



# ASPHYXIE INTRAPARTUM/PERINATALE.

## QUELS EXAMENS PRATIQUER ?

MC Beauvieux<sup>1,2</sup>, G Castaing-Mouhica<sup>3</sup>, M Neau<sup>3</sup>, N Berthon<sup>3</sup>, S Poisvert<sup>3</sup>,  
O Tandonnet<sup>4</sup>, S Cramaregeas<sup>4</sup>, O Brissaud<sup>5</sup>,  
L Pellerin<sup>6</sup>, H Roumes<sup>2</sup>, AK Bouzier-Sore<sup>2</sup>, C Houssin<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Service de Biochimie CHU Bordeaux, <sup>2</sup>UMR5536 CNRS-Université Bordeaux,

<sup>3</sup>Cellule de Biologie Délocalisée CHU Bordeaux, <sup>4</sup>Réanimation néonatale CHU Bordeaux,

<sup>5</sup>Réanimation pédiatrique CHU Bordeaux, <sup>6</sup>IRMETIST Inserm U1313, CHU/Université Poitiers,

<sup>7</sup>Salles de naissances CHU Bordeaux, France.

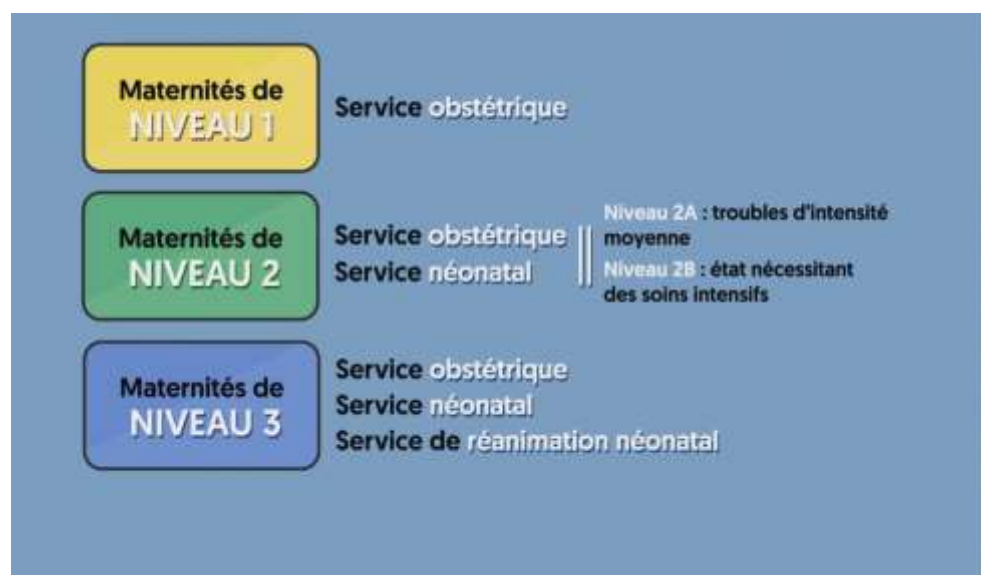
Contact : [marie-christine.beauvieux@chu-bordeaux.fr](mailto:marie-christine.beauvieux@chu-bordeaux.fr)



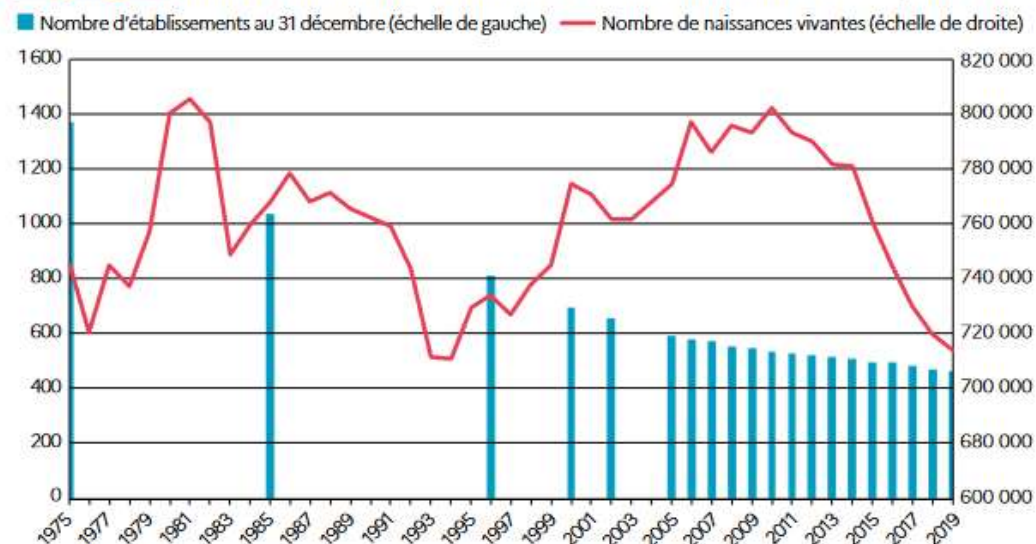
université  
de BORDEAUX



## Décrets de Périnatalité 9 octobre 1998, classification selon la prise en charge du nouveau-né



**Graphique 1** Évolution du nombre de naissances vivantes et de maternités depuis 1975



**Note** > À la suite de travaux d'exploration plus poussés des données de la SAE, le nombre d'établissements a été corrigé pour les années 2000 et 2010, par rapport à celui publié dans l'édition 2020 de cet ouvrage.

**Champ** > France métropolitaine hors SSA.

**Sources** > Insee, état civil ; DREES, H74 et statistique des établissements hospitaliers privés pour 1975, EHP et H80 pour 1985, SAE 1996, 2002, 2005 à 2019, traitements DREES.

# Accouchement « physiologique »

CNGOF 2012

Sur évaluation initiale et continue

## **Avant accouchement**

Absence de risque lié

- à la patiente
- au déroulement de la grossesse
- à la présentation de l'enfant

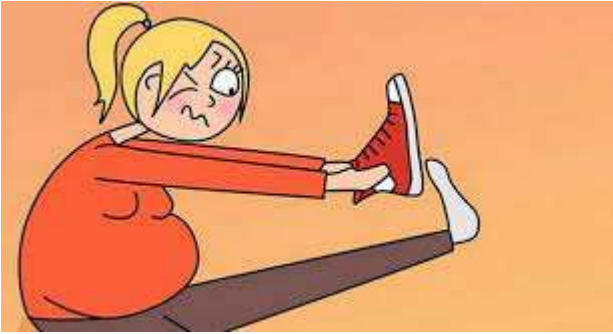
## **Pendant l'accouchement**

Déroulement spontané et normal du travail

## **Après l'accouchement**

Normalité

- des paramètres vitaux de l'enfant
- des suites de couches immédiates pour la mère



# Encéphalopathie anoxo-ischémique

Néonatale :

syndrome clinique avec perturbation de la fonction neurologique dans les 1<sup>er</sup> jours de vie

Conséquence d'une altération sévère des échanges gazeux utéro-placentaires

Inadéquation entre les besoins (dont cérébraux) et les apports

→ Asphyxie du fœtus à terme

hypoxie / hypercapnie / acidose métabolique avec hyperlactatémie

## Pays développés

Prévalence

1-2/1000 naissances vivantes  
1/1000 en France

15-25% des décès

25-30% séquelles majeures  
à distance



## Pays émergents

Prévalence

25% des nouveaux-nés

8% décès < 5 ans

Disability adjusted life years DALY  
Quality adjusted life years QALY  
Index parmi les plus élevés

# Définitions

**Hypoxémie** : diminution de la  $pO_2$  artérielle du fœtus

→ mécanisme d'**ADAPTATION**, préservation du métabolisme énergétique

**Hypoxie** : diminution de l'oxygène tissulaire

→ libération de catécholamines, *redistribution* du flux sanguin -> cerveau + cœur, métabolisme anaérobie *périphérique*, acidose métabolique fœtale  
mécanisme **COMPENSÉ**

**Asphyxie** : hypoxie + acidose métabolique

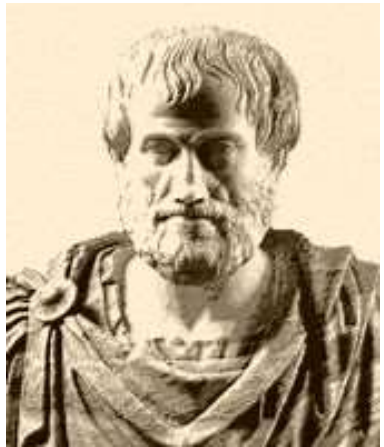
mécanisme d'acidose **DÉCOMPENSÉ** ; *disparition de la redistribution* du flux sanguin vers le cerveau + cœur → défaillance cérébrale/cardiaque

/!\ « souffrance fœtale aigue » : NE PLUS UTILISER

→ « anomalies du RCF », « asphyxie fœtale »

description plus précise/factuelle des modalités de naissance

# Les mystères du cerveau



*Aristote*



*Galien*



*Léonard de Vinci*



*Rudolf Virchow*  
1821-1902



*Camillo Golgi*  
1843-1926



*Ramon y Cajal*  
1850-1934

ANATOMIE

Fibres → Cellules organisées en réseau

# Théorie réticulaire (Golgi) : maillage sans cellules isolées → Cellules dans le cerveau ?

## LES NEURONES

Enregistrement activité électrique  
Théorie neuronale



Ramon y Cajal



Armée de l'ombre : le reste ....

Rôle de maintien?  
Du mastic...de la glue !



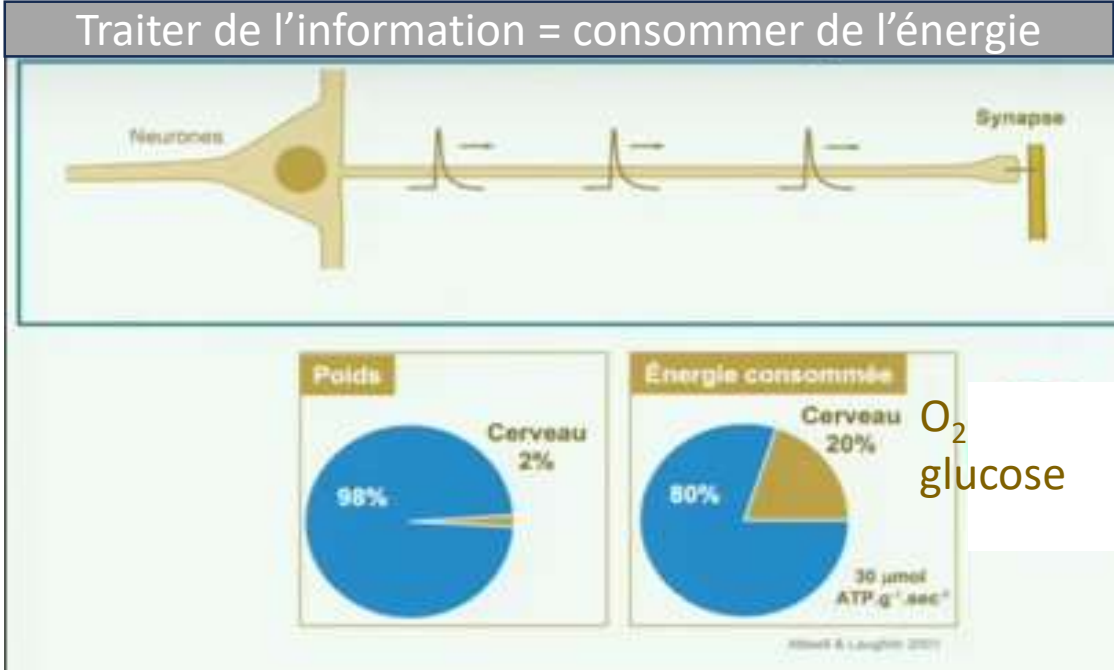
Virchow

## CELLULES GLIALES

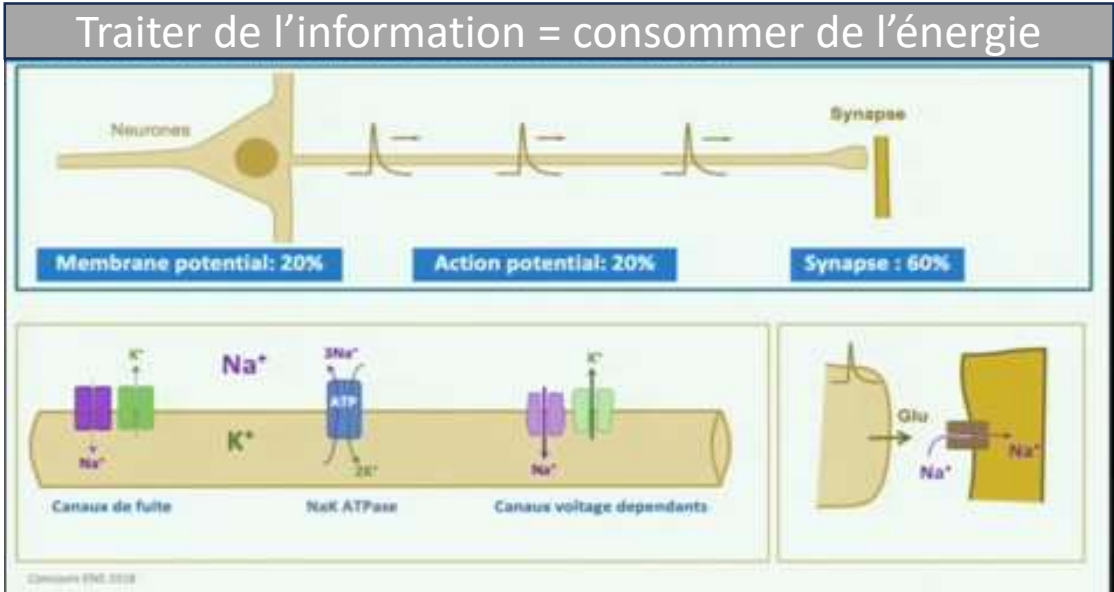




\*



\*

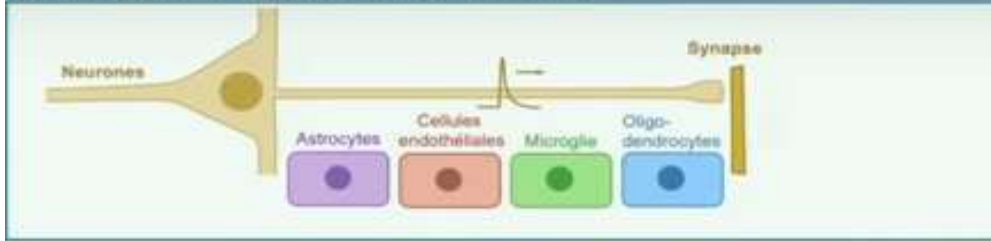


\* <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/animaux/systeme-nerveux-et-systeme-hormonal/les-cellules-du-cerveau> ; Conférence donnée par Alain Bessis et enregistrée le 22 octobre 2019 lors des journées 2019 de l'UPA (Union des professeurs des classes préparatoires aux grandes écoles agronomiques, biologiques, géologiques et vétérinaires) organisées à l'École normale supérieure (Paris).



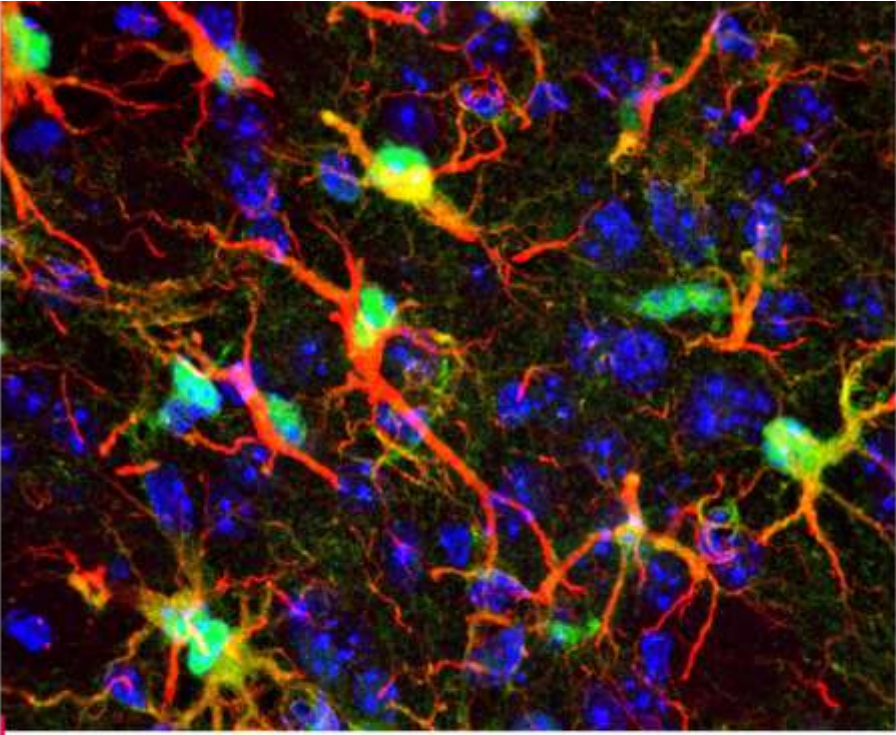


Quels types de cellules dans le cerveau ?



**Cerveau adulte**  
 86 milliards neurones  
 86 milliards autres cellules  
*Suzanne Herculano-Houzel*

Cellules	Pourcentage
Neurones	~50%
Oligodendrocytes	~30%
Astrocytes	~15%
Microglie	~7%
Vaisseaux	~15%
<b>Total</b>	<b>117%</b>



© L. Ben Haim / C. Escartin  
 Figure : Astrocytes réactifs dans le cerveau de souris. Le cytosquelette des astrocytes est marqué en rouge, leur noyau en vert (les noyaux de toutes les cellules sont en bleu).

**NEURONES**  
 Conduction & transmission

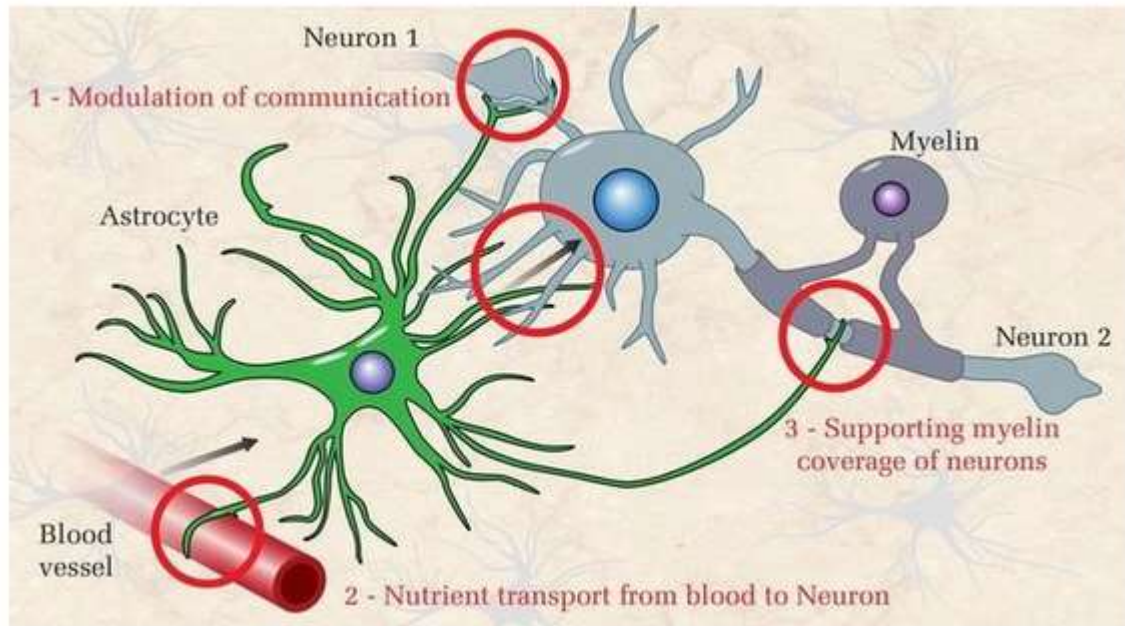
**ASTROCYTES (1900)**  
 Contrôle environnement des neurones  
 Homéostasie milieu extérieur  
 Approvisionnement énergétique

**MICROGLIE (1920)**  
 Immunité

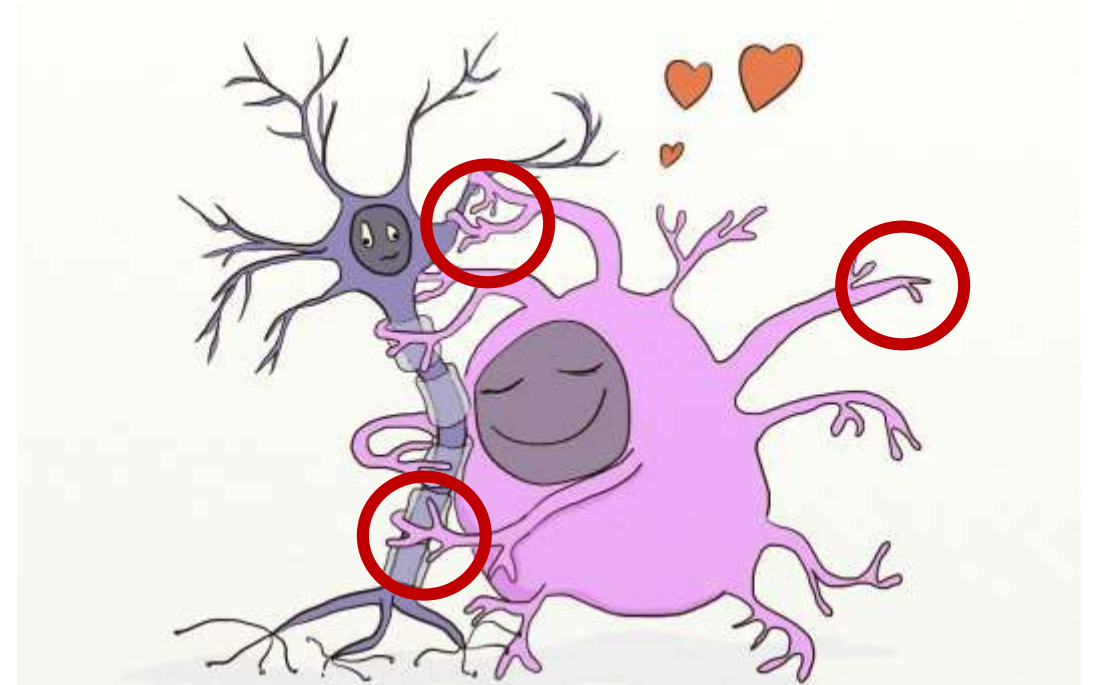
**OLIGODENDROCYTES (1920)**  
 Isolation électrique



*Ramon y Cajal*



## Pieds d'astrocytes



[https://www.researchgate.net/publication/341669339\\_Depression\\_Corticale\\_Envahissante\\_nouveau\\_mecanisme\\_d%27initiation\\_par\\_hyperactivite\\_des\\_neurones\\_GABAergiques\\_et\\_strategie\\_pharmacologique\\_pour\\_la\\_reduire](https://www.researchgate.net/publication/341669339_Depression_Corticale_Envahissante_nouveau_mecanisme_d%27initiation_par_hyperactivite_des_neurones_GABAergiques_et_strategie_pharmacologique_pour_la_reduire)

2023  
Ce que  
l'on sait

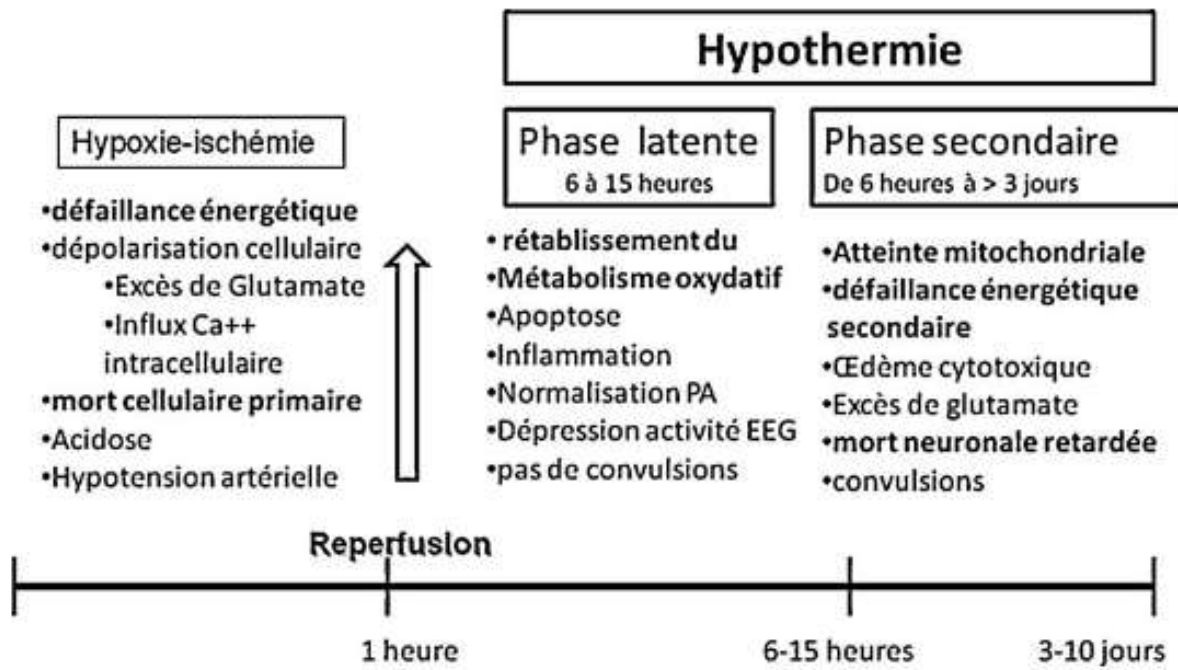
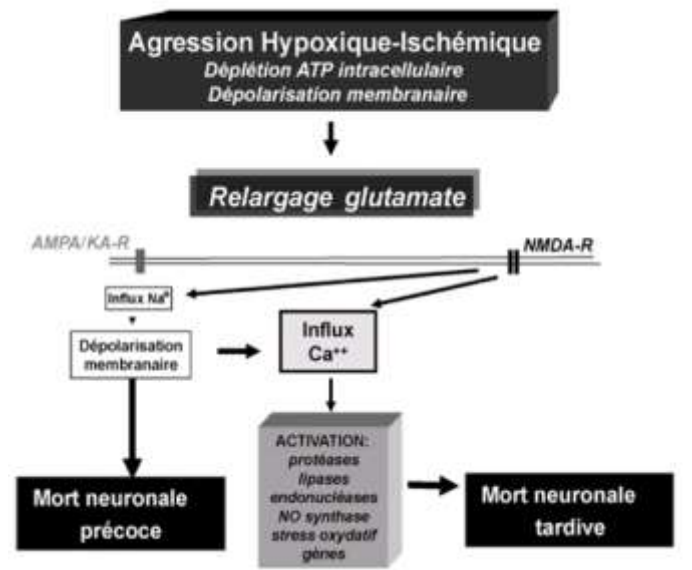


Figure 1 Les principales phases de l'encéphalopathie hypoxique-ischémique.

Réanimation (2010) 19, 655—664  
Neuroprotection par hypothermie de l'encéphalopathie hypoxique-ischémique du nouveau-né à terme  
E. Saliba, K. Norbert, S. Cantagrel



De : Thèse O Brissaud 2009, n1964  
Souffrance hypoxique-ischémique périnatale

1<sup>er</sup> phase aigue  
Défaillance énergétique

Phase de reperfusion  
30-60 min  
reprise du métab oxydatif  
élimination des AA neuroexcitateurs  
radicaux libres oxygénés

2<sup>ème</sup> phase  
Latence

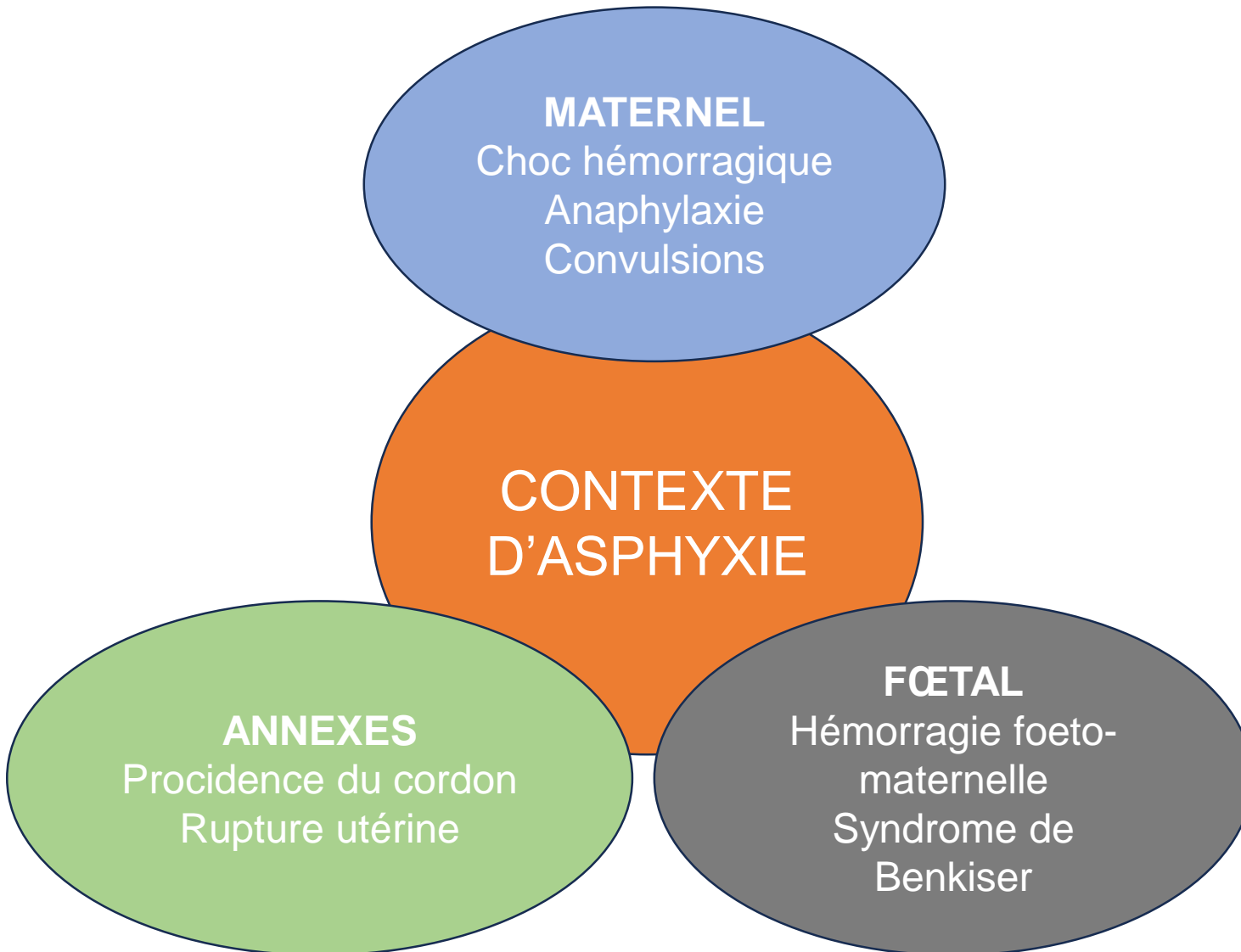
Expression clinique moindre  
Mais processus cytotoxique

3<sup>ème</sup> phase  
Rebond de déficit énergétique  
Sévérité est corrélé  
au devenir neurologique



Le but de la surveillance fœtale intrapartum est d'identifier, dans les situations qui précèdent, un état d'hypoxie/d'acidémie afin d'éviter les lésions neurologiques fœtales irréversibles. L'association entre l'hypoxie et certaines formes de RCF présente une capacité de discrimination limitée entre les nouveau-nés avec ou sans acidose métabolique. Il s'agit certes d'un indicateur sensible mais peu spécifique, présentant une faible valeur prédictive positive

# REPERER/PREVENIR L'ASPHYXIE



## Encéphalopathie anoxo-ischémique

### Exclure autres étiologies

Traumatisme  
Infection  
Malformation congénitale  
Maladie métabolique

### Signes précoces

Altération vigilance  
Anomalies du tonus  
Posture anormale  
Altération des réflexes  
Altération du contrôle respiratoire

### Séquelles au long cours

Paralysie cérébrale  
Retard mental  
Troubles cognitifs  
Epilepsie



# Classification clinique

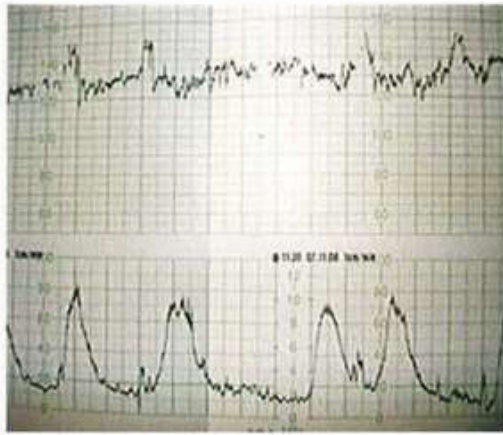
## Score de SARNAT 1976

Critères cliniques observés entre 2 et 4h de vie

Clinical finding	Mild (Grade 1)	Moderate (Grade 2)	Severe (Grade 3)
Conscious level	Irritable/hyper alert	Lethargic	Comatose, stuporous
Tone	Mildly abnormal (Hypo- or hypertonic)	Moderately abnormal (Hypotonic or dissociated)	Severely abnormal: Flaccid (Hypotonic)
Seizures	Absent	Present	Present
Primitive reflexes	Exaggerated	Depressed	Absent

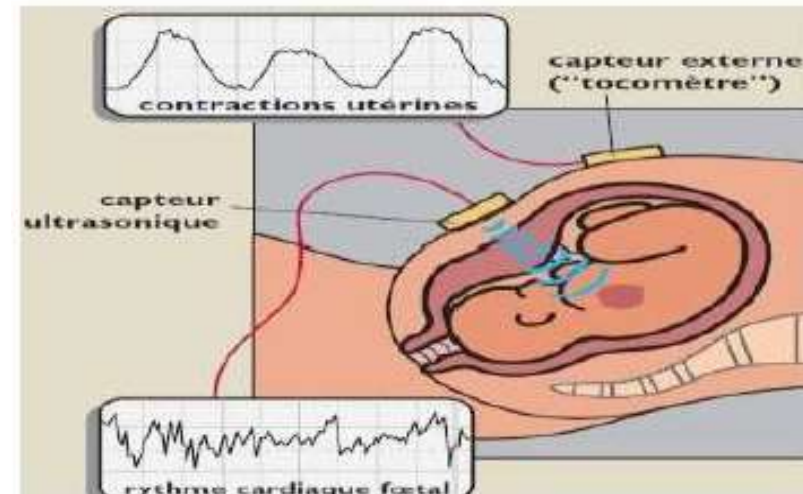
*Peut dépendre aussi de la durée  
Stade 2 > 5 jours + grave que < 5 jours*

Monitoring  
**TOCOCARDIOGRAPHIE**  
Rythme cardio foetal (RCF)  
2 enregistrements simultanés



← Rythme cardiaque foetal  
**CARDIOGRAPHIE**

← Contractions utérines  
**TOCOGRAPHIE**







RCF	Apgar 5 premières min de vie	Acidose néonatale cordon
Normal	>7	0,3%
Anormal	<7	50-65%

Tableau 3. Critères de classification des CTG et interprétation selon les recommandations de la FIGO<sup>(a)</sup> (28).

	Normal	Suspect	Pathologique
Rythme de base	110–160 bpm	Au moins un critère de normalité manquant mais sans caractère pathologique	<100 bpm
Variabilité	5–25 bpm	Au moins un critère de normalité manquant mais sans caractère pathologique	Réduite, augmentée ou avec un motif sinusoïdal
Déccélération	Non répétitive <sup>(b)</sup>	Au moins un critère de normalité manquant mais sans caractère pathologique	Déccélérations répétitives <sup>(b)</sup> , tardives ou prolongées >30 min ou 20 min si la variabilité est réduite, ou déccélération prolongée >5 min
Interprétation	Fœtus sans hypoxie / acidose	Fœtus avec une faible probabilité de présenter une hypoxie / acidose	Fœtus avec une forte probabilité de présenter une hypoxie / acidose

(a) La présence d'accélération dénote l'absence d'hypoxie ou d'acidose chez un fœtus, mais l'absence d'accélération durant le travail n'a pas de signification certaine.

(b) Les déccélérations sont répétitives par nature quand elles sont associées à plus de 50 % des contractions utérines.

# RCF

**RYTHME CARDIO FŒTAL**  
Décision extraction/césarienne  
15 min

**TOUJOURS**  
1<sup>er</sup> intention

**TOUJOURS**  
déterminant

Tout va très bien  
Tout va très mal  
**PAS DE SCALP**

**RCF irrégulier, ralentissement**  
**Scalp peut être un argument**

**Si rythme se normalise**  
**Résultat du scalp « exclu »**

Dépistage de **situations à risque** d'acidose foetale  
-ralentissements répétés tardifs/variables atypiques/prolongés  
-bradycardie

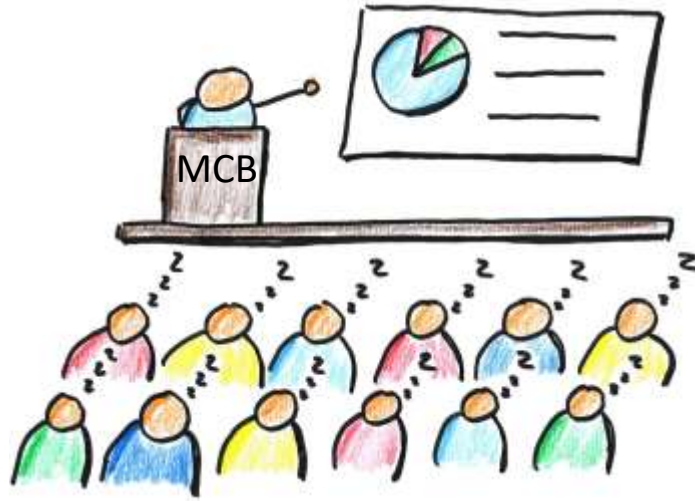
Interprétation **TOUJOURS en fonction du contexte** obstétrical  
-RCIU  
-pré-éclampsie  
-diabète

RCF normal = **excellente VPN** pour l'asphyxie per-partum

**Peu spécifique** ; si utilisé seul -> nombreux faux positifs et d'actions obstétricales injustifiées

Nécessaire formation théorique/pratique à l'**interprétation**

Scalp



Cordon

Euh....et la biologie alors ?

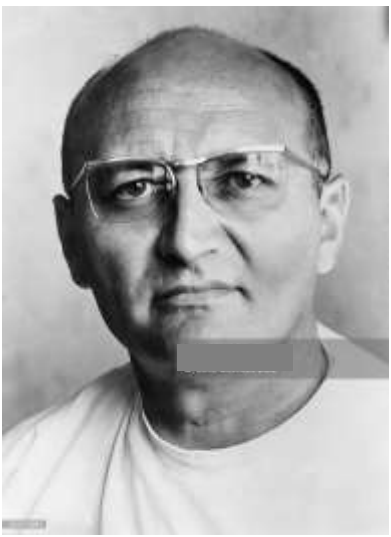
Acidose

**2015 FIGO CONSENSUS GUIDELINES ON  
INTRAPARTUM FETAL MONITORING**



**METHODES DE SECONDE LIGNE**





## La biologie et les salles de naissance

Années 60

Erich SALING (1925-2021) , gynécologue allemand  
« Médecine périnatale »

Enfant à naître devient un patient  
~~« Séquelle d'une grossesse »~~

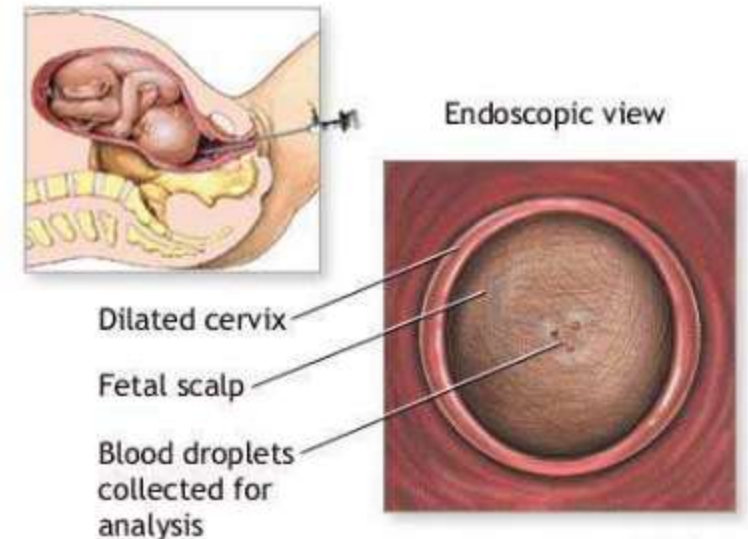
1960-1961

**Prélèvement au scalp** pour le pH  
= technique de SALING  
*Normales sur n=77 enfants*

Puis gazométrie périnatale

Au début

Juste le pH  
accessible



2021 un rapide état des lieux  
Enquête du Pôle de Biologie CHU Bordeaux  
18 maternités (dont niveau 3)

**Sites enquêtés (nombre GDS/an)**

APHP (Pitié 2520)  
APHP (Cochin 3700)  
HCL (>10000)  
APHM (6370)  
Lille (11300)  
Nantes (4500)  
Angers (4000)  
Rennes (4500)  
Tours (1515)  
Toulouse (5050)  
Montpellier (7600)  
Strasbourg (>10000)  
Clermont (7030)  
Nouméa (2000)  
Mayotte (>15000)  
Pau (2800)  
Bayonne (NC)  
Bordeaux (6500)

4 pas d'EBMD

8 ABLFlex  
*Radiometer*

4 GEM  
*Werfen*

1 RP500/1 RL1260  
*Siemens*

Envoi tous cordons laboratoire  
1 a un petit appareil lactate

7 ne traitent que les analyses des cordons  
Ont +/- petit appareil lactate

7 traitent scalps et cordons  
Parfois peu de scalps  
Tous évoquent problèmes sur scalps

# SCALP

Seuils retrouvés dans la littérature pour définir un risque d'asphyxie

<7,20/7,21 = acidose

7,20/7,21-7,24/7,25 = pré-acidose

Esther Enet. Gazométrie in utero: Intérêt de la biologie délocalisée et évaluation clinique des paramètres mesurés. Sciences du Vivant [q-bio]. 2009. hal-01732711

SCALP	Méthode de mesure	Effectif	pH	Lactates (mmol/L)	Apgar
Saling 1962 (92)	NP	77	< 7,20 : acidose 7,2-7,24 : préacidose (expérimental : 2 DS)	NP	NP
Saling 1967 Bretscher (20)	NP	1500	< 7,20 : acidose (25 è percentile) 7,2-7,25 : préacidose	NP	NP
Mendez 1967 (71)	Kopp-natelson microgasometer	9	7,20	NP	< 6 à 1 et 5 min
Laplanche 96 (57)	NP	100	7,25	NP	< 7 à 5 min
Kruger 1999 (54)	Lactate Pro®, Arkray, Japon ABL 510 Radiometer, Copenhagen	1709	7,21 (25 è percentile)	4,8 (75 è percentile)	< 7 à 1min < 7 à 5 min <4 à 5 min
Carbonne 2002 (22, 23)	NP	174	7,20 (15 è percentile)		< 7 à 5 min
Allen 2004 (3)	Accusport, Boehringer, Mannheim	140	NP	4,2	NP
Boog 2004 (12)	Lactate Pro®, Arkray, Japon NP pour le pH	200	7,20 (par expérience dans le service)	5 (par expérience dans le service)	NP
Nordström 2004 (77)	NP	NP	7,21 (25è percentile)	4,8 (75 è percentile)	NP
Ramanah 2005 (87)	Bayer Rapid lab 860	129	7,20 (d'après littérature) 7,21 (courbes ROC)	5 (d'après littérature) 4,97 (courbes ROC)	< 7 à 1 min et 5 min
Borruto 2007 (15)	NP	188	NP	5	NP
Annappa 2008 (1)	Bayer Rapid Lab 840	107	< 7,20 : acidose 7,20-7,25 : préacidose		NP
Ridenour 2008 (89)	Lactate Pro®, Arkray, Japon NP pour le pH	NP	7,20	4,8	NP
Wiberg 2008 (121)	Lactate Pro®, Arkray, Japon Equalis AB, Uppsala, radiometer	2992	< 7,21: acidose 7,21-7,25 : préacidose (Guidelines)	4,8 : acidose 4,2-4,8 : préacidose (Kruger 99)	< 7 à 5 min

# SCALP

## Interprétation

	Normal	Intermédiaire	Pathologique
<b>pH</b>	<b>&gt; 7.25</b>	<b>7.20-7.25</b>	<b>&lt; 7.20</b>
<b>Lactates (mmol/l)</b>	<b>&lt; 4.2</b>	<b>4.2-4.8</b>	<b>&gt; 4.8</b>
<b>Attitude</b>	<b>Pas d'action requise, mais en cas de persistance d'anomalies du CTG, renouveler le FBS après 60 min.</b>	<b>Mesures correctives pour améliorer l'oxygénation fœtale. Si les anomalies du CTG persistent /s'aggravent, renouveler le FBS après 20-30 min</b>	<b>Actions correctives pour normaliser le CTG ou accouchement rapide</b>

Bordeaux  
5-5,5 mmol/L

**Les seuils de Lactates doivent prendre en compte le type d'appareil utilisé  
Après 3 valeurs normales, il est rarement nécessaire de pratiquer un nouveau prélèvement**

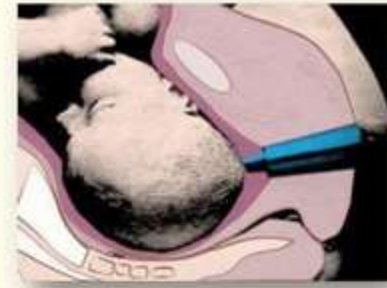






2015

## Bénéfices et Limites



- **Ne diminuerait pas les accouchements opératoires (faible niveau de preuve)**
  - **Pas d'amélioration démontrée de l'issue néonatale**
  - **Utilisé essentiellement en Europe du Nord et centrale**
  - **Agréable ni pour le patient, ni pour l'utilisateur.**
  - **Chronophage (~18 minutes pH, ~2 min lactate)**
  - **Information rapidement désuète**
  - **Réalisation difficile en début de travail**
  - **Faible risque d'infection et de saignement**
- Discontinu**

2021

2015 FIGO CONSENSUS GUIDELINES ON  
INTRAPARTUM FETAL MONITORING



The addition of fetal scalp blood lactate measurement as an adjunct to cardiotocography to reduce caesarean sections during labour: The Flamingo randomised controlled trial

Christine E. East ✉, Mary-Ann Davey, C. Omar F. Kamlin, Peter G. Davis, Penelope M. Sheehan, Stefan C. Kane, Shaun P. Brennecke, on behalf of The Flamingo Study Group

First published: 23 March 2021 | <https://doi.org/10.1111/ajco.13327> | Citations: 4

### Conclusion

We were unable to provide robust evidence of the effectiveness of FBSLM to improve the specificity of the CTG in the assessment of fetal wellbeing.

# Des considérations sur le scalp : est-on sûr des seuils uniques ?

R03-BDB-ENR-025-01

page 7/9

23DB03 / Lactates (mmol/L)		Limites acceptables à $\pm 18,0\%$ (ProBioQual taux élevé) Statistiques robustes (algorithme A - norme ISO 13528:2022)					
Groupes techniques/pairs	Codage	Histogramme	n	Cible	CV	E/M%	Limites
ENSEMBLE DES RESULTATS Techniques le 05/09/23	E		88	6,05	19,0		
ABBOTT - I Stat	WPA		4	6,10	/		
EFK Diagnostics - Lactate Scout	SSA		3	6,10	/		
IL / WERFEN	WI		33	6,89	3,5	13,9	5,65 - 8,13
- dont GEM Premier 4000	WIQ		11	6,72	2,1	11,1	5,51 - 7,93
- dont GEM Premier 5000	WIU		22	6,97	3,4	15,2	5,72 - 8,22
NOVA BIOMEDICAL - Prime / Prime +	WNS		1	7,80	/		
NOVA BIOMEDICAL - StatStrip	SN		32	4,81	13,7	-20,5	3,94 - 5,68
- dont StatStrip Lactate - SANS Coefficient	SNL		13	4,47	6,2	-26,1	3,64 - 5,30
LA modifiée (effectif $\leq 20$ ) : 18,5 %							
- dont StatStrip Lactate et Hb/Hct - SANS Coefficient	SND		13	5,08	18,5	-16,0	3,96 - 6,20
- dont StatStrip Lactate et Hb/Hct - AVEC Coefficient	SND		2	6,00	/		
RADIOMETER - ABL	WR		9	6,23	3,5	3,0	5,09 - 7,37
- dont ABL 90	WRS		9	6,23	3,5	3,0	5,09 - 7,37
SIEMENS (ex ALERE) - EPOC	WFA		6	6,69	/		

Laboratoire 596D\_1 - Votre résultat : 4,3 mmol/L

< 0,60 3,33 6,05 8,78 11,50 >

Seuil  
Propre à chaque  
dispositif

Définir  
son seuil

ProBioQual  
Spécial délocalisée  
Sang total

# Des considérations sur le scalp : peut-on tout utiliser ?



StatStrip® et StatStrip Xpress®\*\*  
Lecteur de lactate



a.



b.

## Lactate Pro™2 Test Strip

### AVERTISSEMENT

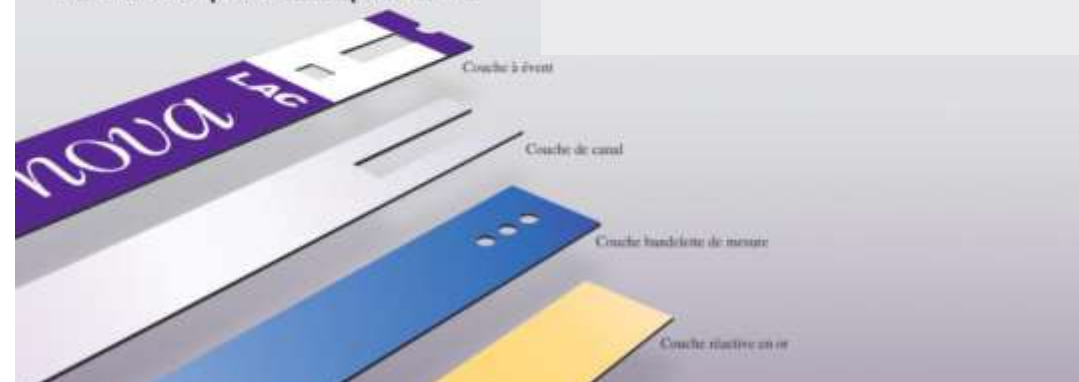
Ce produit peut facilement être influencé par le taux d'hématocrite et par la pression d'oxygène partielle dans le sang. **Ne l'utilisez pas** pour le diagnostic chez les patients suivants ni pour le diagnostic des maladies suivantes.

- Patients traités dans les unités de soins intensifs
- Patients traités en phase critique
- Patients ayant reçu des biguanides
- Nouveau-nés et femmes enceintes
- Diagnostic définitif d'acidose lactique

### Nouvelle technologie StatStrip® Lactate – système de mesure à biocapteurs Multi-Well

Nova a désormais intégré sa technologie de biocapteurs dans un système miniaturisé, précalibré et à usage unique, conçu pour mesurer la concentration de lactate du sang total au lit du malade. Ces biocapteurs combinent les avantages de la mesure par bandelettes et de l'électrochimie classique à ceux de la nanotechnologie. La technologie StatStrip Multi-Well mesure et élimine les risques d'interférence liés au niveau d'hématocrite et à diverses substances, comme l'acétaminophène, l'acide ascorbique et l'acide urique, pouvant fausser les résultats dans d'autres systèmes sur sang total. StatStrip Lactate offre une précision de qualité de laboratoire sur un petit échantillon sanguin de 0,7 µl, sous 13 secondes seulement.

### Formes de biocapteurs StatStrip® Multi-Well



# Des considérations sur le scalp : pH et/ou lactate ?

East. Cochrane. 2015



LACTATE BIEN VALIDÉ  
PLUS SIMPLE  
Echec pH 10%, échec lactate 1%

*Gyn Obst Fertil* 2005, 33, 107-112  
*BMJ* 2008 online doi10.1136/bmj.39553.406991.25  
*J Gyn Obst Reprod* 2008, 375, 565-571  
*J Gyn Obst Biol Reprod* 2012, 41, 324-332  
*J Obst Gyn Canada* 2020, 42, 316-348

## • Résultats:

- Encéphalopathie: pas de différence
- Mort périnatale: pas de différence
- NICU, Apgar à 5', acidose: pas de différence
- Succès FBS lactates > FBS pH (98.7 vs 79.4%)
  
- Pas de différence en termes de **césariennes**
  - Aussi bien si FBS pendant la travail ou dans les 60' précédant la naissance
  - RR: 1.09 [0.97-1.22], 2 RCT, 3319 patientes
- Pas de différence en termes **d'extractions instrumentales**
  - RR: 1.02 [0.93-1.11], 1 RCT, 2292 patientes

Un intérêt à faire les 2 ?

Le lactate augmente avant la chute de pH

Lactate N avec pH bas : acidose respiratoire  
(réversible généralement)

*J Gyn Obstr Biol Reprod* 2012, 41, 324-332

**Résultat discordant entre pH au scalp et lactates 30%**

Fetal scalp blood sampling: Do pH and lactates provide the same information?

*Prouhèze A. J Gynecol Obstet Hum Reprod* 50 (2021)

# Des considérations sur le scalp : est-ce sans danger ?

1-6%

Roberts and Whitehouse <sup>20</sup>	2	Unknown	Case series	Broken blade sample knife, retention in fetal scalp Broken blade sample knife, retention in fetal scalp	Unknown	Normal
Balfour et al <sup>11</sup>	6	6/678 (0, 9%)	Case series	Scalp abscess Scalp abscess Scalp abscess Hemorrhage Hemorrhage Hemorrhage	Forceps Caesarean section Vacuum Caesarean section Caesarean section Spontaneous vaginal delivery	Normal Normal Normal Died after 6 h Normal Normal
Nelson et al <sup>19</sup>	1	Unknown	Case report	Broken blade sample knife, retention in fetal scalp	Unknown	Normal
Hull and Wilson <sup>17</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage, subaponeurotic hematoma postnatal	Spontaneous vaginal delivery	Normal
Modanlou et al <sup>9</sup>	6	6/250 (2.4%)	Case series	Hemorrhage Hemorrhage Broken blade sample knife, retention fetal scalp Broken blade sample knife Broken blade sample knife Hemorrhage	Spontaneous vaginal delivery Spontaneous vaginal delivery Forceps Unknown Unknown Spontaneous vaginal delivery	Died after 38 h Normal Normal Unknown Unknown Died after 26 h
Modanlou and Linzey <sup>10</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Spontaneous vaginal delivery	Normal
Reti et al <sup>16</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Spontaneous vaginal delivery	Normal
Young et al <sup>18</sup>	15	15/232 (6%)	Retrospective cohort study	Hemorrhage (11 cases) Scalp abscess (1 case) Other infections (3 cases)	Unknown Unknown Unknown	Unknown Unknown Unknown
Chawla et al <sup>15</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Caesarean section	Normal
Jaiyesimi and Hickey <sup>14</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Caesarean section	Normal
Pachydakis et al <sup>13</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Caesarean section	Normal
Sabir et al <sup>12</sup>	1	Unknown	Case report	Hemorrhage	Caesarean section	Normal
Present case	1	1/1177 (0.08%)	Prospective cohort	Cerebrospinal fluid leakage	Caesarean section	Normal

Primum non nocere

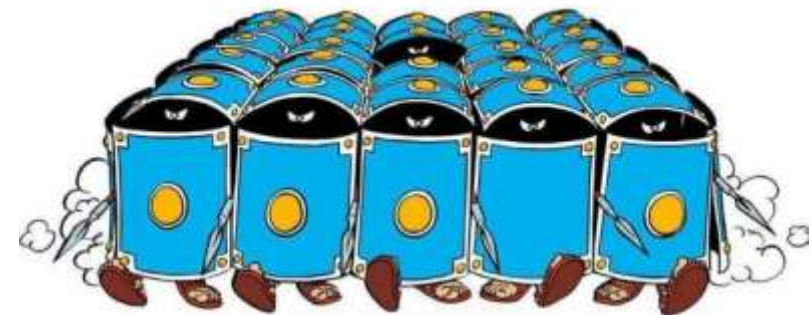
Should National Guidelines continue to recommend fetal scalp blood sampling during labour?

Edwin Chandrarahan, MBBS, MS (Obs & Gyn), DFSRH, DCRM, MRCOG, FSLCOG

Doi: 10.3109/14767058.2016.1140740

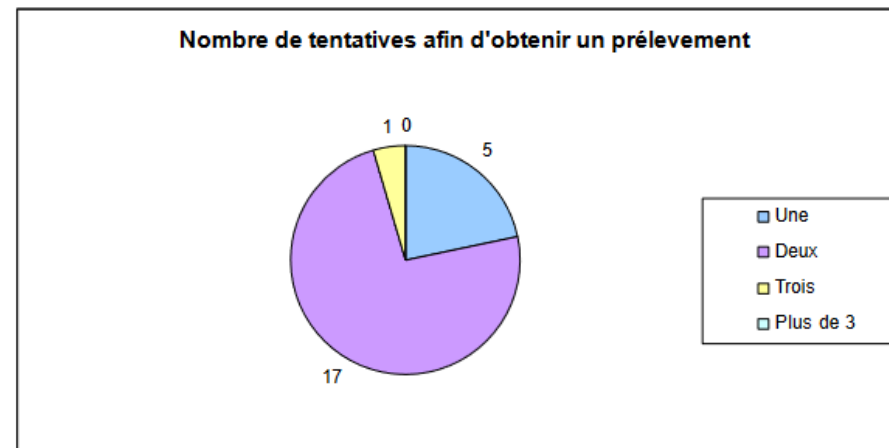
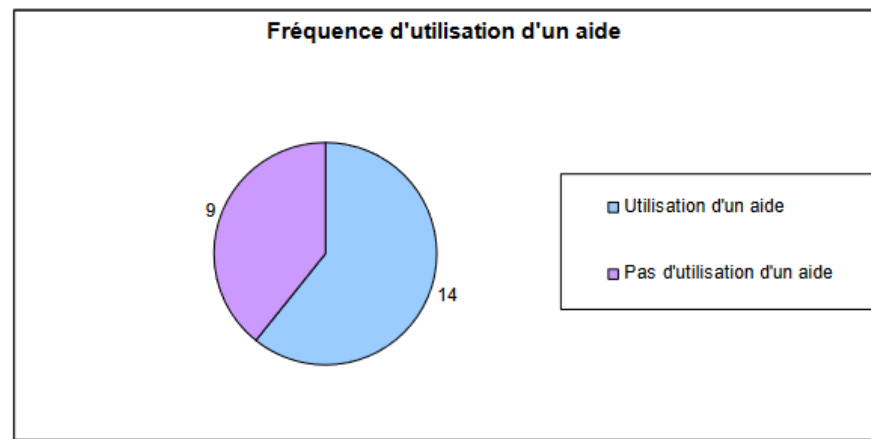
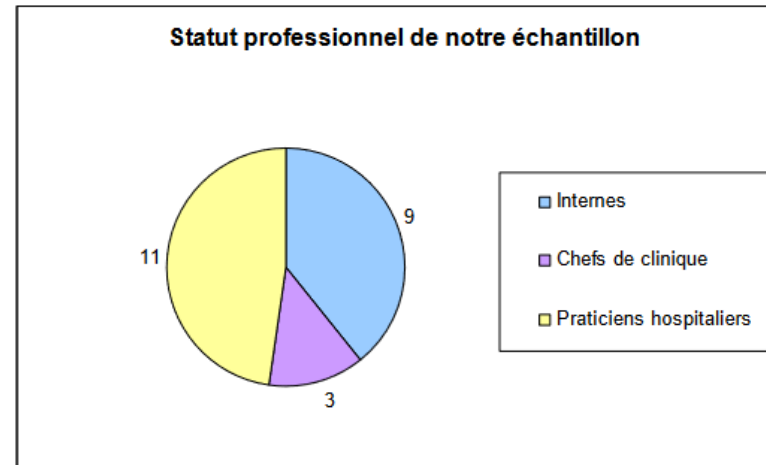
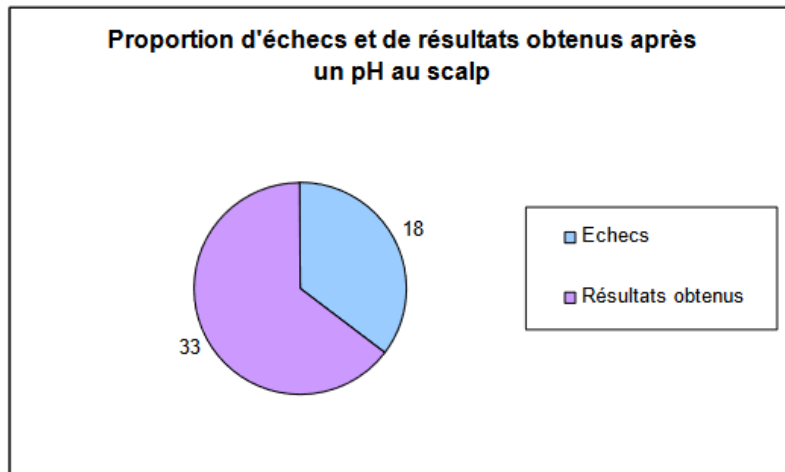
## Abstract

Intrapartum fetal scalp blood sampling (pH or lactate) has not been shown to reduce emergency caesarean sections or operative vaginal births or improve long term perinatal outcomes. In contrast, it is associated with rare but potentially very serious complications such as leakage of cerebro-spinal fluid (CSF) and perinatal haemorrhagic shock. Therefore, it does not fulfil the 'First Do No Harm' principle and its use during labour should be critically re-evaluated.



# Des considérations sur le scalp : est-ce facile ? NON...

CHU de Nancy 2010 51 cas, mémoire de sage-femme



## Conséquences

Pas de résultat

Résultat faussé

Bouchage

Mode dégradé

Perte de temps

...

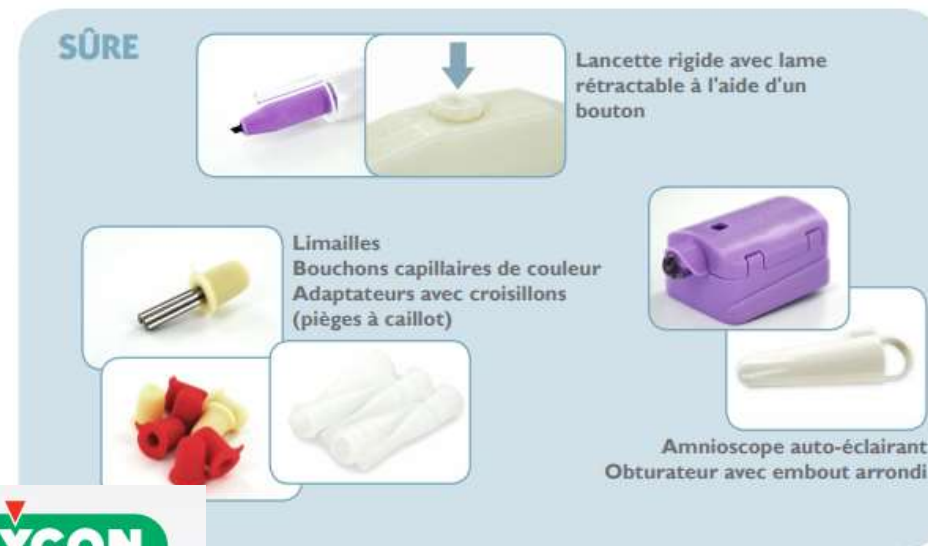
# Qu'existe-t-il en moyen de prélèvement au scalp



## R57024 Rocket FBS Fetal Blood Sampling Kit with 5 x 85ul heparinised plastic capillary tubes

R57024: Rocket FBS Fetal Blood Sampling Kit with 5 x 85ul heparinised plastic capillary tubes

SKU: R57024



**VYCON**  
Value Life

## ENQUETE CHU BORDEAUX 2021

### Sur 18 maternités interrogées

-7 avec des kits ( 2 Vigon, 2 Natech, 3 non nommés)

-6 ne savent pas

-5 méthode « maison »

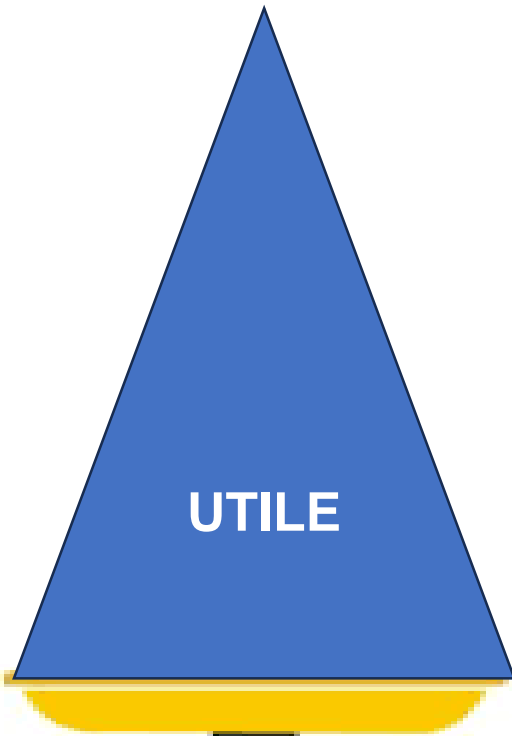
# Des considérations sur le scalp : et le préanalytique ?



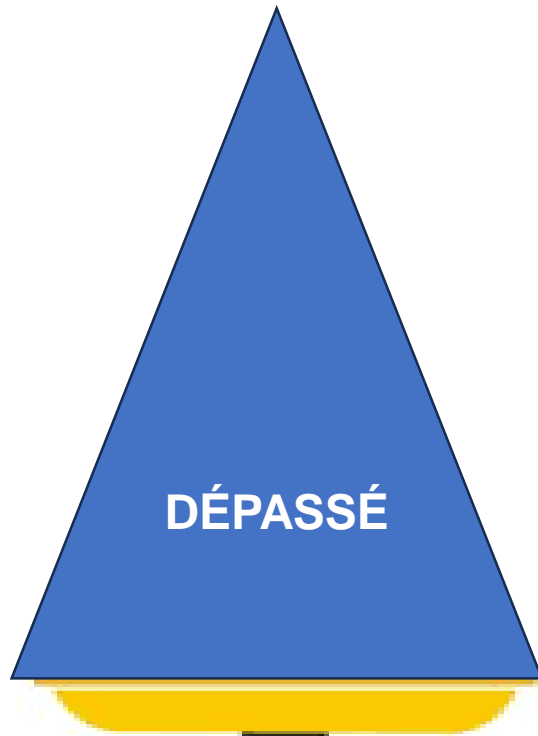
Tableau VI. Erreurs pré-analytiques d'un gaz du sang au scalp foetal.

Erreurs préanalytiques	Conséquences
Contamination par le méconium	Diminution du pH (22)
Contamination par le liquide amniotique (11)	Diminution du pH (62) Augmentation des lactates
Présence d'une bosse séro-sanguine	1 % de décisions médicales non adaptées (93)
Volume insuffisant	Risque d'échec de l'analyse
Incision inadaptée du scalp (25)	Augmentation de la pO <sub>2</sub> , du pH (contact prolongé du sang avec l'air ambiant) Diminution de la pCO <sub>2</sub>

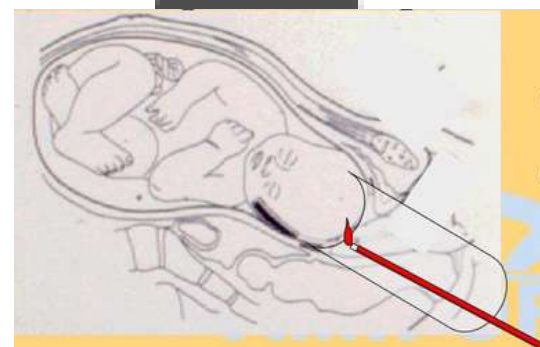




UTILE



DÉPASSÉ



## A controlled trial of the differential effects of intrapartum fetal monitoring

Albert D. Haverkamp, M.D., F.A.C.O.G. • Miriam Orleans, Ph.D. • Sharon Langendoerfer, M.D. •  
John McFee, M.D., F.A.C.O.G. • James Murphy, Ph.D. • Horace E. Thompson, M.D., F.A.C.O.G.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(16\)33082-4](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(16)33082-4)

VOLUME 134, ISSUE 4, P399-412, JUNE 15, 1979

**AJOG** American  
Journal of  
Obstetrics &  
Gynecology

1 seule étude prospective 690 femmes à haut risque (Colorado 1979)  
Auscultation seule (Aus)  
Vs Suivi électronique seul (EM)  
Vs Suivi électronique + Scalp (EM+SS)

	<i>Aus</i> ( <i>N</i> = 232)	<i>EM</i> ( <i>N</i> = 237)	<i>EM + SS</i> ( <i>N</i> = 230)	<i>Total</i> ( <i>N</i> = 695)
Vaginal deliveries	219 (94%)	192 (82%)	204 (88%)	615 (88%)
Cesarean section, non-fetal distress	12 (5%)	25 (11%)	18 (8%)	55 (8%)
Cesarean section for fetal distress	1	16 (7%)	8 (3%)	25 (4%)
	99%	100%	99%	100%

significance. Note that in all categories, the cesarean section rate for those monitored with scalp sampling was lower than for those with electronic monitoring alone. This apparent difference did not achieve statistical significance. However, other investigators have

## Continuous cardiotocography (CTG) as a form of electronic fetal monitoring (EFM) for fetal assessment during labour (Review)

Alfirevic Z, Devane D, Gyte GML, Cuthbert A

- 13 études, 37 000 patientes

Women, practitioners and policy makers need to carefully consider the absence of evidence that continuous CTG monitoring has a different impact on caesarean section and neonatal seizures in low- and high-risk populations and that there is an absence of evidence from included trials of a beneficial effect for fetal blood sampling.

Alfirevic. Cochrane. 2017

cesarean delivery rates (67, 68). Despite the evidence that fetal scalp sampling reduces the risk of cesarean delivery (69, 70) and the poor ability of electronic fetal heart rate monitoring patterns to predict pH, intrapartum fetal scalp sampling has fallen out of favor in the United States. This predominantly is due to its invasive nature, the narrow clinical presentations for which it might be helpful, and the need for regulatory measures to maintain bedside testing availability. Currently, this testing is not performed in most U.S. centers and a fetal blood sampling "kit" that is approved by the U.S. Food and Drug Administration is not currently manufactured.



ACOG. Obstetrics Care Consensus. 2014

Pas tellement physiologique

Vascularisation du scalp est-elle un bon reflet ?  
Pas tellement vascularisé  
Surtout si hypoxie avec vasoconstriction

Méthode de Saling mise en place en 1960  
En absence de tonocardiographe au point

Normales sur 77 bébés ...  
Validation sur 11 singes...  
« Croyance » que réduirait le nombre de gestes  
*Chandharan E. J Mat Neonat Med 2016, 29, 3682-85*

- pH:
  - normal: 7.25 or above
  - borderline: 7.21 to 7.24
  - abnormal: 7.20 or below

or

- lactate:
  - normal: 4.1 mmol/l or below
  - borderline: 4.2 to 4.8 mmol/l
  - abnormal: 4.9 mmol/l or above.

**NICE** National Institute for Health and Care Excellence



NICE Clinical Guideline 190.

2014

+ Nuances

Si on ne peut pas faire le scalp :

-que le RCF re accélère

extraction rapide inutile

-que le RCF ne s'améliore pas ou s'aggrave

ne pas attendre scalp, extraire

## pH

La mesure du pH sur prélèvement sanguin fœtal au scalp permet de limiter l'augmentation des interventions liée à l'utilisation du RCF continu (grade C). Bien que les données démontrant un bénéfice néonatal soient insuffisantes, le pH au scalp reste la méthode de 2<sup>e</sup> ligne de référence car il mesure directement un critère définissant l'asphyxie perpartum (accord professionnel).

Les inconvénients du pH au scalp tiennent à la relative complexité de la technique, au caractère discontinu et invasif de la méthode et aux quelques contre-indications à son utilisation.



## Lactates

La mesure des lactates au scalp par microméthode semble avoir une valeur diagnostique comparable à celle du pH au scalp (grade C). Elle est techniquement plus simple avec un moindre taux d'échecs (grade A). Néanmoins, il n'existe pas d'étude permettant de montrer une réduction des interventions obstétricales ou une amélioration de l'état néonatal grâce à cette méthode.

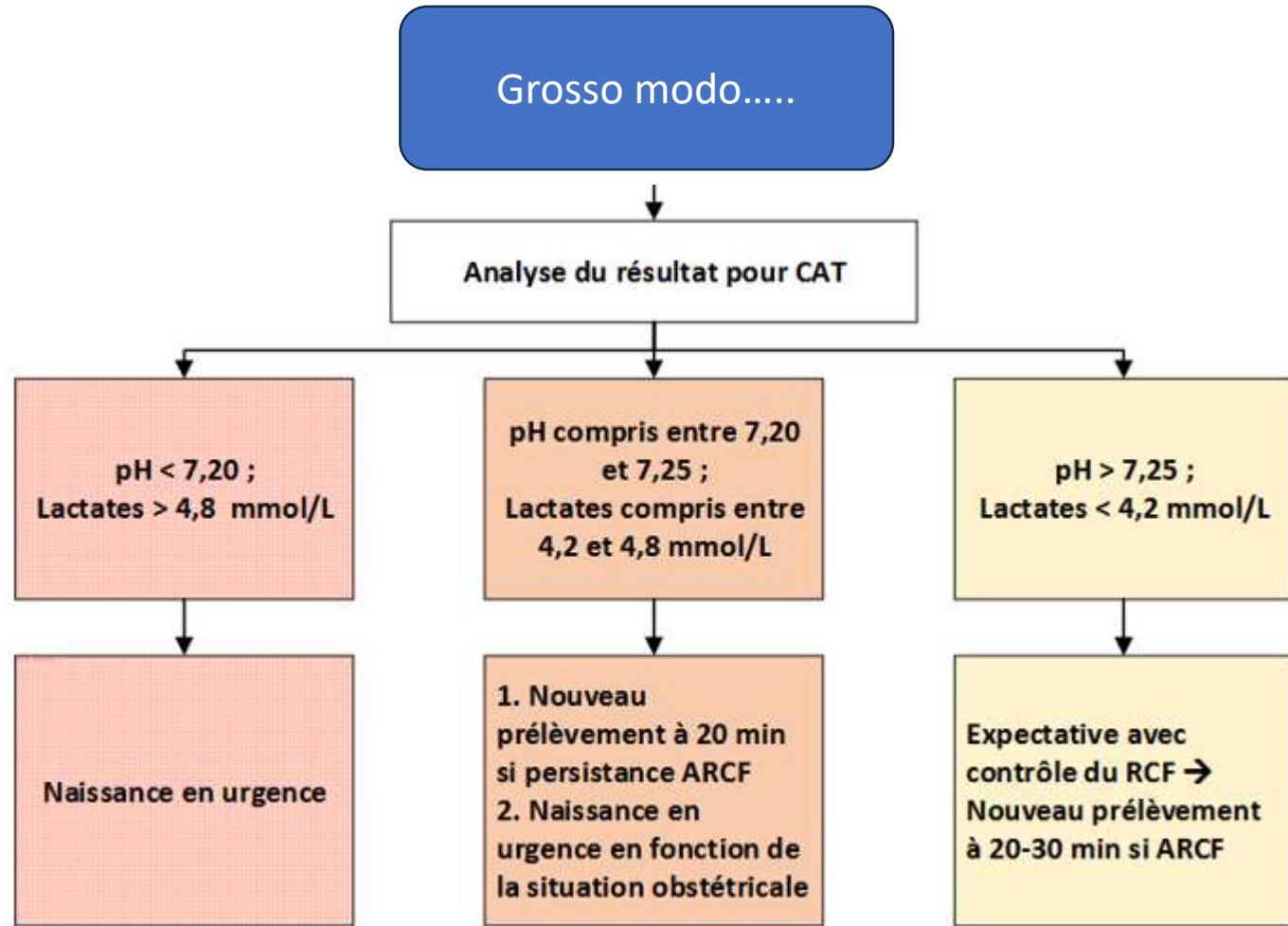


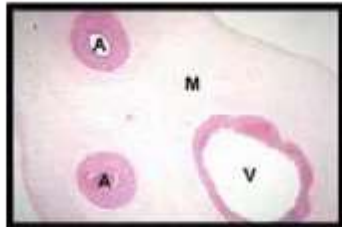
2007



© 2000

© 2000





Coupe transversale d'un cordon ombilical à terme \* 20 (11) :  
A. artère ombilicale, M. gelée de Wharton, V. veine ombilicale.

Le cordon ombilical

2 artères enroulées autour d'une veine

VEINE = alimentation O<sub>2</sub>, substrats par la mère

## pH artériel CORDON

Appréciation condition du nn  
Reflet état foetal juste avant la naissance  
A faire rapidement

## Systematisation CNGOF 2007

PROSPECTIF: affirmer ou infirmer une ACIDOSE

RETROSPECTIF **médicolégal** :

Séquelles pathologiques post-natales  
Lien avec asphyxie périnatale ?

Juger PEC accouchement/nn naissance

## pH veineux cordon

Versant placentaire

Faire les 2 ? PEU

S'assurer d'avoir bon prélèvement

pH artère < pH veine

pCO<sub>2</sub> artère > pCO<sub>2</sub> veine

Delta > 0,15 phénomène aigu

# Diagnostic différentiel de l'acidose foétale

## **Acidose respiratoire**

Survenue rapide phase d'expulsion

Régression très rapide post-naissance

Pas de conséquences long terme

Accumulation de CO<sub>2</sub> et protons

Baisse rapide du pH

**Lactate normal**

## **Acidose métabolique**

Secondaire à métabolisme anaérobie

Installation et récupération plus lentes

Consommation de bases et baisse du pH

**Production lactate**

# Seuils au cordon retrouvés dans la littérature pour définir une asphyxie

CORDON	Méthode de mesure	Effectif	pH	Lactates (mmol/L)	Excès de bases	Apgar
Boenisch 1974 (9)	NP	32 000	7,20 7,10 : acidose sévère (expérimental)	NP	NP	< 7 < 5 sévère
Brandt 1994 (17)	NP	990	7,25 7,20 sévère	NP	NP	< 6
Laplanche 1996 (57)	NP		7,25	NP	NP	NP
Carbonne 97 (21)	NP	174	7,15 (95 è percentile)	NP	-16	< 7 à 5 min
Kruger 1999 (54)	ABL 510, Radiometer, Copenhagen	1709	7	NP	- 16	< 7 à 1min < 7 à 5 min < 4 à 5 min
Boog 2001 (11)	Lactate Pro®, Arkray, Japon NP pour le pH et l'EB	200	7,15 (10 è percentile)	6	- 8 : modéré (10 è percentile) - 12 : sévère	< 7 à 5 min
Papadopoulos 2001 (80)	NP	NP	7,02-7,18	NP	NP	NP
Linét 2002 (59)	Lactate Pro®, Arkray, Japon NP pour le pH et l'EB	200	7,15	6 (expérimental)	- 8	
Nordstrom 2004 (77)	NP	NP	7-7.10	NP	- 8 -12 : sévère	NP
Boog 2004 (12)	Lactate Pro®, Arkray, Japon	200		6,1 (90 è percentile)	12	NP



Ramanah 2005 (87)	Bayer Rapid lab 860	129	7,10 (10 è percentile)	6,35 (90 è percentile)	NP	< 7 à 1 et 5 min
Matis 2005 (70)	NP		7,15	NP	NP	NP
Carbonne 2007, 2008 (24, 25)	NP		Seuil pathologique : 7,15 (95 è percentile) Séquelles : 7	5 (95 è percentile)	- 8 : seuil pathologique : - 12 : séquelles	NP
Borruto 2007 (15)	NP			6,35	NP	< 7 à 1 et 5 min
Annappa 2008 (1)	Bayer Rapid lab 840	1450	< 7,05 7,05-7,20	NP	NP	NP
Morel 2008 (72)	NP			NP	- 12	NP
Gjerris 2008 (43)	ABL 700 radiometer copenhagen	2554		8 7 (Courbe ROC)	-12 : ABE -10 : ABE (consensus 99)	NP
Wiberg 2008 (121)	Lactate Pro®, Arkray, Kyoto Equalis AB, Uppsala, Radiometer	2992	7 7,05 si EB à -12	NP	-12	< 7 à 5 min
Vardon 2008 (114)	NP	449	7,15	NP	-12	< 7 à 5 min

pH de 7 à 7,18  
Lactate de 6 à 8 mmol/L  
Excès de base de -8 à -16 mmol/L



Risques de complications  
**<7,00**

Acidose métabolique  
Reflète  
**ASPHYXIE FŒTALE PER PARTUM**

**pO<sub>2</sub> inutile**  
Naturellement basse

**pCO<sub>2</sub> et déficit de base**  
QUALIFICATION DE L'ACIDOSE

CORDON  
7/12/11

**LACTATE qualifie acidose**  
produit final glycolyse anaérobie  
**>11mmol/L** risque encéphalopathie

MAIS **non spécifique**  
\*Hyperventilation maternelle  
(alcalose M avec augm lactate foetal)  
\*Hyperglycémie maternelle  
\*Augmentation catécholamines maternelles  
durant le travail, activation glycogénolyse

	Acidose respiratoire	Acidose métabolique
pH	↓	↓
pCO <sub>2</sub>	↑ (> 60 mmHg)	N
Déficit de base	N	↑ <b>&gt; 12 mmol/L</b>
Conséquences sur le nouveau-né	Non	Oui (asphyxie)

Mais.....



51519 naissances pH artériel cordon  
Observationnel de 1991 à 2009  
*John Ratcliffe & Oxford Hospitals*

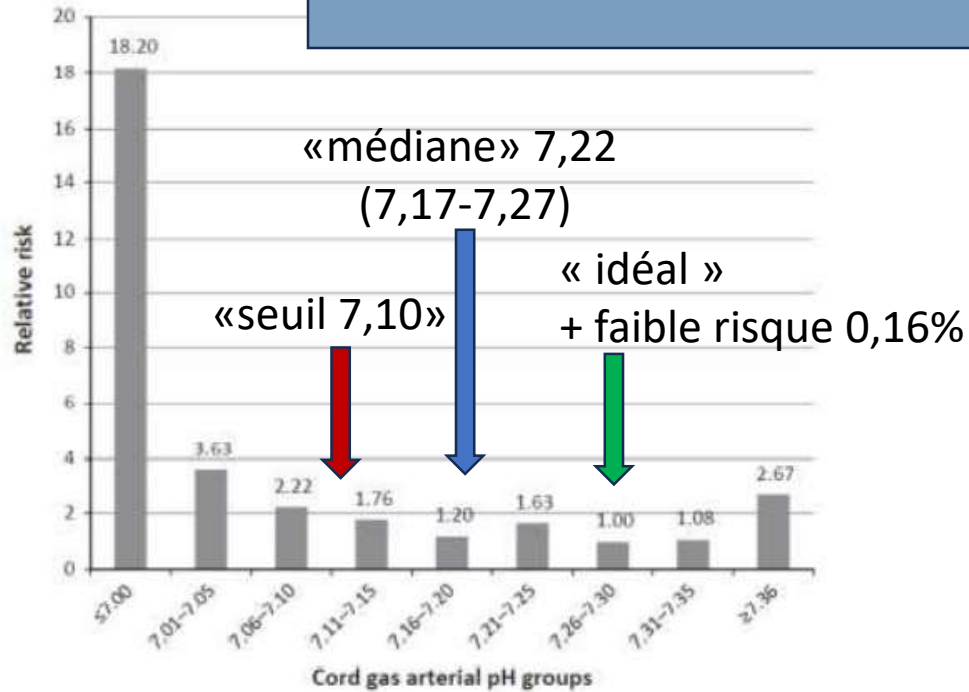


Figure 4. Relative risk of encephalopathy with seizures or death in each arterial pH group.

**MAIS !**  
75% des nn ayant troubles  
neurologiques  
dont convulsions à 24h  
ont pH cordon  $>7,10$

**MAIS !**  
 $>7h$  faible association entre  
-Acidémie néonatale  
-Evolutions indésirables

# Encéphalopathie anoxo-ischémique : OUI si



*International Cerebral Palsy Task Force 1999, revus par American College of Obstetricians and Gynecologists et American Academy of Pediatrics en 2006 :*

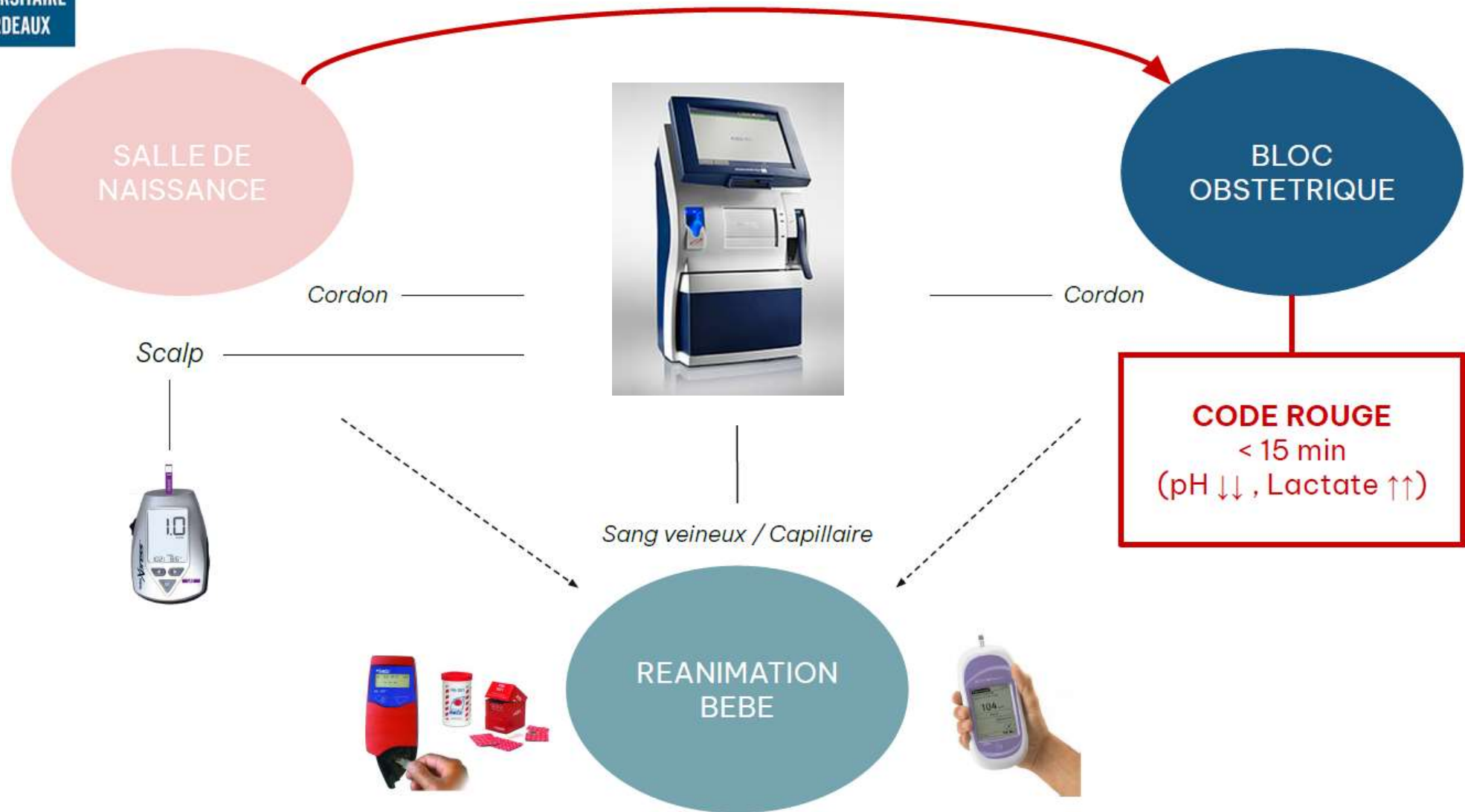
## • Critères essentiels

- Acidose métabolique : **pH<7,00** et **déficit de bases>12mmol/l**
- Encéphalopathie précoce modérée à sévère chez un enfant  $\geq 34$  semaines d'aménorrhées
- Paralysie cérébrale /quadriplégie spastique ou de type dyskinétique
- Exclusion des autres causes possibles d'encéphalopathie

## • Autres critères (non spécifiques ; suggérant une origine intra-partum):

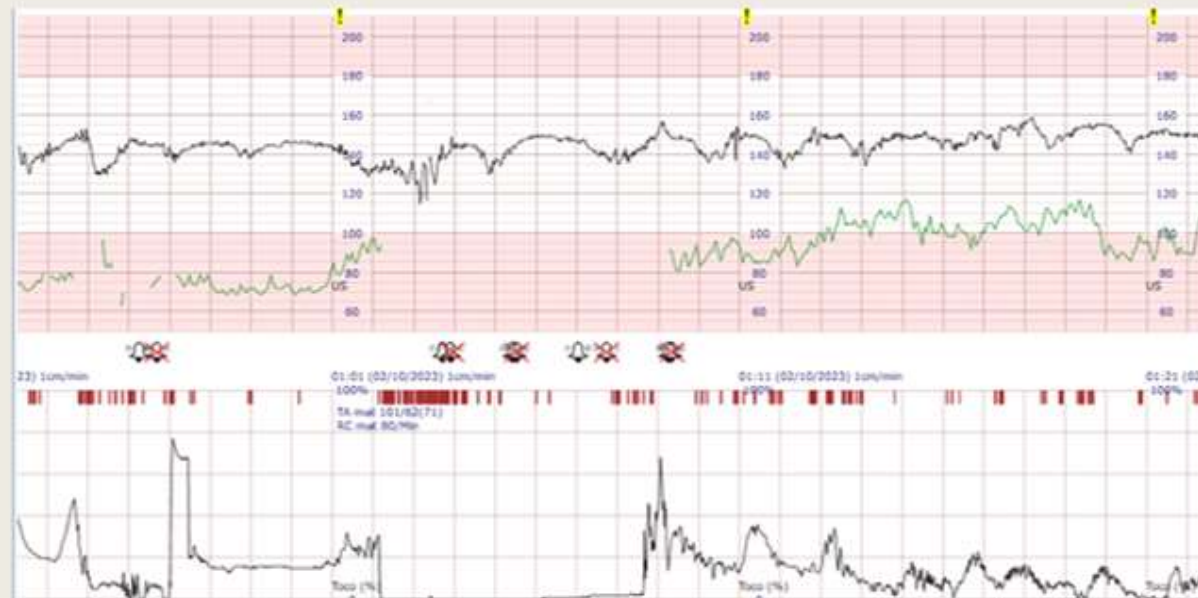
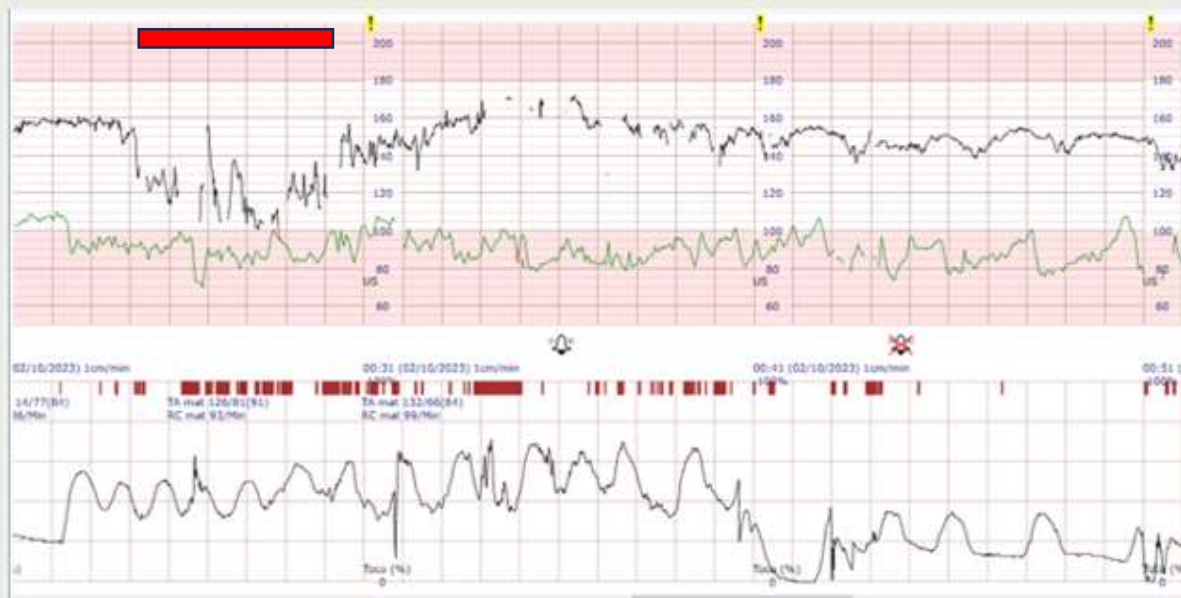
- Évènement hypoxique sentinelle survenant immédiatement avant ou pendant le travail (HRP, procidence du cordon, rupture utérine,..)
- Altération brutale et prolongée du RCF faisant suite à l'évènement sentinelle
- Score d'Apgar 0-3 > 5 min
- Défaillance multiviscérale précoce (< 72h de vie)
- Imagerie néonatale précoce : anomalies non focales

Possible plainte  
rétrospective



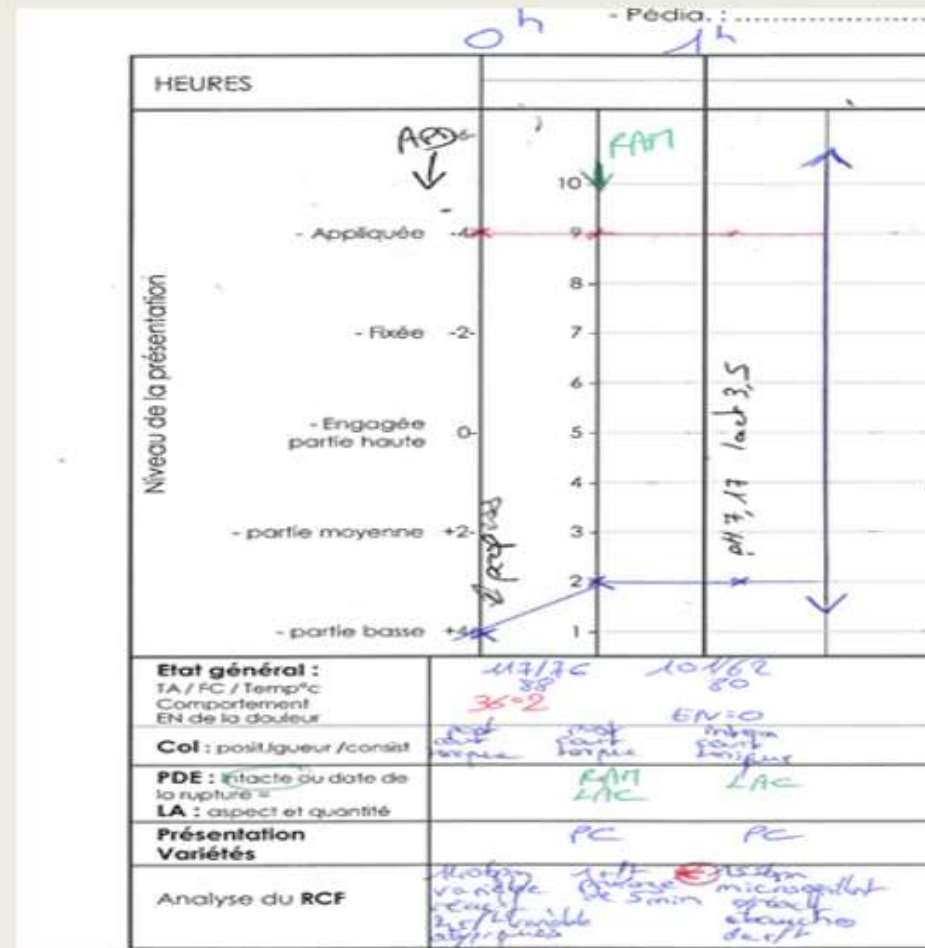
# Cas clinique 1

- Patiente de 28 ans, sans antécédent
- 1<sup>ère</sup> grossesse de déroulement normal
- Déclenchement à 39SA pour diminution des mouvements actifs foetaux
- Apparition d'anomalies du RCF à 2cm de dilatation (ralentissement prolongé 5min puis RCF micro-oscillant + ralentissements tardifs répétés)



- CAT? Expectative ? Césarienne ? pH au scalp ?

■ PARTOGRAMME :



DESCENTE FOETUS

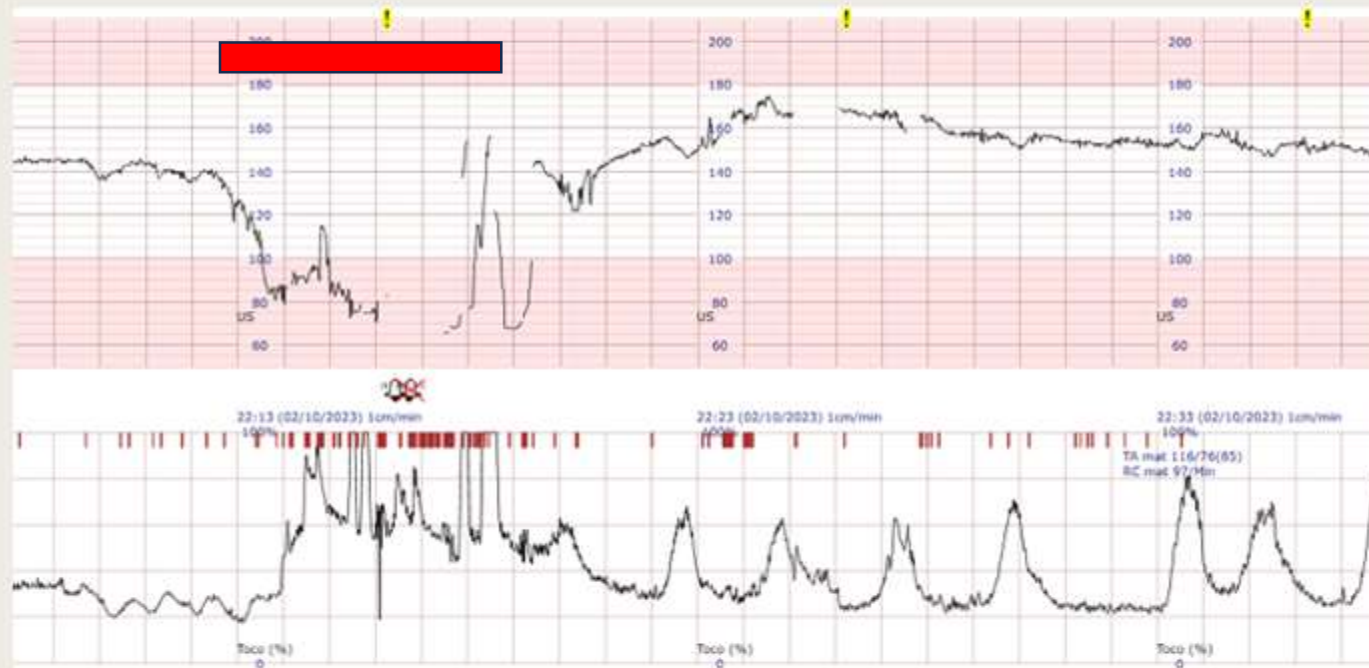
DILATATION

- Décision de réaliser une surveillance de 2<sup>ème</sup> ligne : pH 7,17 et lactate 3,5 mmol/L
- césarienne en urgence pour anomalies du RCF à 2cm et pH < 7,20
- naissance d'un garçon pesant 3250g ; score d'Apgar à 10 à 5 minutes;
- pH artériel au cordon = 7,18 et lactate = 5,9 mmol/L

Bonne idée !



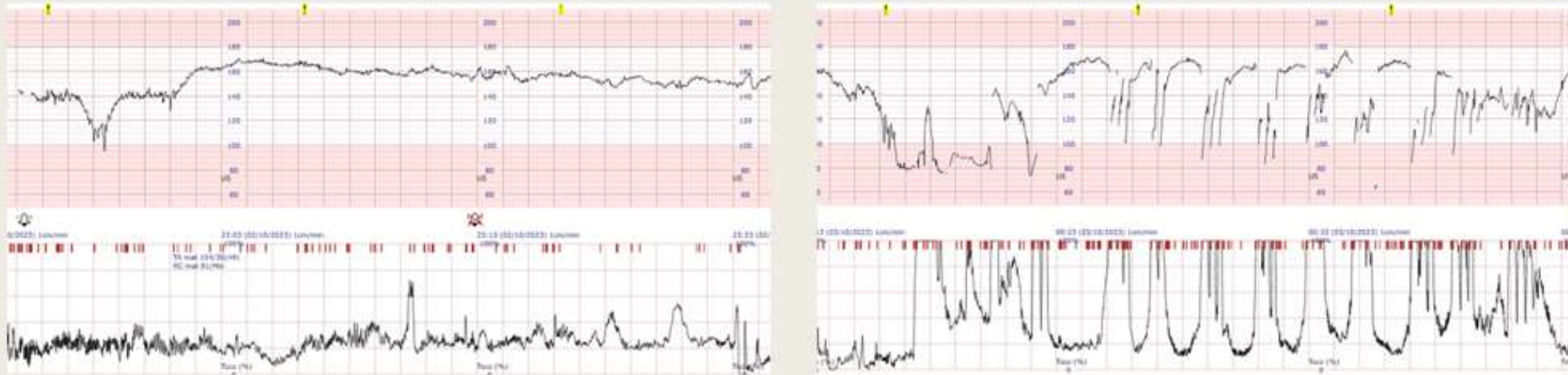
- A dilatation complète (à 22h15), apparition d'anomalies du RCF à type de ralentissement prolongé à 80bpm suivi d'un RCF micro-oscillant
- Au toucher vaginal : fœtus en présentation céphalique non engagé dans l'excavation pelvienne



- Décision ? pH au scalp ? Césarienne ?



- Décision de réaliser pH/lactate au scalp: pH=7,31 et lactates =2,6 mmol/L  
→ poursuite de la surveillance ; RCF peu oscillant mais pas de ralentissement;  
introduction de Syntocinon pour aider à l'engagement



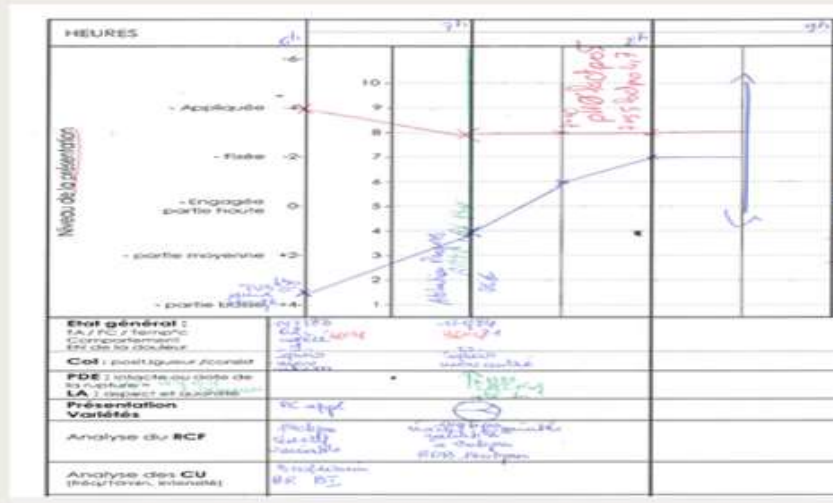
- installation après 2h à dilatation complète devant un ralentissement prolongé avec perte de la variabilité pour débiter les efforts expulsifs ;  
accouchement instrumental à 0h40 par Spatules de Thierry pour persistance des anomalies du RCF  
→ naissance d'une fille pesant 3190g ; score d'Apgar = 10 à 5 min  
→ pH artériel au cordon 7,20 et lactate 5,8 mmol/L

Bonne idée ?

# Cas clinique 3

- Patiente de 28 ans, antécédent de sclérodermie traitée par Méthotrexate
- 1<sup>ère</sup> grossesse
- Datation tardive à 22 SA
- Suivi par échographie de référence devant la prise maternelle de MTX : présence d'os longs courts sans argument pour évoquer une maladie osseuse constitutionnelle
- Découverte d'un retard de croissance in utéro à 38 SA +5 jours: poids foetal estimé à 2540g soit 3<sup>ième</sup> percentile
- Déclenchement à 38 SA+6jours pour ce RCIU
- Maturation cervicale par prostaglandines le 1<sup>er</sup> jour
- Mise en travail spontané à 39 SA; pose d'une analgésie péridurale à 2cm de dilatation
- Rupture artificielle des membranes à 4 cm; liquide amniotique clair

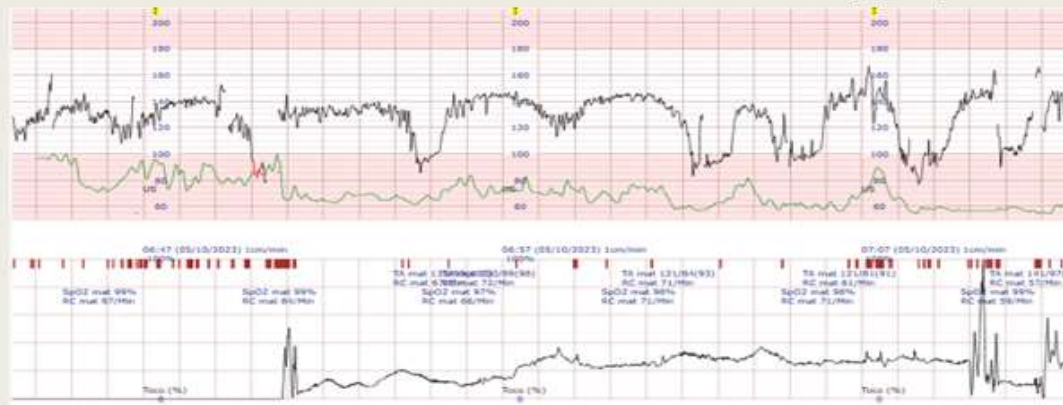
- Partogramme :



- Apparition d'anomalies du RCF : ralentissements variables atypiques + perte de la variabilité

- Au TV : col dilaté à 7cm

- CAT ?



- Réalisation d'un pH au scalp: problème technique, résultat non rendu

- Lactate NOVA sur goutte = 5 mmol/L

→ césarienne en urgence pour anomalies du RCF + lactates à 5 dans un contexte de RCIU

→ naissance d'une fille pesant 2250g ; Apgar = 10 à 5 min

→ pH au cordon = 7,29 et lactate = 3,7 mmol/L

Bonne idée ?  
Contexte RCIU

# Quelle neuroprotection ?

## CORDON naissance

- pH <7,00
  - Et/ou BE >12 mmol/L
  - Et/ou lactates > 11mmol/L
- (+ signes neurologiques et EEG)

HYPOTHERMIE modérée/contrôlée 33-34°C

Processus cytotoxiques

2<sup>ème</sup> phase  
Latence durant 6hr

HYPOTHERMIE  
Dim consommation énergétique  
Retard mort cellulaire programmée

3<sup>ème</sup> phase  
Rebond de déficit énergétique

1<sup>er</sup> phase aigue accident hypoxique

MAIS

50% de cas améliorés  
Au mieux



**Tableau 2** Résultats combinés sur la variable combinée décès et handicap et sur la survie sans handicap à 18 mois.

Résultat combiné	Hypothermie--total (évènements)	Normothermie--total (évènements)	RR	95 %IC
Décès et handicap	381 (178)	386 (223)	0,86	0,71–0,93 ; $p=0,002$
Survie sans handicap	381 (132)	386 (87)	1,53	1,22–2,12 ; $p < 0,001$

À partir des trois études CoolCap, Nichd et Toby [21–23].

### Valeurs cibles durant l'hypothermie :

- T° rectale :  $33,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .
- PAM : 45–65 mmHg.
- SpO<sub>2</sub> : 94–98 %.
- pCO<sub>2</sub> : 6–6,6 kPa (45–50 mmHg). La PCO<sub>2</sub> est modifiée par l'hypothermie. La plupart des analyseurs des gaz du sang mesurent les échantillons sanguins à une température de 37°C. In vivo, les valeurs de la PCO<sub>2</sub> à 33,5°C sont approximativement 0,83 fois celles données à 37,5°C par l'analyseur. Si les valeurs de la pCO<sub>2</sub> ne sont pas corrigées pour l'hypothermie, le risque d'hypocapnie et de vasoconstriction cérébrale est important.

Europe  
Océanie  
Amérique

## INOCUITE

### Peu d'effets indésirables graves

**Tableau 1** Les effets physiologiques et indésirables de l'hypothermie contrôlée.

Fréquence	Effets
Fréquents	Troubles de la coagulation : ↑ TS, ↓ TP, thrombopénies Troubles électrolytiques : perte de Na, K, P, Ca, Mg Hypovolémie par hyperdiurèse Modification de la clairance hépatique des médicaments : morphine, curares ; phénobarbital (pas de modification pour la clairance rénale des antibiotiques : gentamycine) Hyperglycémie : ↑ résistance à l'insuline ↓ consommation O <sub>2</sub> et ↓ production de CO <sub>2</sub>
Peu fréquents	Infections Hémorragies Défaillance myocardique
Rares	Saignement intracrânien Pancréatite aiguë

Réanimation  
néonatale



Troubles électrolytiques  
(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>)

Troubles oxygénation  
Anémie  
(Hb, MetHb)

CHOC



GEM 5000

Equilibre acidobasique  
(pH, lactate, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Plan respiratoire  
(pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub><sup>\*</sup>)



Réanimation  
pédiatrique



**Surveillance pluriquotidienne** nécessaire de/du :

- Acidose métabolique.
- Ionogramme.
- Ventilation non invasive et invasive.
- Hb (si hémorragie / saignements).

Afin de **prévenir** les **complications** : HTA pulmonaire, hémorragies intra-ventriculaires, dégradations HD / respiratoires, etc.

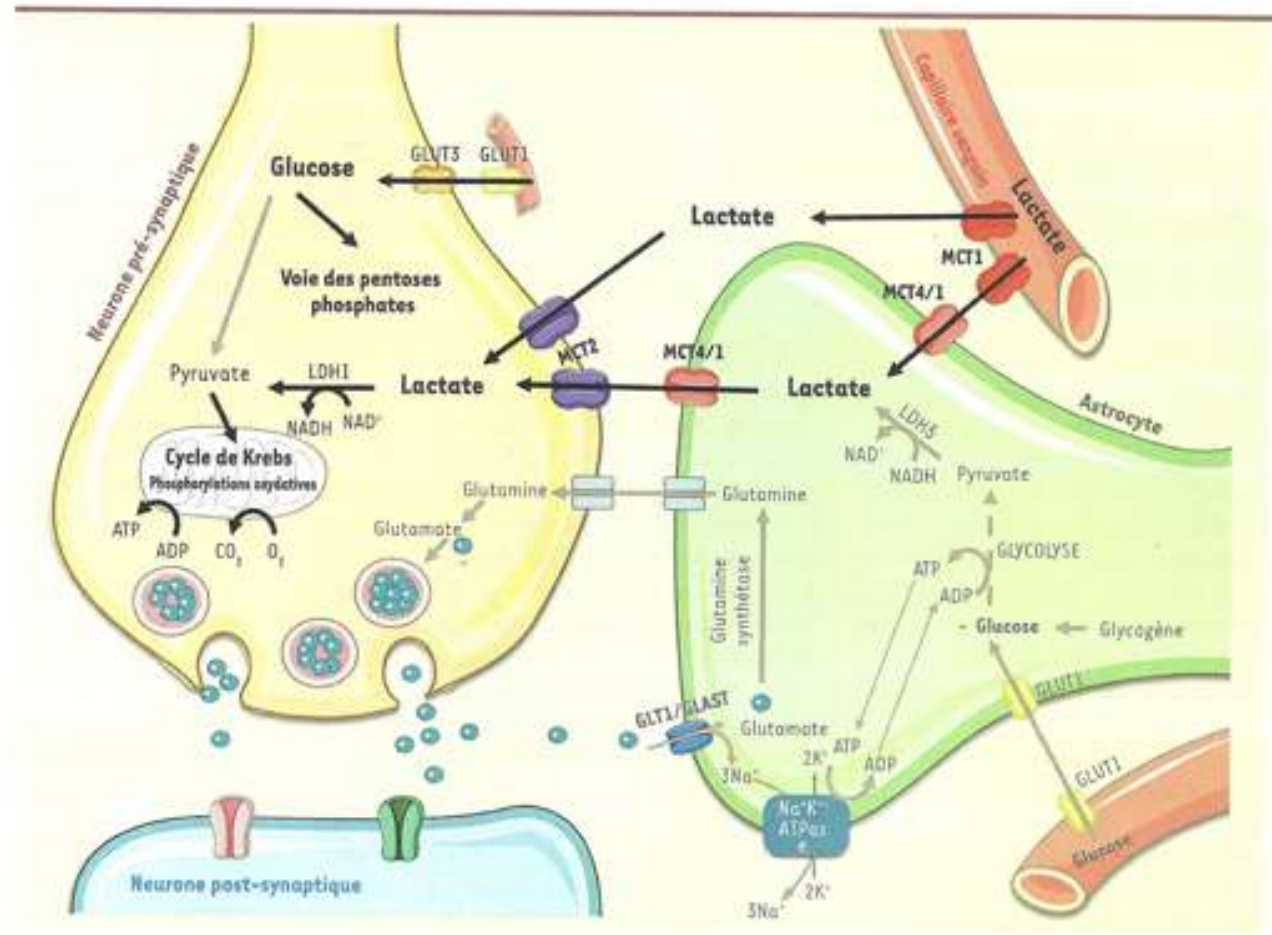
**Grande prématurité** : Risque de dégradation sévère  
prélèvements + difficiles / résultats urgents.

**Fort intérêt de dispositif délocalisé vs envoi labo**

**Conséquences néfastes** des prélèvements multiples :

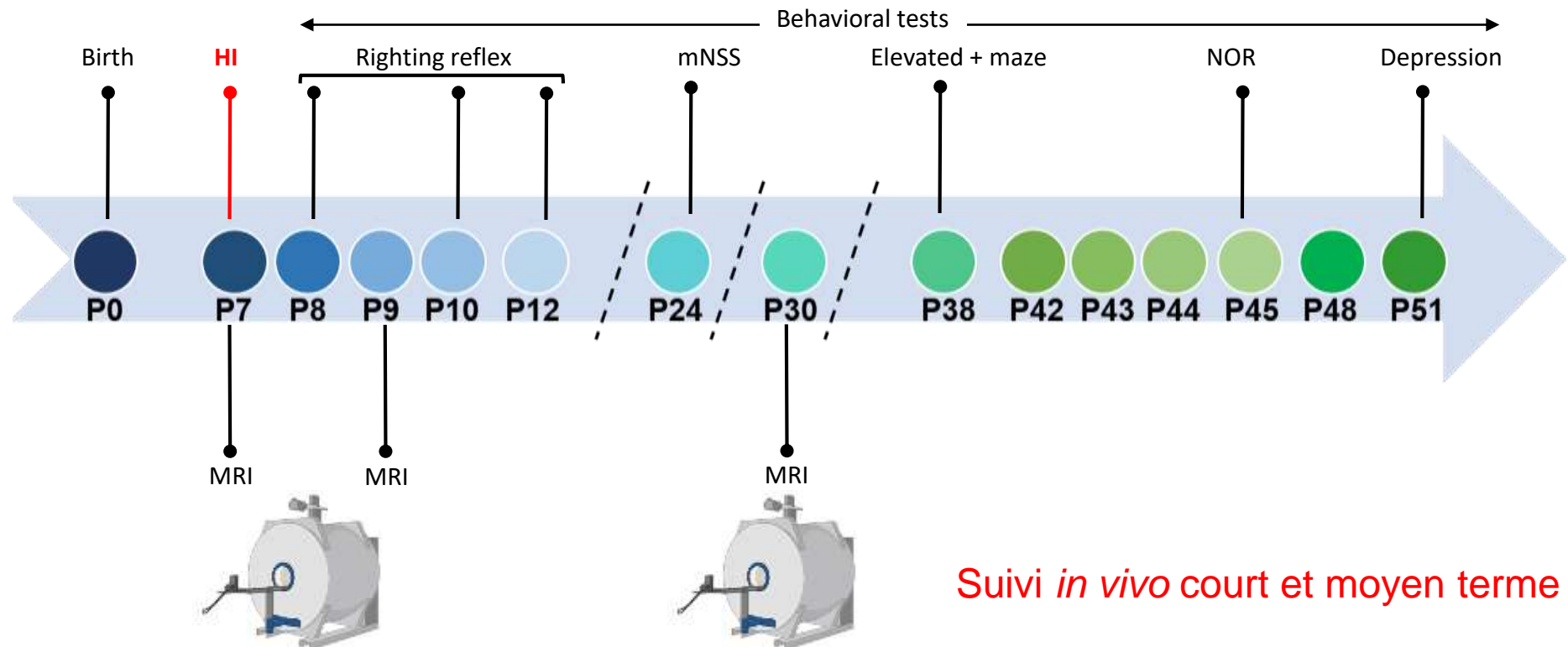
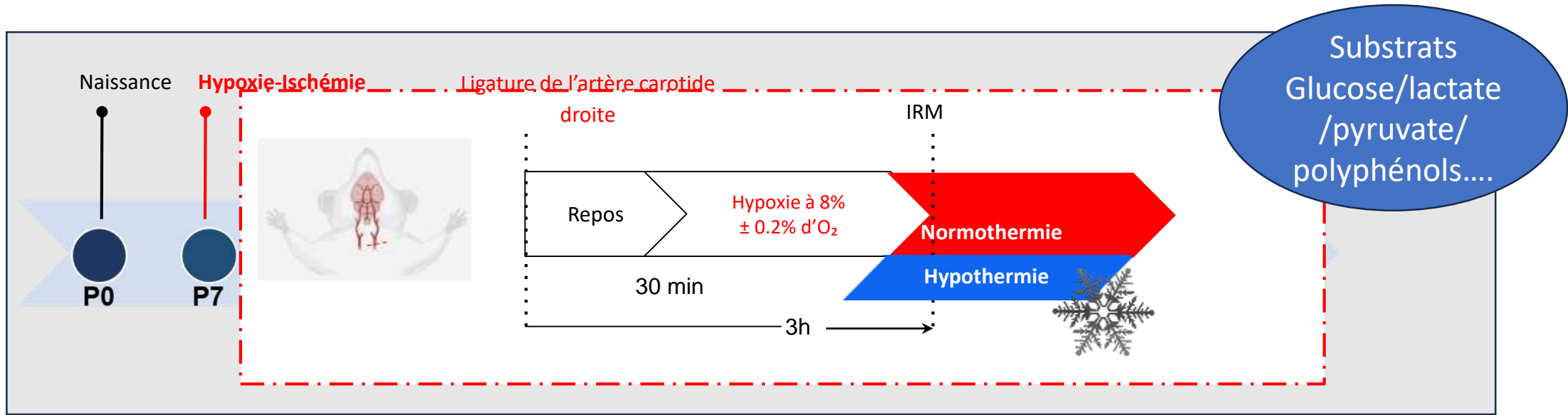
- Déstabilisation du NN (augmente la labilité respiratoire / HD).
- Douleur.
- Diminution du capital veineux ou lésions cutanées.
- Retard à la prise en charge (intubation, transfusion, soutien HD).
- Perte de temps pour l'équipe médicale (> 30 min si GDS ininterprétable) et pour le laboratoire.

# Des voies de recherche pour la neuroprotection ?



**Figure 1.** Mécanisme proposé de l'effet neuroprotecteur du lactate administré au nouveau-né fondé sur les échanges métaboliques entre astrocytes et neurones. La navette lactate entre astrocyte et neurone est représentée en gris : lors de l'activation cérébrale, le glutamate libéré dans la fente synaptique est recapturé par l'astrocyte (GLT1 ou GLAST, co-transport glutamate/Na<sup>+</sup>). Les ions Na<sup>+</sup> sont ensuite expulsés de la cellule par la Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase, qui consomme de l'ATP, ce qui va activer la glycolyse astrocytaire et la production de lactate. Ce lactate sera par la suite sécrété par l'astrocyte et capté par le neurone, grâce à des transporteurs spécifiques (MCT1/4 astrocytaires et MCT2 neuronal), pour y être métabolisé. Bien que ce couplage métabolique entre astrocytes et neurones reste controversé, de plus en plus d'études indiquent que le lactate produit par les astrocytes à partir du glucose sanguin constituerait un très bon substrat énergétique pour les neurones. Après un accident d'hypoxie-ischémie, le lactate administré en perfusion servirait ainsi de substrat énergétique aux neurones. Le glucose serait alors « économisé », et serait dégradé dans la voie des pentoses phosphates plutôt qu'à travers la glycolyse, ce qui permettrait de lutter de façon plus efficace contre les espèces réactives oxygénées (ROS), alors produites en abondance et très délétères pour les neurones. MCT 1 : monocarboxylate transporter type 1 ; MCT 2 : monocarboxylate transporter type 2 ; MCT 4 : monocarboxylate transporter type 4 ; GLT1 : glial glutamate transporter 1 ; GLAST : glial glutamate/aspartate transporter ; LDH1 : lactate dehydrogenase type 1 ; LDH5 : lactate dehydrogenase type 5 ; GLUT1 : glucose transporter type 1 ; GLUT3 : glucose transporter type 3.

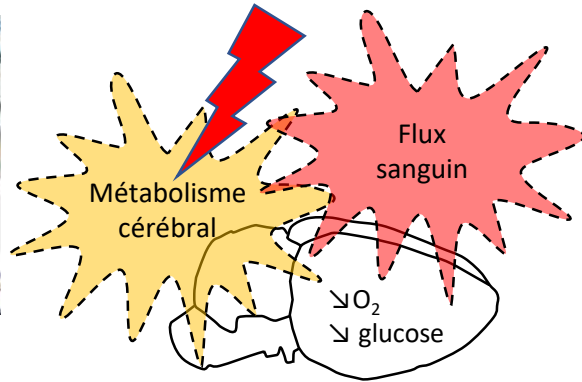
Navette lactate  
Astrocytes-neurones  
Magistreti et al 1994 PNAS



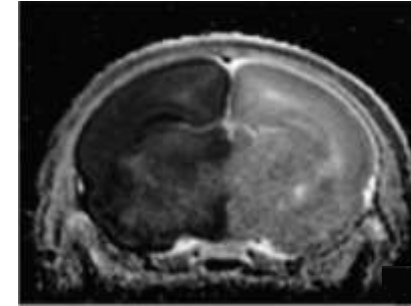


# Défaillance du métabolisme énergétique cérébral

Modèle : hypoxie-ischémie néonatale



IRM de diffusion



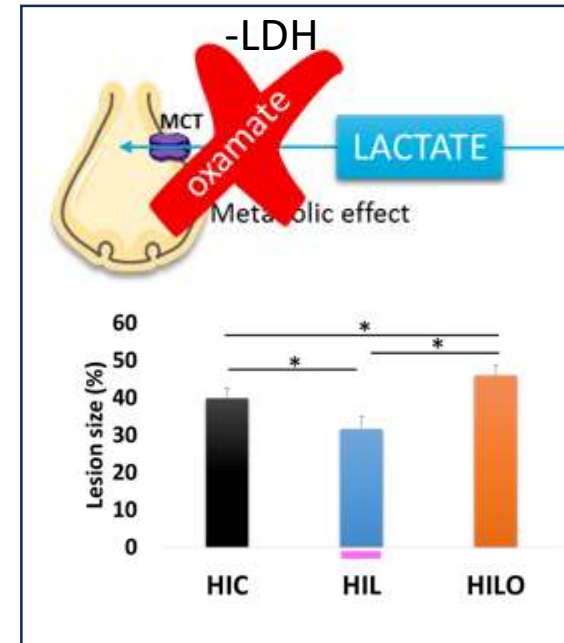
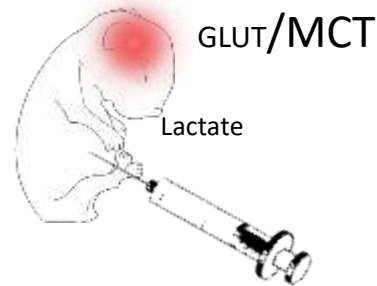
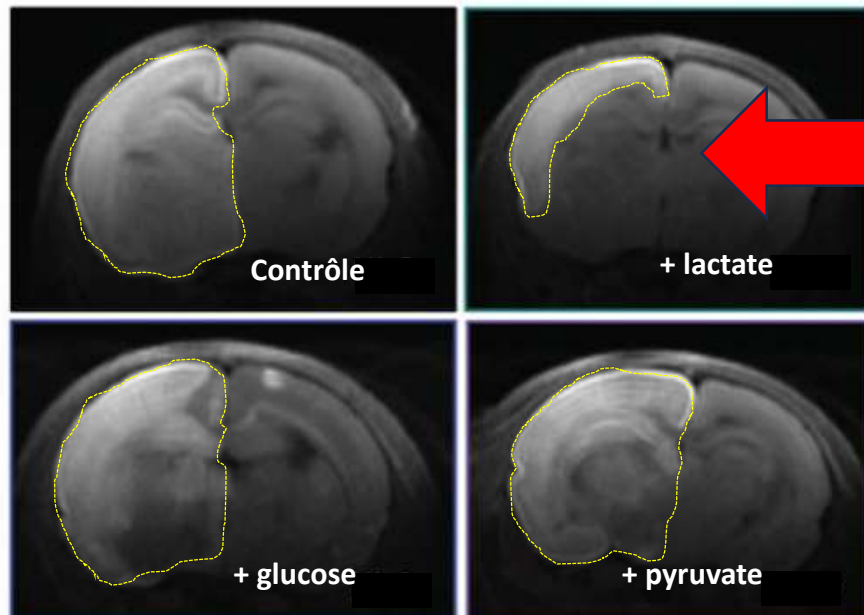
Lésion cérébrale Contrôle  
3 h post-ligature (P7)

Ligature artère carotide commune  
+ hypoxie 2 h (8 % O<sub>2</sub>)

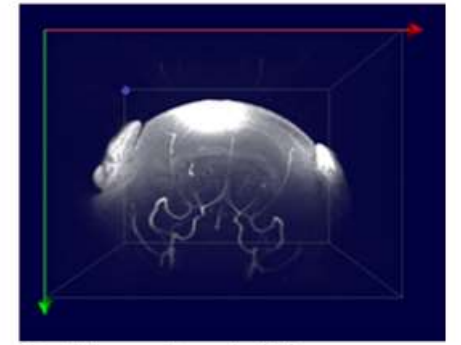
P7 IMR

P8 IMR

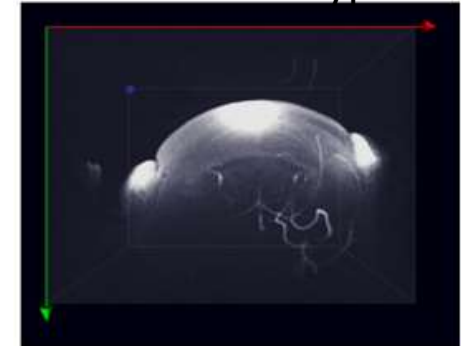
P9 IMR



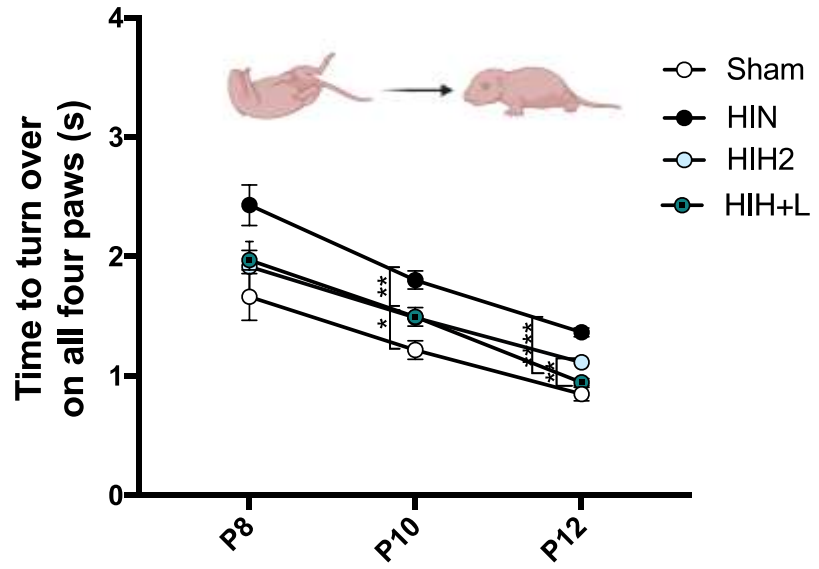
## Angiographie de contrôle



Pas d'ischémie hypoxie

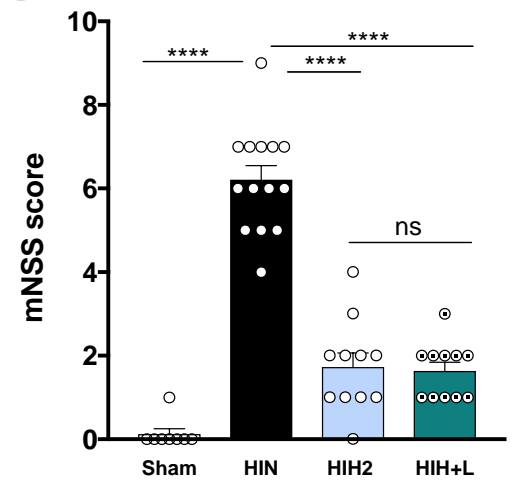


Ischémie hypoxie

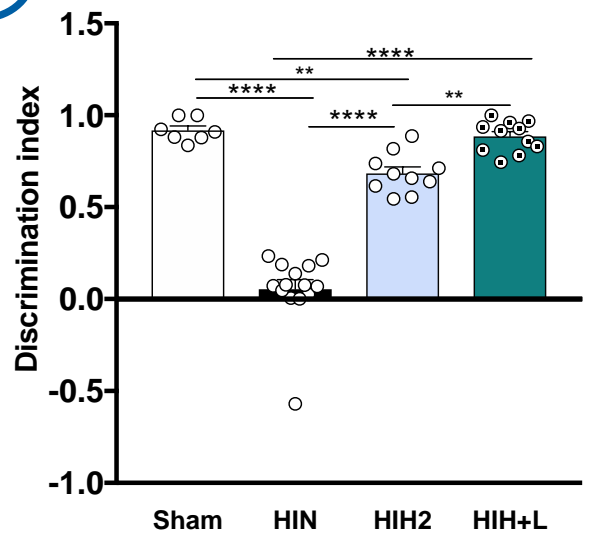


**Amélioration**  
Hypothermie  
+  
Injections de lactate

P24



P45



**EN COURS**  
ETUDE  
PRECLINIQUE  
Preuves de concept  
  
Objectif  
CLINIQUE

p < 0,05%; \*\* p < 0,01%; \*\*\*\* p < 0,0001%

