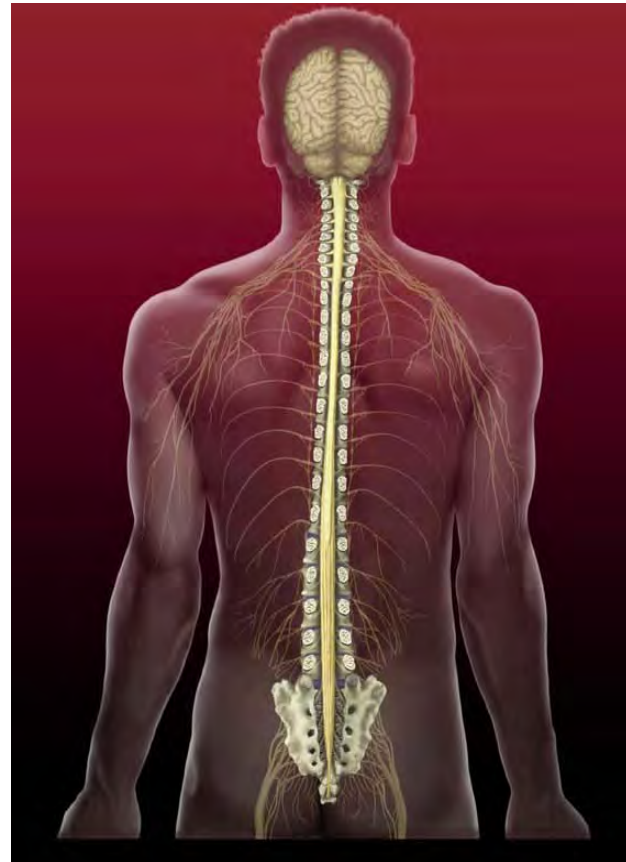
- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherche

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle



Fonctions

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

La moelle épinière n'est pas un simple câble
Rôle intégrateur

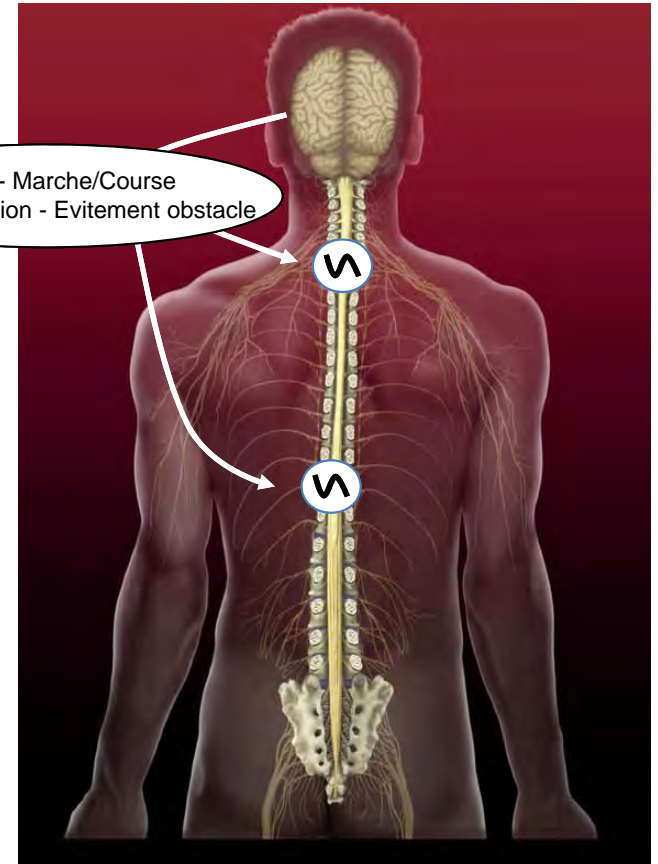
1. Interprète et Trie

2. Réflexes

3. Réseaux locomoteurs

Marche/Arrêt - Marche/Course
Vitesse/Direction - Evitement obstacle

Organiser le patron de marche



Traumatismes Médullaires

La moelle épinière

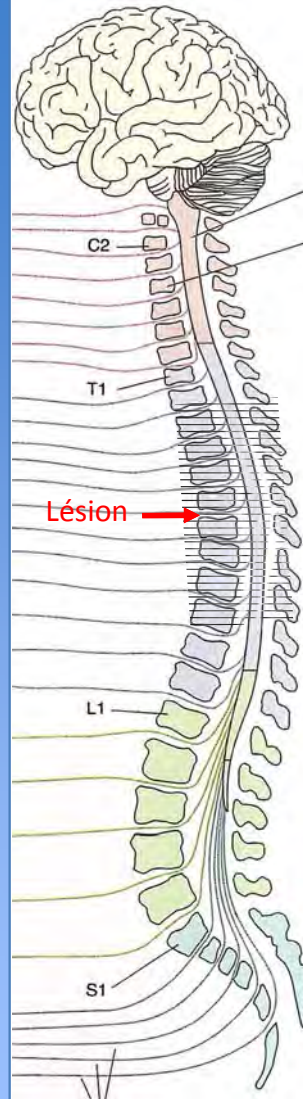
- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine Exosquelettes
 - Environnement virtuelle



Déficits

Moteurs

Mouvements de la tête, du coup des épaules et des poignets

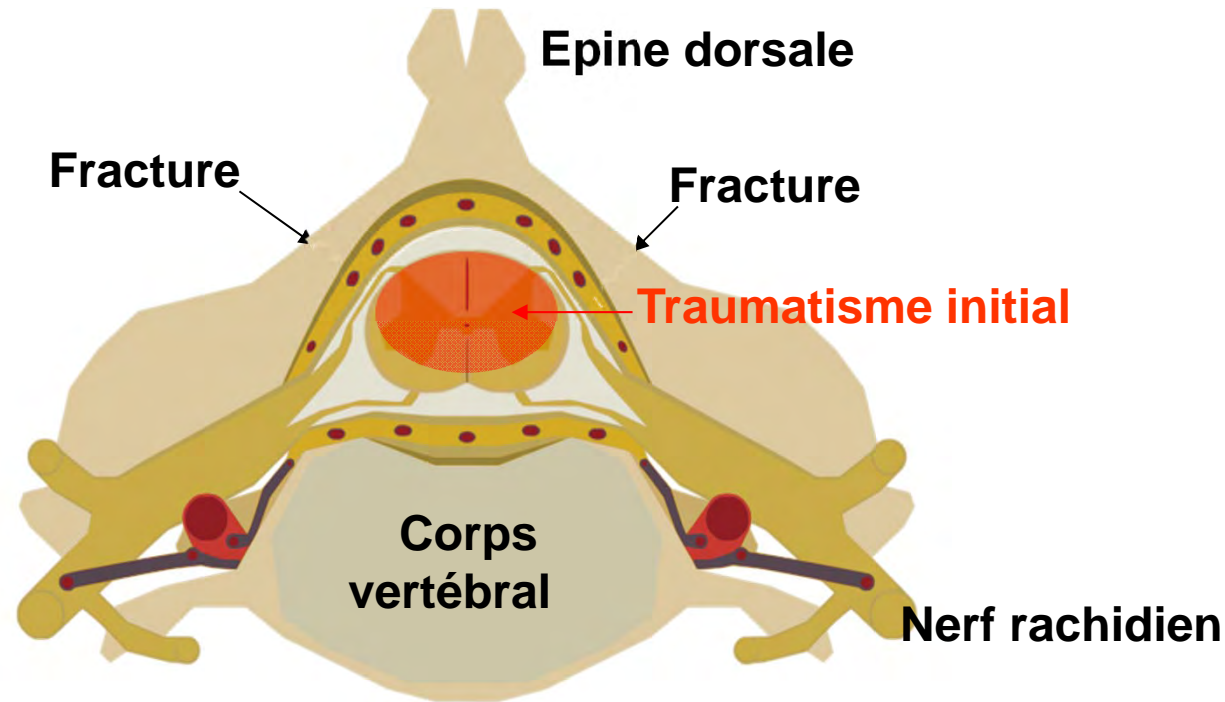
Neuro-végétatifs

Abolition des régulations ventilatoire et cardiaque

Mouvements des doigts

Difficultés respiratoires

Les trois phases d'un traumatisme médullaire



Aigue: ruptures cellulaires, hémorragies, changements biochimiques

Secondaire: oedèmes, inflammation, dégénérescence axonale

Chronique: démyélinisation, cavités kystiques, cicatrice gliale

Incidence: 1500 cas/an

Gens jeunes (15-30ans) 3.5hommes/1 femme

Atteinte (complète/incomplète) et niveau lésionnel:

-paraplégies complètes 34%; les tétraplégies complètes 19%; paraplégies incomplètes 18%; tetraplégies incomplètes: 29%

-seulement $\pm 25\%$ retrouvent une activité professionnelle

-espérance de vie quasi normale

-**cout financier:** 250k€ à 1M€(1ere année) et 20k€ à 100k€ pour les suivantes

Objectifs des projets soutenus par l'IRME

- **Protéger les cellules nerveuses** par une prise en charge précoce et par des substances pharmacologiques nouvelles
- **Diminuer le phénomène de cicatrice gliale** au niveau de la zone traumatisée qui constitue une barrière infranchissable pour la repousse axonale
- **Rétablir une fonction** par transplantation de cellules nerveuses ou de cellules souches ou par greffes de nerfs.
- **Comprendre les mécanismes** de la douleur et de la spasticité, évaluer les méthodes de rééducation par les techniques nouvelles d'imagerie
- **La moelle artificielle**

LA NEUROPROTECTION



- Prise en charge coordonnée
- Corticoïdes
- Inhibiteurs du NMDA
- Gangliosides
- Vitamine D
- EPO



PRISE EN CHARGE COORDONNEE

- BILAN LESIONNEL SUR LES LIEUX DE L'ACCIDENT
- REANIMATION, IMMOBILISATION
- TRANSFERT CENTRE DE REFERENCE
- LEVEE DE LA COMPRESSION
- REEDUCATION INTENSE ET PRECOCE



score ASIA

IRM f. et tracking

ETUDE MULTICENTRIQUE EUROPEENNE DE LA CHIRURGIE PRECOCE DANS LES TRAUMATISMES DE LA MOELLE EPINIÈRE

FICHE DE TRANSPORT

Date : J M A SAMU ou SMUR: _____ Nom du médecin : _____

Nom du patient : Prénom du patient : Date de naissance : J M A Sexe : M / F
(3 premières lettres du nom) (2 premières lettres du prénom)

Heure de l'accident : h mn Heure d'arrivée du SMUR : h mn

Heure de départ : h mn Heure d'arrivée à l'hôpital : h mn

Pouls : _____ /mn TA : _____ / _____ Lésions associées : Crâne - Thorax - Abdomen - Membres

Patient sédaté : OUI / NON Préciser : _____

Score de Glasgow : _____

Saturation oxygène : _____ %

Douleurs rachidiennes : + / ++ / +++ / NE Paresthésies : OUI / NON / NE Priapisme : OUI / NON / NE

MOTRICITE / MUSCLES CLES **SENSIBILITE / POINTS SENSITIFS CLES**

D		G	
C5			
C6			
C7			
C8			
T1			
L2			
L3			
L4			
L5			
S1			

Tact		Piqûre	
D	G	D	G
		C2	
		C3	
		C4	
		C5	
		C6	
		C7	
		C8	
		T1	
		T2	
		T3	
		T4	
		T5	
		T6	
		T7	
		T8	
		T9	
		T10	
		T11	
		T12	
		L1	
		L2	
		L3	
		L4	
		L5	
		S1	
		S2	
		S3	
		S4/5	

0 : absence de contraction
 1 : contraction palpable ou visible
 2 : mouvement actif, sans pesanteur
 3 : mouvement actif, contre pesanteur
 4 : mouvement actif, contre résistance
 5 : mouvement actif, contre une forte résistance

NT : non testable
 - Contraction anale volontaire : oui / non

SCORE MOTEUR :

- Intubation : Oui/Non - Ventilation : Oui/Non
 - Perfusion : Oui/Non Volume : ml
 - Autres traitements : Oui/Non
 Produits et doses :

SCORE TACT :
SCORE PIQURE :

0 : absente
 1 : anormale
 2 : normale
 NT : non testable
 - Sensibilité anale (même partielle) : oui / non

COMMENTAIRES / AGGRAVATION :
 Hypotension artérielle (PAM < 80 mmHg, épisode de plus de 5 minutes) : OUI / NON Si oui durée : _____ mn
 Désaturation (sat < 92% épisode de plus de 5 minutes) : OUI / NON Si oui, durée : _____ mn Inhalation : OUI / NON
 Autre (préciser) : _____

CONCLUSIONS : Score ASIA moteur du membre le plus atteint :
 Niveau : cervical / dorso-lombaire (le niveau à coter est le dernier métamère sain)
 Atteinte : complète / incomplète (s'il persiste une sensibilité ou une fonction motrice au niveau du segment sacré le plus bas)
 Identification du service d'hospitalisation : _____





- Cette prise en charge coordonnée a permis de diminuer les séquelles



NEUROPROTECTION

- DIMINUER L'INFLAMMATION
- ARRETER LA CASCADE CYTO-TOXIQUE

LA NEUROPROTECTION

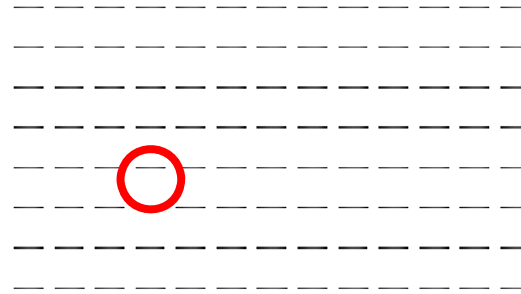


- Corticoïdes
- Inhibiteurs du NMDA
- Gangliosides
- Vitamine D
- EPO

Stratégie de découverte de molécules thérapeutiques

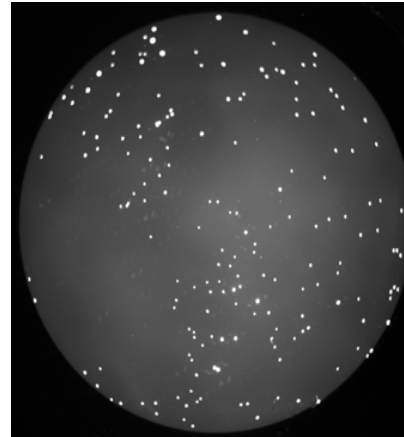


Test d'une librairie de composés

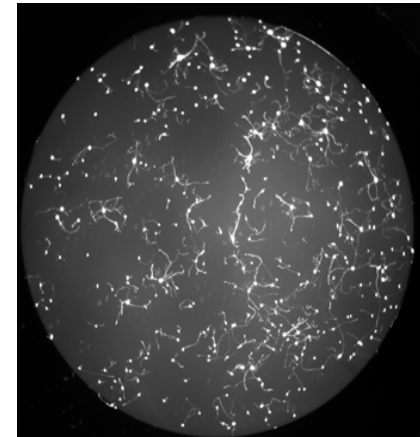


PLATEFORME ROBOTISÉE
NEURONES EN CULTURE

Neurones cultivés dans
un extrait de lésion



Neurones +composé "prometteur"



Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

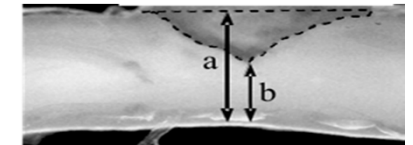
- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

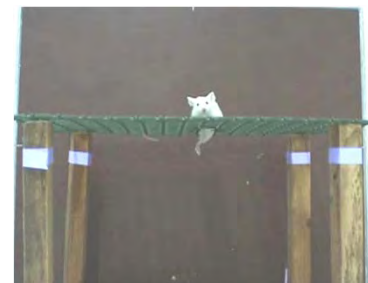
Stratégie de découverte de molécules thérapeutiques (Essais sur des modèles animaux)

1. Lésion induite expérimentalement



2. Administration du composé

3. Tests comportementaux: évaluer l'efficacité des composés "prometteurs"



ex: tests d'aptitudes motrices

Affiner la sélection des molécules potentiellement bénéfiques

Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

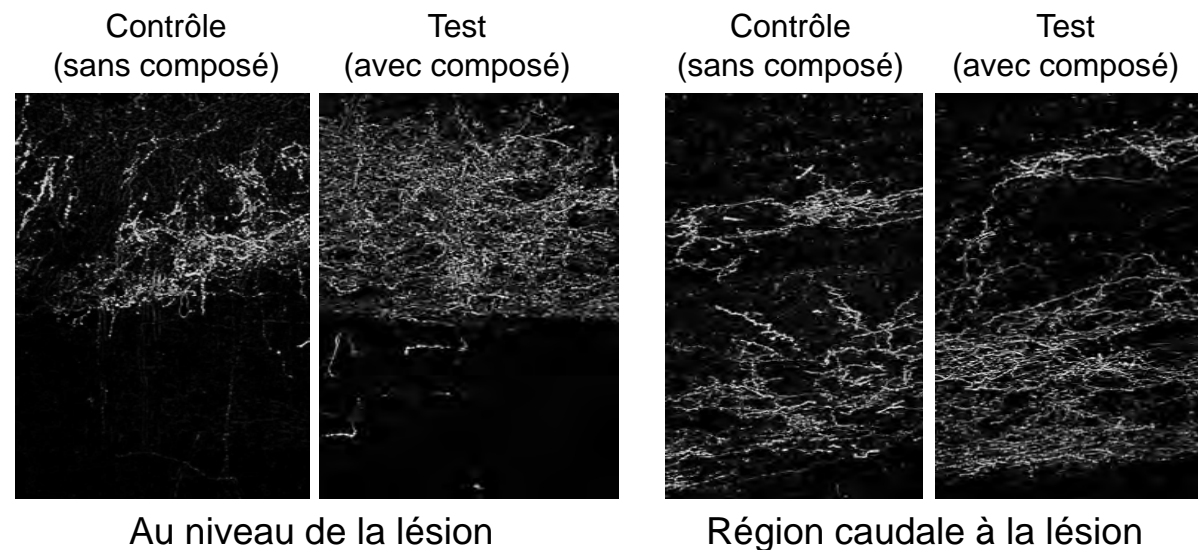
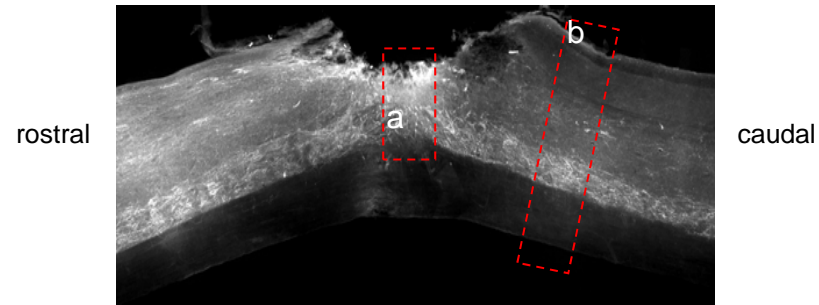
Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

Stratégie de découverte de molécules thérapeutiques (Analyse histologique)



Quelles sont les modifications anatomiques induites par l'administration de la molécule

Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

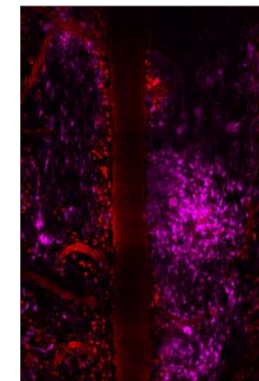
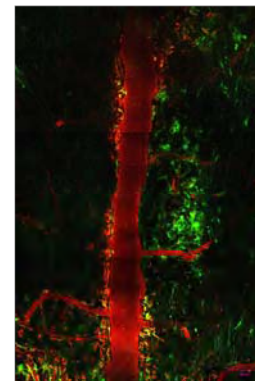
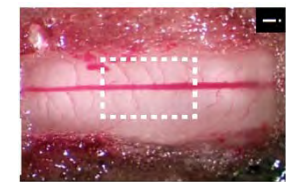
- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

Imagerie optique de modèles animaux : recherche préclinique

ex: Imagerie biphotonique *intravivante* de souris « transgéniques multicolores » avec fenêtré dorsale



Etudier **sur le long cours** et **sur le même animal**

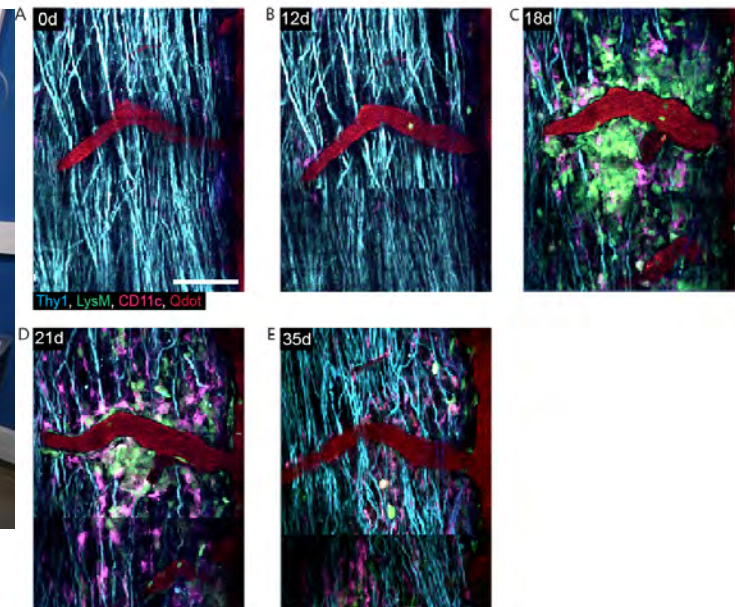
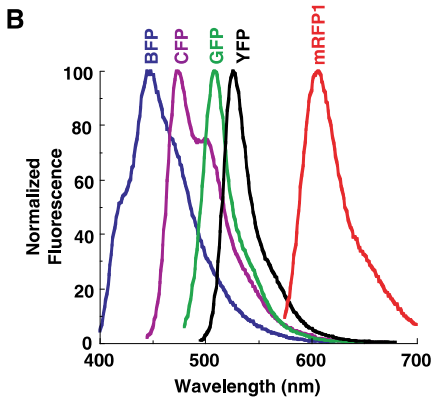
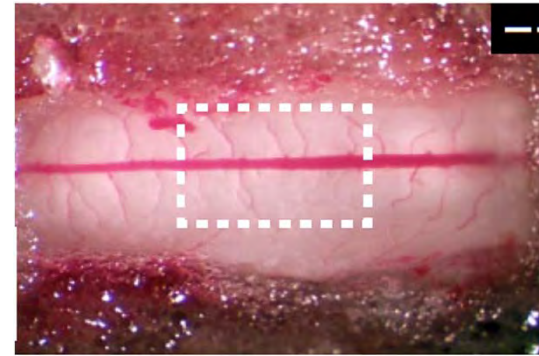
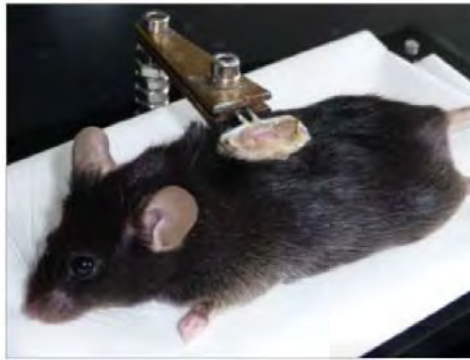
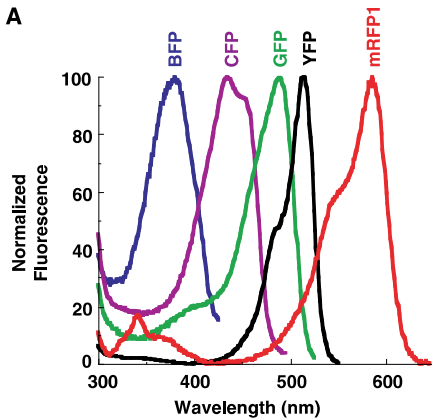
Processus lésionnels

Processus de récupération

Imagerie biphotonique Souris « transgéniques multicolores » avec fenêtre dorsale



- Spectres d'excitation (A) et d'émission (B) des protéines: blue (BFP), cyan (CFP), green (GFP), yellow (YFP) and red (mRFP) pour marquer différentes populations cellulaires chez la souris

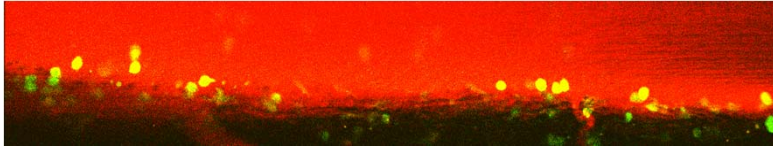


Même zone imagée pendant plusieurs jours

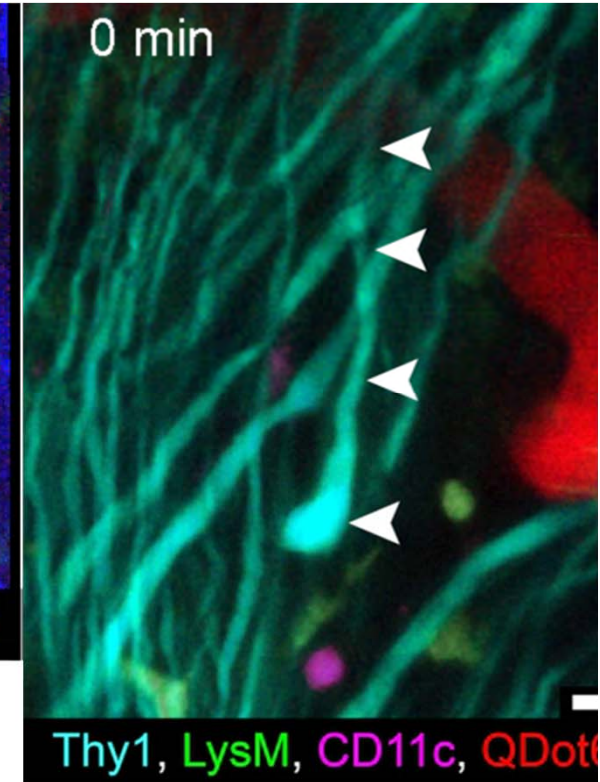
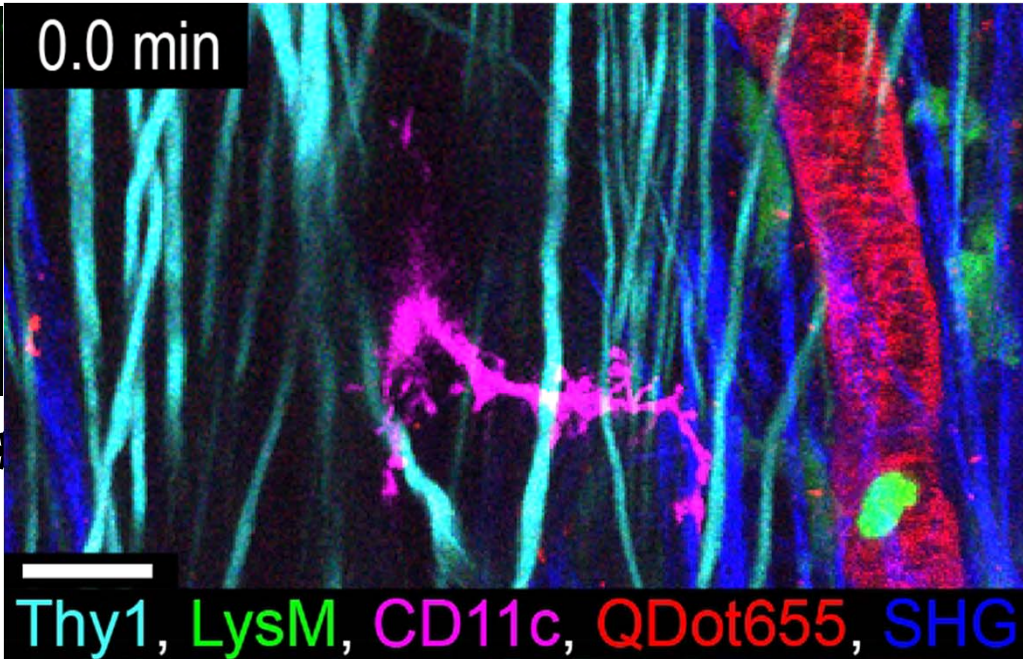
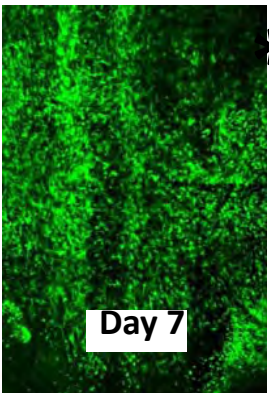
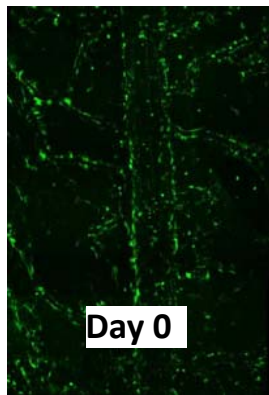
Imagerie simultanée de plusieurs acteurs cellulaires : exemple de l'inflammation

Interactions entre cellules inflammatoires individuelles et les axones observées en temps réel

Day 7



Green Macrophages





RESULTATS NEUROPROTECTION

- Toutes les molécules testées à ce jour ont fait la preuve de leur efficacité chez l'animal
- Elles n'ont eu qu'un effet limité non significatif lors des essais cliniques



Vers un nouveau mode de pensée en matière de neuroprotection

- En cancérologie, la chimiothérapie associe plusieurs molécules
- En infectiologie, plusieurs antibiotiques sont nécessaires
- En neuroprotection, il faut dépasser le mythe de la molécule miracle et associer anti-inflammatoires (stéroïdes), anti-NMDA (gacyclidine), la vitamine D et l'EPO

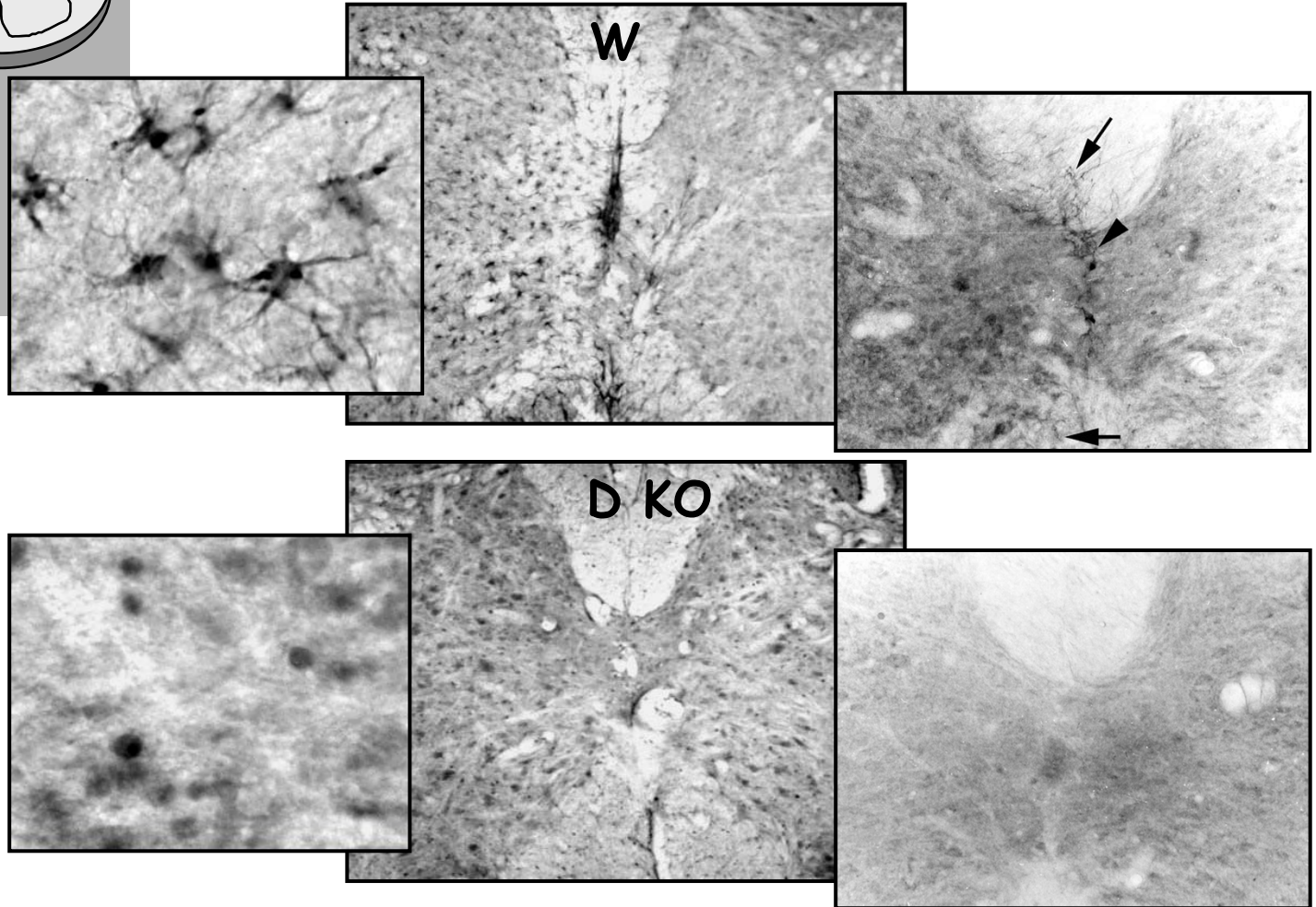
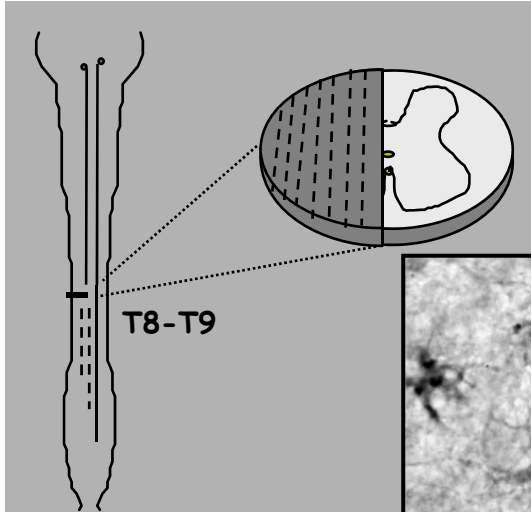
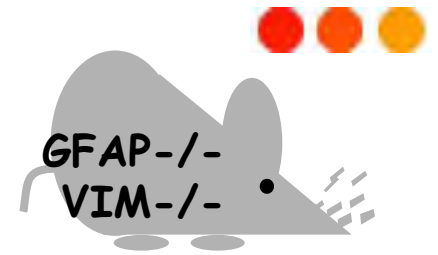


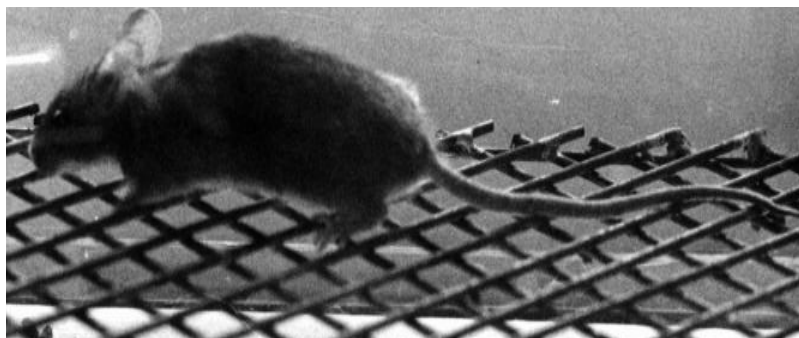
Inhibition de la cicatrice gliale

- LA CICATRICE GLIALE EST UNE BARRIÈRE PHYSIQUE ET BIOCHIMIQUE QUI S'OPPOSE A LA REPOUSSE AXONALE

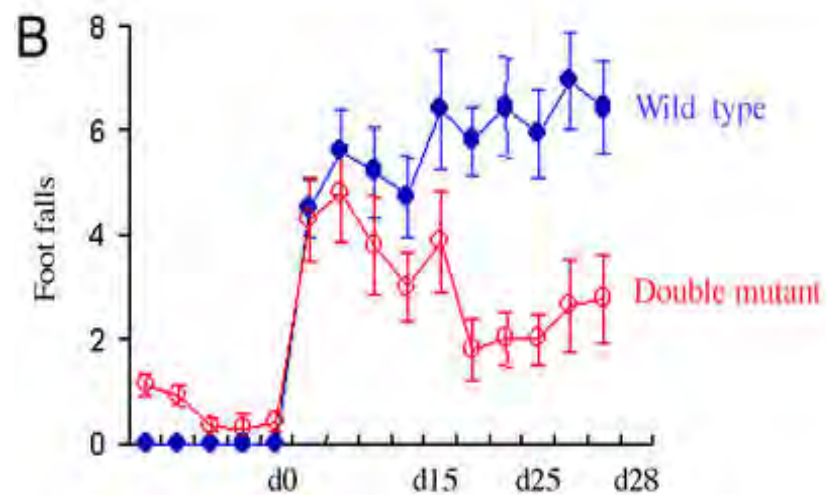
Modification de la cicatrice gliale

- approche *in vivo* -





A	Training period	2 weeks postlesion	4 weeks postlesion
Wild type	12.59 ± 1.1 s	23.16 ± 5.1 s	21.43 ± 2.6 s
Double mutant	11.78 ± 1.0 s	26.10 ± 1.2 s	23.99 ± 3.8 s





Translation

vers des stratégies thérapeutiques

- SiRNA de GFAP & VIM peuvent interférer avec l'expression des protéines
- Le ciblage peut être obtenu grâce à l'incorporation dans un vecteur lentiviral

Ainsi la formation de la cicatrice gliale pourrait être contrôlée dans le temps et dans l'espace

La repousse axonale



- Les cellules souches
- Les greffes de nerfs périphériques
- La rééducation intensive

Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

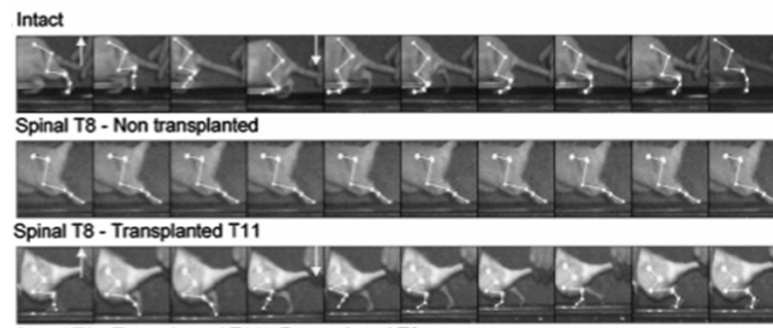
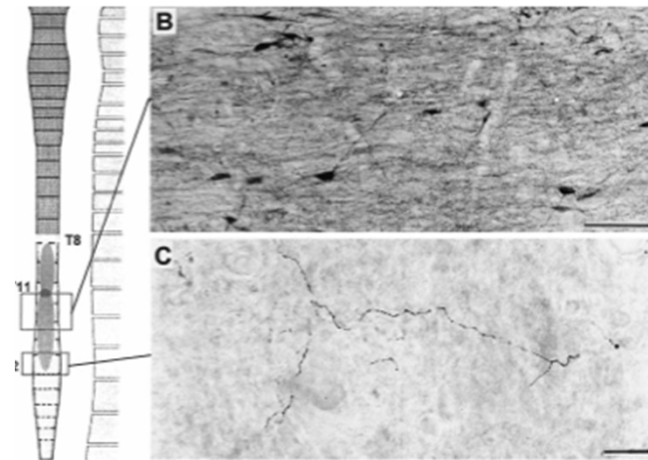
- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

Remplacer les neurones perdus

ex: greffe de neurones embryonnaires du raphe chez le rat



Gimenez y Ribotta et al. J. Neuroscience (2000)



Faisabilité
 Viabilité de la greffe
 Assimilation dans les réseaux existant
 Potentiel de cette approche en matière de récupération

Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
 - Contourner la lésion
 - Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

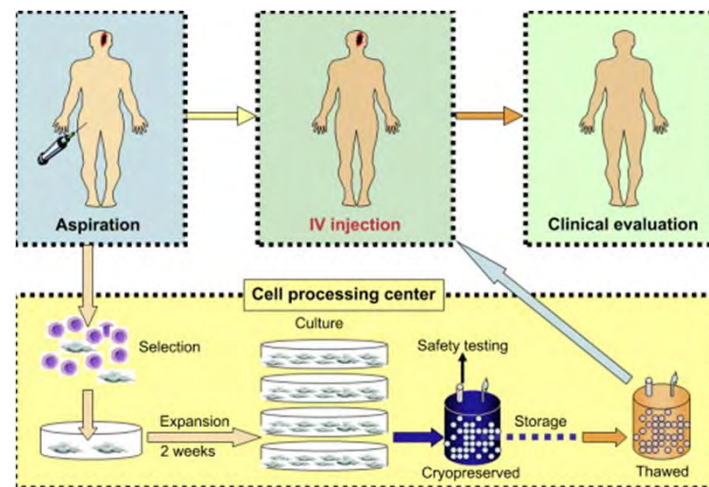
Remplacer les neurones perdus

- Cellules souches (embryonnaires / du système nerveux central)
- Cellules engainantes olfactives

Remplacer les cellules nerveuses détruites
les cellules engainantes (gaine de myéline)

Protéger le tissu nerveux
libération de facteurs neuroprotecteurs
libération de facteurs de croissance
bloquer les molécules inhibitrices de la croissance axonale

Privilégier les greffes autologues





LES CELLULES SOUCHES

- PROBLEMES DE DIFFERENCIATION
- PROBLEMES DE CONNECTION
- PROBLEMES DE SECURITE

Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

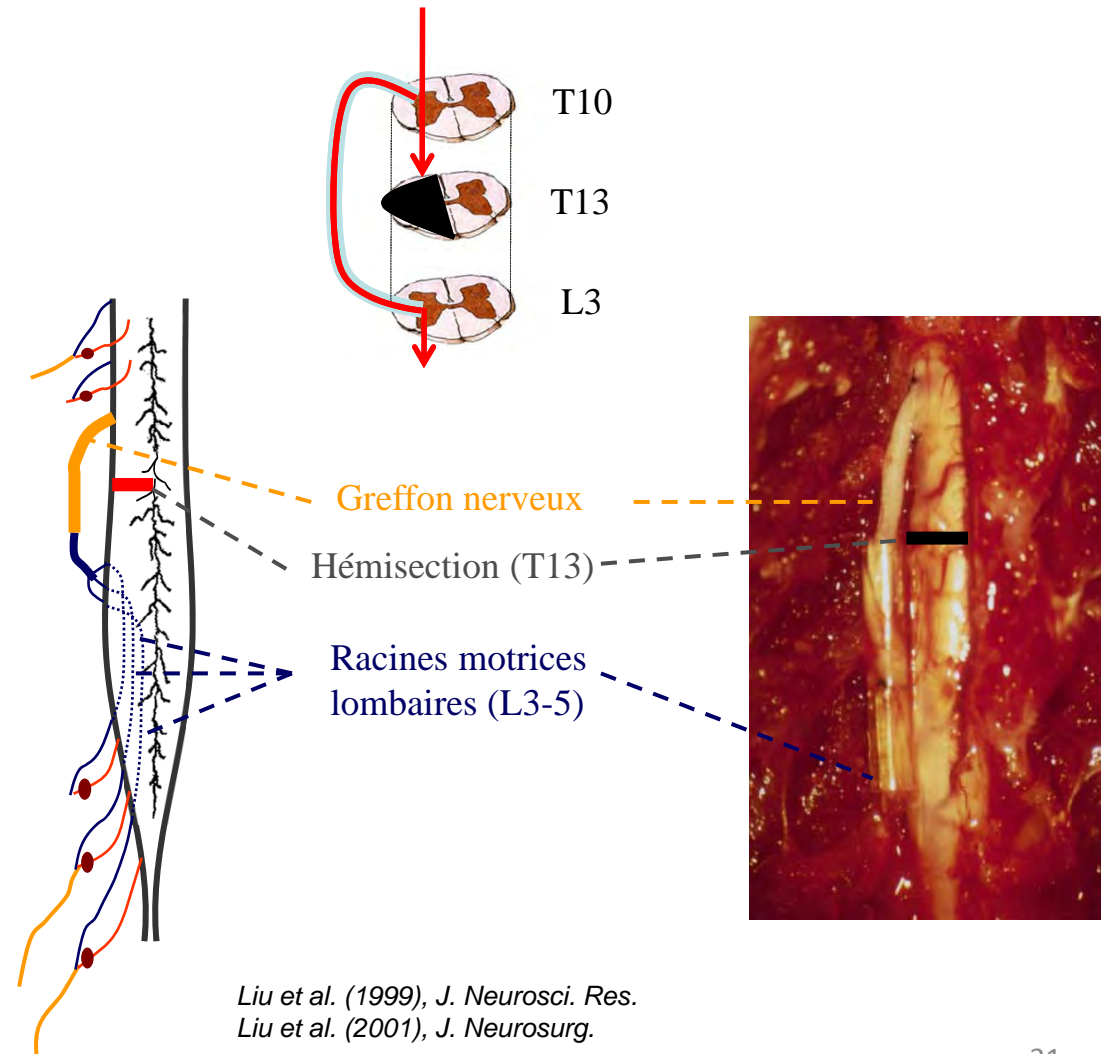
Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

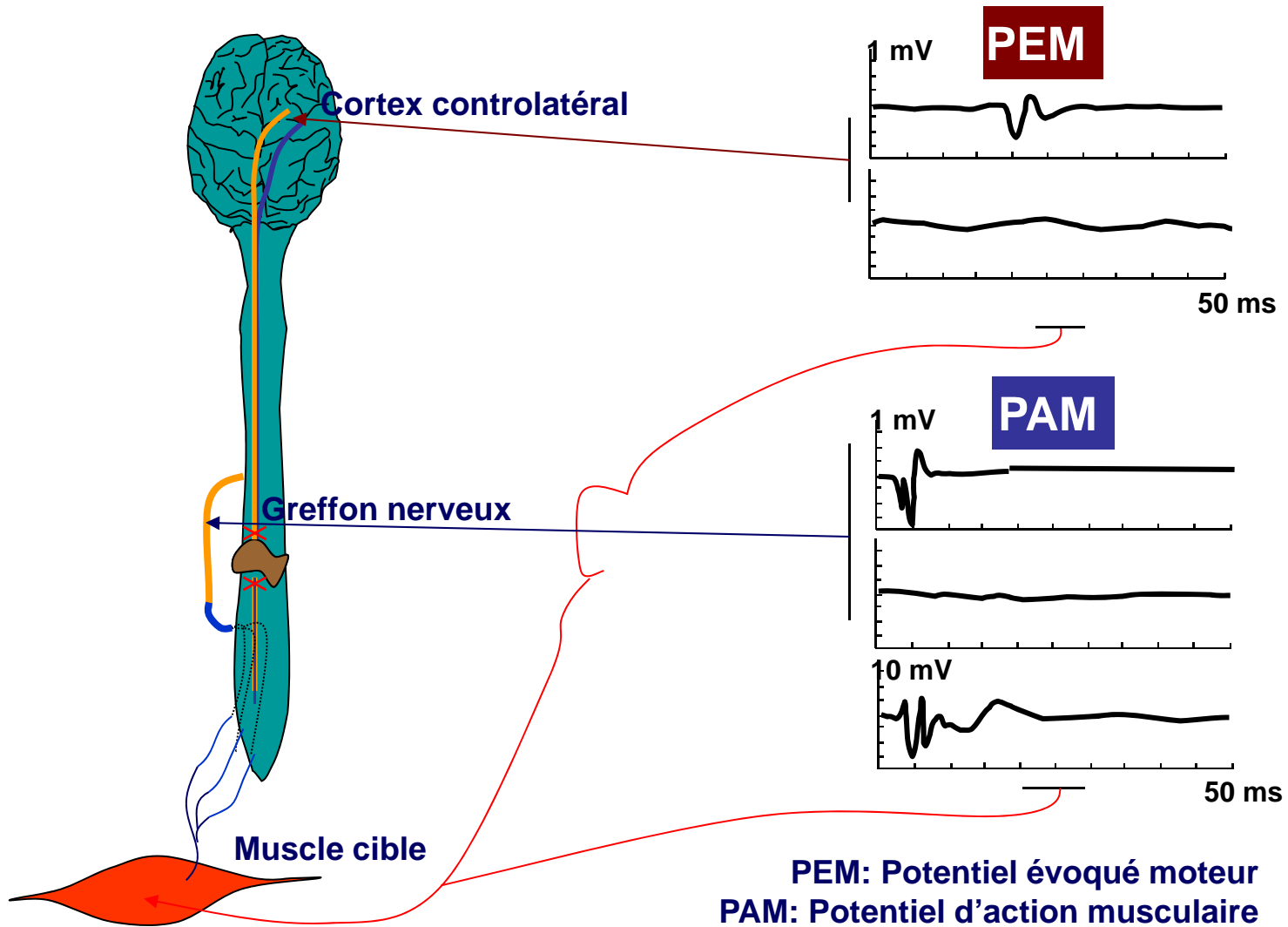
Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

Rétablir les voies de communication: intervention chirurgicale

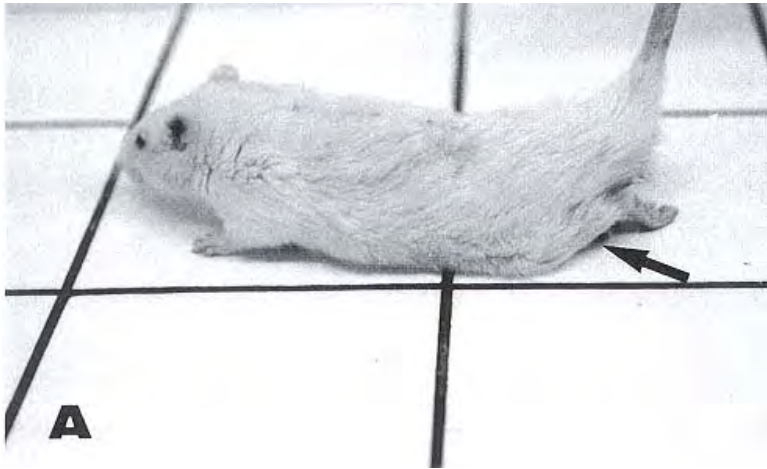


Electrophysiologie





Clinical examination 9 mos.



*Surgical reconstruction of brachial plexus with an implanted
nerve autograft in adult primate*



Immediately after surgery



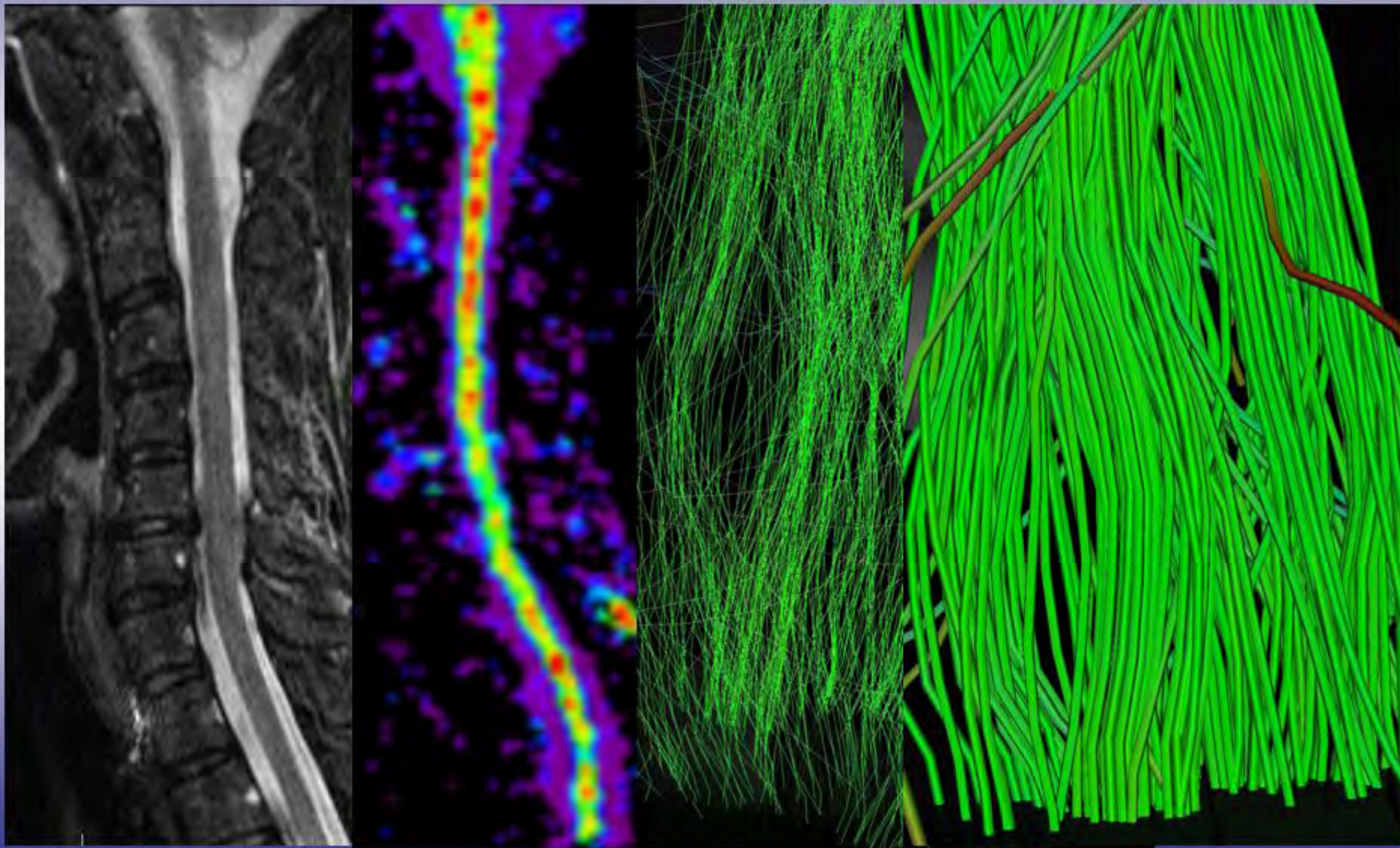
5 months after surgery



Observation clinique



NOUVELLES TECHNIQUES D'IMAGERIE





GREFFES DE NERFS PERIPHERIQUES

- RESTAURATION DE LA RESPIRATION :
ESSAI CLINIQUE EN COURS
- RESTAURATION DE LA MOBILITE



REEDUCATION INTENSIVE

La moelle épinière

- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

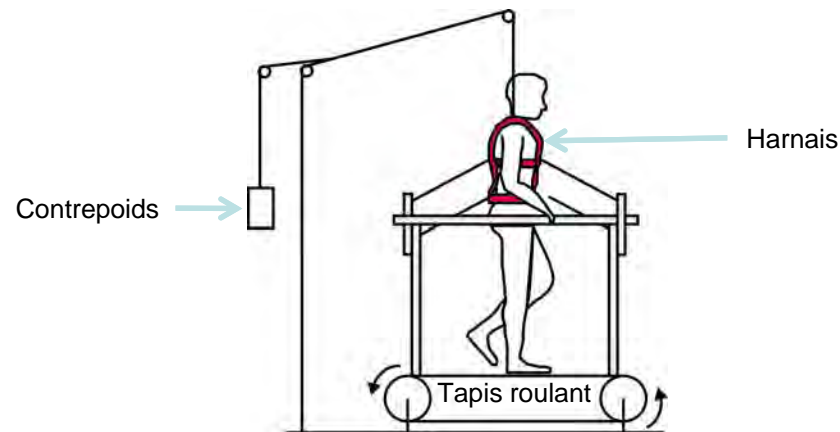
- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine Exosquelettes
 - Environnement virtuelle

Restaurer la marche

Entraînement locomoteur



Méthode avérée efficace chez l'animal

- **Maintenir** les réseaux locomoteurs sous lésionnel en place et éveillé
 - **Promouvoir** les phénomènes de plasticité (mise en place de voies motrices alternatives, de nouvelles connexions...)
 - **Améliorer** les performances locomotrices
 - adaptation de la vitesse du tapis
 - adaptation du niveau de support de poids...
- Dans un environnement sécurisé



Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

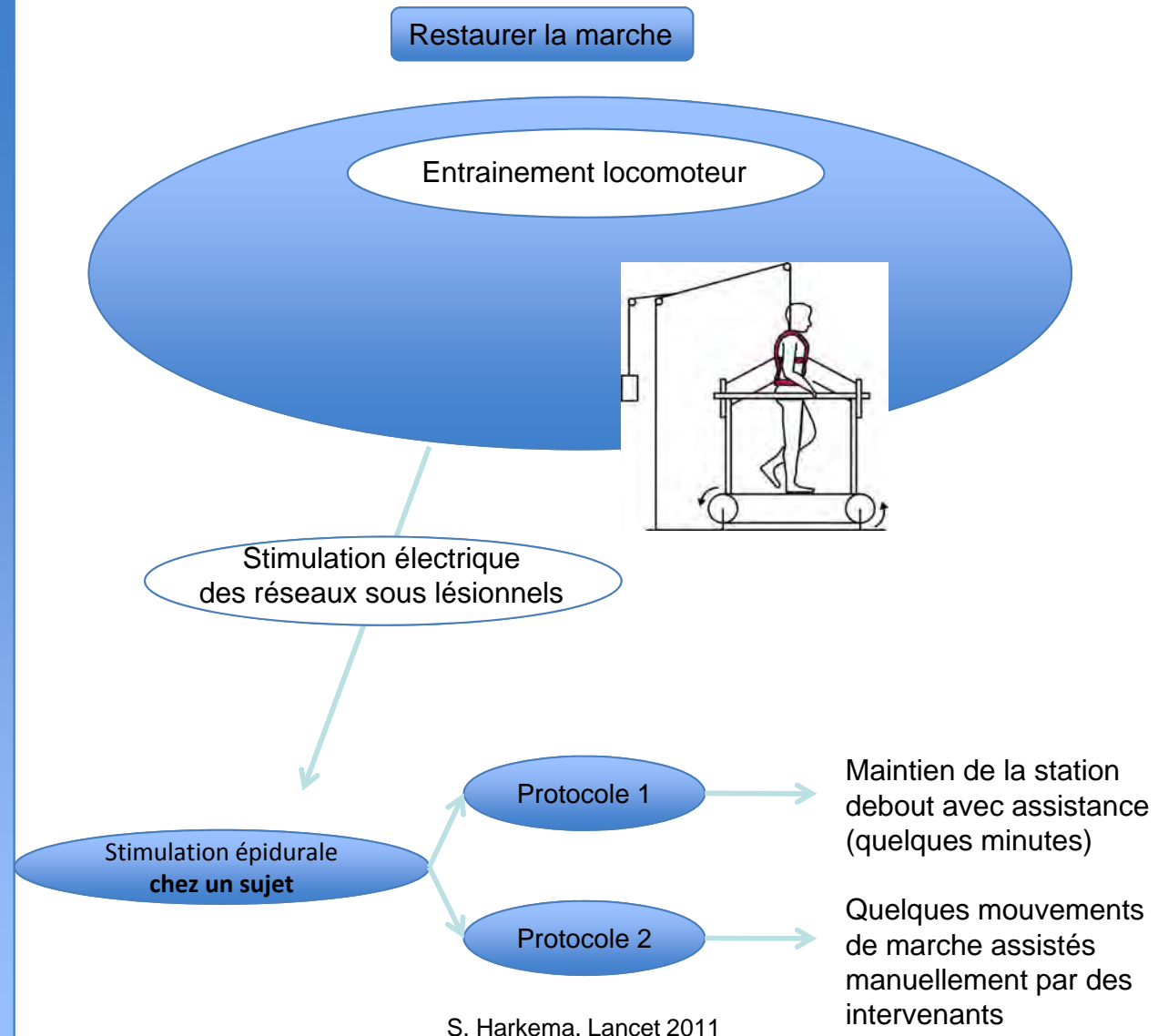
- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle



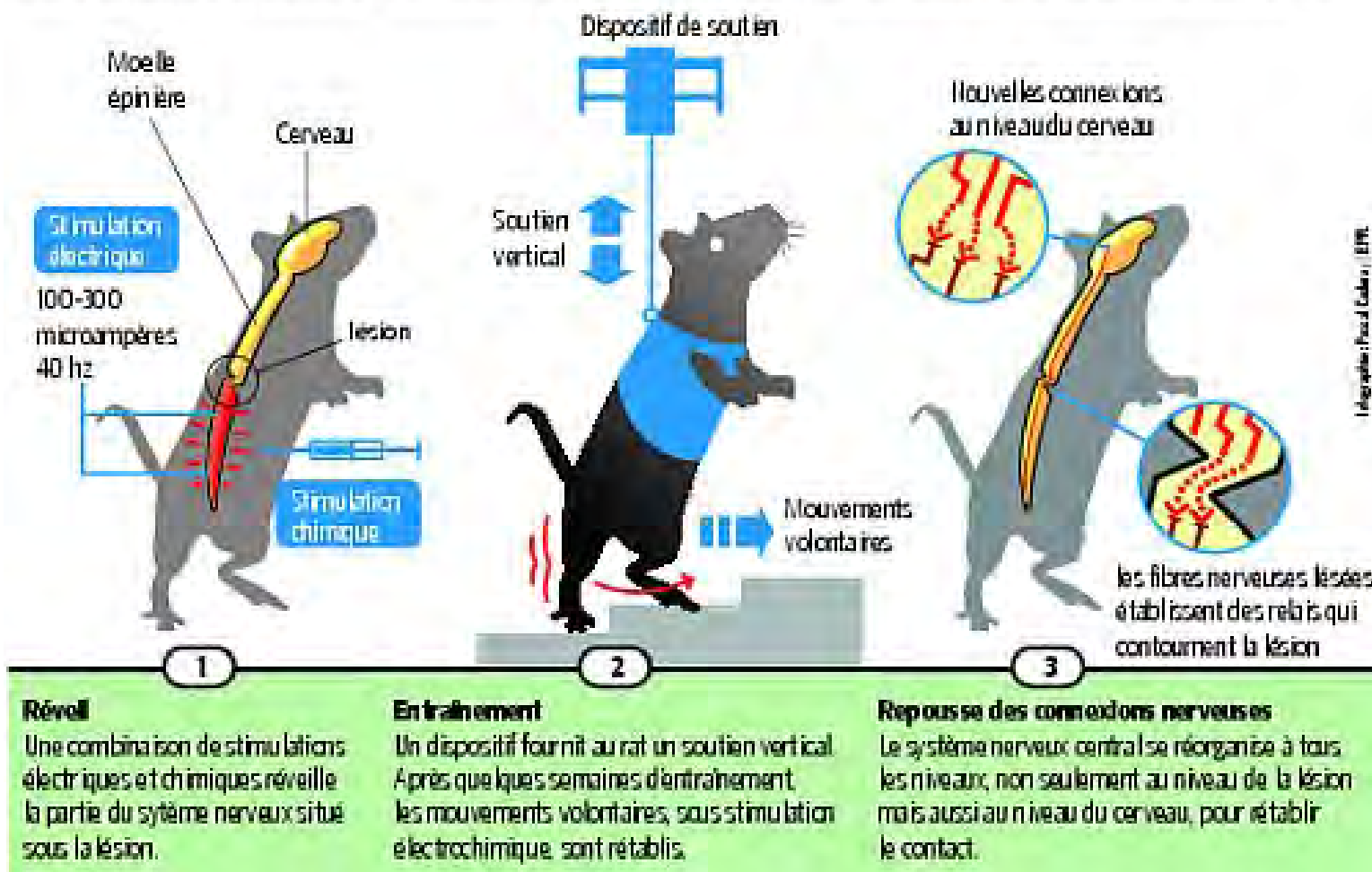
S. Harkema. Lancet 2011

RÉTABLIR LA MARCHÉ APRÈS UNE LÉSION DE LA MOELLE ÉPINIÈRE

LE SOIR - 01.06.12



Des chercheurs de l'Ecole polytechnique de Lausanne sont parvenus à rétablir sous stimulation électrochimique les mouvements volontaires suite à une lésion importante de la moelle épinière. Après quelques semaines, les connexions nerveuses repoussent. Obtenu sur des rats, ce résultat laisse entrevoir la possibilité d'améliorations fonctionnelles pour les personnes médullo-lésées.



Traumatisme médullaire: la recherche

La moelle épinière

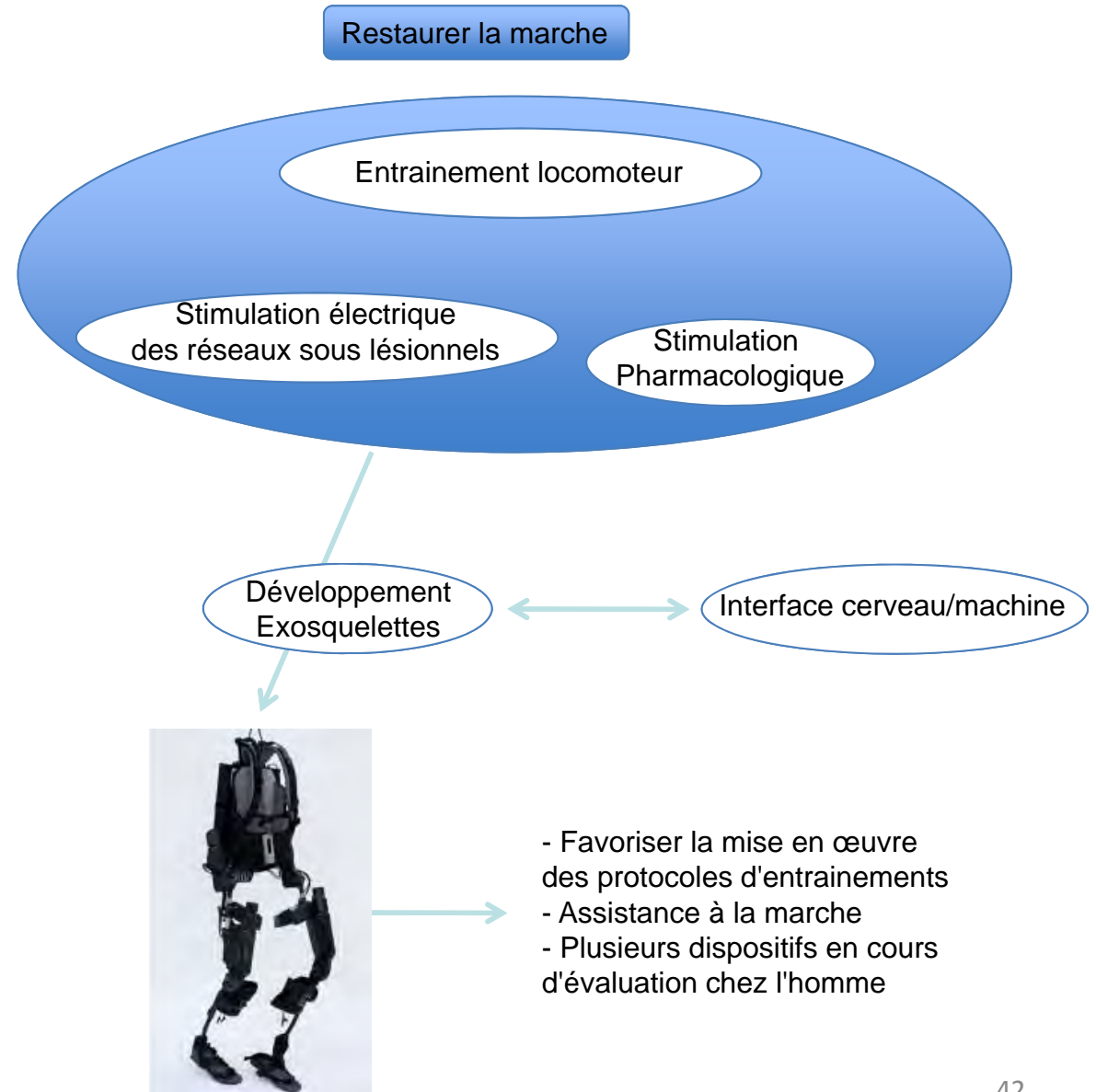
- Anatomie
- Fonctions spinales
 - Motrice
 - Sensorielle
 - Neurovégétative
- Rôle intégrateur

Traumatisme Médullaire

- Conséquences fonctionnelles
- Les trois phases
- Les objectifs pour la recherche

Axes de recherches

- Comprendre les mécanismes lésionnels
- Développement de nouvelles molécules
- Greffes de neurones/cellules souches
- Contourner la lésion
- Restaurer la marche
 - Entraînement locomoteur
 - Stimulations électriques des réseaux sous lésionnels
 - Stimulations Pharmacologiques des réseaux sous lésionnels
 - Interfaces cerveau/machine
 - Exosquelettes
 - Environnement virtuelle





PRISE EN CHARGE DE LA DOULEUR

- **ESSAI CLINIQUE DU RILUZOLE DANS LA SPASTICITE ET LES DOULEURS NEUROPATHIQUES**

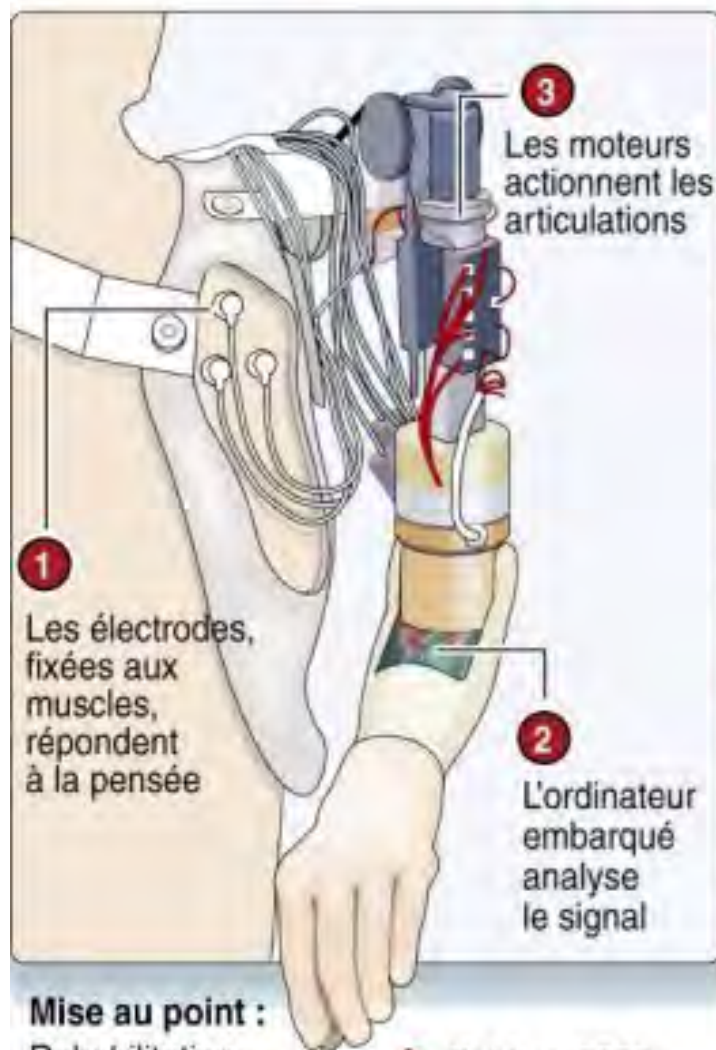


LA MOELLE ARTIFICIELLE

- DECODER ET AMPLIFIER LE SIGNAL DES NEURONES SAINS EN AMONT DE LA LESION POUR LE TRANSMETTRE EN DESSOUS DE LA LESION

Le bras bionique

Cette prothèse mécanique est contrôlée par la pensée du porteur



1 Les électrodes, fixées aux muscles, répondent à la pensée

3 Les moteurs actionnent les articulations

2 L'ordinateur embarqué analyse le signal

Mise au point :

Rehabilitation
Institute of Chicago
Chef de projet :
Dr Todd Kuiken

- ▶ Créé en 2002
- ▶ 50 amputés en ont bénéficié

Transmission du message



1 Après l'amputation, les terminaisons nerveuses restent en place



2 Les nerfs sont déviés vers des muscles sains
Réinnervation musculaire ciblée



3 Quand le patient pense à un mouvement, le muscle se contracte

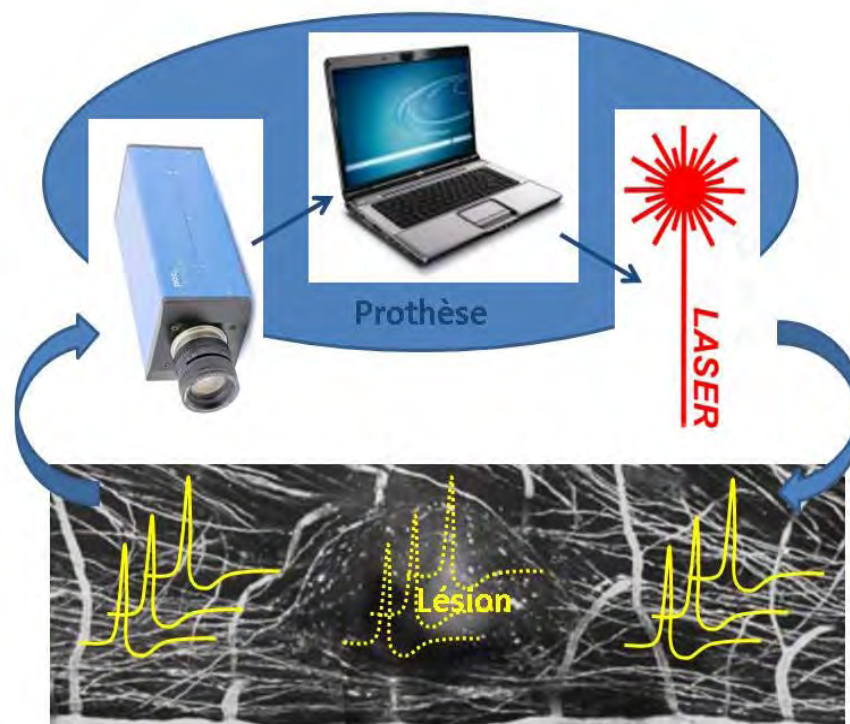


4 Les électrodes détectent la contraction et envoient un signal à l'ordinateur

Source : RIC AFP



LA MOELLE ARTIFICIELLE





Institut pour la recherche
sur la Moelle épinière
et l'Encéphale

La recherche en matière de traumatismes du système nerveux central

Traumatismes ENCEPHALIQUES



- TRAUMATISMES CRANIO ENCEPHALIQUES
- TRAUMATISMES CRANIENS GRAVES: 10000/AN
- TRAUMATISMES CRANIENS MODERES: 150000/AN

- PREMIERE CAUSE DE DECES PAR ACCIDENT
- TC GRAVES:50% DE SEQUELLES LOURDES
- TC MODERES:15% DE SEQUELLES LOURDES



- TRAUMATISMES CRANIENS GRAVES
- PRISE EN CHARGE:
- PRESSION INTRA CRANIENNE POUR MAINTENIR
PRESSION DE PERFUSION CEREBRALE
- REEDUCATION LA PLUS PRECOCE POSSIBLE



- TRAUMATISMES CRANIENS
- SEQUELLES COGNITIVES et
COMPORTEMENTALES



- **Comparaison de groupe**

- *Investigation des changements structuraux associés aux résultats cliniques voxel par voxel*
[Huisman et al., 2004; Rutgers et al., 2008; Arfanakis et al., 2002]

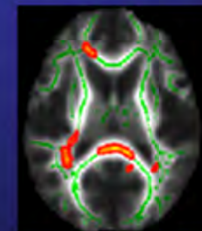
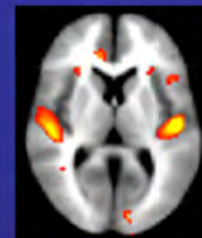
- *Image processing: FSL* [Smith et al., 2004]

- T1: *Voxel Based Morphometry (VBM)*

- [Ashburner and Friston, 2000; Good et al., 2001]

- DWI: *Tract-Based Spatial Statistics (TBSS)*

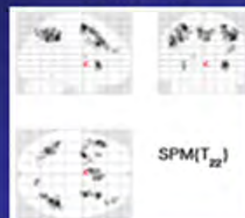
- [Smith et al., 2006]



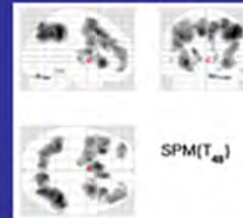


METHODOLOGIE : n-back

Témoins



Patients



- Augmentation du recrutement cérébral chez les patients à charge égale
- Etude de connectivité
 - Mesurer l'échange d'informations au sein du réseau
 - Intégrer le substrat anatomique

FA

MD

Dr



- RECHERCHE FONDAMENTALE
- GREFFES DE CELLULES DANS LA RESTAURATION DE LA MEMOIRE



- INTERFACE HOMME MACHINE:
- AMPLIFIER LE SIGNAL POUR COMMANDER A DISTANCE

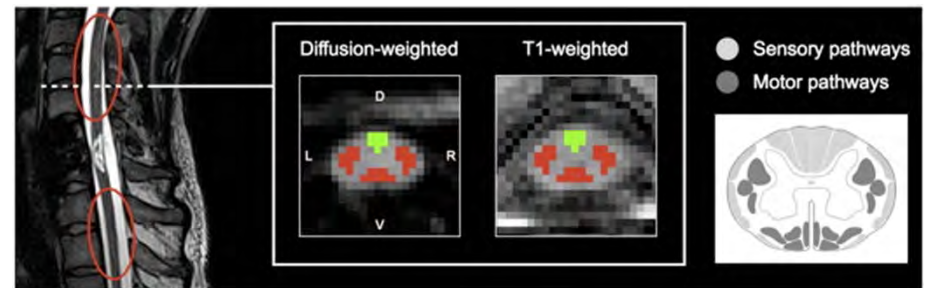
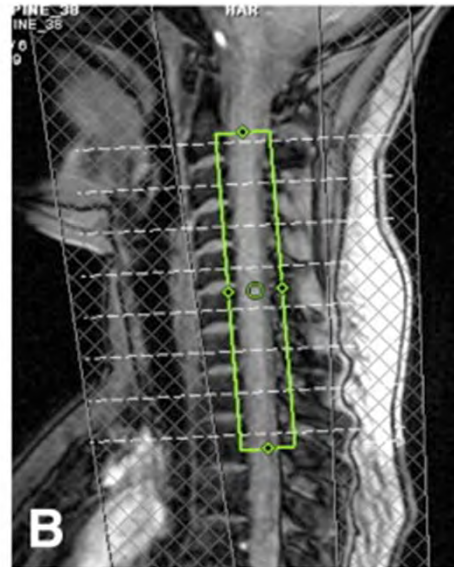
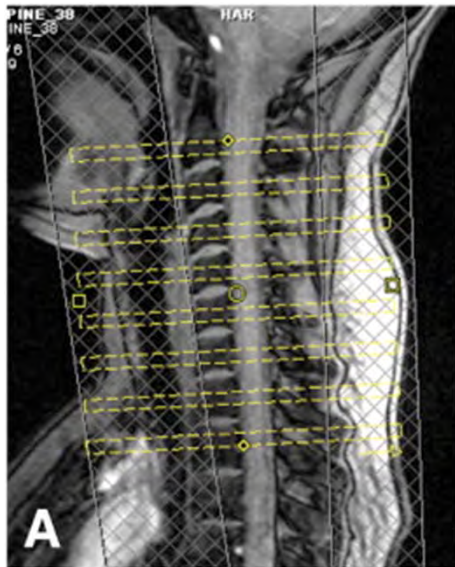


Méthodes d'investigation par imagerie

Demyelination and degeneration in the injured human spinal cord detected with diffusion and magnetization transfer MRI (Neuroimage, 2011)

J. Cohen-Adad^a, M-M. El Mendili^a, S. Lehericy^c, P-F. Pradat^d, S. Blancho^e, S. Rossignol^f, H. Benali^a

- Characterizing demyelination/degeneration of spinal pathways in traumatic spinal cord injured (SCI) patients is crucial for assessing the prognosis of functional rehabilitation. Novel techniques based on diffusion-weighted (DW) magnetic resonance imaging (MRI) and magnetization transfer (MT) imaging provide sensitive and specific markers of white matter pathology. Stepwise linear regressions showed that measures of MTR in the dorsal spinal cord predicted the sensory disability whereas measures of MTR in the ventro-lateral spinal cord predicted the motor disability (ASIA score). However, diffusion metrics were not specific to the sensorimotor scores.

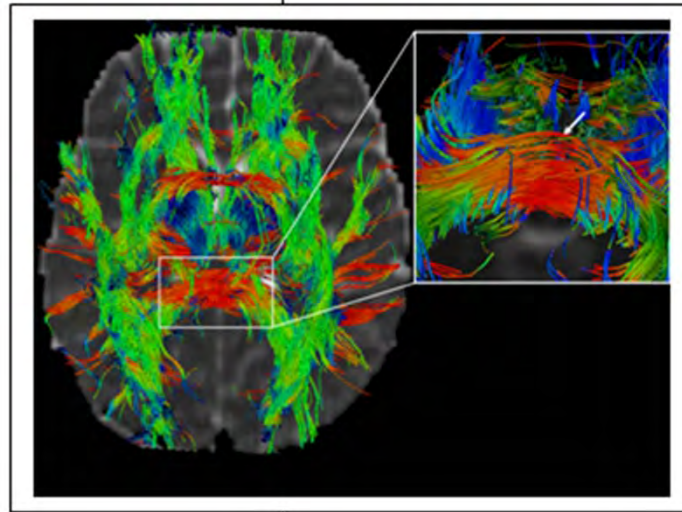


Multi-parametric MRI provides sensitive markers of demyelination and degeneration, opening the door to longitudinal studies for testing therapeutic strategies in spinal cord injury.

Limitations and future developments:
Spatial resolution; Thoraco-lumbar imaging



CONTUSION : FIBRES NERVEUSES





QUELS ESPOIRS POUR LES ANNEES QUI VIENNENT ?

- NEUROPROTECTION: ASSOCIATION MEDICAMENTEUSE ET PRISE EN CHARGE PRECOCE
- REPOUSSE AXONALE: ASSOCIATION NOUVELLES TECHNIQUES D'IMAGERIE, CHIRURGIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR, GREFFE ET FACTEURS DE CROISSANCE
- ÉTUDE PRE CLINIQUE DE L'INHIBITION DE LA CICATRICE GLIALE
- MOELLE ARTIFICIELLE