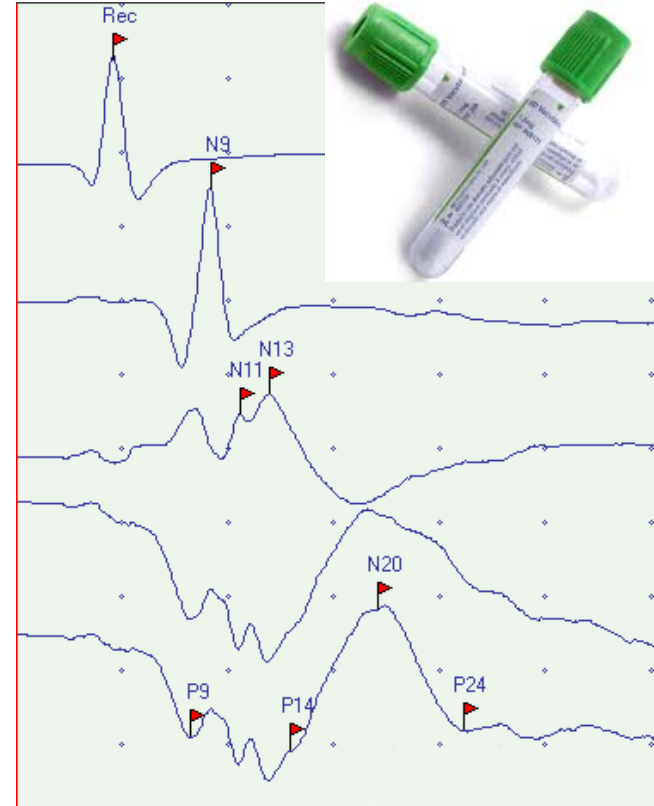


Pronostic neurologique *de l'arrêt cardiaque*



Dr Florent Gobert

AER

25/11/2021



Alternatives

- Tous les marqueurs pronostiques post-ACR = **3 jours**
- Le consensus actuel sur la démarche pronostique post-ACR = **5 minutes**
- Les **implications** et les **enjeux** d'une démarche pronostique en général, en post-ACR en particulier = **25 minutes**

Plans

- Pré-Test
- Généralités
 - Sur le pronostic
 - Sur l'anoxie cérébrale post-ACR
- Prédire quoi ?
- Place et limites de la clinique
- Le consensus
- Exemple d'un environnement local : Accès « étendu » à la neurophysiologie
- L'IRM : réalité et perspectives
- Post-Test

Pré-Test

Cas clinique

CAHP (Cardiac Arrest Hospital Prognosis) Score ☆

Predicts poor prognosis after out-of-hospital cardiac arrest and guides utility of cardiac catheterization.

INSTRUCTIONS

Use in adult patients with out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) of suspected cardiac etiology. Do not use for other causes of arrest, e.g. trauma, hanging, drowning, intoxication, overdose.

J4 :

Homme de 50 ans, IDM

G6 (M4 E1 V1)

Quelques myoclonies à J1 puis arrêt

Réflexes du TC présents

Pas de PES disponibles

EEG : non réactif mais continu

NSE : 45 à J1 → 50 à J2

IRM : souffrance corticale bilatérale

LATA ?

Age

50

years

Setting

Public setting

Home

Initial rhythm

Shockable

Non-shockable

Duration from collapse to CPR begun

3

min

Duration from CPR to [ROSC](#)

10

min

Admission pH

7.2

Total Epinephrine given, mg

0

1-2

≥3

Généralités sur le pronostic

Pronostic

- **Pourquoi ?**

- **Anticiper les déficits** en lien avec des lésions sévères à risque d'évolution défavorable

- **Pour qui ?**

- Patients dont l'évaluation clinique ne donne **pas d'argument pour un réveil rapide**

- **Comment ?**

- **Clinique**
- **Neurophysiologie** : EEG + Potentiels évoqués
- **IRM**
- **Biologie**

- **Quand ?**

- Phase de **retard de réveil**
 - Habitudes locales / Cultures médicales
 - Selon étiologie et cinétique de l'arrêt de drogues
- Lésions post-anoxiques : **Dès 72h post-ACR**

- **Qu'en faire ?**

- Si forte valeur prédictive → **Prise de décision « éthique »** en guidant le niveau de soin ⇔ Arrêt de soins ?

Le pronostic : Est-ce utile ?

- **Place de la clinique : Oui, mais... A LA FIN !**

- On peut tout savoir en attendant assez longtemps
- **UWS/VS permanent** selon délai + étiologie
 - TC → > 1 an
 - Non TC (anoxie) → > 3 mois (voire 6 mois)

Multi-society task force on PVS, NEJM, 1994
Royal College of Physicians in London

- **Gold standard !**

- Dans les études, c'est ce qu'il FAUT faire pour être méthodologiquement irréprochable
- Mais dans la pratique : Il faut POUVOIR attendre cette évolution !!!
 - Problème *social* : souffrance des familles si attente vaine
 - Problème *médico-économique* : quelles structures ?
 - Problème *juridique* : les complications sont fréquentes → Faut-il tout traiter durant la phase d'attente ?

Le pronostic, pourquoi est-ce important ?

- Radicalité de la démarche
 - « Décider une LATA » est irréversible.
 - « Surseoir à une LATA » peut être réévalué.
- Handicap fonctionnel sévère → **Enjeux sociétaux autour de la limitation des soins**
 - Loi Leonetti
 - Affaire Vincent Lambert
 - Généralisation des critères de Maastricht 3 ?
- Au delà de « limitation des soins » = informer les familles sur les risques de séquelles

Le pronostic, est-ce une science sérieuse ?

- **Besoin de critères robustes pour LATA en phase aiguë**

- ➔ Atteindre une valeur prédictive **d'absence d'éveil** proche de 100% ?

- **Besoin de consensus pour définir les devenir prédicts**

- Hétérogénéité des littératures

- **Prophétie auto réalisée +++**

- Si mauvais critère : Laisser filer
 - Si bon critère : Surinterprétation des stigmates de conscience

Les Outils de Pronostic

- **Score clinique** : No-Low Flow / IGS 2 / SOFA / GCS / Déficits (complet, sévère)
- **Imagerie** :
 - Scanner : Œdème / Contraste gris-blanc
 - IRM : « encore pire »
- **Neurophysiologie** : Vision fonctionnelle des systèmes
 - ***Examen clinique PLUS***
 - + précis
 - + reproductible
 - Corréler au pronostic par anticipation ?
 - Potentiel de récupération ?
 - > expression instantanée

Problématique : Clinique // Paraclinique

Qui fait quoi ?

Historique	Clinique →	Neurophysiologie →	Imagerie morphologique	Biologie
Disponibilité	Parfaite	Au lit	Si transportable	Parfaite
Précision	Toutes les fonctions	Quelques fonctions	Lésions « brutes »	Aucune : souffrance tissulaire moyenne
Résolution spatiale	Corrélat anatomo-clinique	Corrélat anatomo-fonctionnel	Maximale IRM >> TDM	Nulle
Résolution temporelle	Parfaite	Parfaite	Nulle	Nulle
Echantillonnage temporelle	Parfaite	Bonne si monitoring	Nulle	Dosage répété facile

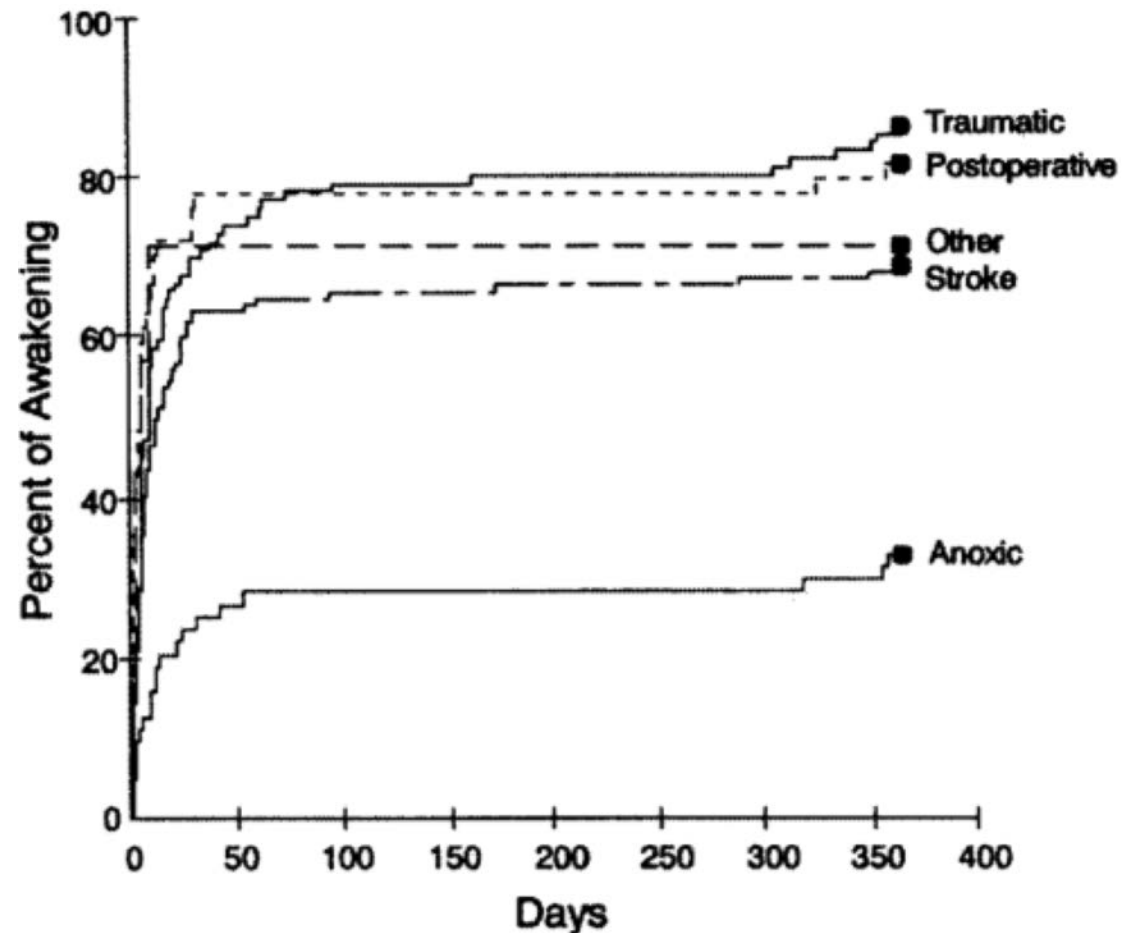
Si patient évaluable

Généralités sur l'anoxie cérébrale post-ACR

Pronostic propre à l'étiologie

- **Grande hétérogénéité des patterns évolutifs**
- **Mécanismes** sous-jacents différents

Fischer et al., 2004



Mécanisme de l'anoxo-ischémie cérébrale

- Ensemble des conséquences cérébrales d'une privation d'oxygène, secondaire à un défaut d'apport ou d'utilisation d'oxygène, d'intensité et de durée variable
 - **DSC nul: arrêt circulatoire +++**
 - **DSC diminué:** HTIC, collapsus cardio-vasculaire
 - **Diminution contenu en O2:** insuffisance respiratoire aiguë, pendaison, noyade...
- **Atteinte diffuse et corticale**
 - Mais non homogène : Substance grise > blanche / Antérieure > Tronc
 - **Pénombre** = extinction réversible
 - ➔ **Lésions** = Encéphalopathie

Evolution à long terme

Luauté, Neurology (2010)

VS ou MCS à 1 an

➔ Evolution à 5 ans

- VS = Aucun éveil
- MCS = 1/3 d'amélioration

Table 4 Effects of the studied predictors on improvement (or deterioration) per 1-year increment

Predictors	Deterioration		Improvement	
	OR (95% CI) ^a	p	OR (95% CI)	p
Initial status				
Minimally conscious state	1		—	—
Vegetative state	3.37 (1.28-8.87)	0.014	—	—
Age, y				
<39	1		1	
≥39	2.58 (1.03-6.45)	0.042	0.71 (0.22-2.26)	0.558
Sex				
Female	1		1	
Male	1.52 (0.58-3.97)	0.391	1.11 (0.35-3.57)	0.855
Etiology				
Other	1		1	
Ischemic-anoxic encephalopathy and TBI + ischemic-anoxic encephalopathy	2.69 (0.88-8.22)	0.083		
TBI			1.63 (0.53-5.01)	0.393

Prédire quoi ?

Une coexistence dans la littérature

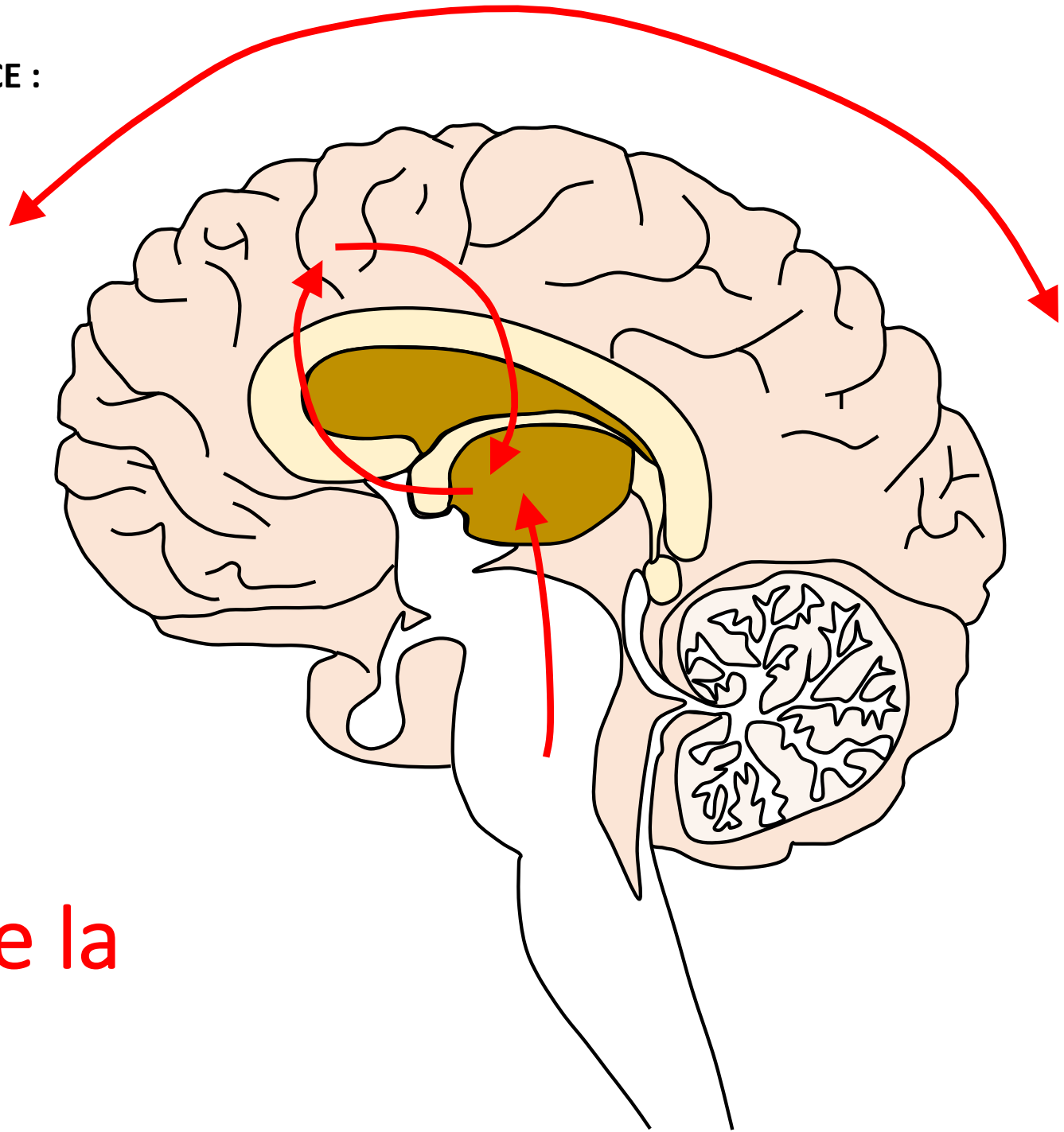
- Etude sur les **états de conscience** en post-coma : les corrélats des états d'éveil
- **Aspects théoriques** qui créent de la confusion :
 - Overt (évident, comportemental)
 - Covert (caché, infra-clinique)
- « **Utilité sociale** » : la récupération fonctionnelle
- **Histoire naturelle du coma** : le réveil puis la récupération fonctionnelle → La question de la limite ?

Hypothèse GLOBAL NEURONAL WORKSPACE :
Connectivité corticale

Hypothèse MESOCIRCUIT :
Boucles thalamo-corticales

Activation par formation réticulée
ascendante

Corrélat neuronal de la
conscience



Evaluation de la conscience :

Entre deux mondes

Coma = Etat d'inconscience **aiguë**

Réanimation

Etat végétatif (VS) = Unresponsive wakefulness syndrome

Emergence du coma

Signes d'éveil (YO) sans signes de conscience

Etat pauci-relationnel = Minimally conscious state (MCS)

Conscience de soi ou de l'environnement

Signes inconstants mais reproductibles

Fixation et/ou poursuite visuelle

Réaction directe et adaptée aux stimulations

Réponses émotionnelles congruentes

Rééducation

Jennett, 1975

Multi-Society Task

Force on PVS

(1994)

Giacino, 2002

Coma Recovery Scale +++

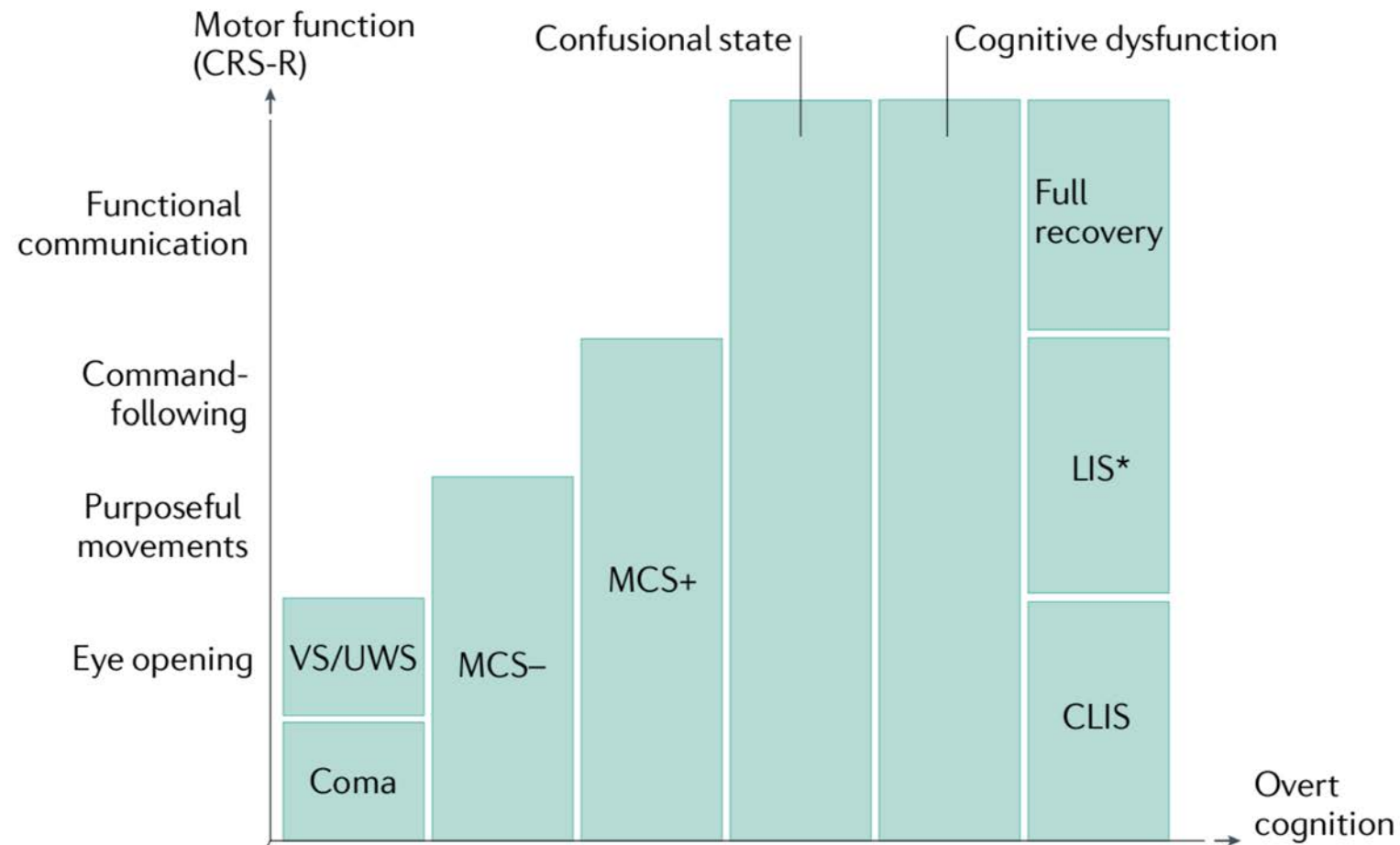
Handicap sévère = *Patients éveillés*

Code de communication

Une coexistence dans la littérature

- Etude sur les **états de conscience** en post-coma : les corrélats des états d'éveil
- **Aspects théoriques** qui créent de la confusion :
 - Overt (évident, comportemental)
 - Covert (caché, infra-clinique)
- « **Utilité sociale** » : la récupération fonctionnelle
- **Histoire naturelle du coma** : le réveil puis la récupération fonctionnelle → La question de la limite ?

Clinique

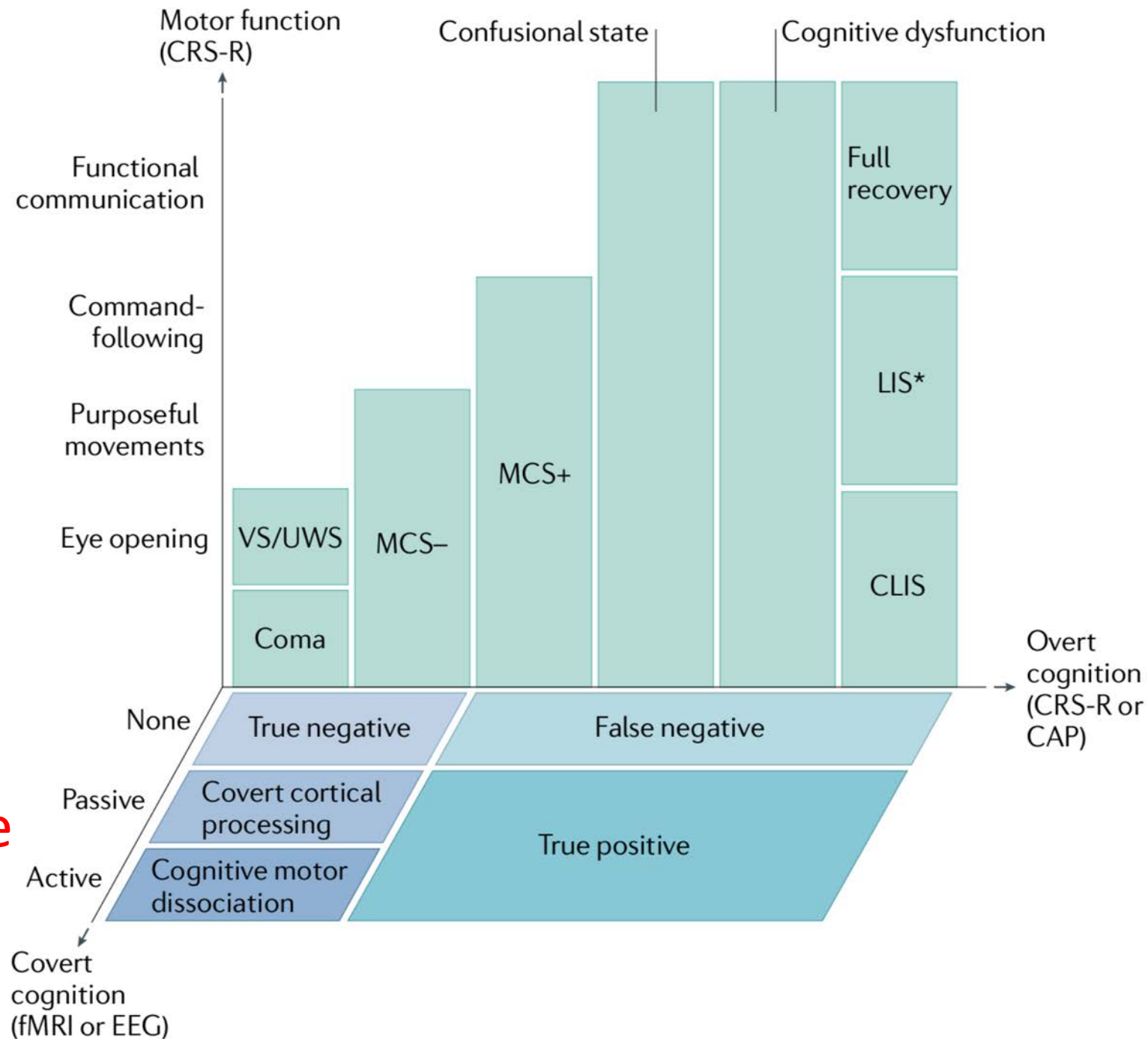


Synonyme =
Comportement

Condition =
Motricité

Clinique

Paraclinique



Synonyme =
Comportement

Condition =
Motricité

Une coexistence dans la littérature

- Etude sur les **états de conscience** en post-coma : les corrélats des états d'éveil
- **Aspects théoriques** qui créent de la confusion :
 - Overt (évident, comportemental)
 - Covert (caché, infra-clinique)
- **« Utilité sociale »** : la récupération fonctionnelle
- **Histoire naturelle du coma** : le réveil puis la récupération fonctionnelle → La question de la limite ?

Quel bon critère ?

Comment le choisir ?

- Loi ?
- Médecin(s) ?
- Patient ?
- Famille ?

Outcome « binaire »	Glasgow Outcome Scale	Signification
Favourable ?	GOS 1	Complete recovery of autonomy
	GOS 2	Mild Handicap
	GOS 3	Severe Handicap (including emergence from MCS)
Non favourable ?	GOS 4	Minimally Conscious State
	GOS 5	Vegetative State
	GOS 6	Death

GOS Extended en 8 classes

Echelle *ad hoc* dans le post-ACR

Positive
Outcomes

Box. Cerebral Performance Category (CPC) Scale

CPC 1: Full recovery or mild disability

CPC 2: Moderate disability but independent in activities of daily living

Negative
Outcomes

CPC 3: Severe disability; dependent in activities of daily living

CPC 4: Persistent vegetative state

CPC 5: Dead

Place et limites de la clinique

Clinique

- **Vérifier l'absence de facteurs confondants +++**
 - Sédation/Hypothermie → Planification de l'analyse paraclinique
 - Mouvements anormaux → Recherche d'état de mal généralisé « larvé »
 - **Interprétation simplifiée du fonctionnement cérébral**
 - **Cortical « complexe »** : Réponses verbales, réponses aux ordres, localisation de la douleur
 - **Sous-cortical « simple »** : Eveil (yeux), réflexes (douleur, menace, bruit)
- ➔ Stratifier le risque de non-éveil selon la profondeur du trouble de conscience observé

En pratique : que faisons-nous ?

CRS-R

COMA RECOVERY SCALE-REVISED

ÉCHELLE DE RÉCUPÉRATION DU COMA VERSION REVUE FRANÇAISE ©2008

Livret d'évaluation et d'administration

Joseph T. Giacino, Ph.D. et Kathleen Kalmar, Ph.D.

*Center for Head Injuries
Edison, New Jersey*



COMA RECOVERY SCALE-REVISED

ÉCHELLE DE RÉCUPÉRATION DU COMA

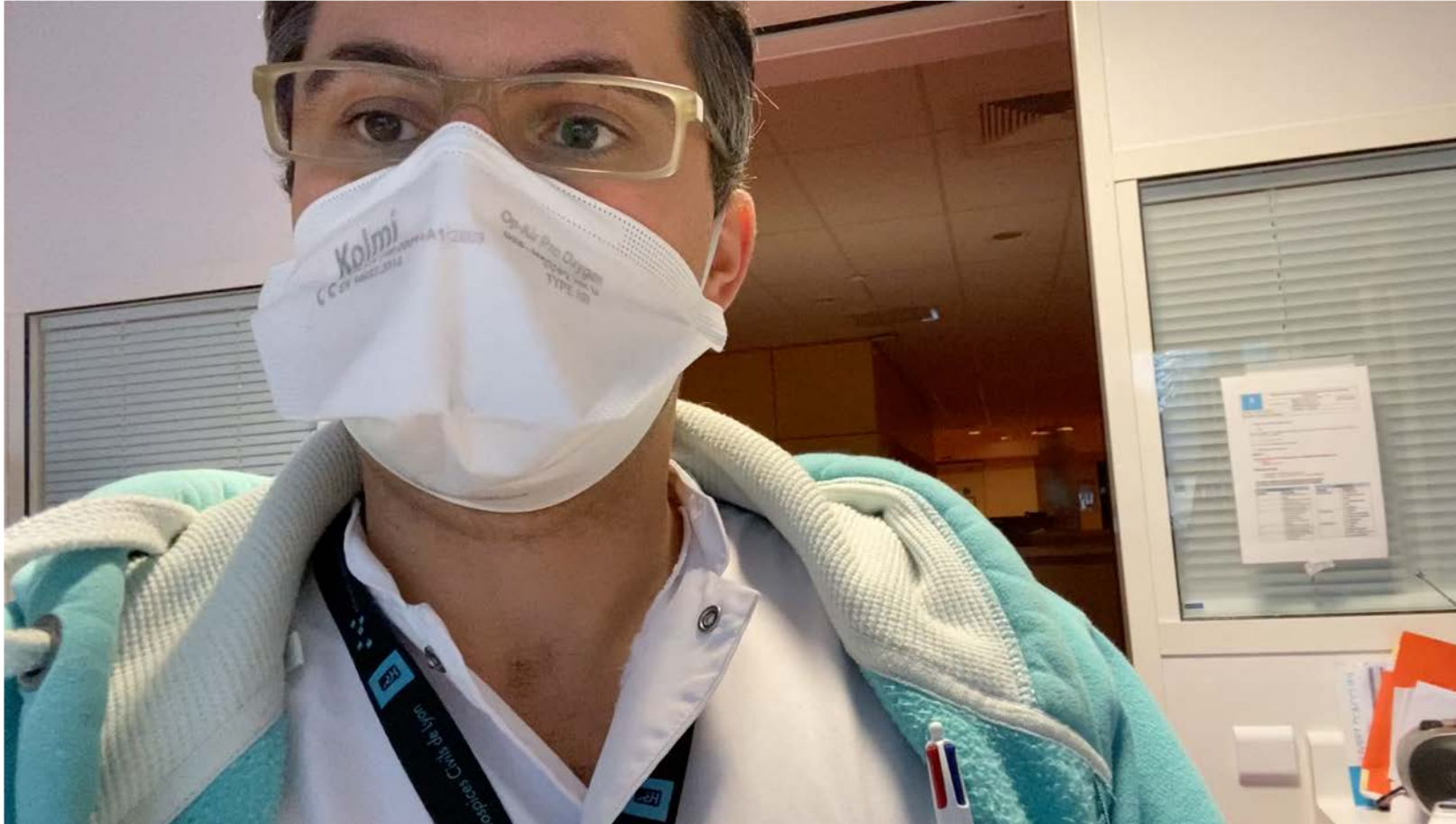
VERSION REVUE FRANÇAISE ©2008

Indique l'émergence de l'état de conscience minimale ⁺

Indique un état de conscience minimale *

FONCTION AUDITIVE							
4 – Mouvement systématique sur demande*							
3 – Mouvement reproductible sur demande*							
2 – Localisation de sons							
1 – Réflexe de sursaut au bruit							
0 – Néant							
FONCTION VISUELLE							
5 – Reconnaissance des objets*							
4 – Localisation des objets : atteinte*							
3 – Poursuite visuelle*							
2 – Fixation*							
1 – Réflexe de clignement à la menace							
0 – Néant							
FONCTION MOTRICE							
6 – Utilisation fonctionnelle des objets*							
5 – Réaction motrice automatique*							
4 – Manipulation d'objets*							
3 – Localisation des stimulations nociceptives*							
2 – Flexion en retrait							
1 – Posture anormale stéréotypée							
0 – Néant / Flaccidité							
FONCTION OROMOTRICE/VERBALE							
3 – Production verbale intelligible*							
2 – Production vocale / Mouvements oraux							
1 – Réflexes oraux							
0 – Néant							
COMMUNICATION							
2 – Fonctionnelle : exacte*							
1 – Non fonctionnelle : intentionnelle*							
0 – Néant							
ÉVEIL							
3 – Attention							
2 – Ouverture des yeux sans stimulation							
1 – Ouverture des yeux avec stimulation							
0 – Aucun éveil							
SCORE TOTAL							

Poursuite : précoce, simple, haut niveau →
MCS



Intérêt du suivi





Survival and consciousness recovery are better in the minimally conscious state than in the vegetative state

Frédéric Faugeras^{a,b,c,d}, Benjamin Rohaut^{a,b,c,d}, Mélanie Valente^{c,d}, Jacobo Sitt^{c,d}, Sophie Demeret^a, Francis Bolgert^a, Nicolas Weiss^a, Alexandra Grinea^a, Clémence Marois^{a,c,d}, Marion Quirins^{c,d}, Athena Demertzi^{c,d}, Federico Raimondo^{c,d}, Damien Galanaud ^{e,f}

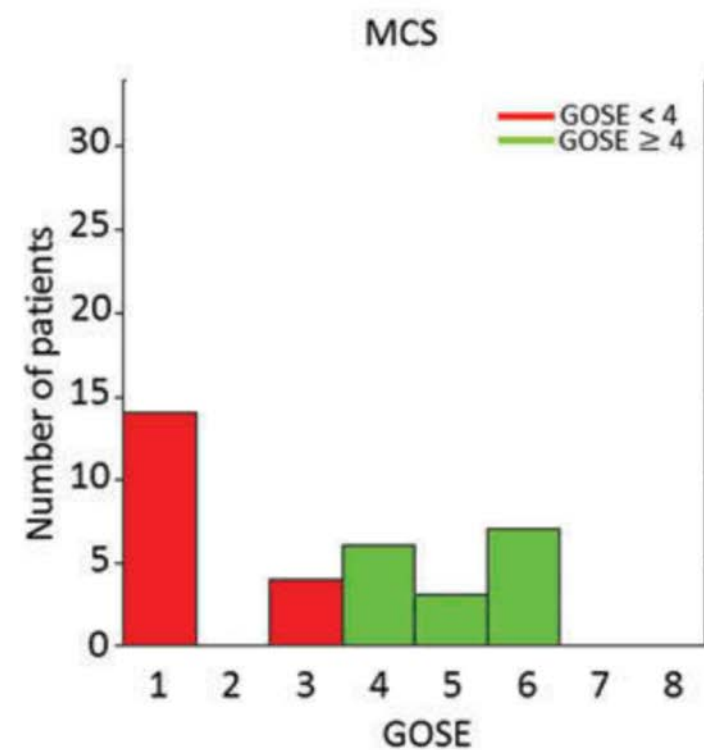
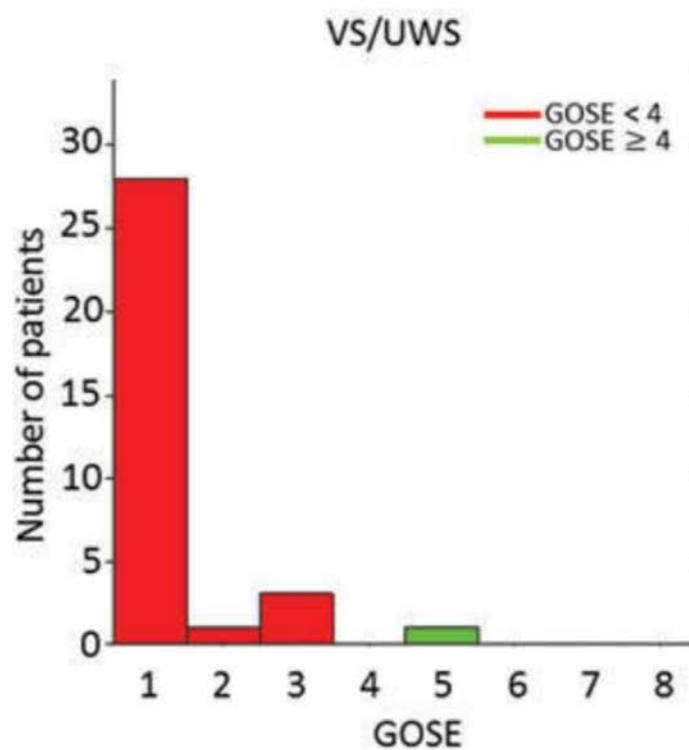
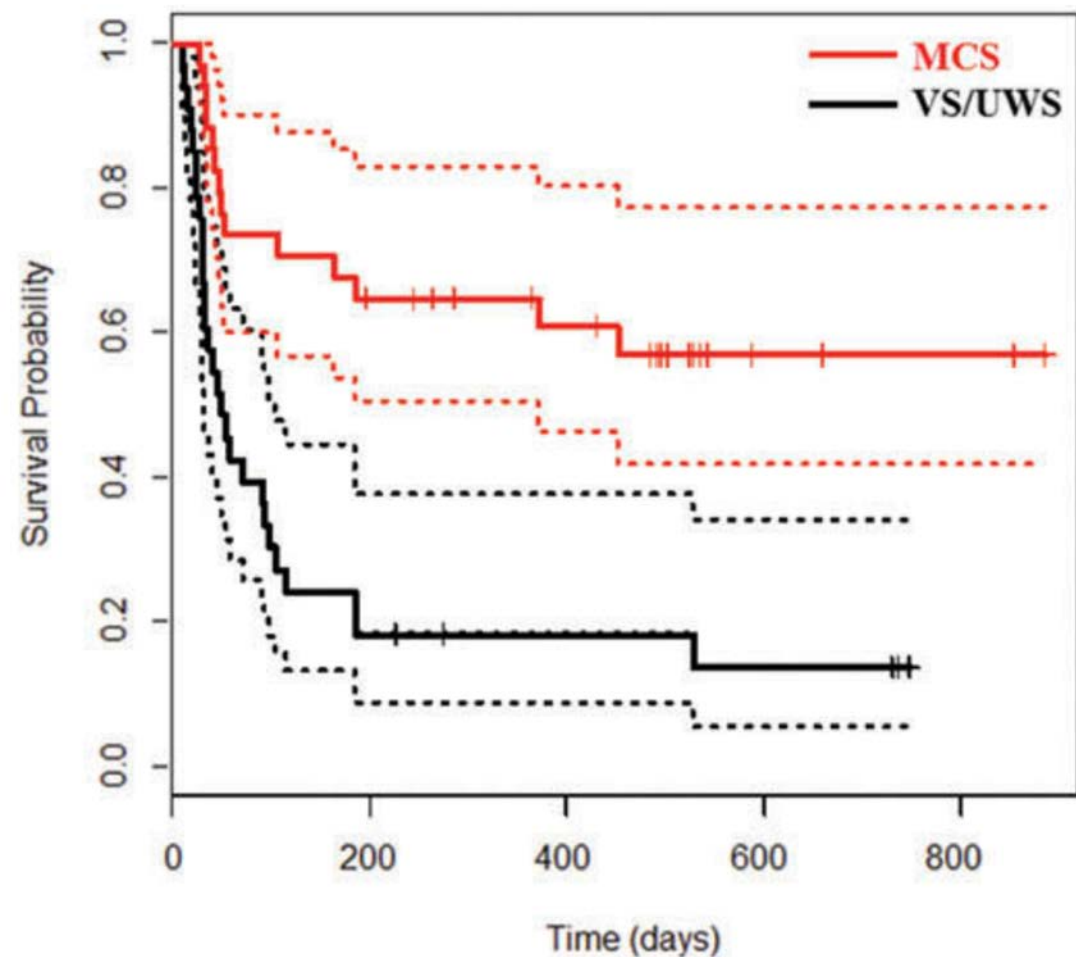
ABSTRACT

Background: The prognosis value of early clinical diagnosis of consciousness impairment is documented by an extremely limited number of studies, whereas it may convey important information to guide medical decisions.

Objective: We aimed at determining if patients diagnosed at an early stage (<90 days after brain injury) as being in the minimally conscious state (MCS) have a better prognosis than patients in the vegetative state/Unresponsive Wakefulness syndrome (VS/UWS), independent of care limitations or withdrawal decisions.

OUTCOME GOSE ≥ 4 ?
Eveil et handicap sévère

Intérêt pronostique de l'examen précoce ?



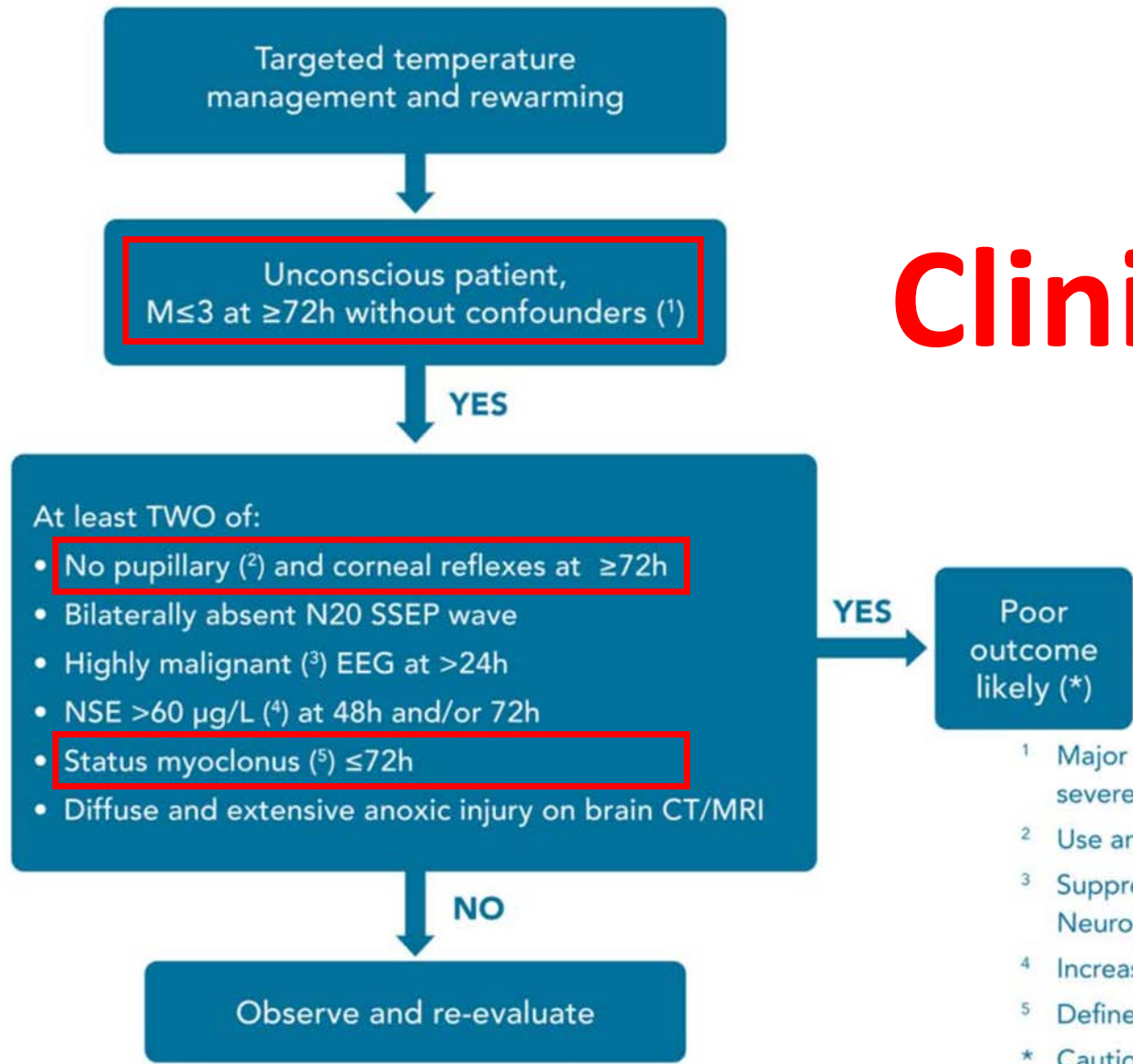
Le consensus

➔ *Une mesure globale de la souffrance cérébrale pour prédire une mauvaise évolution*

OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

Clinique



Consensus
(Nolan et al., 2020)

¹ Major confounders may include analgo-sedation, neuromuscular blockade, hypothermia, severe hypotension, hypoglycaemia, sepsis, and metabolic and respiratory derangements

² Use an automated pupillometer, when available, to assess pupillary light reflex

³ Suppressed background ± periodic discharges or burst-suppression, according to American Clinical Neurophysiology Society

⁴ Increasing NSE levels between 24h-48h or 24/48 and 72h further support a likely poor outcome

⁵ Defined as a continuous and generalised myoclonus persisting for 30 minutes or more

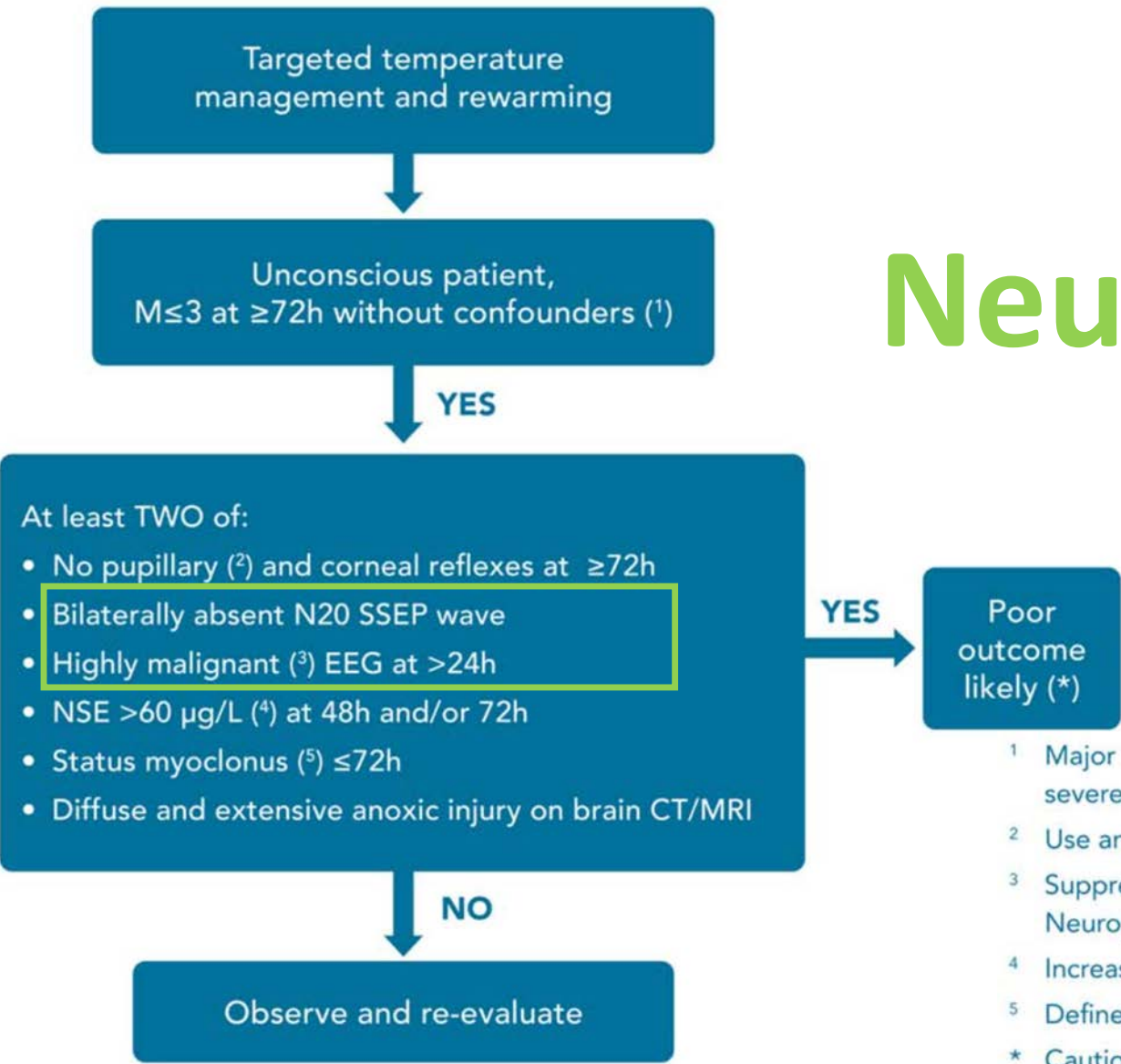
* Caution in case of discordant signs indicating a potentially good outcome (see text for details).

OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

Neurophysiologie

Consensus
(Nolan et al., 2020)



¹ Major confounders may include analgo-sedation, neuromuscular blockade, hypothermia, severe hypotension, hypoglycaemia, sepsis, and metabolic and respiratory derangements

² Use an automated pupillometer, when available, to assess pupillary light reflex

³ Suppressed background ± periodic discharges or burst-suppression, according to American Clinical Neurophysiology Society

⁴ Increasing NSE levels between 24h-48h or 24/48 and 72h further support a likely poor outcome

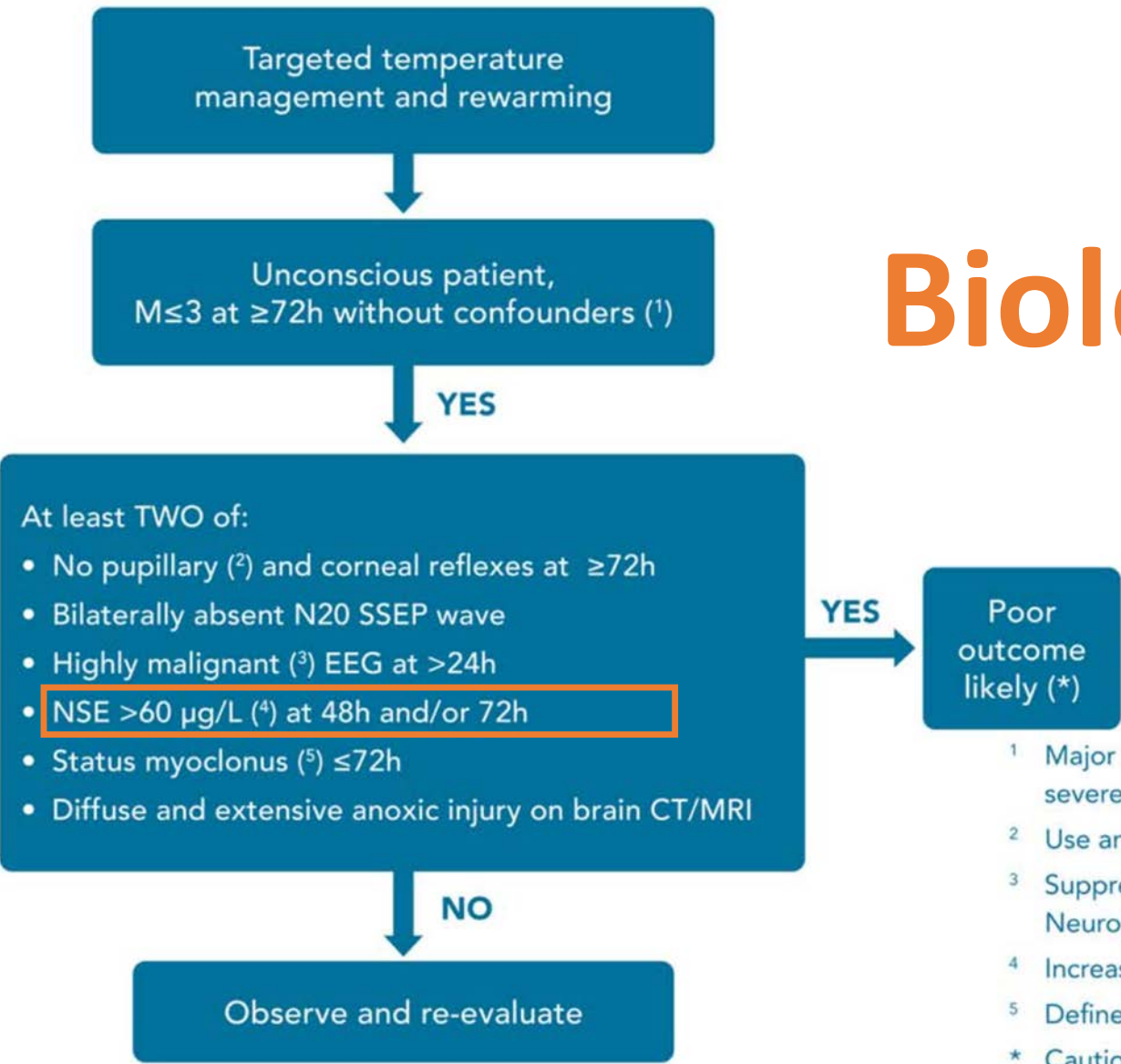
⁵ Defined as a continuous and generalised myoclonus persisting for 30 minutes or more

^{*} Caution in case of discordant signs indicating a potentially good outcome (see text for details).

OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

Biologie



Consensus
(Nolan et al., 2020)

¹ Major confounders may include analgo-sedation, neuromuscular blockade, hypothermia, severe hypotension, hypoglycaemia, sepsis, and metabolic and respiratory derangements

² Use an automated pupillometer, when available, to assess pupillary light reflex

³ Suppressed background ± periodic discharges or burst-suppression, according to American Clinical Neurophysiology Society

⁴ Increasing NSE levels between 24h-48h or 24/48 and 72h further support a likely poor outcome

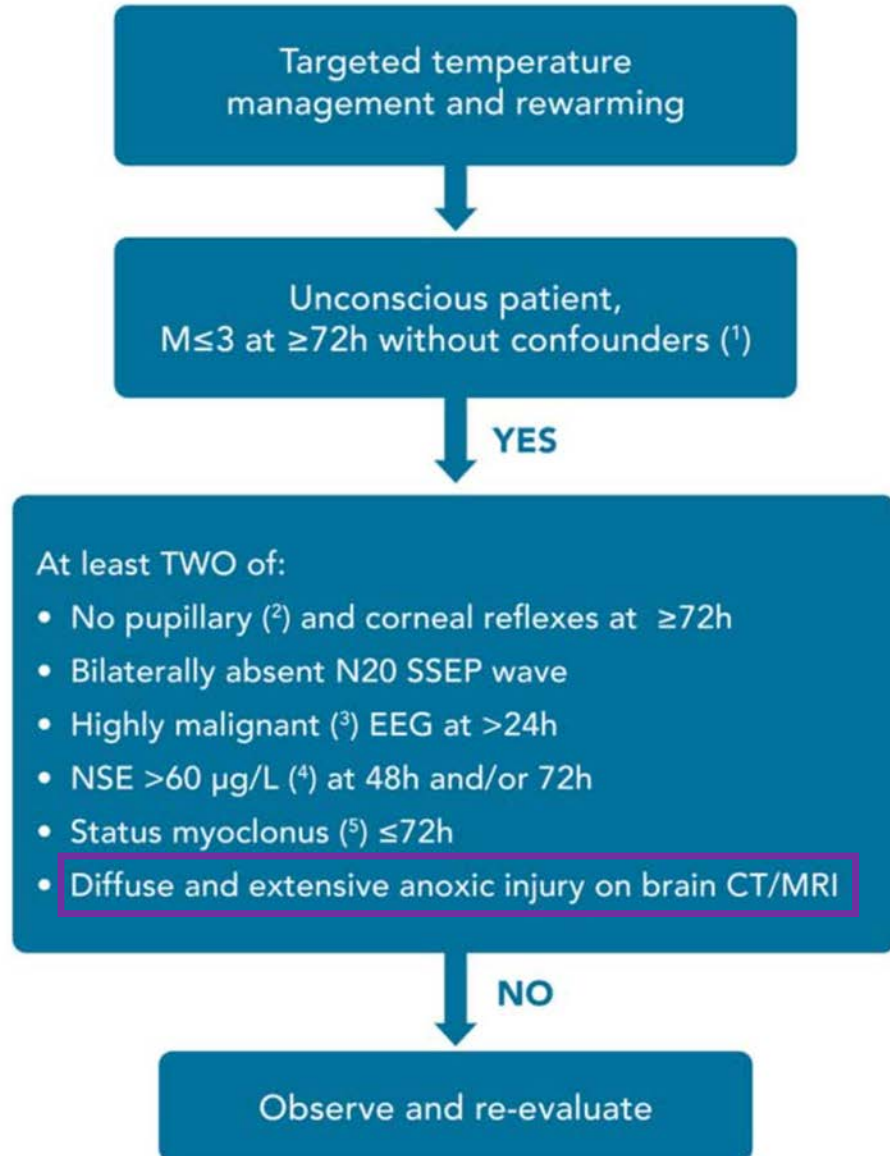
⁵ Defined as a continuous and generalised myoclonus persisting for 30 minutes or more

* Caution in case of discordant signs indicating a potentially good outcome (see text for details).

OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

Imagerie



Consensus
(Nolan et al., 2020)

- *In combination with other predictors*
- *In centres where specific experience in these studies is available*
- **Brain CT : generalised brain oedema** (marked reduction of the grey matter/white matter ratio)
- **Brain MRI : extensive diffusion restriction**

Exemple d'un environnement local :
*Accès « étendu » à la
neurophysiologie*

Consensus Guerit et al., 2009

AVANTAGES

- **Non invasif, pas de CI, au lit**
- **Individualisée**
- **Fonctionnelle**
- **Quantitative : temps de conduction**
- **Sous sédation (sauf PE cognitifs)**

INCONVENIENTS

- **Qualité d'enregistrement**
- **Lecture opérateur dépendante :**
 - Variabilité inter-individuelle
 - EEG > PE ?
 - Réactivité systématisée en PE

Consensus Guerit et al., 2009

AVANTAGES

- **Non invasif**, pas de CI, au lit
- Individualisée
- **Fonctionnelle**
- Quantitative : temps de conduction
- Sous sédation (sauf PE cognitifs)

INCONVENIENTS

- Qualité d'enregistrement
- **Lecture opérateur dépendante** :
 - Variabilité inter-individuelle
 - EEG > PE ?
 - Réactivité systématisée en PE

EEG du coma anoxique

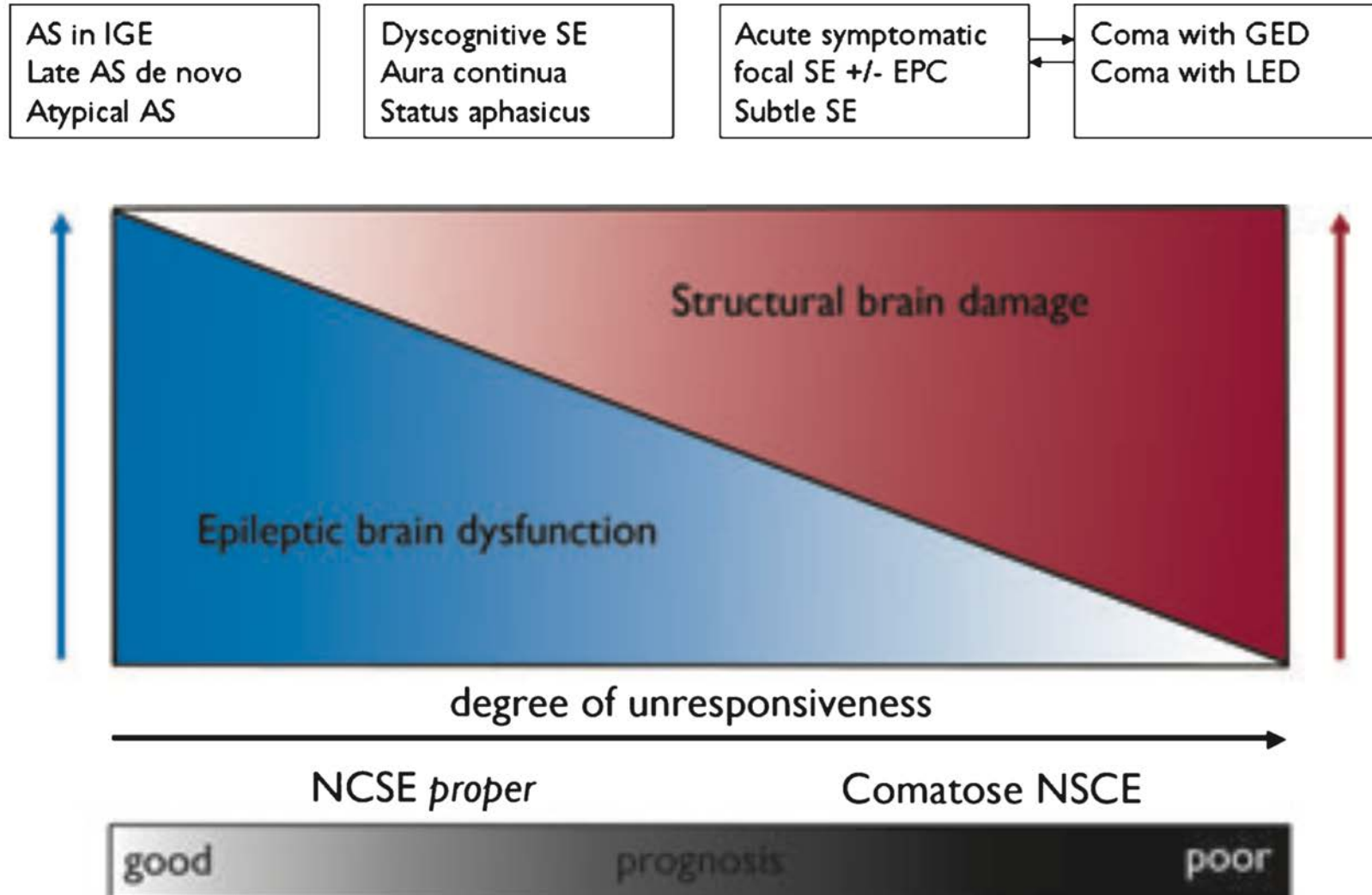
Nonconvulsive status epilepticus and coma

Gerhard Bauer and Eugen Trinka

Department of Neurology, Medical University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

• Question centrale :

- *Etat de mal épileptique* post-anoxique ?
- *Encéphalopathie* post-anoxique ?



Pattern **bénin** de Synek

Grade 0

- **EEG normal** de veille +/- sommeil
- Spindle coma (fuseaux)

Grade I

- **Alpha prédominant + variabilité**
(« polymorphe, fluctuant, labile »)
- **Réactivité EEG**
 - Stimulations bilatérales répétées auditives et nociceptives
 - Accélération du tracé
 - Bouffées lentes paradoxales

Pattern **malin** de Synek

Grade IV

- **Alpha coma** :
 - Monomorphe, diffus, non réactive
 - Aspect transitoire
- **Delta continu** peu volté
- **Dépression transitoire + Burst suppression**

Grade V

- **EEG isoélectrique** ou nul

Pattern **incertain** de Synek

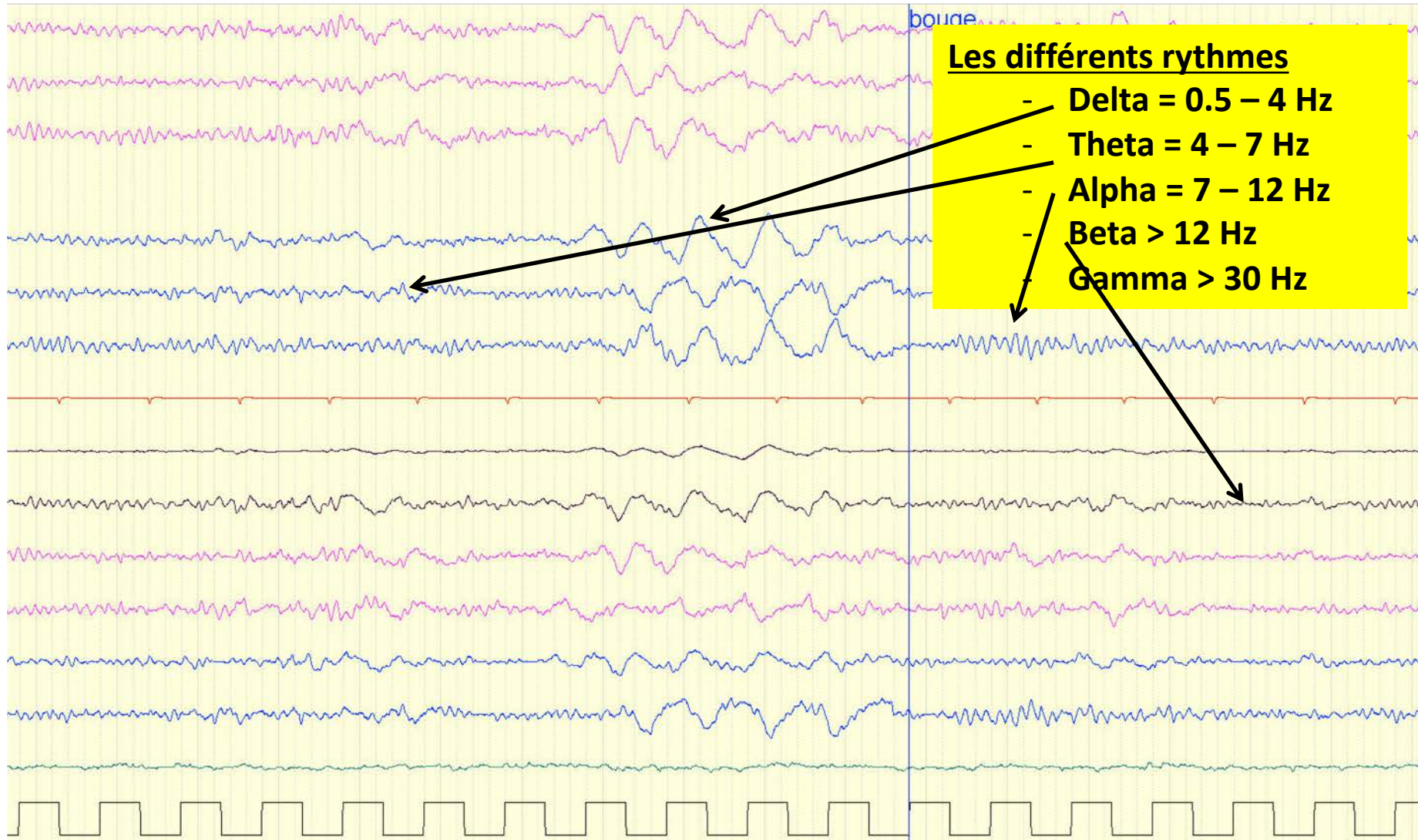
Grade II

- Activités thêta et delta prédominantes + Alpha

Grade III

- Thêta et delta isolés
- Monotone
- Réactif ou pas

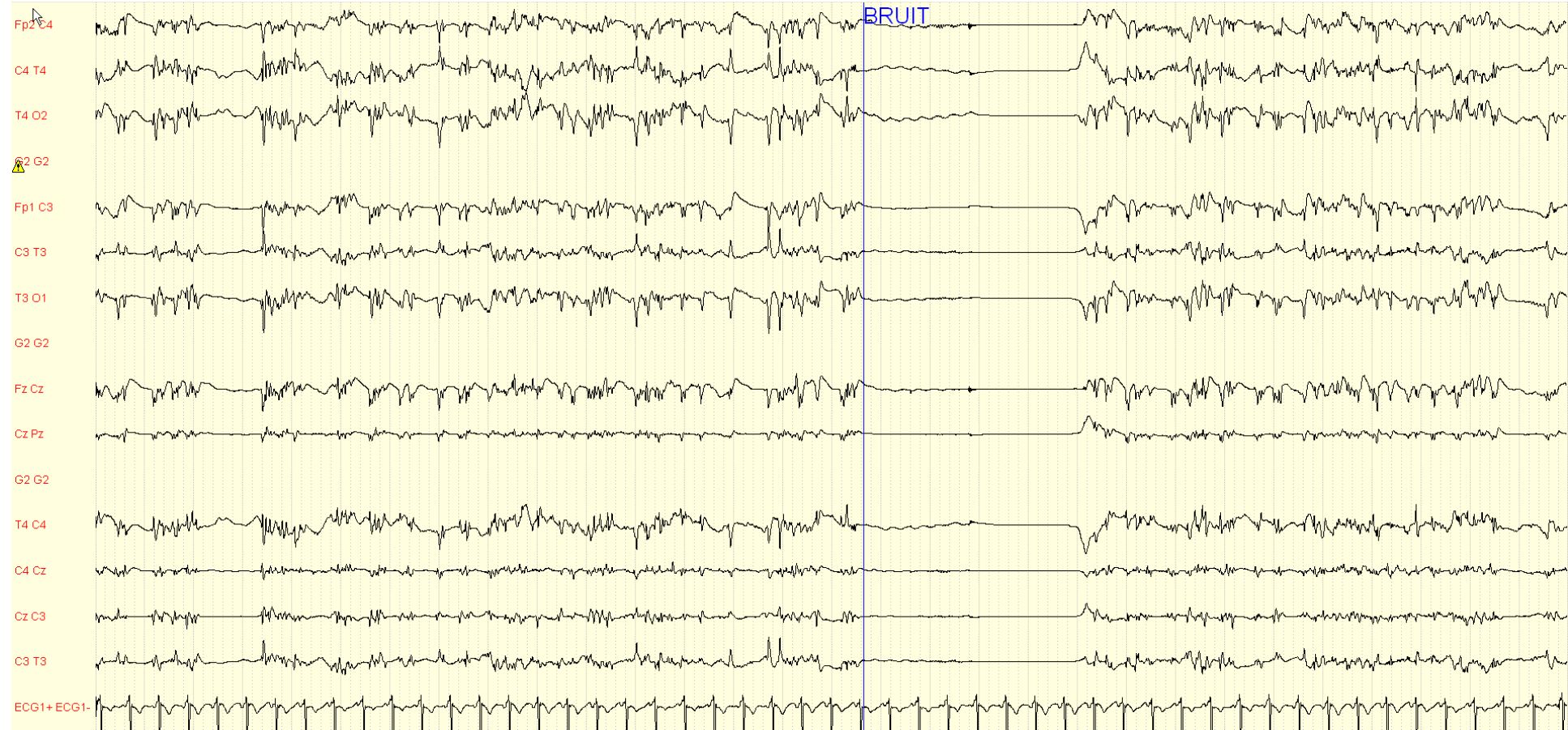
EEG ralenti continu



Pattern malin de Synek



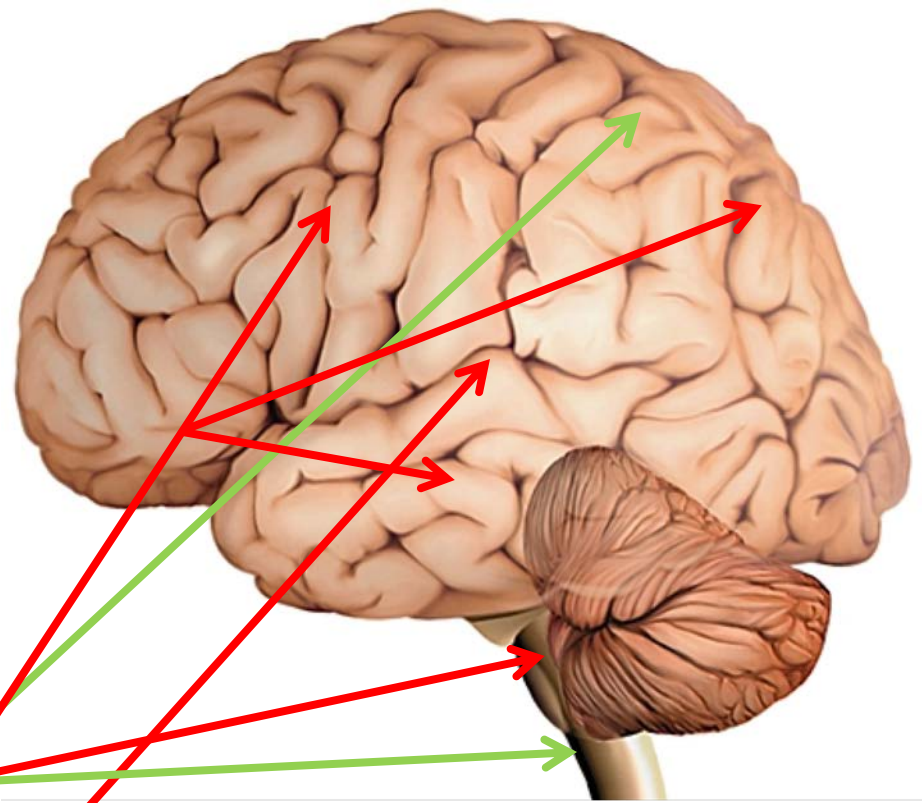
Pattern malin de Synek



Que nous apprennent les potentiels évoqués ?

PES : Potentiels Evoqués Somesthésiques

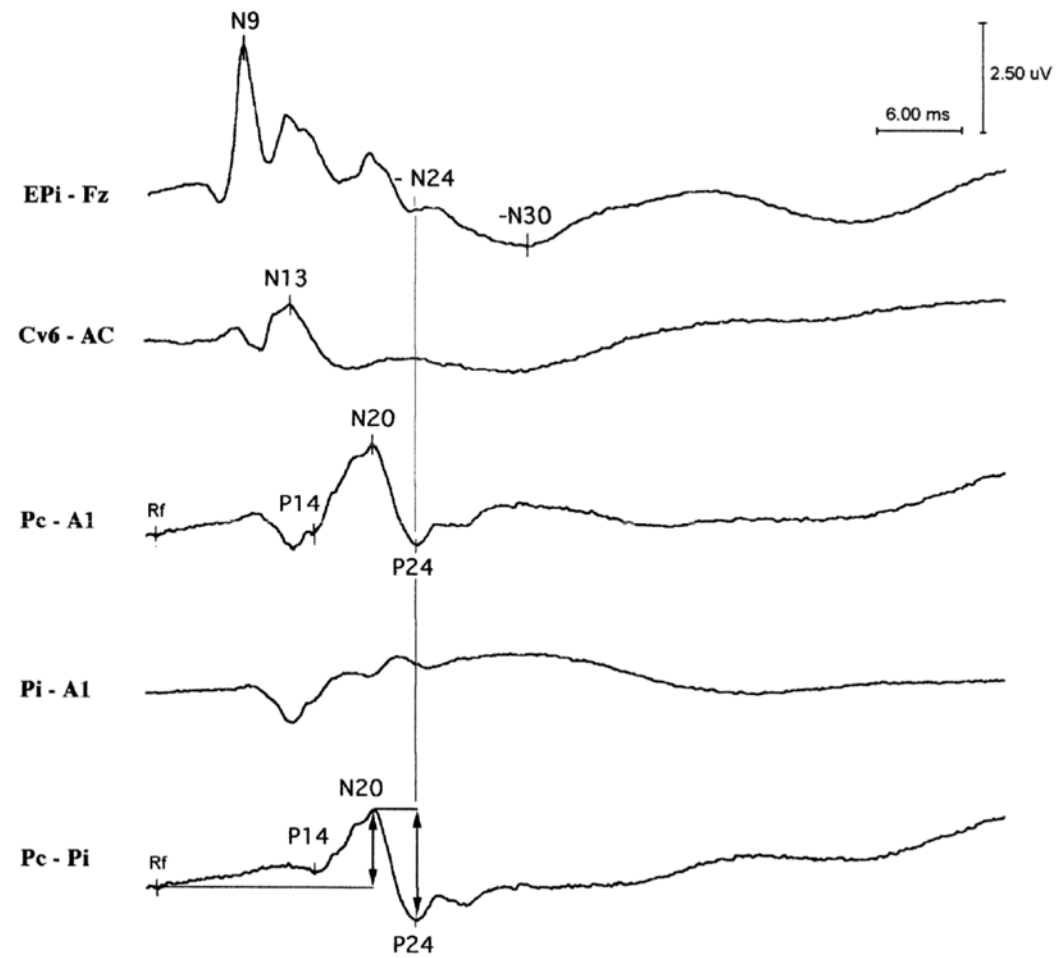
PEA : Potentiels Evoqués Auditifs



- **Tronc Cérébral** : **PES** + **PEA Précoce**
- **Cortex primaires** : **PES** + **PEA de Latence Moyenne**
- **Cortex associatif** :
MisMatch Negativity + Réponse au Propre Prénom

PES : Potentiels Evoqués Somesthésiques

Stimulation électrique sur nerf médian control-latéral



ELSEVIER

Clinical Neurophysiology 114 (2003) 1615–1627

www.elsevier.com/locate/clinph

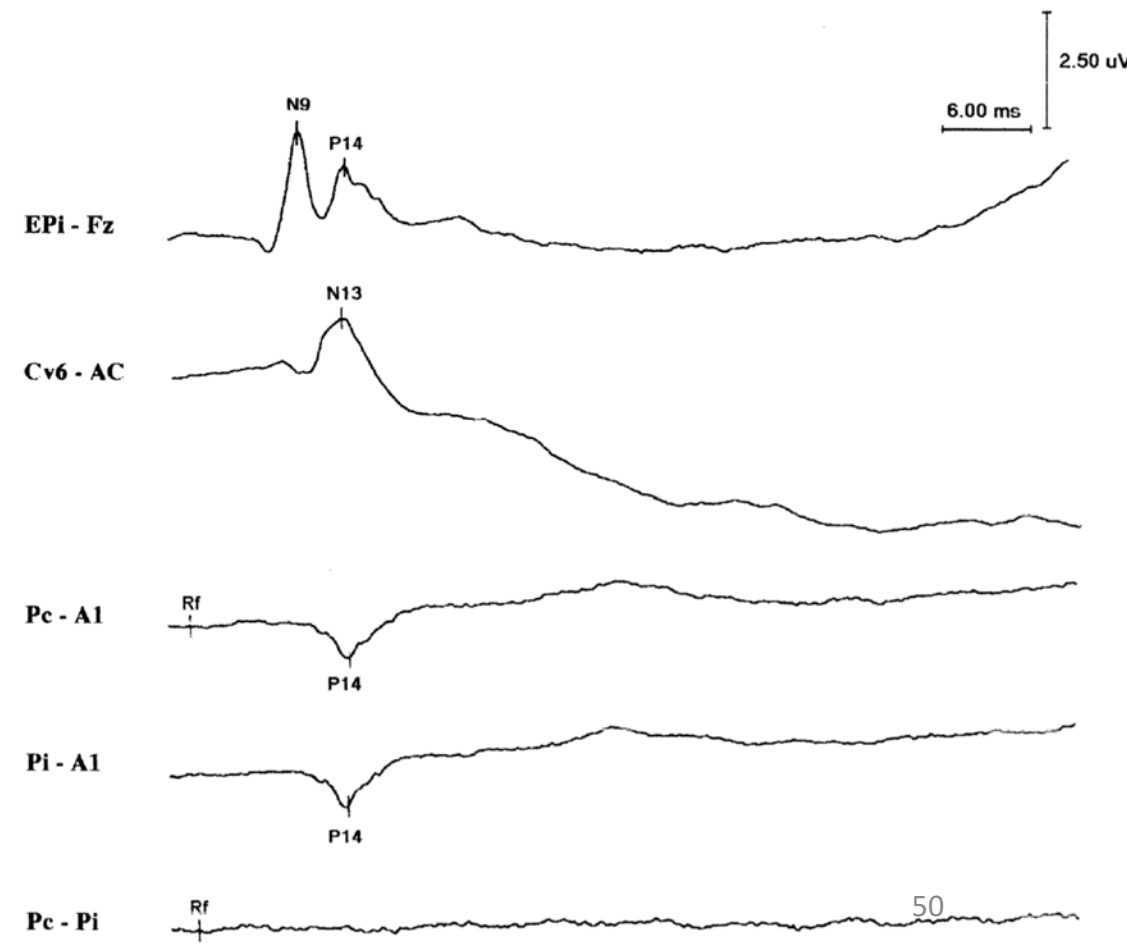
The prognostic value of evoked responses from primary somatosensory and auditory cortex in comatose patients

F. Logi^{a,b}, C. Fischer^{a,*}, L. Murri^b, F. Mauguière^a

^aNeurologie Fonctionnelle and EA1880, Hôpital Neurologique, 59, Boulevard Pinel, 69003 Lyon, France

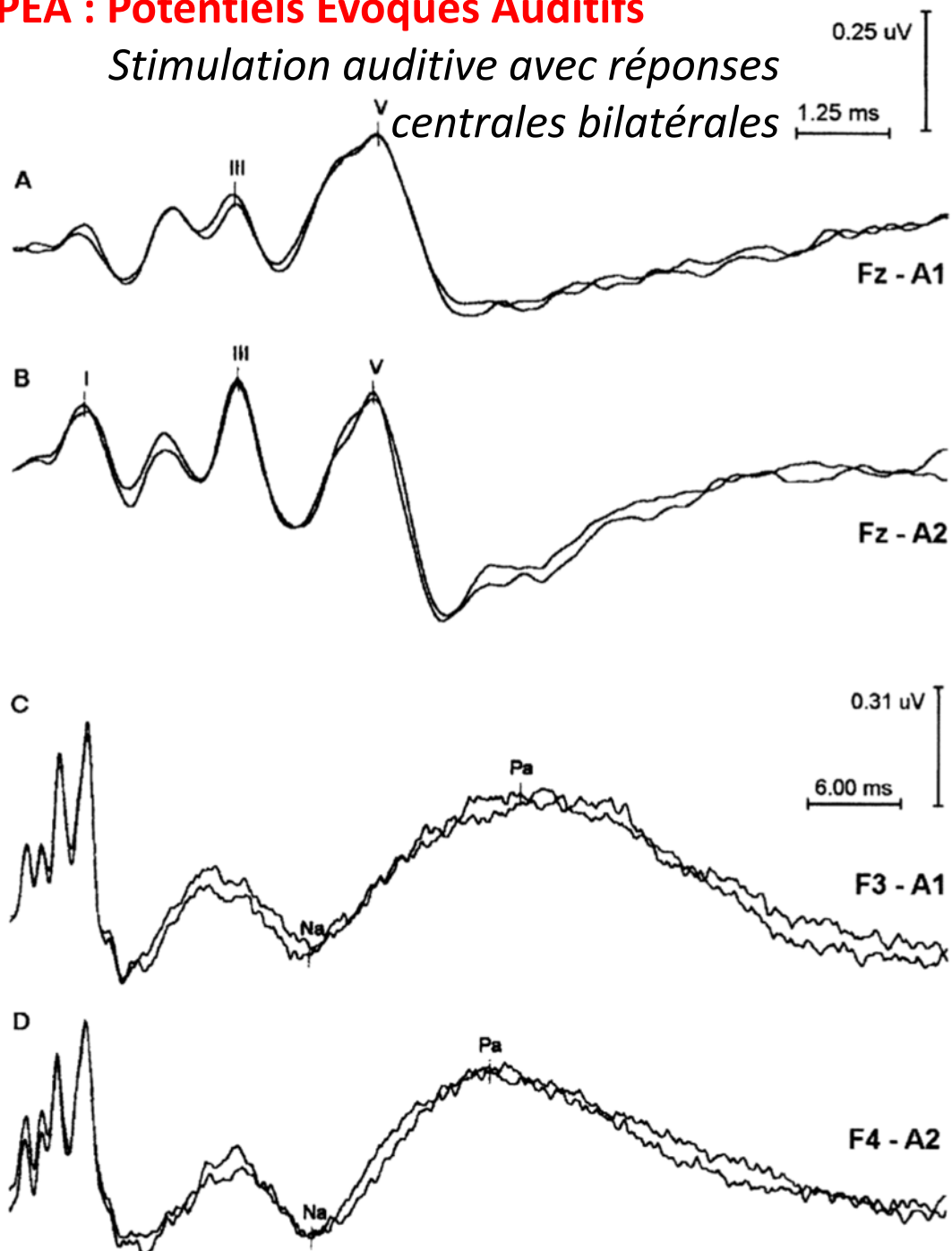
^bDepartment of Neuroscience, Institute of Neurology, University of Pisa, Pisa, Italy

Accepted 19 March 2003



PEA : Potentiels Evoqués Auditifs

Stimulation auditive avec réponses
centrales bilatérales



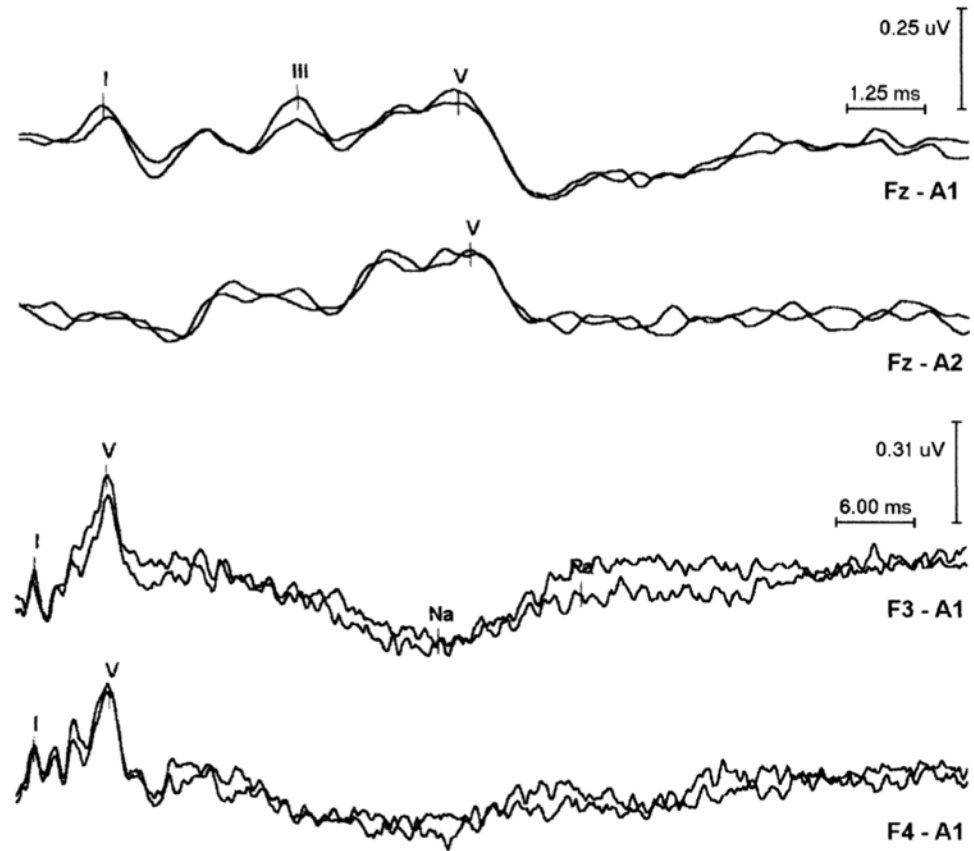
The prognostic value of evoked responses from primary somatosensory
and auditory cortex in comatose patients

F. Logi^{a,b}, C. Fischer^{a,*}, L. Murri^b, F. Mauguière^a

^aNeurologie Fonctionnelle and EA1880, Hôpital Neurologique, 59, Boulevard Pinel, 69003 Lyon, France

^bDepartment of Neuroscience, Institute of Neurology, University of Pisa, Pisa, Italy

Accepted 19 March 2003



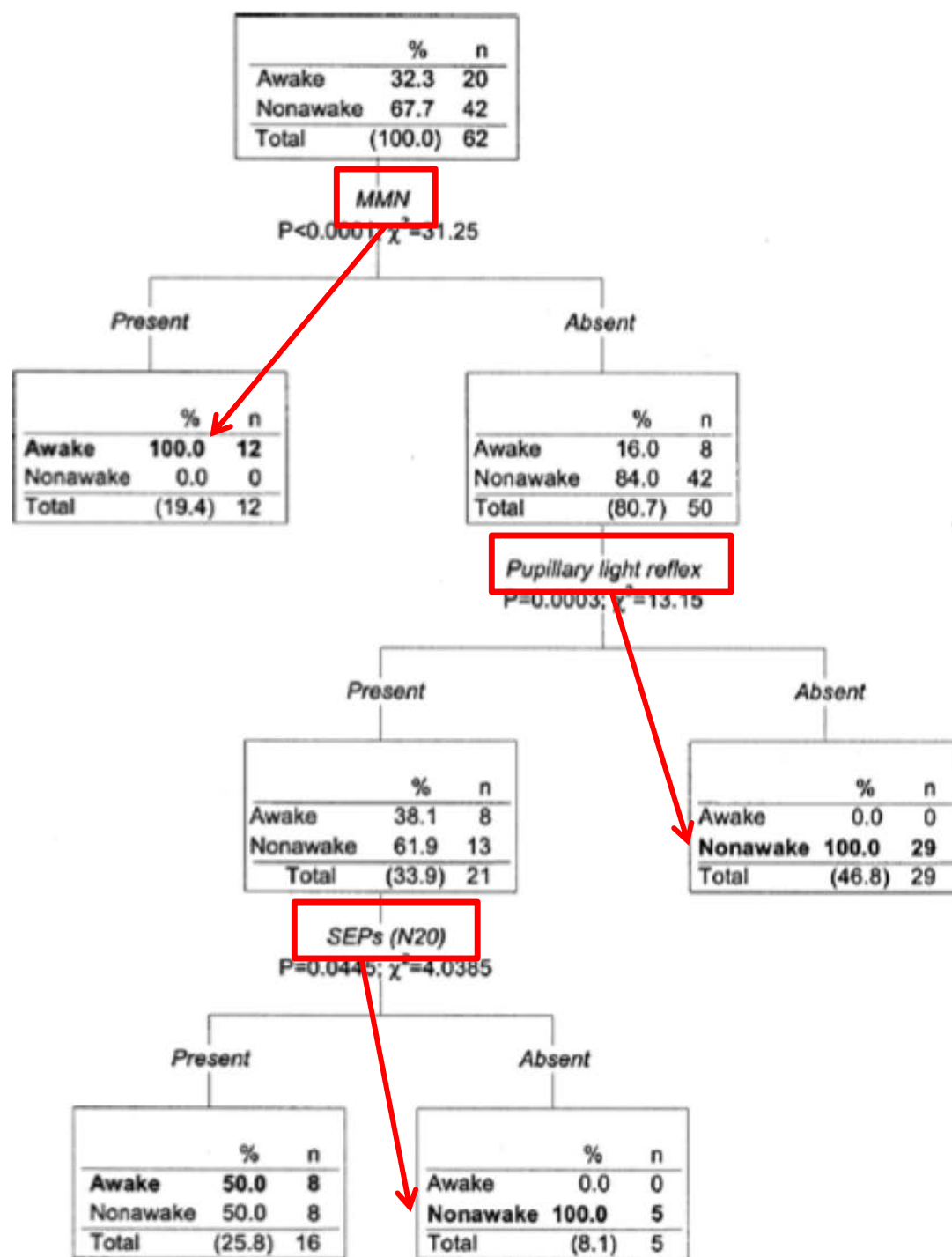
PE Auditifs Tardifs : MMN

- Paradigme **ODDBALL**
 - Cerveau « conscient » si d'abord être « adaptable »
 - Nouveauté = Variation de la durée du son
 - 2 courbes → 2 ondes N100 différentes
 - Soustraction → **Courbe de MisMatch Negativity**
- Générateur : Gyrus temporal supérieur
 - Aires auditives secondaires = 1^{er} traitement cognitif
 - Mémoire sensorielle

Bip-bip-bip-*biiiiip*-bip-bip-*biiiiip*-bip-bip-bip-bip-bip-*biiiiip*

Règles d'interprétation

- **Réponses corticales primaires = Valeur Prédictive Négative +++**
 - Valeur péjorative si *absente*
 - **Mort corticale fonctionnelle** ? si critères de validité
 - Pas de facteur confondant métabolique
 - Réponses sous-jacentes présentes
- **Réponses tardives / cognitives = Valeur Prédictive Positive +++**
 - Valeur d'éveil si *présente*



OUTCOME CPC 1-2-3

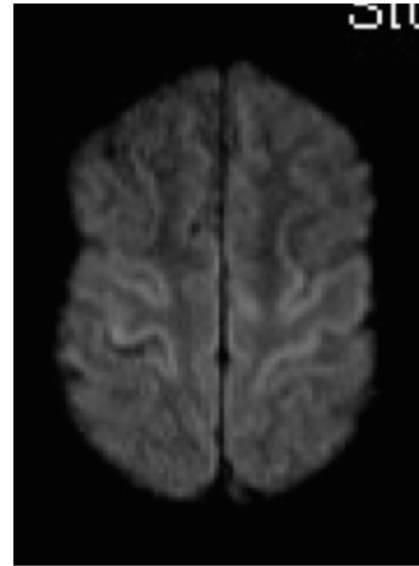
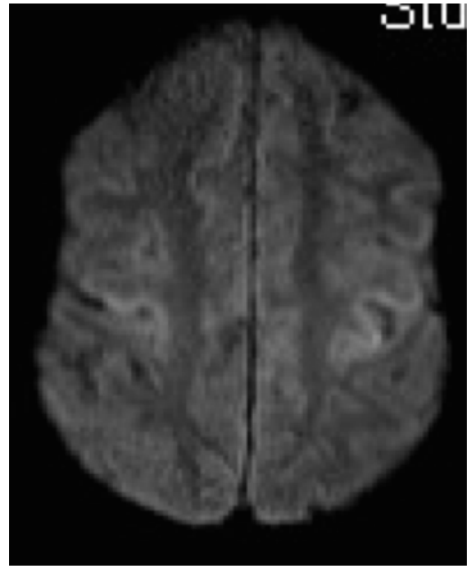
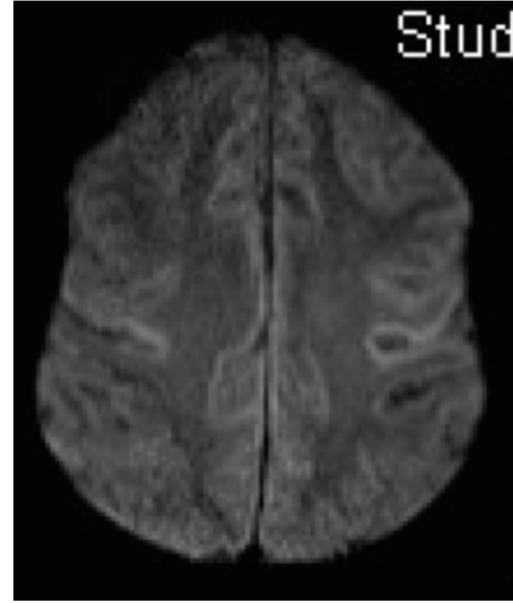
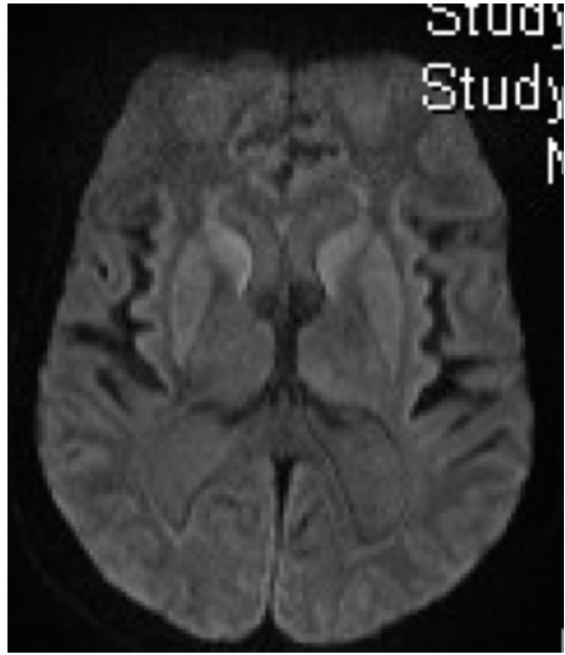
Eveil + MCS > VS

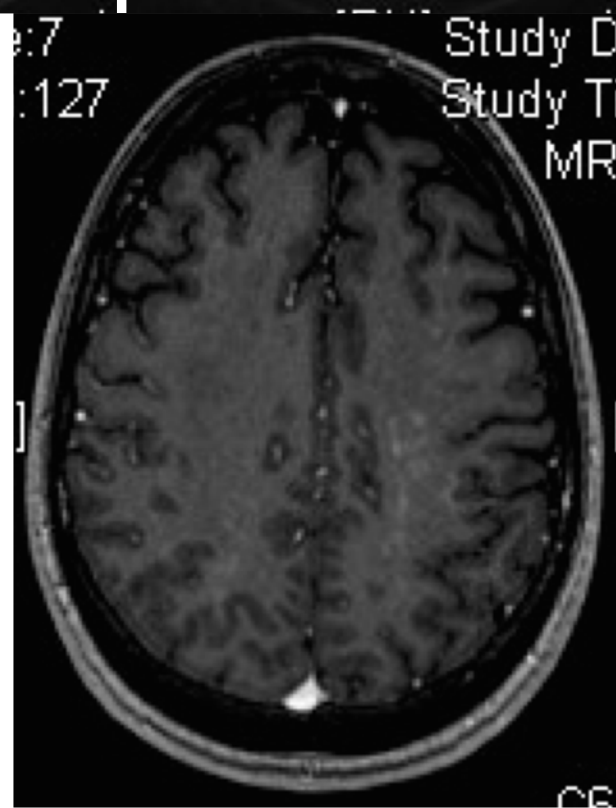
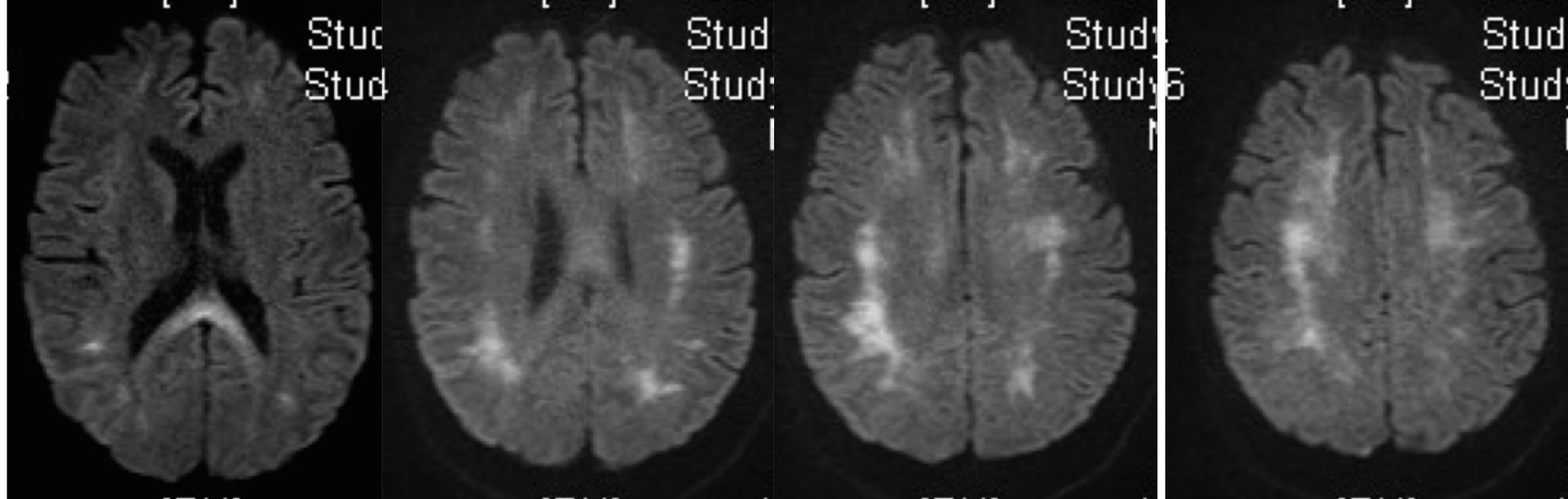
Arbre décisionnel (Fischer et al., 2006)

Implications médico-légales

- *Patient déjà MCS ?* Intérêt du bilan → Objectiver ?
- *Pas de N20 sur PE somesthésiques* → Stop dès 72h ?
- **MMN présente (Bip-bip-bip-biiiiip)**
 - Devrait se « réveiller » dans les 3 semaines
 - Quel réveil ?
 - Fonctionnement cortical anticipé par PE
 - Fonctionnement cortical clinique (seulement MCS ?)
- **Cadre limite : Pas de MMN + PES présent**
 - Attendre : **Combien de temps ? Pour quel résultat fonctionnel ?**
 - **Eveil tardif = Moins bonne qualité**

L'IRM : réalité et perspectives





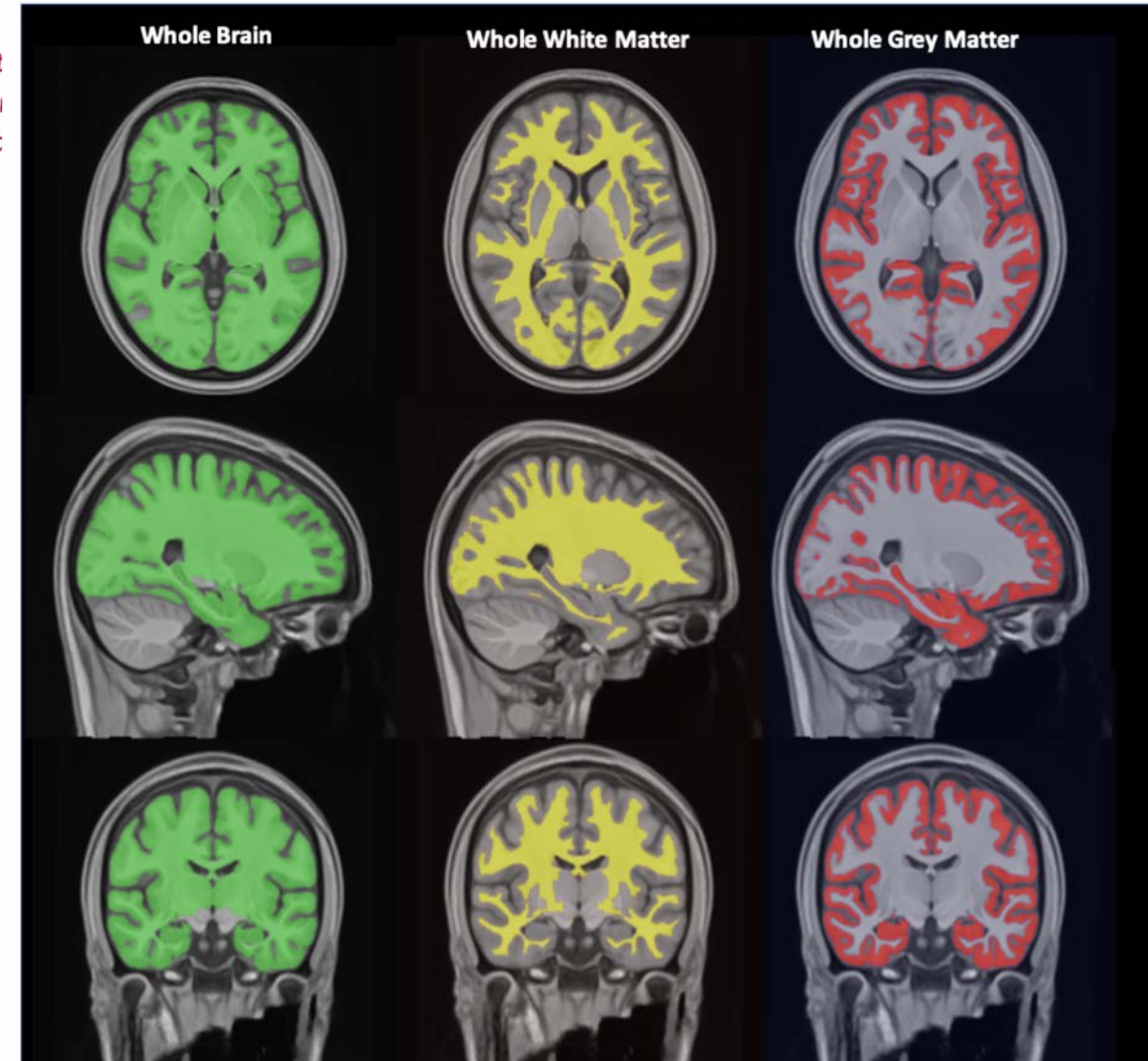
Use of brain diffusion tensor imaging for the prediction of long-term neurological outcomes in patients after cardiac arrest: a multicentre, international, prospective, observational, cohort study

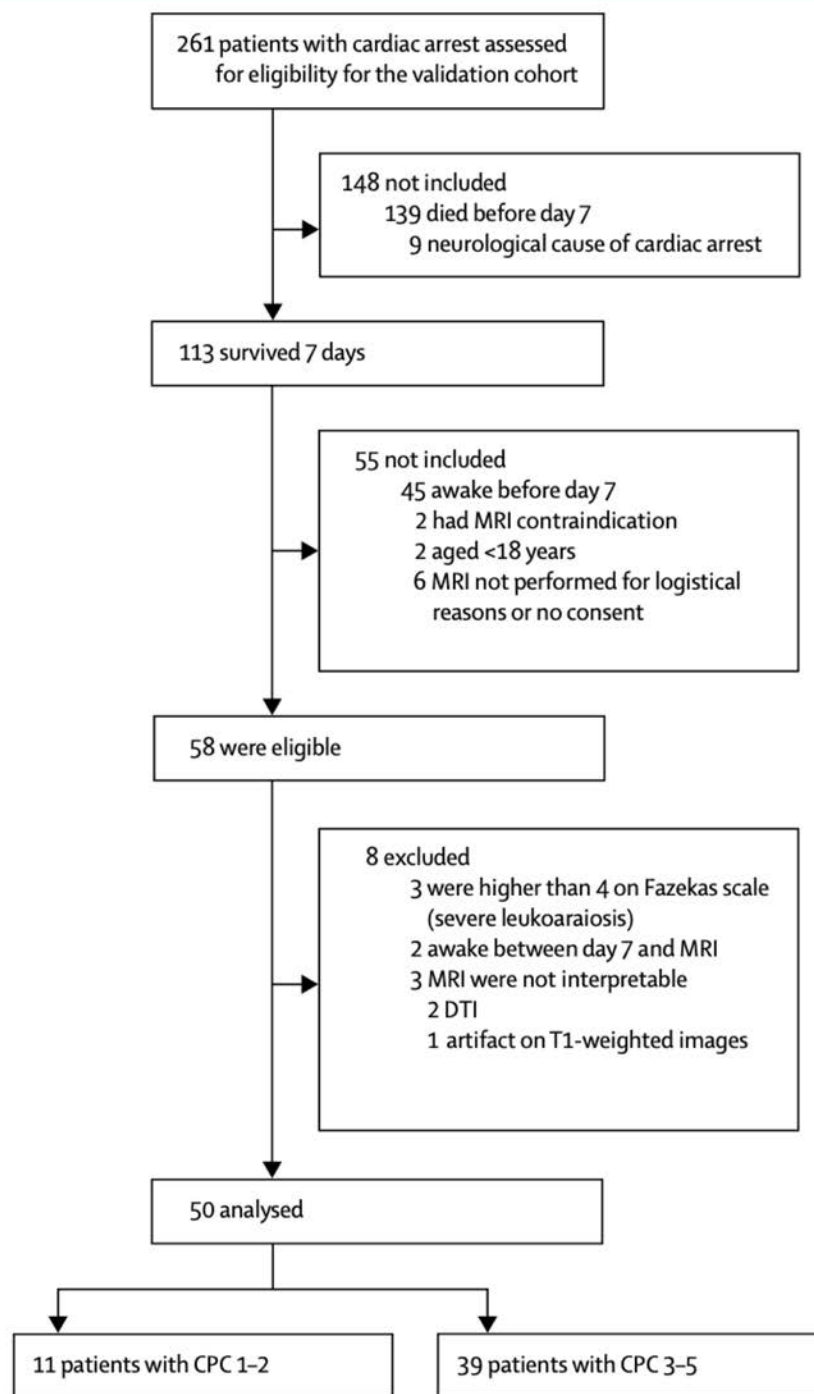
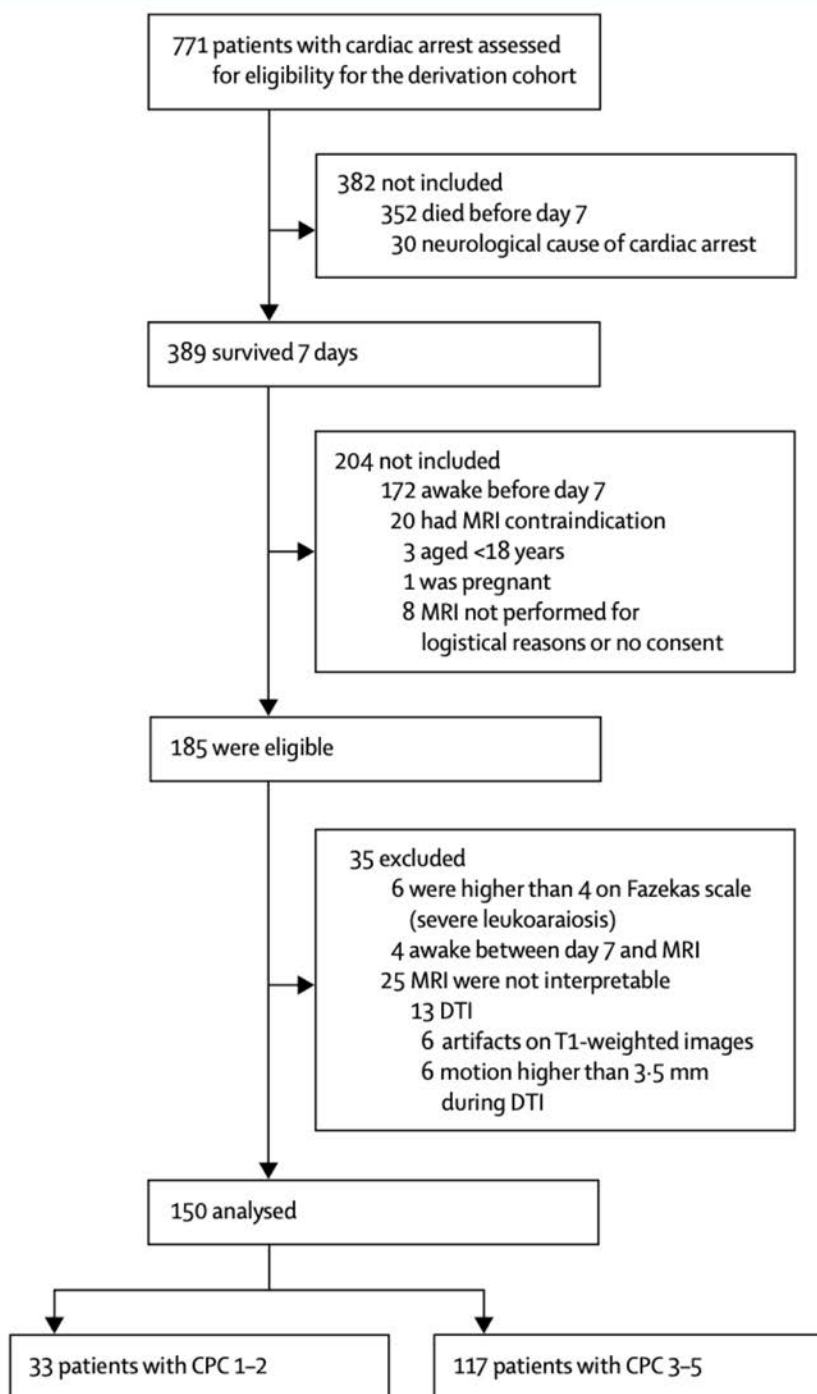
Lionel Velly, Vincent Perlberg, Thomas Boulier, Nicolas Adam, Sebastien Delphine, Charles-Edouard Luyt, Valentine Batt, Charlotte Arbelot, Russell Chabanne, Betty Jean, Carol Di Perri, Steven Laureys, Giuseppe Citerio, Alessia Vargiolu, Benja, Nicolas Bruder, Nadine Girard, Stein Silva, Vincent Cottenceau, Thomas Tourdias, Olivier Coulon, Bruno Riou, Lionel Nac, Habib Benali, Damien Galanaud, Louis Puybasset, for the MRI-COMA Investigators*

Lancet Neurol 2018

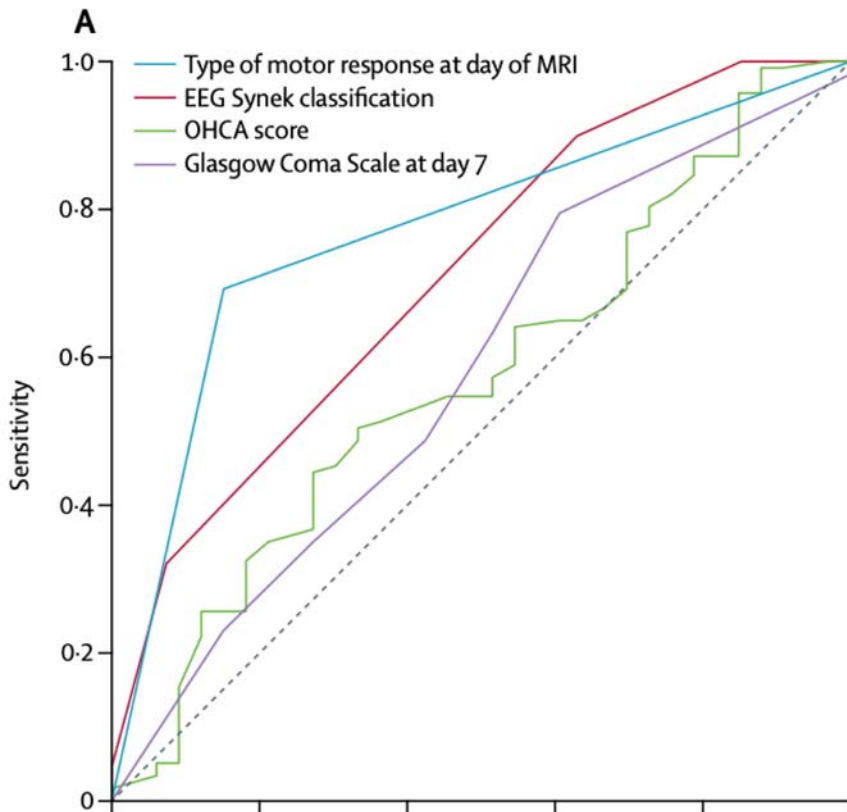
OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

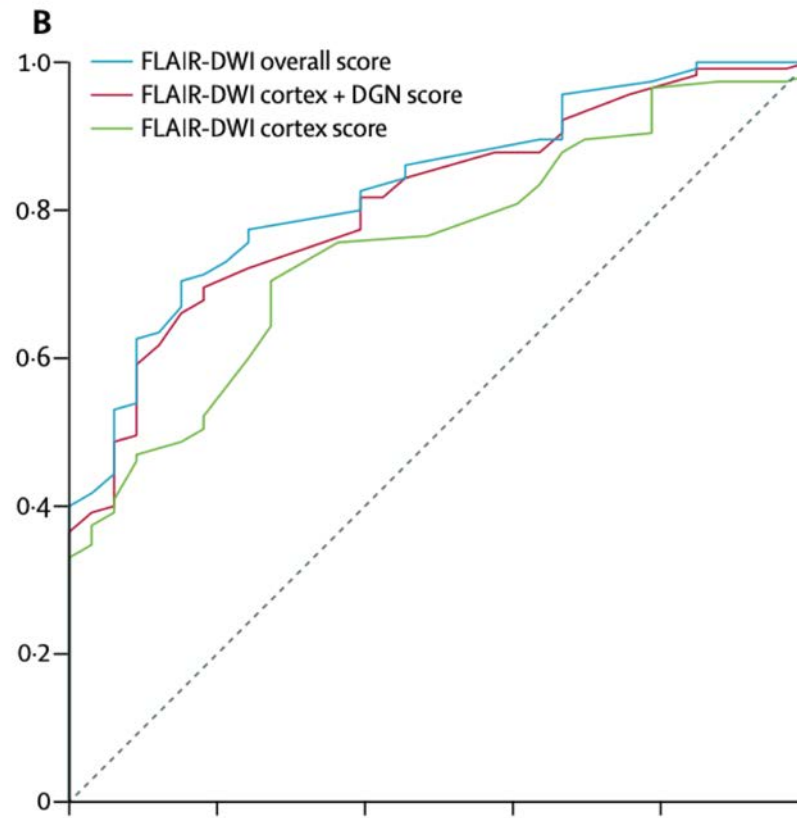




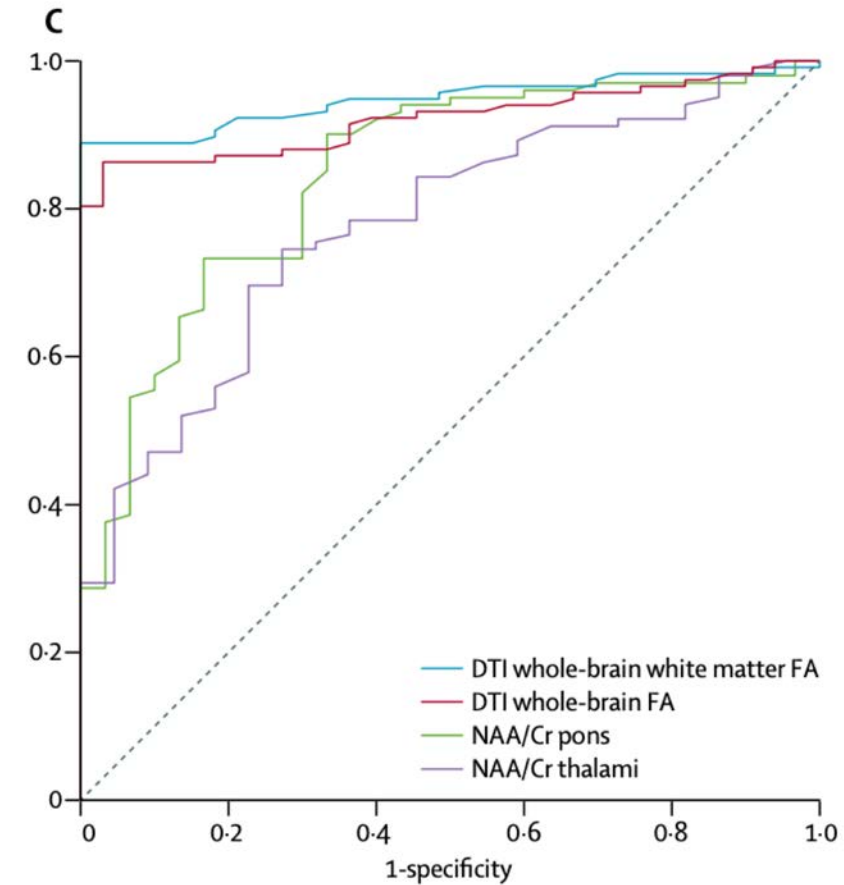
Classique



IRM morphologique visuelle



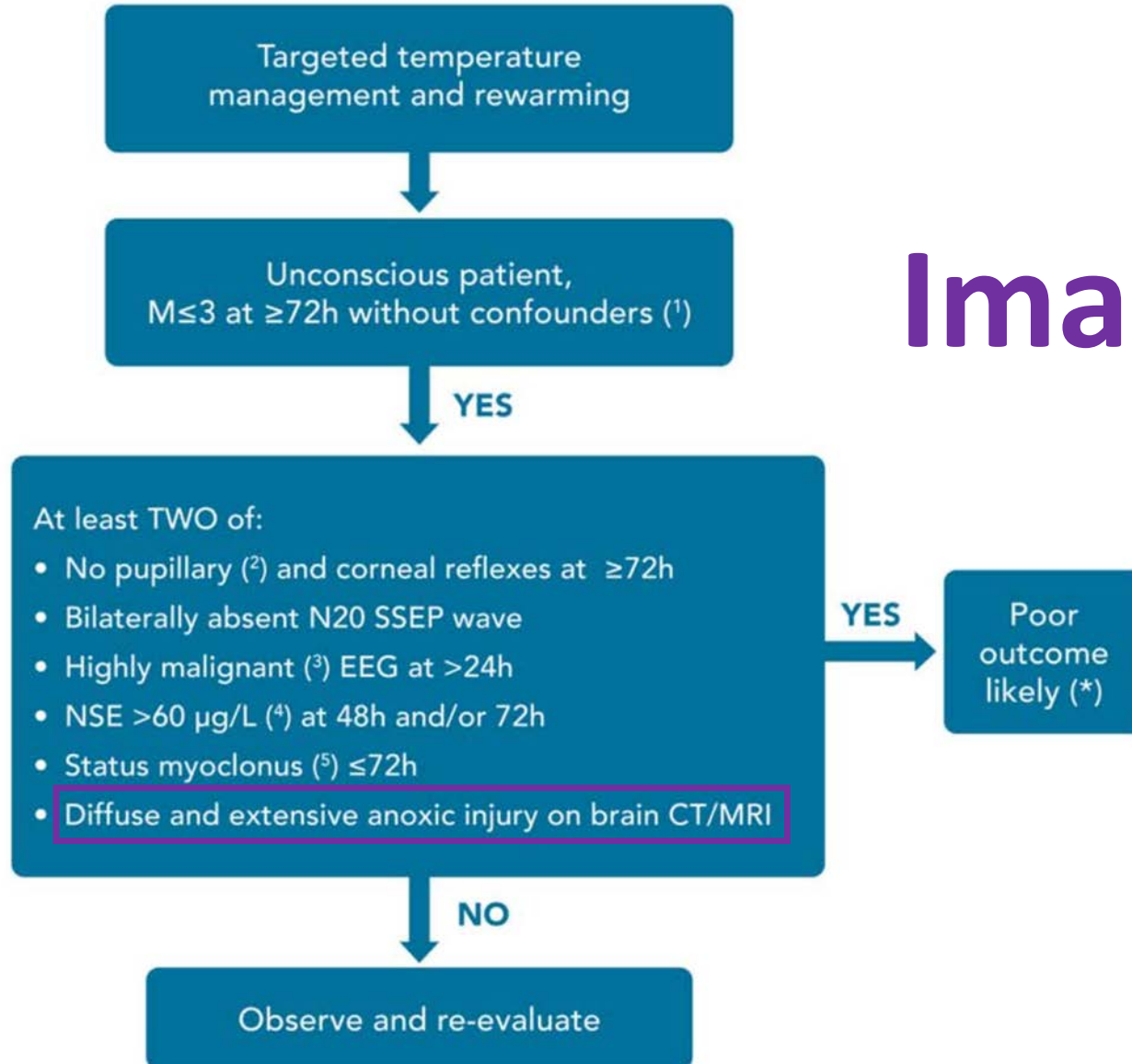
IRM morphologique quantitative



OUTCOME CPC 1-2

Autonomie

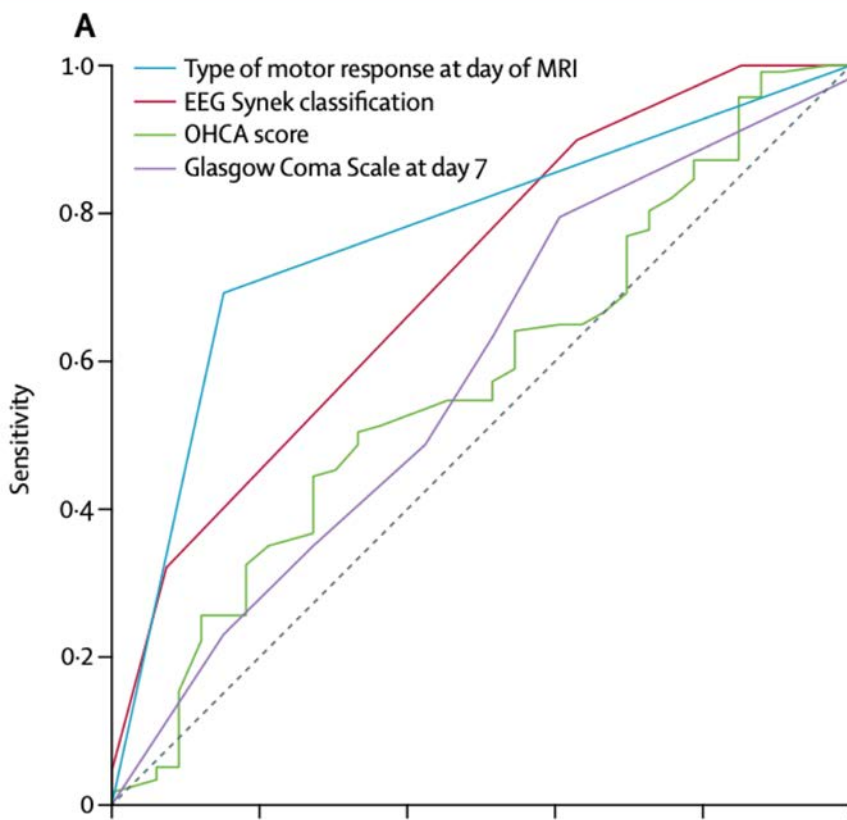
Imagerie



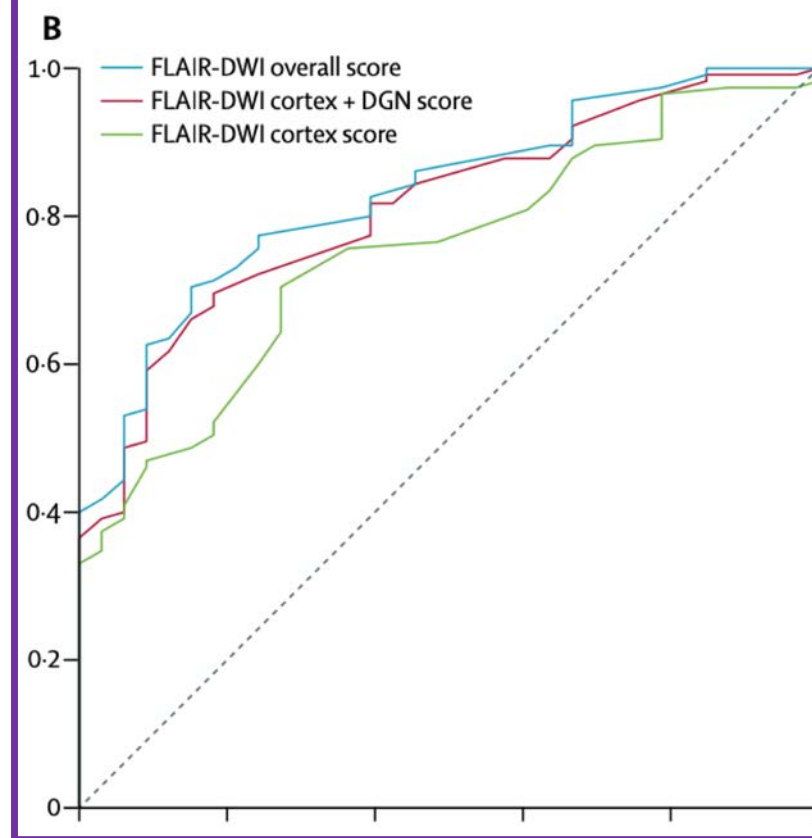
Consensus
(Nolan et al., 2020)

- *In combination with other predictors*
- *In centres where specific experience in these studies is available*
- **Brain CT : generalised brain oedema** (marked reduction of the grey matter/white matter ratio)
- **Brain MRI : extensive diffusion restriction**

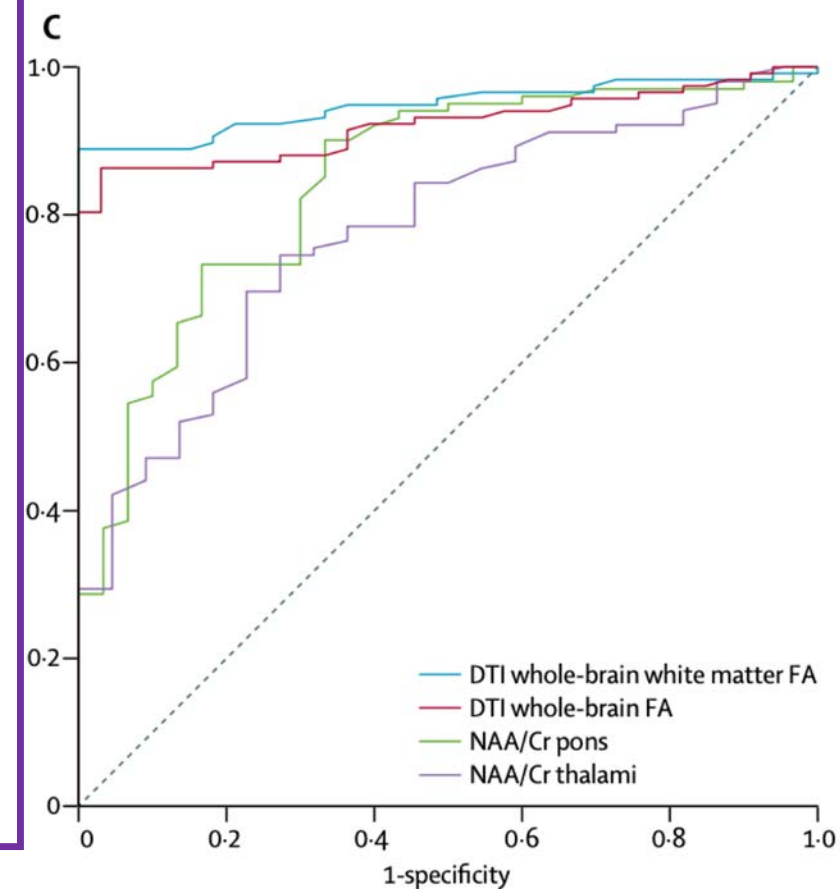
Classique



IRM morphologique visuelle



IRM morphologique quantitative



Use of brain diffusion tensor imaging for the prediction of long-term neurological outcomes in patients after cardiac arrest: a multicentre, international, prospective, observational, cohort study

Lancet Neurol 2018

Lionel Velly, Vincent Perlberg, Thomas Boulier, Charlotte Arbelot, Russell Chabanne, Betty Jec, Nicolas Bruder, Nadine Girard, Stein Silva, Vin, Habib Benali, Damien Galanaud, Louis Puyba

	Area under the ROC curve (95% CI)	Optimum cutoff	Specificity (95% CI)	Sensitivity (95% CI)	Predictive positive value (95% CI)	Negative predictive value (95% CI)
Clinical and EEG variables						
OHCA score	0.57 (0.46–0.68)*	≥58	100 (89–100)	2 (0–6)†	100 (16–100)	22 (16–30)
EEG Synek classification	0.71 (0.62–0.81)*	≥5	100 (87–100)	5 (2–10)†	100 (48–100)	21 (14–29)
Qualitative MRI variables						
FLAIR-DWI overall score	0.83 (0.76–0.90)*	≥41	100 (89–100)	40 (31–50)†	100 (92–100)	32 (23–42)
FLAIR-DWI cortex score	0.75 (0.67–0.84)*	≥30	100 (89–100)	33 (25–42)†	100 (91–100)	30 (22–39)
FLAIR-DWI cortex plus deep grey nuclei score	0.81 (0.74–0.88)*	≥41	100 (89–100)	37 (28–46)†	100 (92–100)	31 (22–41)
Quantitative MRI variables						
Whole-brain white matter FA	0.95 (0.91–0.98)	<0.91	100 (89–100)	89 (82–94)	100 (97–100)	72 (57–84)
Whole-brain FA	0.92 (0.88–0.96)	<0.91	100 (89–100)	80 (72–87)	100 (96–100)	59 (45–72)
NAA/Cr thalami	0.85 (0.77–0.92)*	≤0.90	100 (88–100)	30 (21–40)†	100 (88–100)	29 (21–39)
NAA/Cr pons	0.78 (0.68–0.88)*	≤1.64	100 (85–100)	29 (20–39)†	100 (88–100)	23 (15–33)
Combination of (multivariate models)						
Motor response±OHCA score–EEG Synek classification	0.83 (0.75–0.91)*	..	100 (87–100)	4 (1–9)†	100 (40–100)	20 (14–28)
Motor response±OHCA score–EEG Synek classification–qualitative MRI	0.92 (0.87–0.96)	..	100 (87–100)	73 (64–81)†	100 (95–100)	48 (35–62)
Motor response±OHCA score–EEG Synek classification–qualitative MRI–quantitative MRI	0.99 (0.98–1.00)*	..	100 (86–100)	98 (93–100)†	100 (96–100)	89 (67–99)

OHCA score calculation, the FLAIR-DWI scoring system, and EEG Synek classification are described in the appendix. ROC=receiver operating characteristic. EEG=electroencephalogram. OHCA=out-of-hospital cardiac arrest. FLAIR=fluid-attenuated inversion recovery. DWI=diffusion-weighted imaging. FA=fractional anisotropy. ¹H-MRS=proton magnetic resonance spectroscopy. NAA/Cr=¹H-MRS N-acetyl aspartate over creatine ratio. *Area under the ROC curve significantly different than the one of the whole-brain white matter FA (p<0.05). †Sensitivity significantly different than the one of the whole-brain white matter FA (p<0.05). ‡Motor response no better than extensor response on MRI day.

Table 3: Area under the receiver operating characteristic curve values and cutoff values with 100% specificity predicting unfavourable outcome after cardiac arrest in the derivation cohort

Post-Test

Cas clinique

CAHP (Cardiac Arrest Hospital Prognosis) Score ☆

Predicts poor prognosis after out-of-hospital cardiac arrest and guides utility of cardiac catheterization.

INSTRUCTIONS

Use in adult patients with out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) of suspected cardiac etiology. Do not use for other causes of arrest, e.g. trauma, hanging, drowning, intoxication, overdose.

J4 :

Homme de 50 ans, IDM

G6 (M4 E1 V1)

Quelques myoclonies à J1 puis arrêt

Réflexes du TC présents

Pas de PES disponibles

EEG : non réactif mais continu

NSE : 45 à J1 → 50 à J2

IRM : souffrance corticale bilatérale

Age	50	years
Setting	Public setting Home	
Initial rhythm	Shockable Non-shockable	
Duration from collapse to CPR begun	3	min
Duration from CPR to ROSC	10	min
Admission pH	7.2	
Total Epinephrine given, mg	0 1-2 ≥3	

118 points

CAHP Score

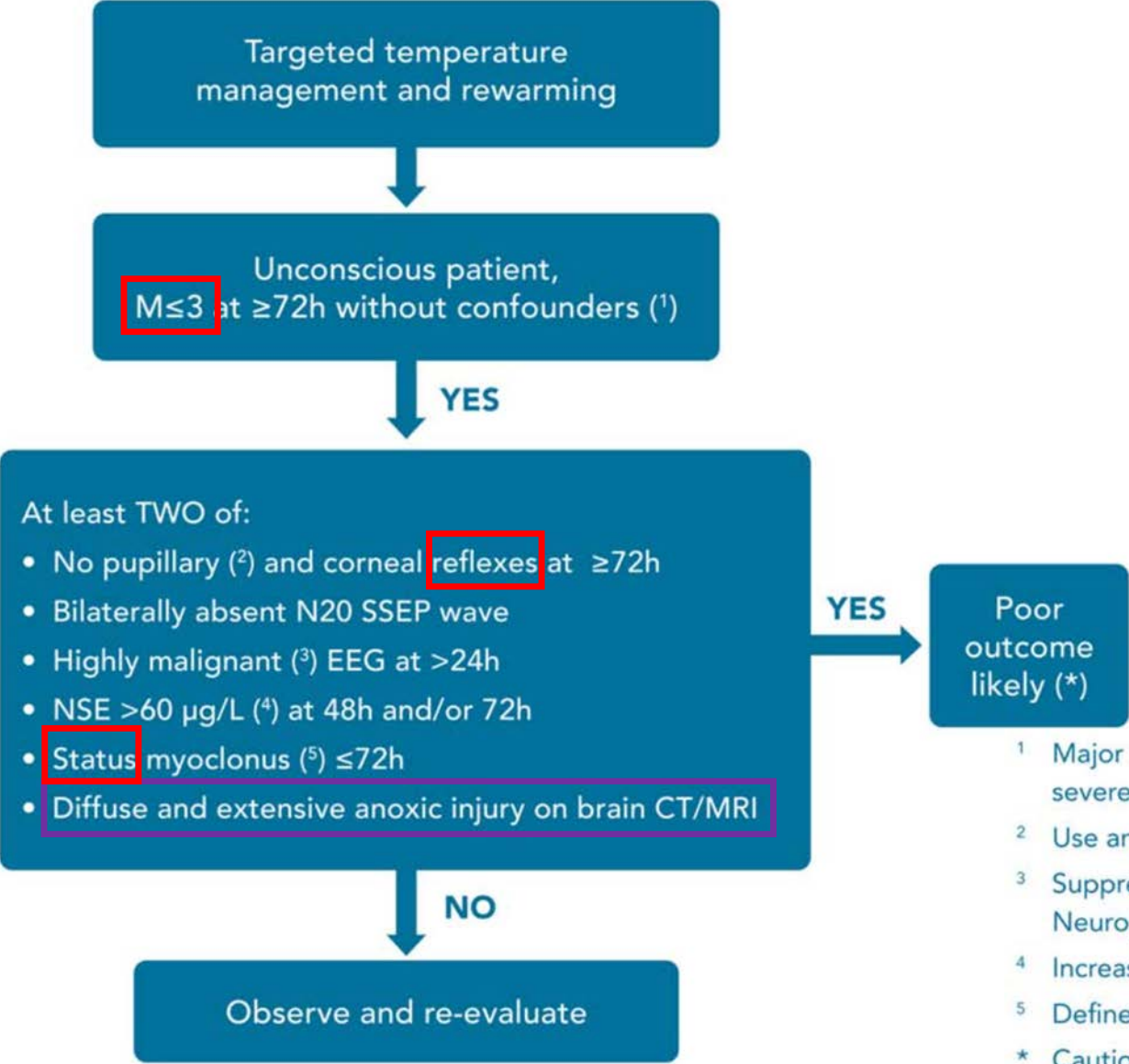
Low risk

Risk of poor outcome

39 %

Poor neurological outcome

NEUROPROGNOSTICATION FOR THE COMATOSE PATIENT AFTER RESUSCITATION FROM CARDIAC ARREST



Consensus
(Nolan et al., 2020)

¹ Major confounders may include analgo-sedation, neuromuscular blockade, hypothermia, severe hypotension, hypoglycaemia, sepsis, and metabolic and respiratory derangements

² Use an automated pupillometer, when available, to assess pupillary light reflex

³ Suppressed background ± periodic discharges or burst-suppression, according to American Clinical Neurophysiology Society

⁴ Increasing NSE levels between 24h-48h or 24/48 and 72h further support a likely poor outcome

⁵ Defined as a continuous and generalised myoclonus persisting for 30 minutes or more

* Caution in case of discordant signs indicating a potentially good outcome (see text for details).

Cas clinique

CAHP (Cardiac Arrest Hospital Prognosis) Score ☆

Predicts poor prognosis after out-of-hospital cardiac arrest and guides utility of cardiac catheterization.

INSTRUCTIONS

Use in adult patients with out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) of suspected cardiac etiology. Do not use for other causes of arrest, e.g. trauma, hanging, drowning, intoxication, overdose.

J4 :

Homme de 50 ans, IDM

G6 (M4 E1 V1)

Quelques myoclonies à J1 puis arrêt

Réflexes du TC présents

Pas de PES disponibles

EEG : non réactif mais continu

NSE : 45 à J1 → 50 à J2

IRM : souffrance corticale bilatérale

Age	50	years
Setting	Public setting Home	
Initial rhythm	Shockable Non-shockable	
Duration from collapse to CPR begun	3	min
Duration from CPR to ROSC	10	min
Admission pH	7.2	
Total Epinephrine given, mg	0 1-2 ≥3	

118 points

CAHP Score

Low risk

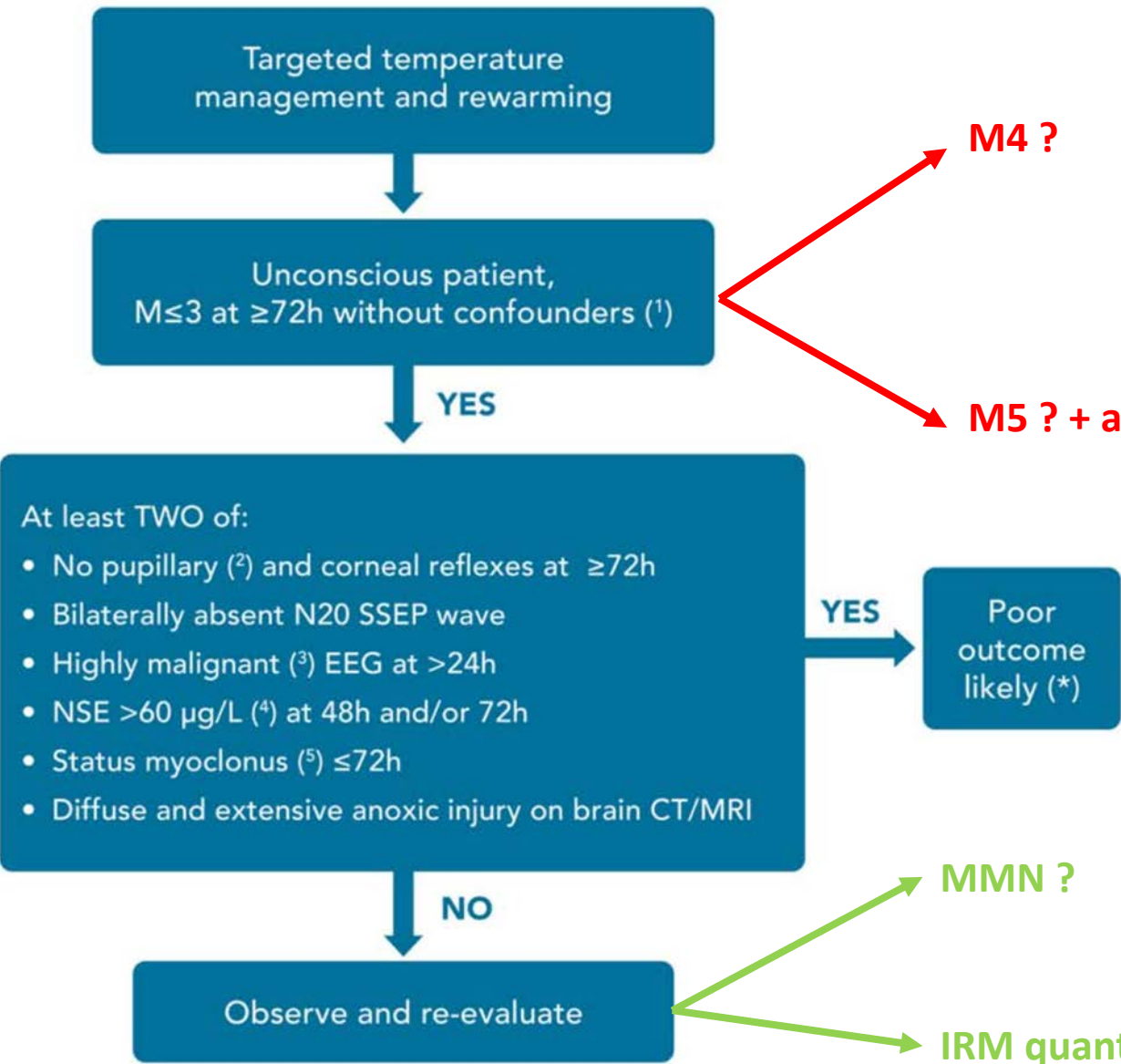
Risk of poor outcome

39 %

Poor neurological outcome

PAS DE LATA !!

OUTCOME CPC 1-2 ?
OUTCOME GOSE ≥ 4 ?
OUTCOME EXIT-MCS ?



Consensus
(Nolan et al., 2020)

Perspectives ?

- *Rationaliser de l'évaluation des outils pronostiques*

- Evaluer en aveugle !!!
- Choisir les mêmes critères d'évolution (dé)favorable ???

➔ Mais quelle limite serait universellement acceptable ?

- *Utiliser les réponses à bon escient*

- Si critère évalué pour « fonctionnalité » ➔ Risque de **LATA de patients conscients**
- Si critère évalué pour « éveil » ➔ Risque de **survie de patient handicapé**

➔ Limites fixées par le patient ?

➔ Limites acceptées par la famille ?

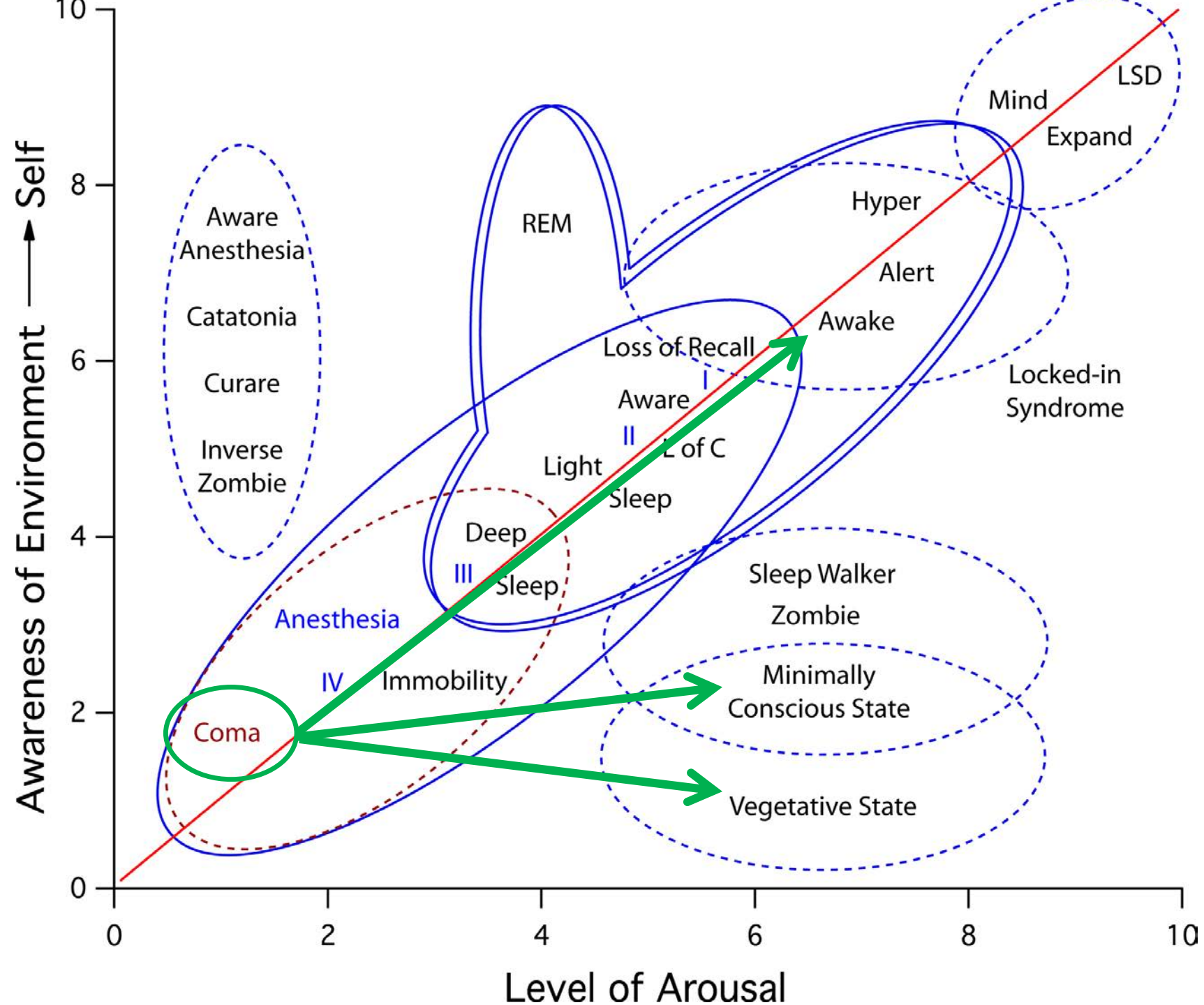
***La seule certitude que
j'ai, c'est d'être dans
le doute.***

Pierre Desproges



Merci de votre attention !!!

Clinique

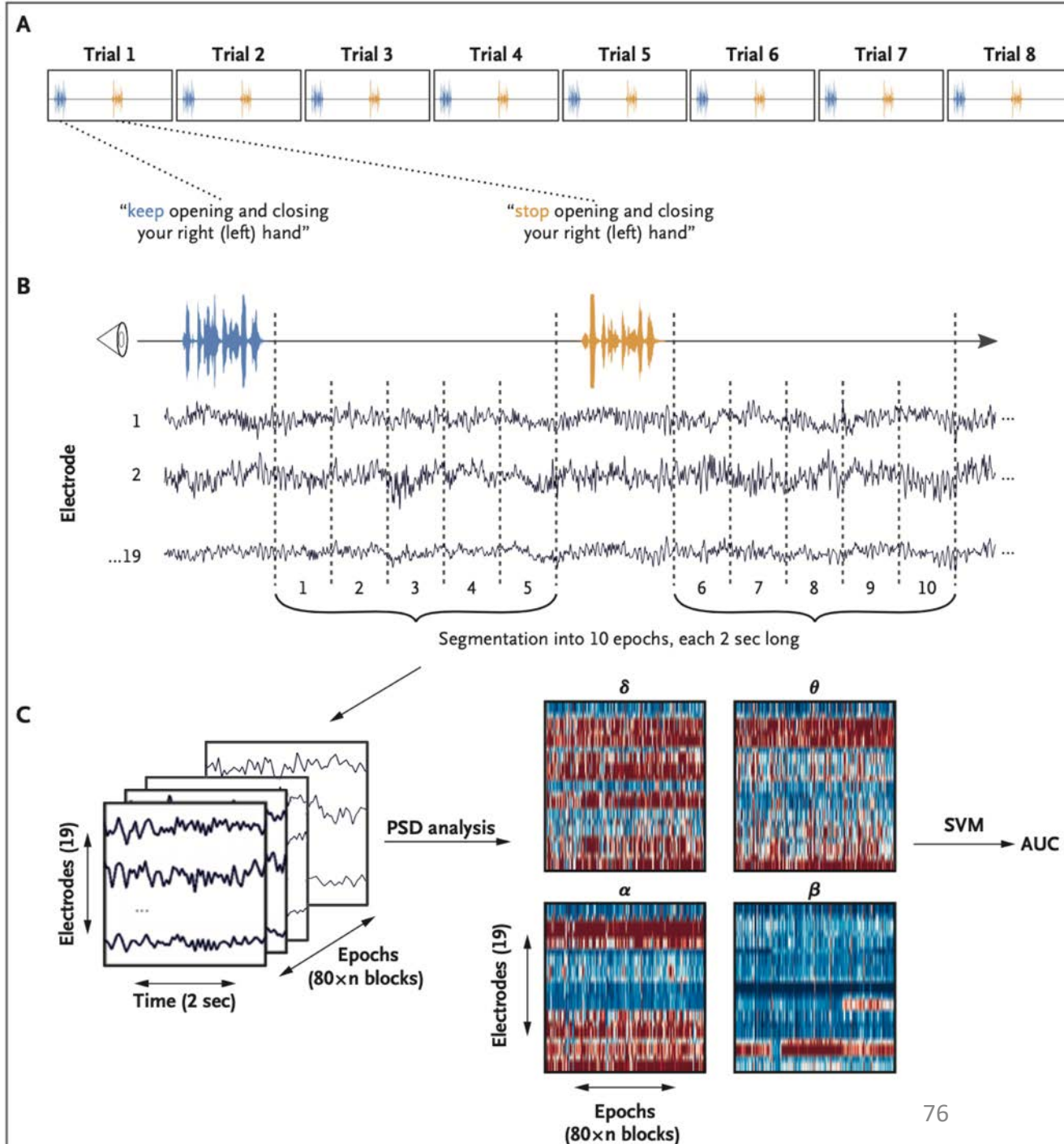


Récupération infra-clinique de la conscience ?

- **Présence d'une preuve de fonction « supérieure »**
 - Interprétation « conservatrice » : une promesse...
 - Ne préjuge pas de l'évolution vers la relation mais indique sa possibilité
 - Interprétation « optimiste » : une torture !
 - Expression impossible par déficit comportemental majeur
- **Qui croire ?**
 - Garder le primat de l'évolution clinique ?
 - Mais développement du concept de « **Dissociation cognitivo-motrice** »

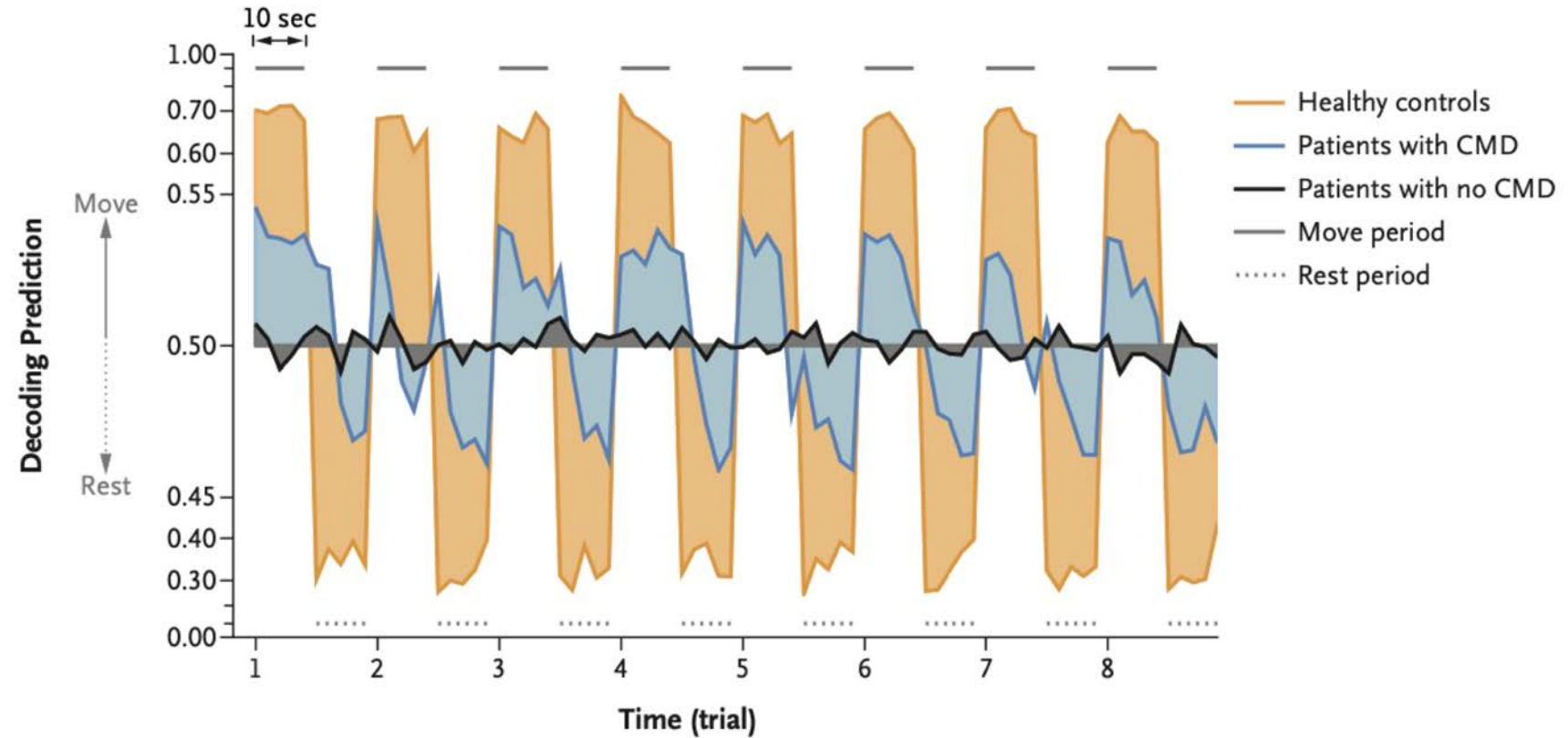
Detection of Brain Activation in Unresponsive Patients with Acute Brain Injury

Jan Claassen, M.D., Kevin Doyle, M.A., Adu Matory, B.A., Caroline Couch, B.A., Kelly M. Burger, B.A., R.E.E.G.T., Angela Velazquez, M.D., Joshua U. Okonkwo, M.D., Jean-Rémi King, Ph.D., Soojin Park, M.D., Sachin Agarwal, M.D., David Roh, M.D., Murad Megjhani, Ph.D., Andrey Eliseyev, Ph.D., E. Sander Connolly, M.D., and Benjamin Rohaut, M.D.



32% patients en post-ACR

2 « répondeurs » parmi les 16 étaient des patients en post-ACR



A **dissociation** between the **absence of behavioral responses** to motor commands and the **evidence of brain activation** in response to these commands in EEG recordings **was found in 15% of patients in a consecutive series of patients with acute brain injury.**

Neurophysiologie

Valeur pronostique des PE

Paramètres du BEP	Anoxie		Lésions multi-focales (TC)	
	Présence	Absence	Présence	Absence
PEAP : Tronc cérébral	-	++ : Mauvais pronostic	-	++ : Mauvais pronostic
PES / PEALM : Cortex primaires	-	+++ : Très péjoratif	++ : Bon pronostic Pas absolu	++ : Péjoratif Pas absolu
N100 : Planum temporale	+ : Bon pronostic	-	++ : Bon pronostic	-
PE tardif : Aires associatives	+++ : Excellent pronostic (Absolu?)	-	+++ : Excellent pronostic	-

RESEARCH

Open Access



Value and mechanisms of EEG reactivity in the prognosis of patients with impaired consciousness: a systematic review

Eric Azabou^{1,7*} , Vincent Navarro², Nathalie Kubis³, Martine Gavaret⁴, Nicholas Heming¹, Alain Cariou⁵, Djillali Annane¹, Frédéric Lofaso¹, Lionel Naccache² and Tarek Sharshar⁶

Conclusions: This review emphasizes that whatever the etiology, patients with impaired consciousness featuring a reactive electroencephalogram are more likely to have a favorable outcome, whereas those with a nonreactive electroencephalogram are prone to having an unfavorable outcome. EEG-R is therefore a valuable prognostic parameter and warrants a rigorous assessment. However, current assessment methods are heterogeneous, and no consensus exists. Standardization of stimulation and interpretation methods is needed.

Facteurs pronostiques EEG

- **Bon profil**

- Faible altération du tracé
- Persistance de marqueurs de sommeil
 - Fuseaux de sommeil (Spindles)
- Variabilité / Labilité
- **Réactivité = Facteur pronostique essentiel !!!**
 - Stimulations bilatérales répétées
 - Auditives
 - Nociceptives
 - Types :
 - Accélération (désynchronisation)
 - Paradoxale (bouffées lentes)

- **Mauvais profil**

- Ralentissement delta hypovolté
- Monotone
- Aréactif
- Décharges, paroxysmes
- Tracé déprimé, très peu volté voire plat

Back to basic

Systematic review of early prediction of poor outcome in anoxic-ischaemic coma

Lancet 1998; **352**: 1808-12

Eveline G J Zandbergen, Rob J de Haan, Christiaan P Stoutenbeek, Johannes H T M Koelman, Albert Hijdra

- **SSEP has the smallest CI** of its pooled positive-likelihood ratio and its pooled false-positive test rate.
- Because **evoked potentials are also the least susceptible to metabolic changes and drugs**, recording of SSEP is the most useful method to predict poor outcome.

OUTCOME CPC 1-2-3

Eveil > VS (dont MCS)

Back to basic

Factor	Study reference	Number of patients studied	Prevalence poor outcome (95% CI)	Prevalence poor test (95% CI)	Sensitivity range	Specificity range
Pupillary reactions						
Absent on admittance	12, 19, 21, 22	491	59% (55-63)	22% (19-26)	30-50%	69-100%
Absent on day 3	12, 18, 19	152	68% (61-76)	19% (13-25)	22-55%	100%
Motor response						
M1-3 on GCS in first 24 h	11, 24, 31, 38	269	58% (53-64)	73% (68-79)	63-95%	30-79%
M1-3 on GCS day 1	11, 17	87	69% (58-78)	76% (67-85)	85-87%	42-59%
M1-3 on GCS day 3	15, 21, 24	307	73% (66-79)	64% (57-71)	70-100%	29-100%
M1-2 on GCS day 3	12, 15, 18	171	70% (63-77)	48% (41-55)	56-92%	93-100%
M=1 on GCS day 3	12, 15, 18	171	70% (63-77)	31% (24-38)	11-58%	100%
EEG						
α-coma pattern	8, 9, 10, 15, 25, 35	453	66% (62-71)	20% (16-24)	15-43%	71-100%
α-coma pattern, burst-suppression pattern, or isoelectric	2, 9, 10, 15, 16, 32, 35, 23, 26, 29	638	67% (63-71)	44% (40-47)	42-84%	71-100%
Burst-suppression pattern, or isoelectric	9, 10, 11, 15, 29, 35	365	57% (52-62)	33% (28-38)	31-84%	71-100%
Convulsions						
Convulsions and/or myoclonus	11, 18, 19, 20, 37	361	74% (69-79)	35% (30-40)	16-85%	25-92%
Status epilepticus and/or myoclonus	20, 28	221	68% (56-80)	34% (32-37)	38-67%	96-100%
GCS						
3-5 in first 24 h	14, 33, 36	137	77% (70-84)	68% (64-83)	63-82%	54-100%
N20						
Bilateral absence on SSEP first week	7, 11, 13, 14, 15, 19, 30, 23, 27, 33, 34	563	76% (73-80)	33% (29-37)	28-73%	100%

M1-3=motor response to pain flexion or less; M1-2=motor response to pain extension or less; M=1=no motor response to pain. GCS 3-5=score 3-5 on the Glasgow Coma Scale. EEG=electroencephalography; N20 on SSEP=early cortical response to median nerve SSEP.

Back to basic

Prognostic factor	Study	Study characteristics			Positive test result		Negative test result		LR+
		Blinding	Prospective	Long follow-up	Good outcome	Poor outcome	Good outcome	Poor outcome	
Bilateral absence of N20 on SSEP in first week	7	—	?	+	0	7	9	9	8.8
	11	—	+	+	0	23	11	22	12.3
	13	—	?	?	0	30	5	15	8.0
	14	—	?	—	0	4	2	4	3.0
	15	+	+	+	0	12	7	15	7.1
	19	—	?	+	0	7	4	4	6.3
	23	+	+	+	0	19	14	7	21.7
	27	—	?	?	0	9	11	6	14.3
	30	+	+	—	0	6	11	8	10.4
	33	+	+	—	0	22	17	27	16.2
	34	+	+	—	0	48	44	124	25.2
M=1 on GCS day 3	12	—	—	—	0	7	16	5	19.6
	15	+	+	+	0	3	7	24	2.0
	18	+	+	+	0	43	28	38	30.8
Absent pupillary reactions on day 3	12	—	—	—	0	5	16	7	14.4
	18	+	+	+	0	18	28	63	13.1
	19	—	?	+	0	6	4	5	5.4
Burst-suppression or isoelectric EEG in first week	9	—	+/-	—	0	11	5	24	3.8
	10	—	?	—	0	6	4	11	3.6
	11	—	+	+	0	20	10	16	12.2
	15	+	+	+	2	16	5	7	2.4
	29	—	?	—	0	42	28	8	48.3
	35	—	?	—	0	25	104	21	113.9

+ = characteristic present; — = characteristic not present; ? = unknown; +/- = mixed (characteristic present for part of the population); LR+ = positive likelihood ratio.

Table 2: Prognostic factors with 100% specificity rates (except study 16 EEG): characteristics of studies and tests

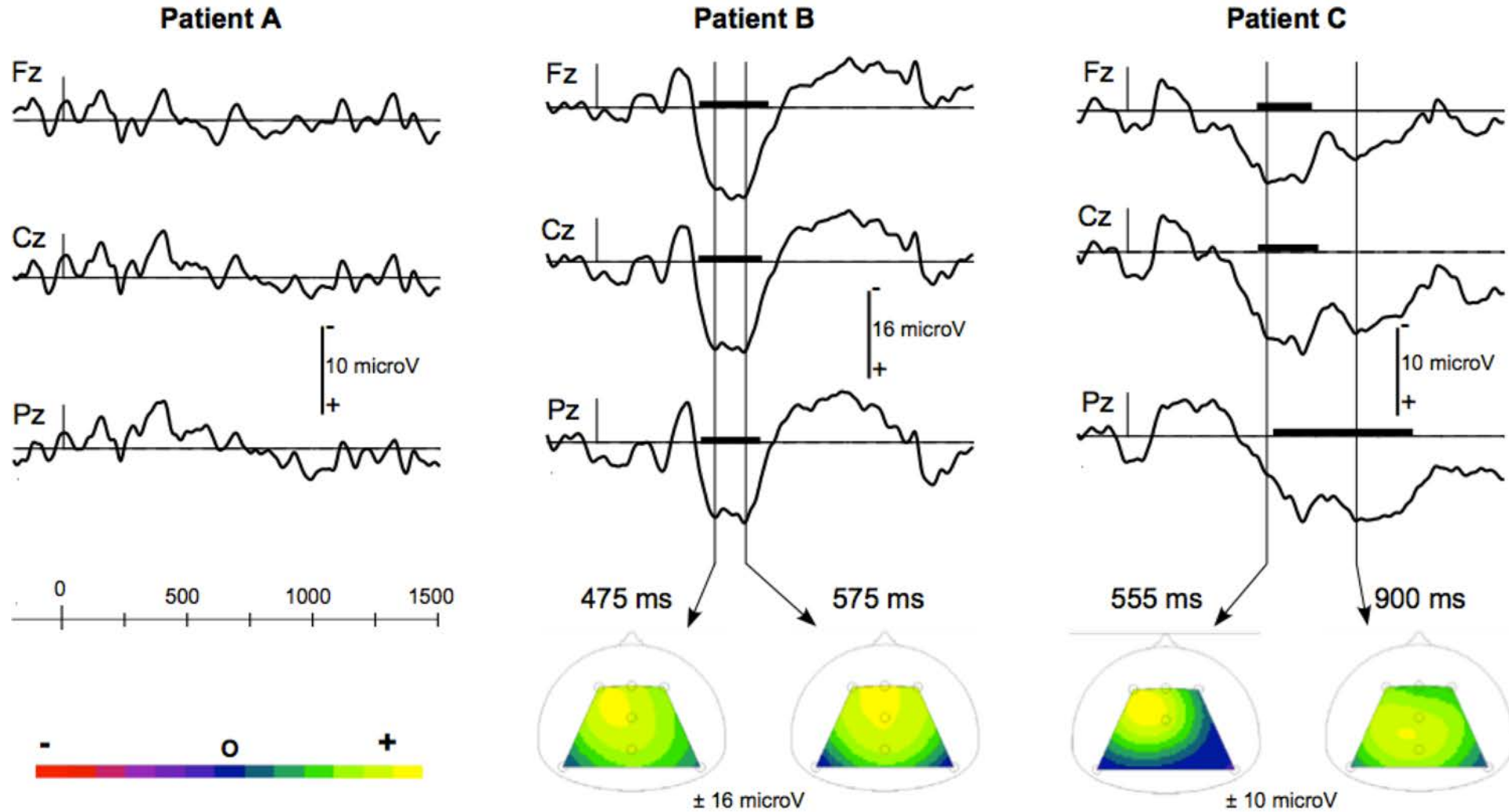
PE Auditifs Tardifs : P300 au propre prénom

- Paradigme ODDBALL + **Effet ATTENTIONNEL** par un stimulus avec **charge émotionnelle**
⇔ **PROPRE PRÉNOM**
- **P300 :**
 - Déflexion à 300 ms (+ tard si pathologique)
 - 2 composantes : P3 a et b
- **Signal « étonnant »**
 - P3a : Frontal ⇔ Attention ciblée vers stimulus
 - P3b : Pariétal ⇔ Représentation du stimulus
 - Catégorisation = Soi
 - + mémorisation ?
- « Après » MMN ? ➔ **Vision non sérielle**
 - Générateurs multiples ⇔ Réseaux redondants
 - Afférences PARALLELES

**Bip-bip-bip-*biip*-bip-bip-*biip*-bip-*Gérard*-bip-bip-bip-*Gérard*-
bip-*biip*-*Gérard*-bip-bip-bip-bip-*Gérard*-bip-*biip***

P300 au propre prénom présente

C. Fischer et al. / *Clinical Neurophysiology* 119 (2008) 2224–2230



Neural signature of the conscious processing of auditory regularities

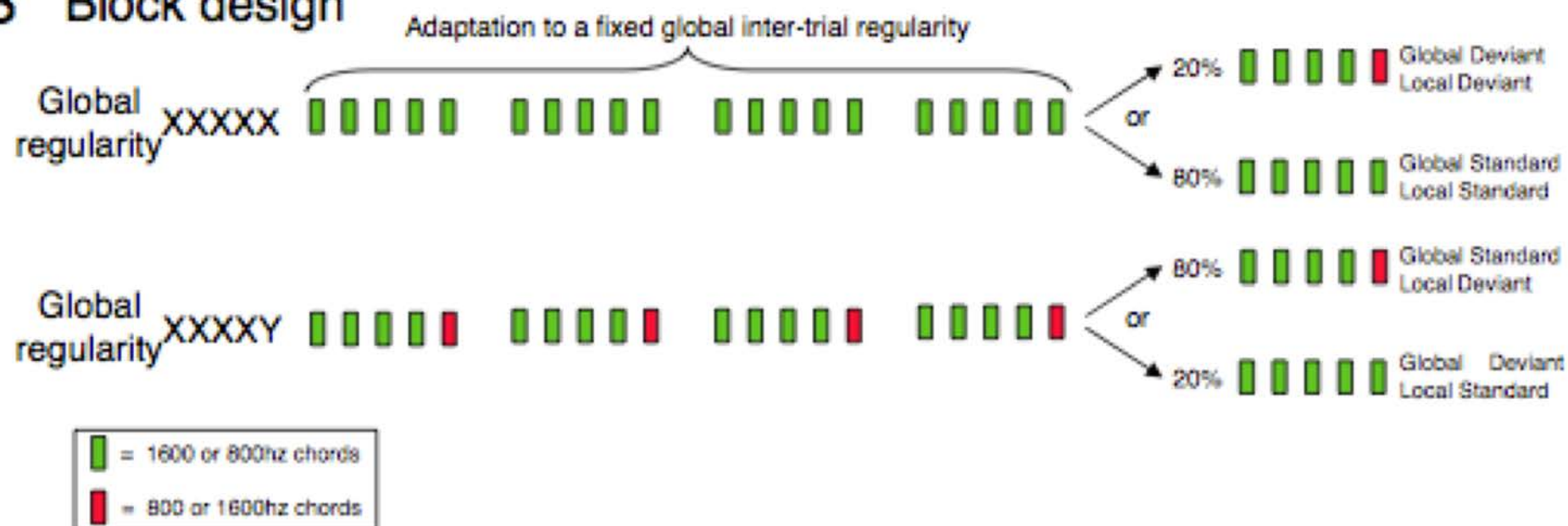
Tristan A. Bekinschtein^a, Stanislas Dehaene^{a,b}, Benjamin Rohaut^a, François Tadel^a, Laurent Cohen^{a,c,d}, and Lionel Naccache^{a,c,d,1}

^aCognitive Neuro-Imaging Unit, Institut Fédératif de Recherche 49, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, 91191 Gif sur Yvette, France;

^bNeurospin Center, Commissariat à l'Energie Atomique, I2BM, 91191 Gif sur Yvette, France; ^cPôle des Maladies du Système Nerveux, Assistance Publique Hôpitaux de Paris, Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, 75013 Paris, France; and ^dPôle des Maladies du Système Nerveux, Université Pierre et Marie Curie Paris 6, 75005 Paris, France

Edited by Edward E. Smith, Columbia University, New York, NY, and approved December 11, 2008 (received for review September 29, 2008)

B Block design



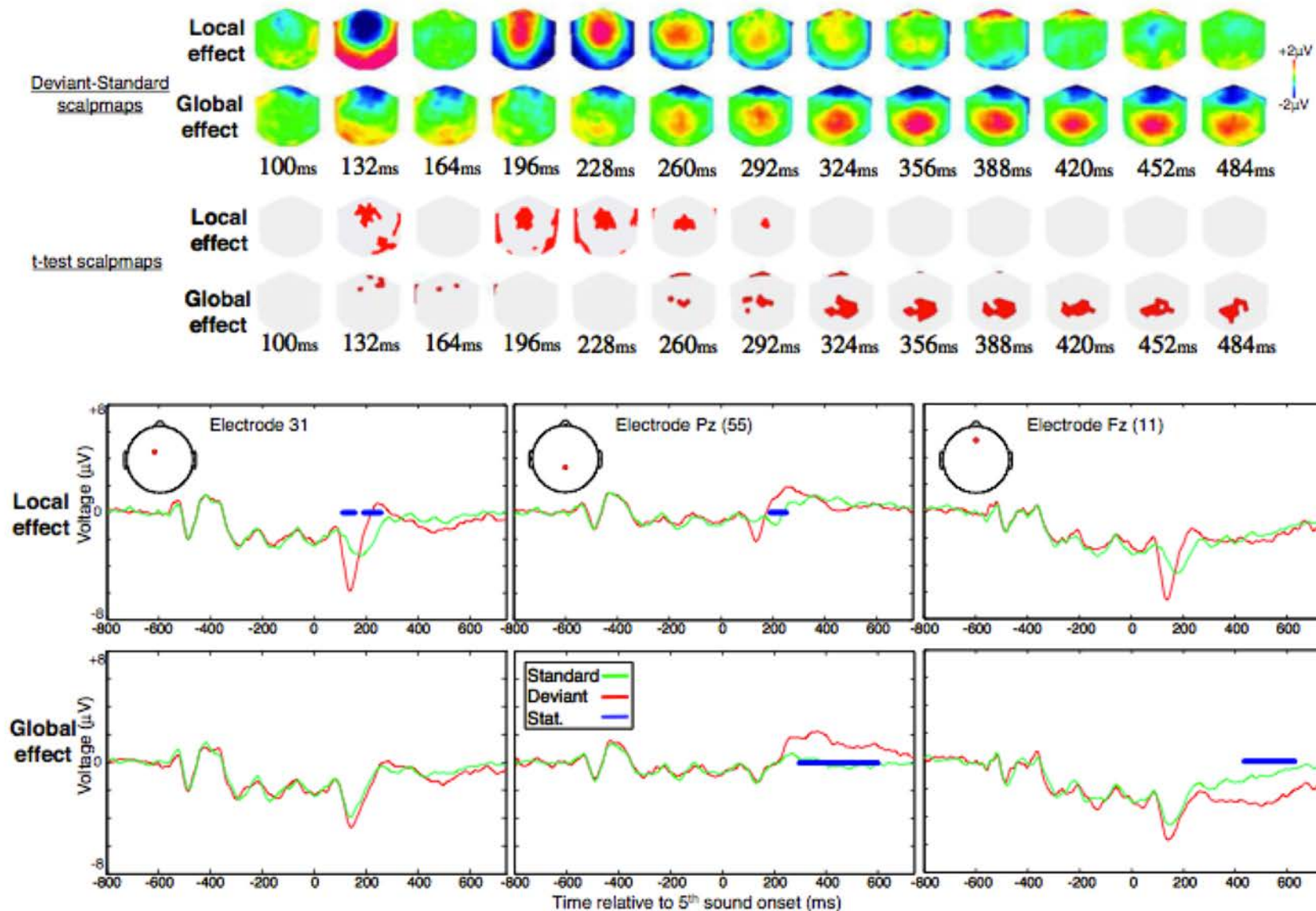


Fig. 2. Local and global ERP effects in the active counting task. Averaged voltage scalpmaps of the local and global subtractions (deviant minus standard) are plotted (top) from 100 to 484 ms after the onset of the fifth sound. Corresponding thresholded t tests scalpmaps (red) are shown for each condition. ERPs of 3 representative electrodes are shown (bottom box) for the 4 elementary conditions (local/global X standard/deviant).

Intérêt pronostique de l'examen précoce ?

For the prognosis analysis, the outcome of patients who survived after hospitalization was evaluated by the Glasgow Outcome Scale-Extended (GOSE) through a phone interview with a close relative or the physicians of the patients (14). We used a cut-off value of 4 in order to define a good outcome (GOSE score ≥ 4). A GOSE score superior or equal to 4 corresponds to a: 'patient with severe disability but conscious who can be left at least 8 hours during the day without assistance'

VS/UWS and the group of patients in the MCS. Etiologies (TBI, anoxia, other) were not distributed similarly across the two groups ($\chi^2 = 9.59$; d.o.f. = 2; $p = 0.008$). Restricted analyses showed that these differences were driven by a larger proportion of TBI in the group of patients in the MCS (12 patients) than in the group of patients in the VS/UWS (2 patients; $\chi^2 = 8.66$; d.o.f. = 1; $p = 0.003$). More patients having suffered from anoxia were also observed in the group of patients in the VS/UWS (14 patients) than in the group of patients in the MCS (7 patients; $\chi^2 = 3.71$; d.o.f. = 1; $p = 0.05$).

EEG continu ?

- **Double analyse :**

- Analyse visuelle de l'EEG brut (opérateur dépendant)
- Analyse spectrale (Quantitative EEG)

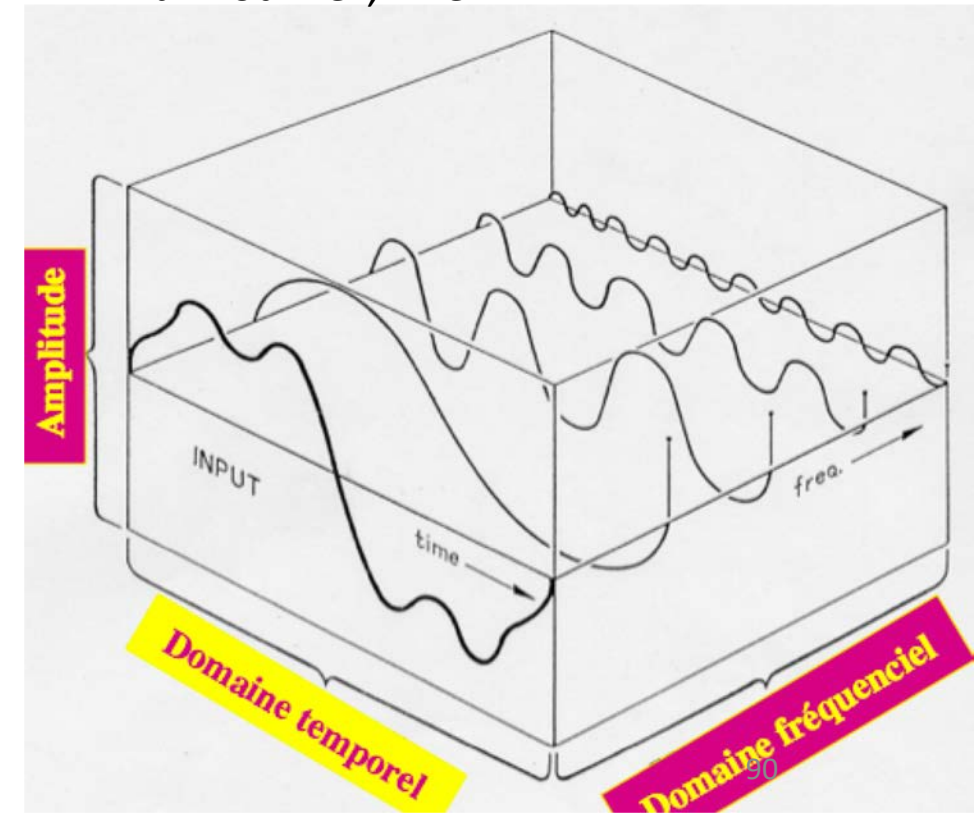
- **Décomposition spectrale**

- **FFT = Fast Fourier Transformation**
- Répartition de la puissance (Amplitude^2) en fonction des bandes spectrales

➔ **Détection de crise ou d'état de mal non convulsif**

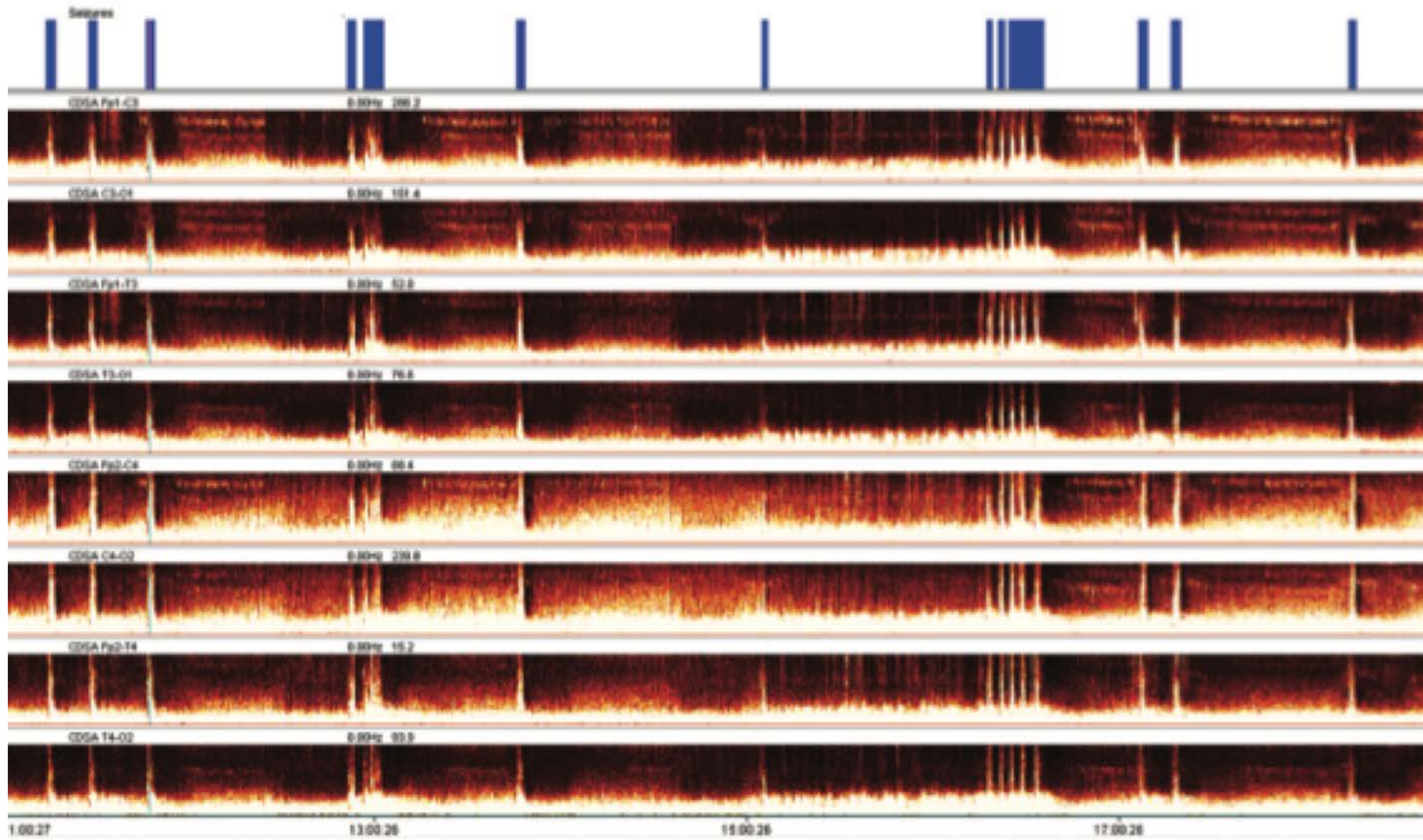
- Intérêt très dépendant des cultures médicales, traitement, accessibilité
- Monitoring thérapeutique après diagnostic

JL Bourriez, Lille



Analyse spectrale

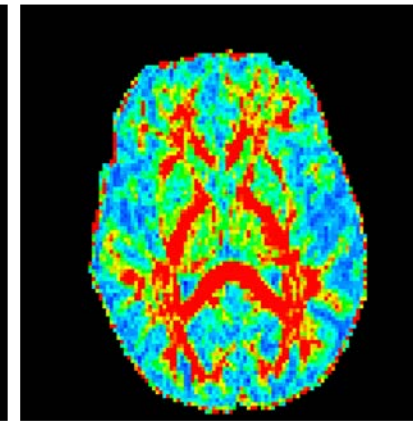
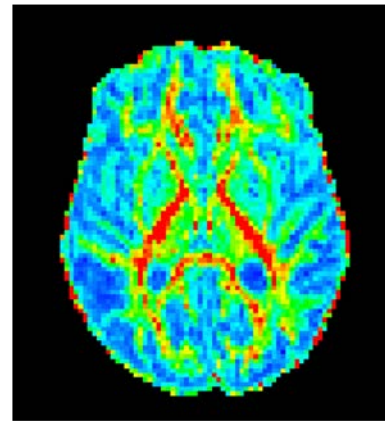
(Color Density Spectral Array)



Avoir conscience
que ce n'est qu'un
élément parmi
d'autres en
développement

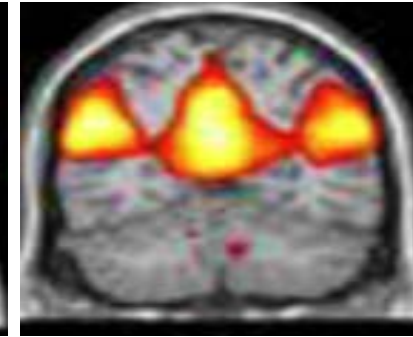
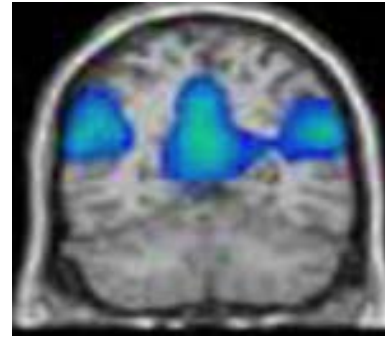
➔ Poids historique !
+ Recul (littérature)
+ Accès (au lit) mais
savoir faire ??

DTI



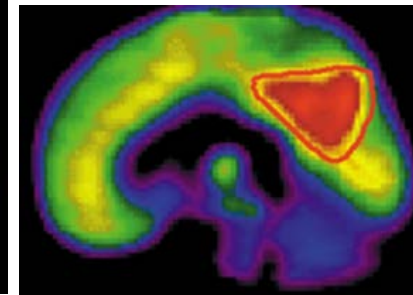
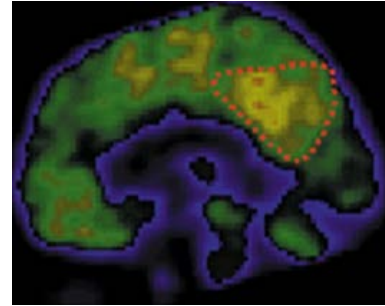
Galanaud et al., 2012
(traumatisme crânien)
Luyt et al., 2012
(anoxie)

Resting state



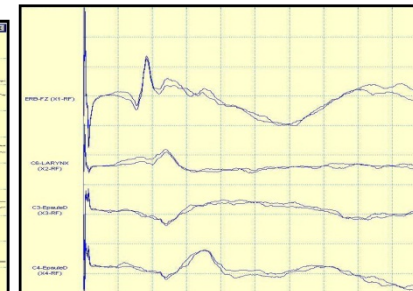
Silva et al., 2015
(étiologies mixtes)

PET (FDG)



Stender et al., 2014
Di Perri et al., 2016
(chroniques !!)

Neurophysiology



Fischer et al., 2004
Luauté et al., 2005
Fischer et al., 2010
Castro et al., 2015

L'IRM fonctionnelle de repos

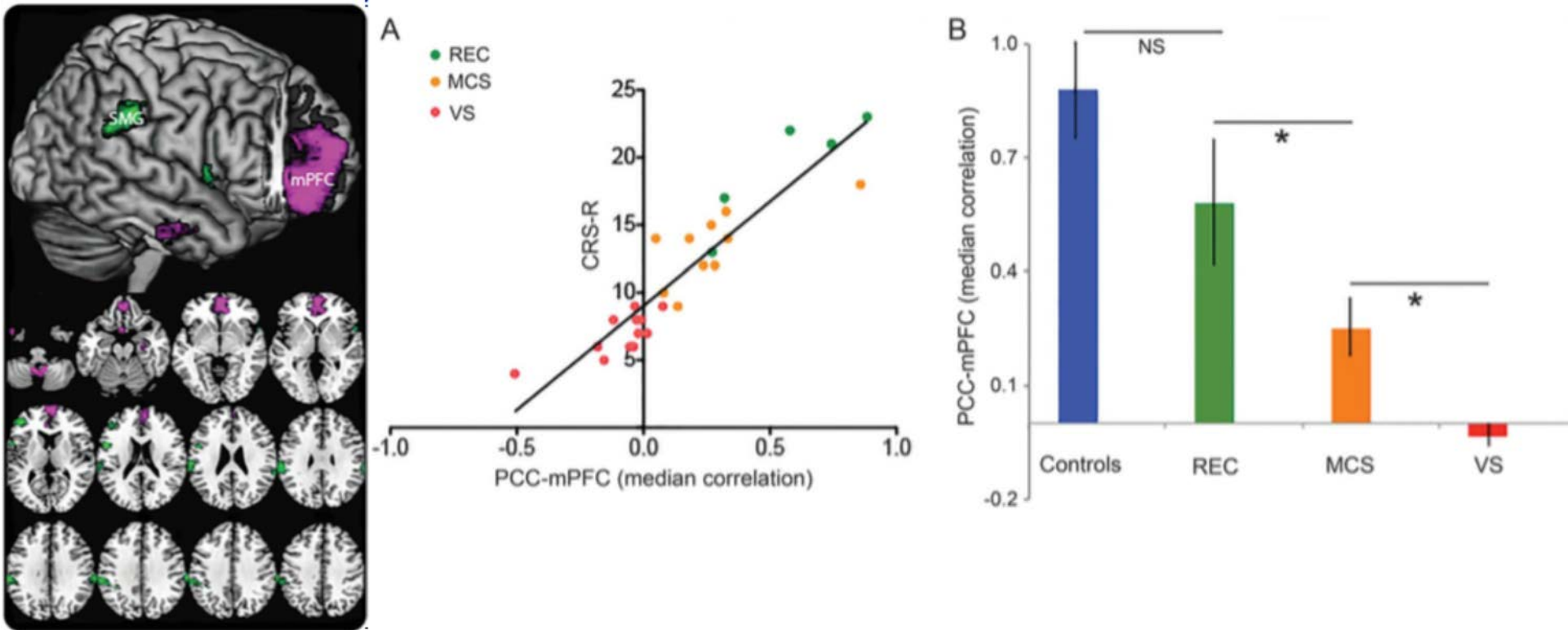
Disruption of posteromedial large-scale neural communication predicts recovery from coma

OPEN

Stein Silva, MD, PhD
Francesco de Pasquale,
PhD
Corine Vuillaume, MD
Beatrice Riu, MD
Isabelle Loubinoux, PhD
Thomas Geeraerts, MD,
PhD
Thierry Seguin, MD
Vincent Bounes, MD,
PhD
Olivier Fourcade, MD,
PhD
Jean-Francois Demonet,
MD, PhD
Patrice Péran, PhD

Objective: We hypothesize that the major consciousness deficit observed in coma is due to the breakdown of long-range neuronal communication supported by precuneus and posterior cingulate cortex (PCC), and that prognosis depends on a specific connectivity pattern in these networks.

Methods: We compared 27 prospectively recruited comatose patients who had severe brain injury (Glasgow Coma Scale score <8 ; 14 traumatic and 13 anoxic cases) with 14 age-matched healthy participants. Standardized clinical assessment and fMRI were performed on average 4 ± 2 days after withdrawal of sedation. Analysis of resting-state fMRI connectivity involved a hypothesis-driven, region of interest-based strategy. We assessed patient outcome after 3 months using the Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R).



Results: Patients who were comatose showed a significant disruption of functional connectivity of brain areas spontaneously synchronized with PCC, globally notwithstanding etiology. The functional connectivity strength between PCC and medial prefrontal cortex (mPFC) was significantly different between comatose patients who went on to recover and those who eventually scored an unfavorable outcome 3 months after brain injury (Kruskal-Wallis test, $p < 0.001$; linear regression between CRS-R and PCC-mPFC activity coupling at rest, Spearman $\rho = 0.93$, $p < 0.003$).

Conclusion: In both etiology groups (traumatic and anoxic), changes in the connectivity of PCC-centered, spontaneously synchronized, large-scale networks account for the loss of external and internal self-centered awareness observed during coma. Sparing of functional connectivity between PCC and mPFC may predict patient outcome, and further studies are needed to substantiate this potential prognosis biomarker. *Neurology*® 2015;85:1-9

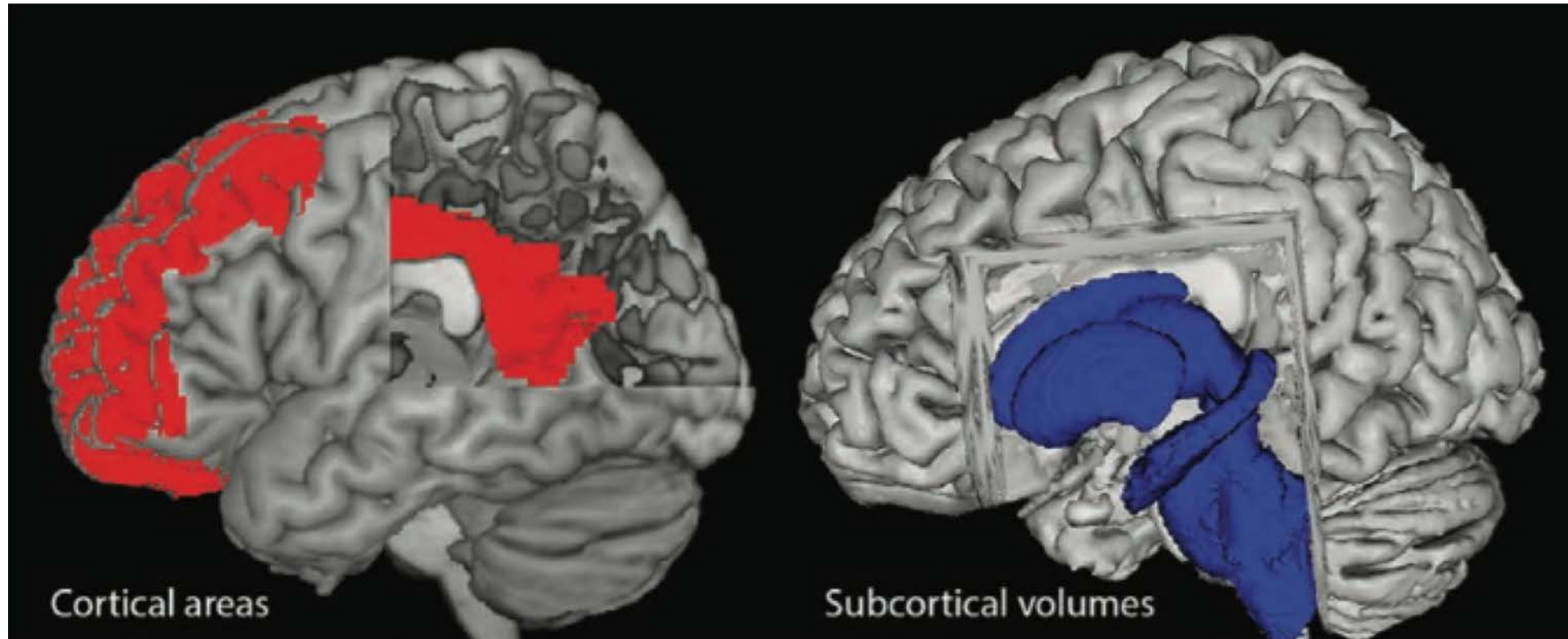
Measurements and Main Results: Cortical thickness was computed on the whole cortical ribbon, and deep gray matter volumetry was performed after automatic segmentation. Brain morphometric data were employed to create multivariate predictive models using learning machine techniques. Patients displayed significantly extensive cortical and subcortical brain volumes atrophy compared with controls. The accuracy of a predictive classifier, encompassing cortical and subcortical components, has a significant discriminative power (learning area under the curve = 0.87; test area under the curve = 0.96). The anatomical regions which volume changes were significantly related to patient's outcome were frontal cortex, posterior cingulate cortex, thalamus, putamen, pallidum, caudate, hippocampus, and brain stem.

Conclusions: These findings are consistent with the hypothesis of pathologic disruption of a striatopallidal-thalamo-cortical meso-circuit induced by cardiac arrest and pave the way for the use of combined brain quantitative morphometry in this setting. (*Crit Care Med* ; XX:00–00)

L'IRM morphométrique voxel-based

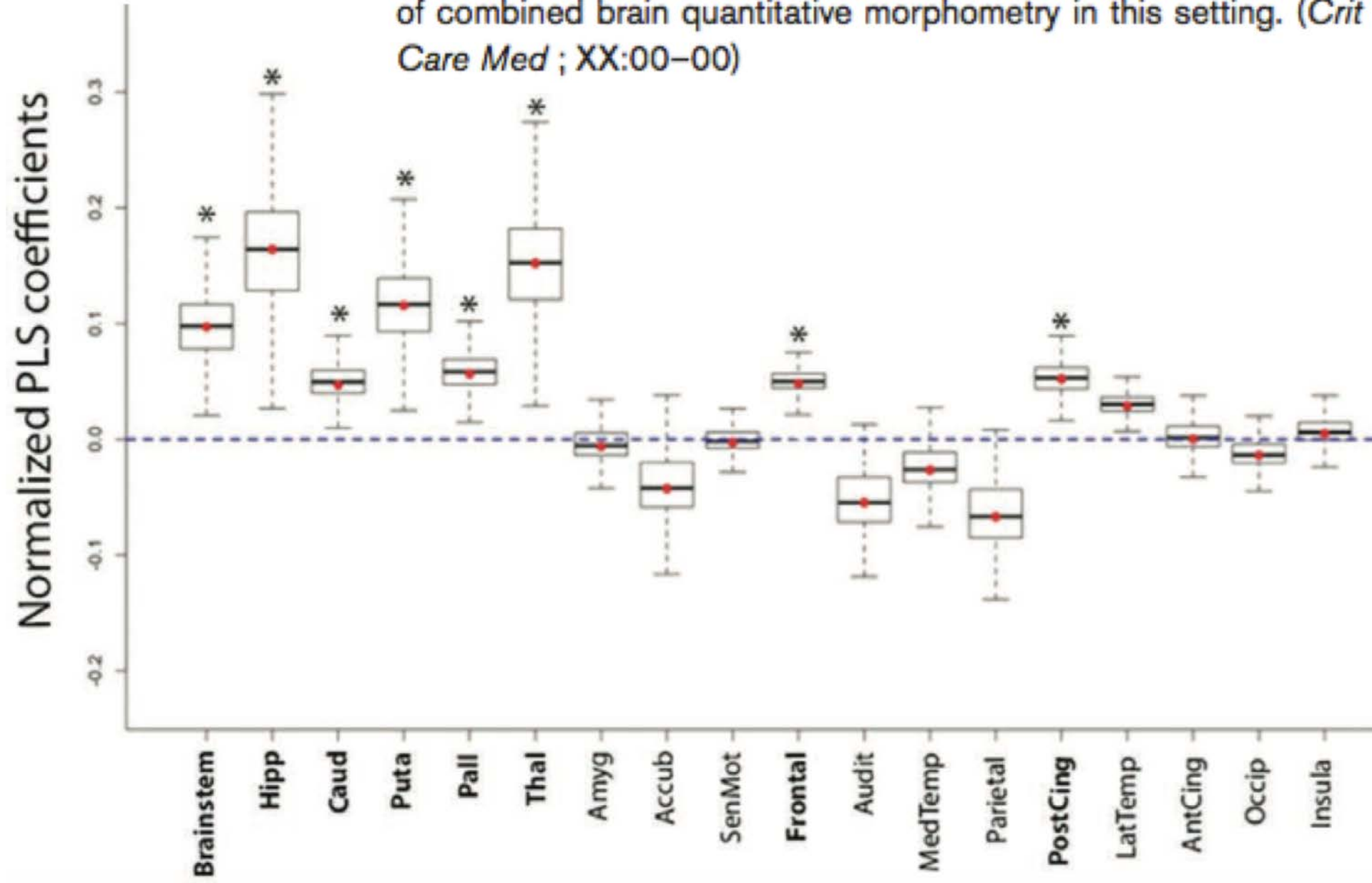
Brain Gray Matter MRI Morphometry for Neuroprognostication After Cardiac Arrest

Stein Silva, MD, PhD¹⁻³; Patrice Peran, PhD³; Lionel Kerhuel, MD¹⁻³; Briguita Malagurski, MSc³; Nicolas Chauveau, PhD³; Benoit Bataille, MD⁴; Jean Albert Lotterie, MD, PhD³; Pierre Celsis, MD, PhD³; Florent Aubry, PhD³; Giuseppe Citerio, MD⁵; Betty Jean, MD⁶; Russel Chabanne, MD⁷; Vincent Perlberg, PhD⁸; Lionel Velly, MD, PhD⁹; Damien Galanaud, MD, PhD¹⁰; Audrey Vanhaudenhuyse, PhD^{11,12}; Olivier Fourcade, MD, PhD²; Steven Laureys, MD, PhD¹¹; Louis Puybasset, MD, PhD⁹



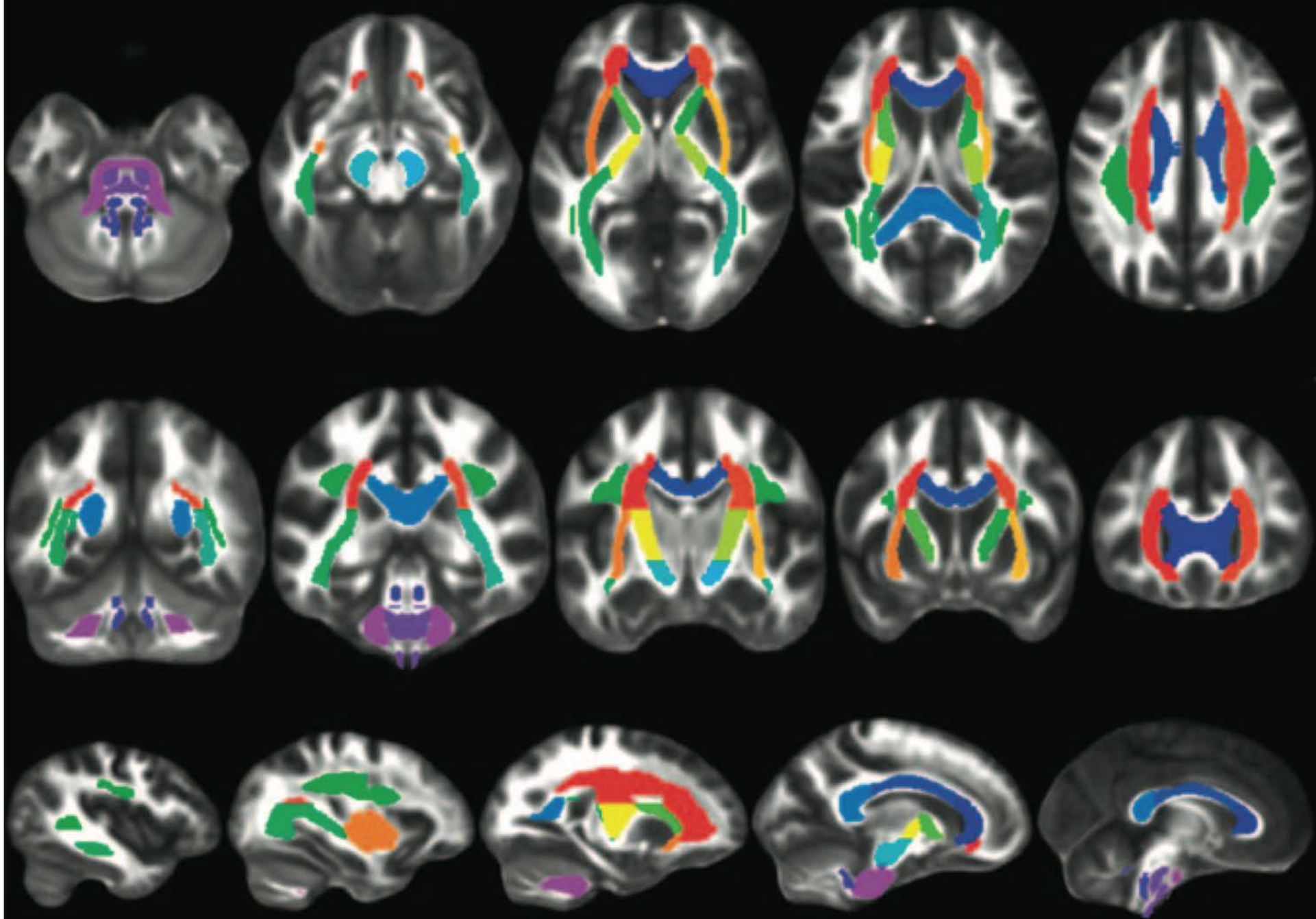
Topography of the cortical (*red*) and subcortical (*blue*) structures, whose structural changes were significantly associated with 1-year patients outcome.

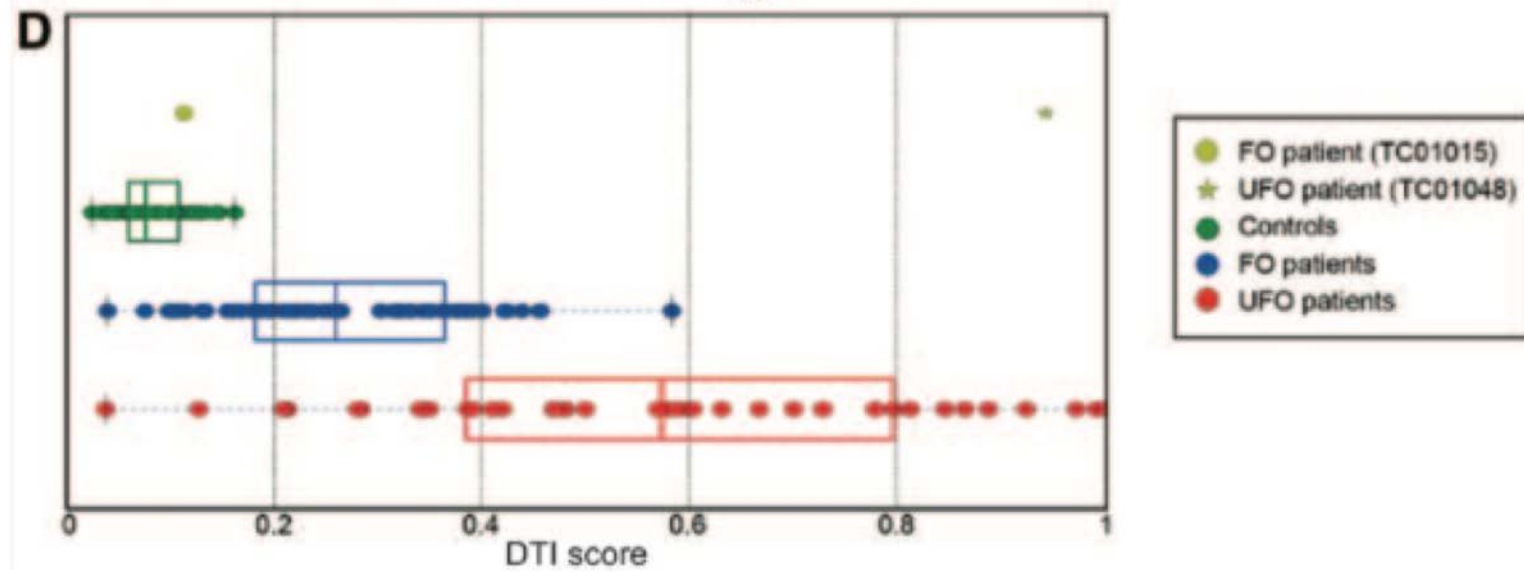
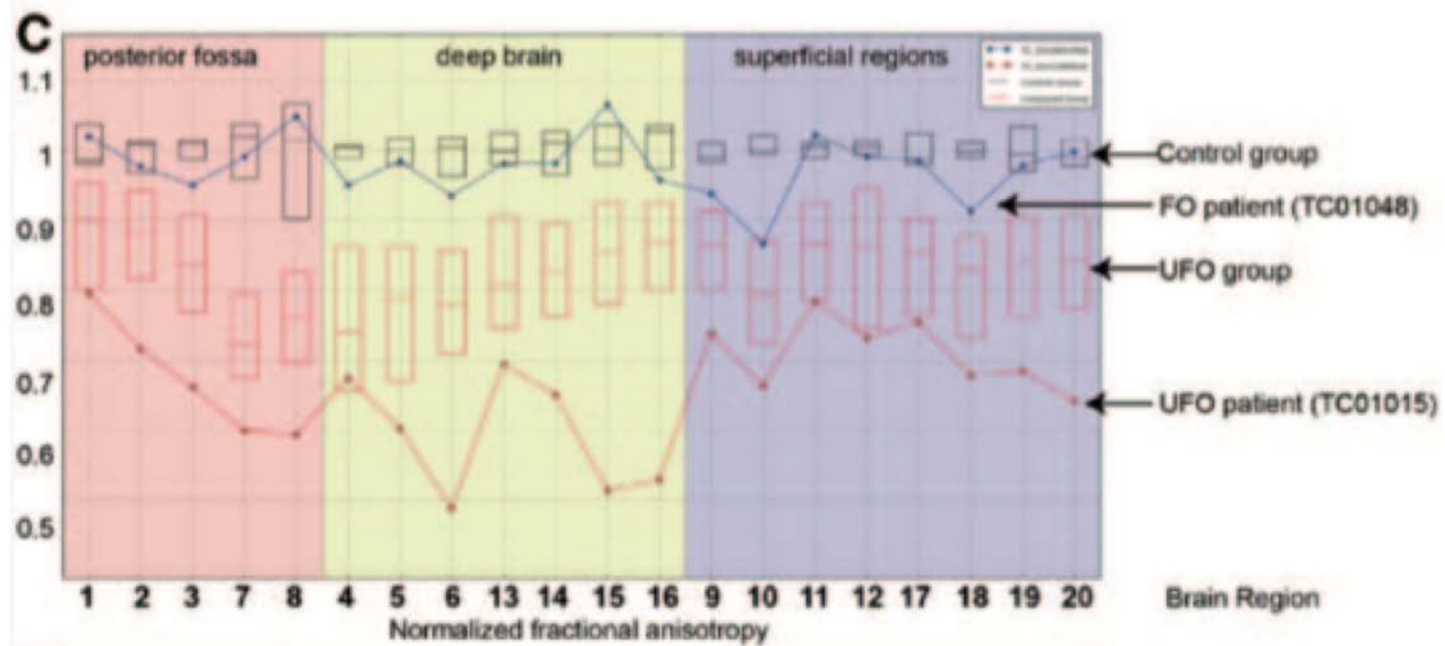
Conclusions: These findings are consistent with the hypothesis of pathologic disruption of a striatopallidal-thalamo-cortical mesocircuit induced by cardiac arrest and pave the way for the use of combined brain quantitative morphometry in this setting. (*Crit Care Med* ; XX:00–00)

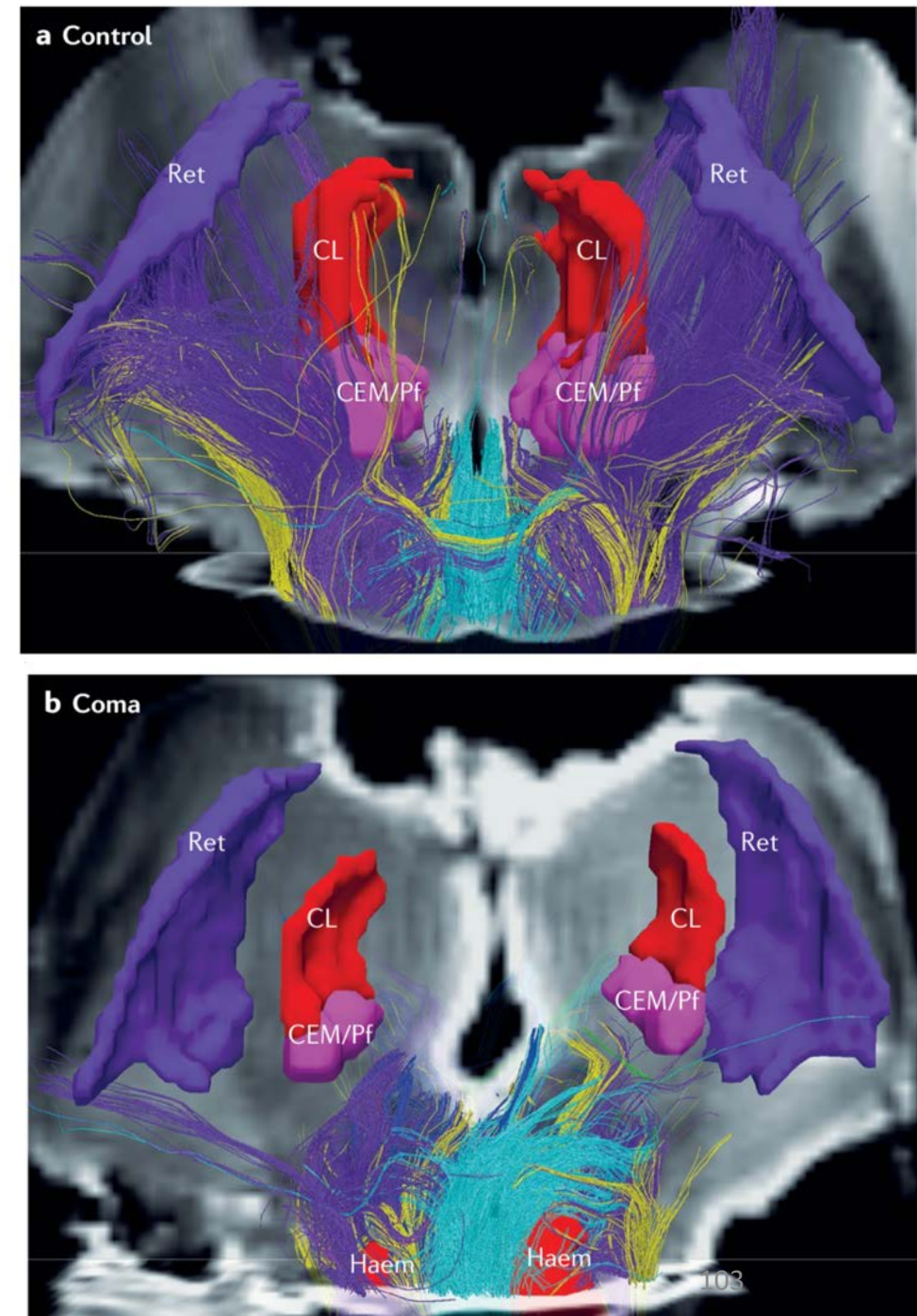
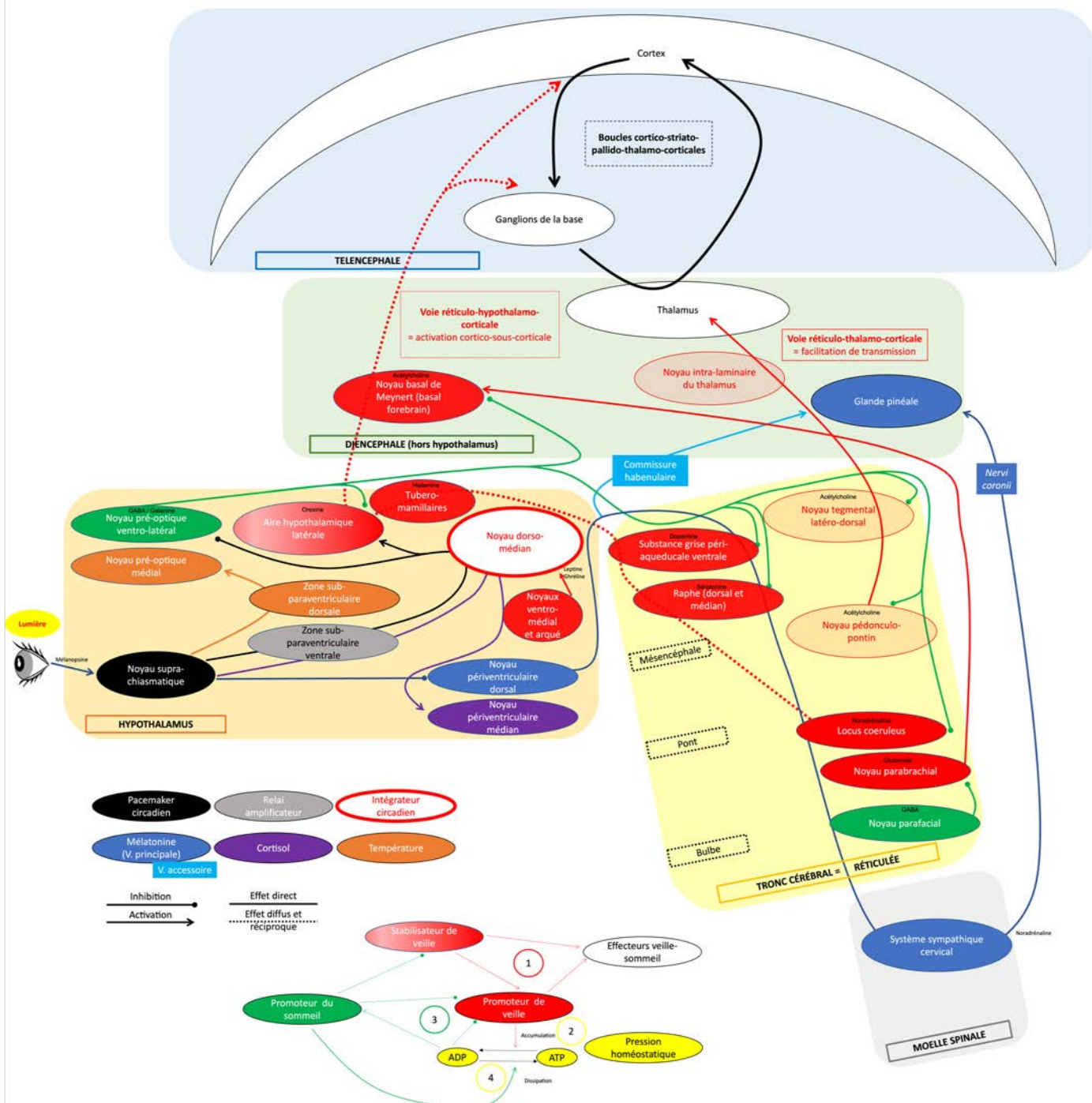


L'IRM DTI par ROI

Anatomical distribution of the 20 regions adapted from the study by Mori S *et al.*

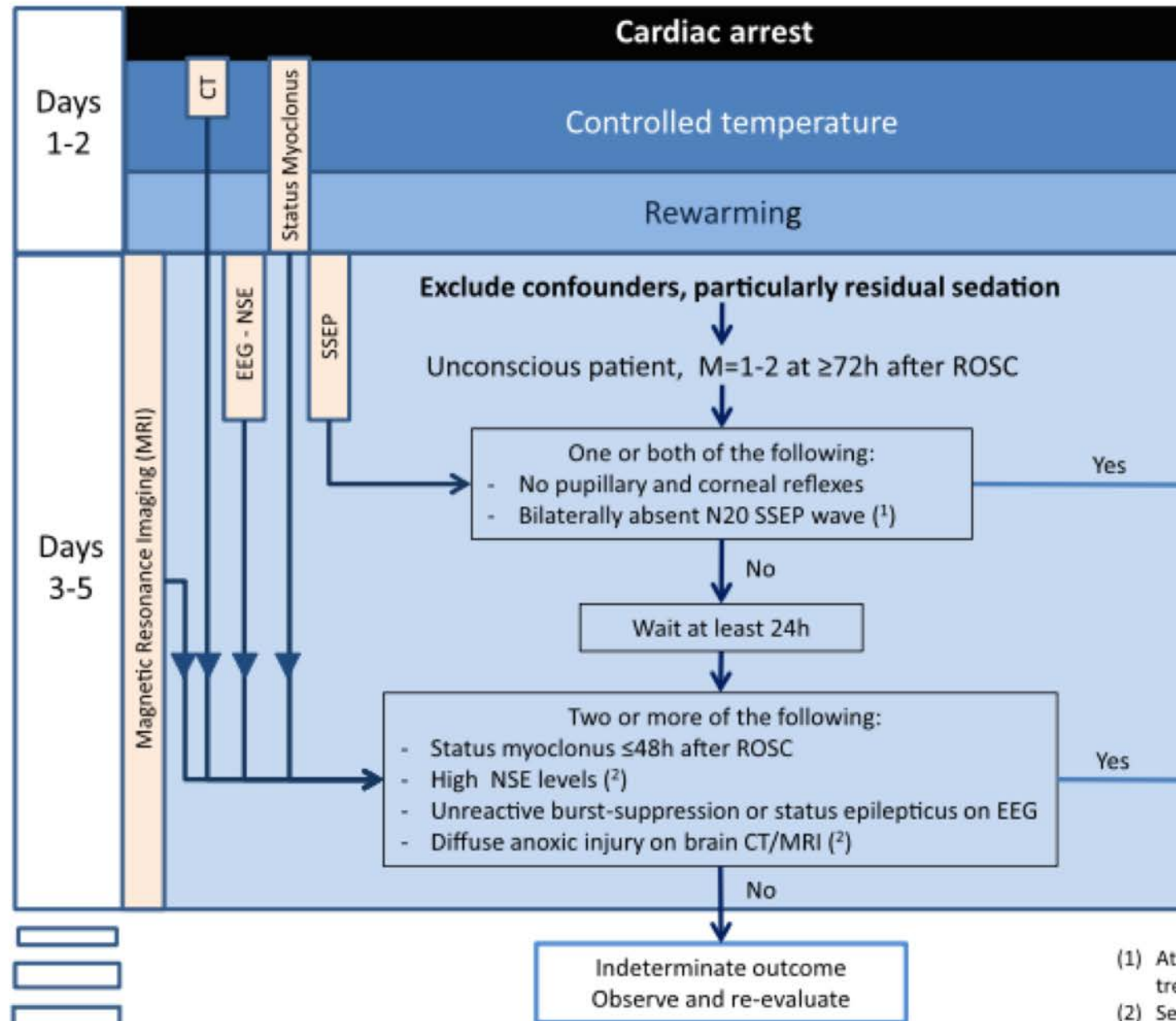






Abstract Objectives: To review and update the evidence on predictors of **poor outcome** (death, persistent vegetative state or severe neurological disability) in adult comatose survivors of cardiac arrest, either treated or not treated with controlled temperature, to identify knowledge gaps and to suggest a reliable prognostication strategy.

Consensus
(Sandroni et al., 2014)



Use multimodal prognostication whenever possible

- (1) At ≥24h after ROSC in patients not treated with targeted temperature
(2) See text for details.